



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.

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, 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 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 sind 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 Zugfunksysteme:

- ▶ Zugfunkgeräte/-anlagen
- ▶ FRMCS-Gateways als Schnittstelle zu Bordanwendungen
- ▶ FRMCS **MCX-Client-Anwendungen** für Sprach- und Datenkommunikation
- ▶ Bedienteile/MMI (Anzeige- und Audiokomponenten)
- ▶ Innovative Antennensysteme für optimierte Kommunikation

Neben der FRMCS-Technologie bietet Funkwerk auch Dienstleistungen für die erfolgreiche Integration des Systems in das Fahrzeug an:

- ▶ Zertifizierungsmanagement
- ▶ Unterstützung bei der Fahrzeugzulassung
- ▶ 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.



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.

„ 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.



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.

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 OBAPP und OBRAD
- ▶ GNSS
- ▶ integrierte eSIM sowie ein SIM-Karten-Steckplatz
- ▶ Weitbereichsnetzteil von 24 bis 110 VDC
- ▶ Standardkonform zu Bahnnormen



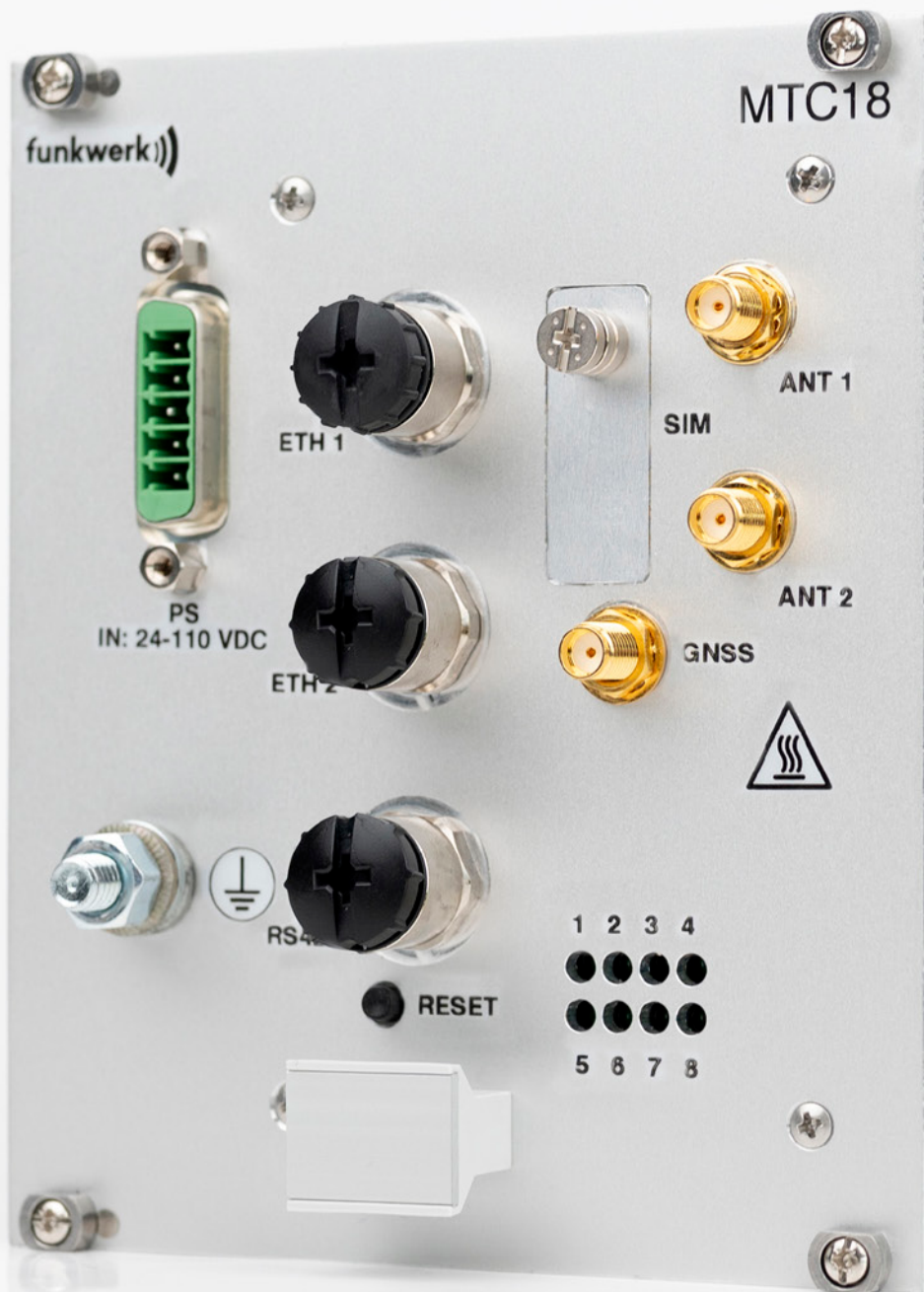
Modulares Design für flexible Lösungen



Bewährt und **zertifiziert** nach neuesten Standards



Langfristiger **Investitionsschutz**



MESA ALL:NEXO® CONNECTING RAILWAYS

Wir entwickeln 5G- und FRMCS-Zugfunklösungen für die Nachrüstung bestehender Triebfahrzeuge sowie Komplettlösungen für Neufahrzeuge. Bereits heute verfügen wir mit unserer neuen Produktlinie **MESA all:nexo®** über innovative und erprobte FRMCS-Zugfunklösungen. Die Serie all:nexo® ist auf die Zukunft der Bahnkommunikation ausgerichtet und in verschiedenen Ausführungen erhältlich.

Die Systeme der Serie all:nexo® unterstützen 5G/FRMCS nativ wobei Zugfunkanlagen der Serie **MESA all:nexo® multimode** durch bereits verfügbare GSM-R oder Analogfunk-Module rückwärtskompatibel zu bisherigen Kommunikationsstandards konfiguriert werden können.

Mit der Einführung von FRMCS werden wir zertifizierte TSI-CCS-konforme FRMCS-Bordsysteme bereitstellen. 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.

Unsere **MESA all:nexo® Zugfunklösungen** sind technisch bereits heute in der Lage dem noch zu finalisierenden Standard gerecht zu werden. Funkwerk ist maßgeblich am Standardisierungsprozess, der Entwicklung und den Tests für die Einführung von FRMCS beteiligt und in den europäischen Gremien aktiv.





MESA ALL:NEXO®

Unsere Lösung **MESA all:nexo®** dient der Sprach- und Datenübertragung in **öffentliche** und **private 5G-Netze**, inkl. der Möglichkeit für Mission-Critical-Anwendungen (MCX/FRMCS). Das Funkmodul wird direkt an das Bordnetz des Triebfahrzeugs angeschlossen und wird über das mitgelieferte Touch-Bediengerät bedient.

Inkl. Spannungsversorgung, Handapparat und Mikrofon.



MESA ALL:NEXO® COMPACT

Für den schnellen und kompakten Einbau in Zug- und Triebfahrzeug-Cockpits haben wir mit dem **MESA all:nexo® compact** ein kompaktes 5G-basiertes Cab-Radio entwickelt, welches vollständig in einem standardisierten Doppel-DIN-Gehäuse untergebracht ist.

Neben einer integrierten eSIM kann es mit einer öffentlich verfügbaren SIM-Karte betrieben werden und ist als All-in-One-Einheit zur festen Installation auf Fahrzeugen konzipiert. Somit ist das MESA all:nexo® compact auch für den **regionalen ÖPNV** geeignet.

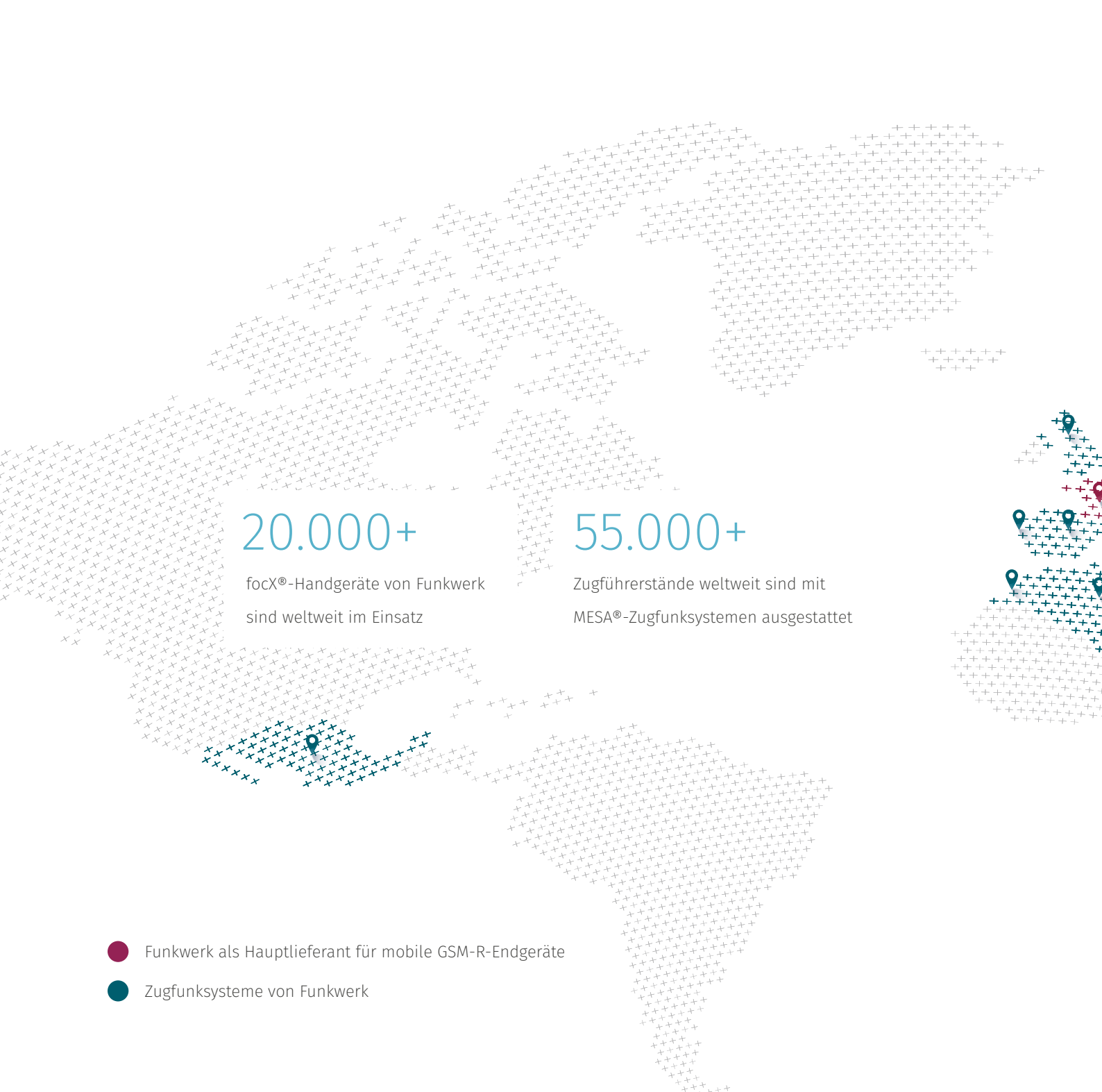
Das MESA all:nexo® compact realisiert 3G-, 4G- sowie 5G-Mobilfunk Sprach- u. Datendienste inkl. der Möglichkeit für **Mission-Critical-Anwendungen (MCX/FRMCS)**.

MESA ALL:NEXO® MULTIMODE

Im Zentrum der **MESA all:nexo® multimode** steht ein modulares Zentralgerät für 5G/FRMCS-Netze. Um die Rückwärtskompatibilität zu bisherigen Funkstandards herzustellen, kann das System mit weiteren Funkmodulen erweitert werden. Beispielsweise mit einer Vielzahl unserer **GSM-R-Funkmodule** für den internationalen Einsatz und/oder Erweiterungseinheiten für den analogen Funk. Das System verfügt über eine universelle Systemarchitektur und ist erweiterbar über einheitliche und standardisierte Schnittstellen und Baugruppen.

Die Zugfunklösung für die Zukunft der Bahnkommunikation beherrscht **alle relevanten Funkstandards im Zugfunk** In einem einzigen modularen System.





20.000+

focX®-Handgeräte von Funkwerk
sind weltweit im Einsatz

55.000+

Zugführerstände weltweit sind mit
MESA®-Zugfunktssystemen ausgestattet

● Funkwerk als Hauptlieferant für mobile GSM-R-Endgeräte

● Zugfunktssysteme von Funkwerk

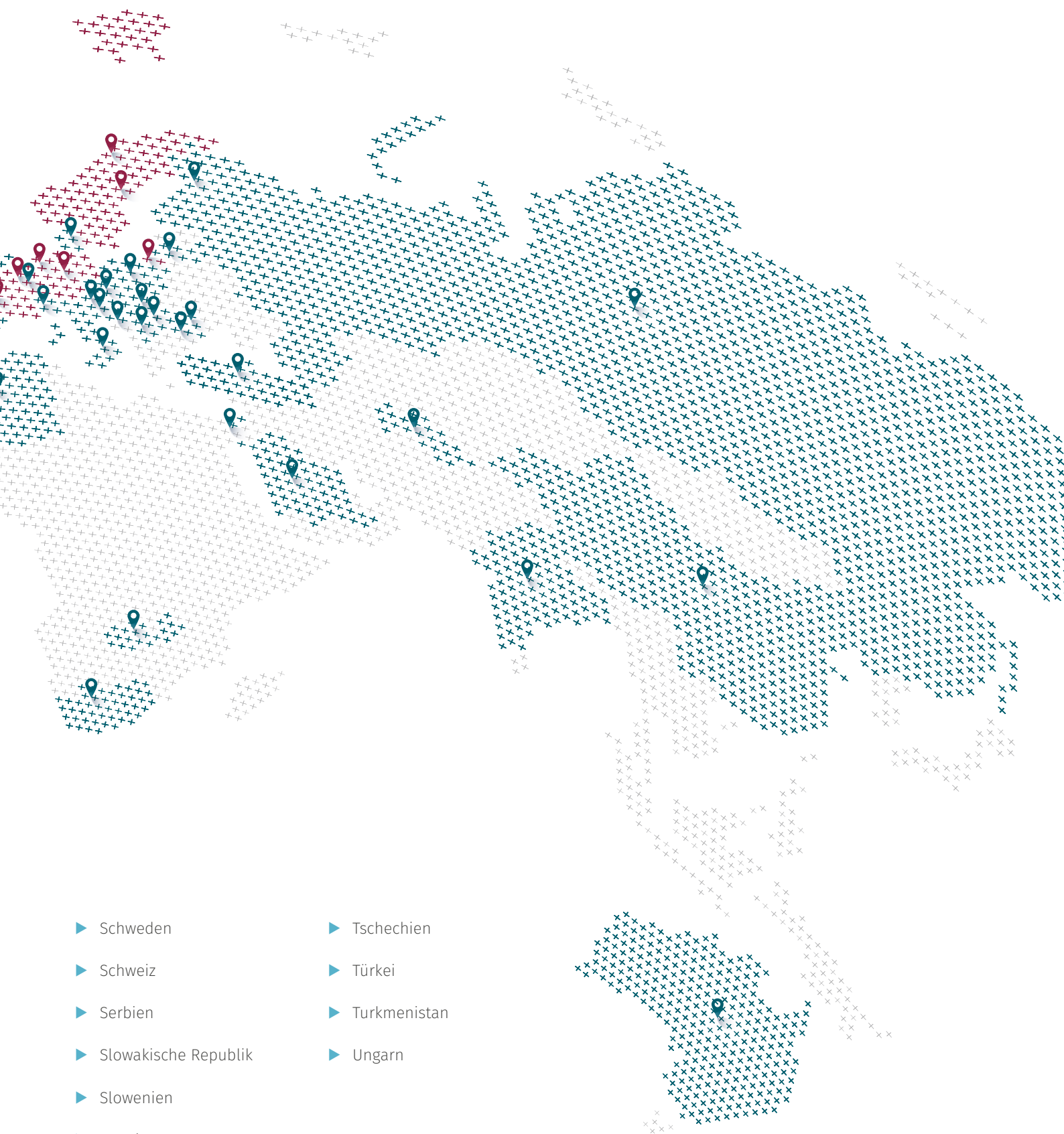
▶ Algerien
▶ Australien
▶ Belgien
▶ Bulgarien
▶ China
▶ Dänemark
▶ Deutschland

▶ Finnland
▶ Frankreich
▶ Großbritannien
▶ Indien
▶ Israel
▶ Italien
▶ Kroatien

▶ Lettland
▶ Litauen
▶ Luxemburg
▶ Marokko
▶ Mexico
▶ Niederlande
▶ Norwegen

▶ Österreich
▶ Polen
▶ Portugal
▶ Rumänien
▶ Russland
▶ Sambia
▶ Saudi-Arabien

ÜBER 75.000 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 **Anforderungen von FRMCS** unterstützen. Das focX[®]2 unterstützt neben GSM-R auch **MCX-Clients**.

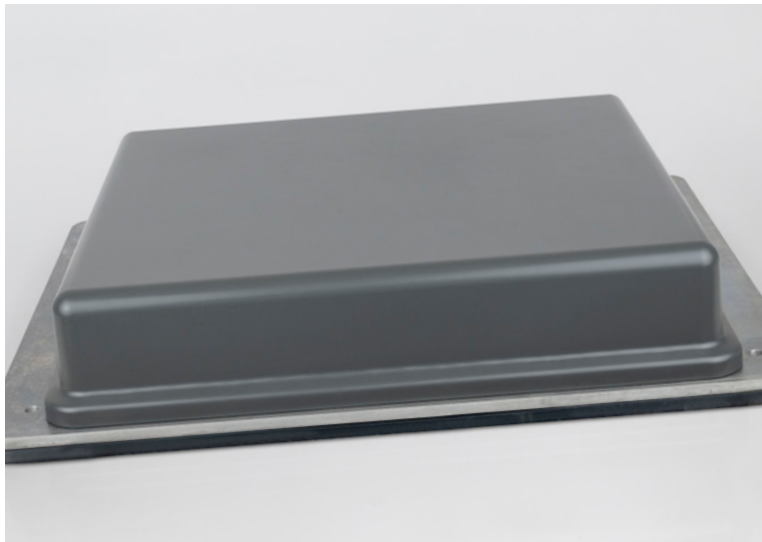


FOCX²
STÖRFEST UND EXTREM ROBUST

ANTENNE

Mit unserer innovativen Funkwerk-Antenne (FANT) 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
- ▶ Analoges Netzwerksimulator ETS
- ▶ HF-Leistungsmesser

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 Echtebetrieb 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. Wir priorisieren die **integrierte Sicherheit** 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 Funkschnittstelle.



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 und hochmodernen DAkkS-zertifizierten 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 **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 Köllda (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. 260814