

# 5G-Campusnetze

BMWK-Förderschwerpunkt





# Impressum

## **Herausgeber**

### **DLR Projektträger**

Europäische und Internationale Zusammenarbeit  
Digitale Strategien und Entwicklung

## **Redaktion**

Dr. Walter Mattauch  
Wolfgang Niebel

## **Gestaltung**

Kompetenzzentrum Öffentlichkeitsarbeit  
des DLR-PT

Bonn, April 2024

## **Bildnachweise**

Titel: Natali\_mis/ stock.adobe.com

Seite 8: metamorworks/ stock.adobe.com

Seite 14: metamorworks/ stock.adobe.com

Seite 23: Gorodenkoff/ stock.adobe.com

Seite 27: Fokke Baarssen/ stock.adobe.com



# Einleitung

## BMWK-Förderschwerpunkt: 5G-Campusnetze

Im Rahmen der [Gigabitstrategie](#) der Bundesregierung engagiert sich das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aktiv für die Weiterentwicklung von 5G-Campusnetzen und den Aufbau eines Ökosystems, das eine schnelle und kosteneffiziente Planung und Implementierung solcher Netze in der Wirtschaft unterstützt. Die Erschließung dieses Segments ist mit hohen Erwartungen an die Entstehung eines neuen, spezialisierten Anbieter- und Dienstleistungsmarktes verbunden, der Deutschland und Europa neue Standortperspektiven bietet. Besonders für Startups und Unternehmen, die bisher nicht im Mobilfunksektor vertreten sind, ergeben sich hierbei vielversprechende Chancen.

Der Förderschwerpunkt umfasst auf nationaler Ebene das Leitprojekt [CampusOS](#) mit sechs weiteren Satellitenprojekten sowie ein Programm für deutsch-französische Kooperationen mit dem Leitprojekt [5G-OPERA](#) und sieben Anwendungsprojekten. Daneben existieren noch einige strategische Einzelprojekte im Bereich der Kommunikationstechnologien.

Ein wichtiger Ausgangspunkt der aktuellen Fördermaßnahmen sind die Ergebnisse des [Leuchtturmprojekts IC4F – Industrial Communication for Factories](#) (IC4F), das vom BMWK in den Jahren 2017 bis 2020 gefördert wurde. Im Rahmen dieses Projekts wurden eine Referenzarchitektur sowie ein Technologiebaukasten für 5G-Netze in der verarbeitenden Industrie entwickelt und in der Praxis erprobt. IC4F legte somit wesentliche Grundlagen für die nun angestrebte Entwicklung eines Campusnetz-Ökosystems. Von den Förderprogrammen sollen Technologieanbieter und -anwender gleichermaßen profitieren.

## Technischer Hintergrund – 5G-Campusnetze ermöglichen neue Anwendungsfelder und Innovation in der Wirtschaft

Ein Campusnetz ist ein dezidiertes, privates Mobilfunknetz zur ausschließlichen Nutzung durch einen lokal abgegrenzten Anwenderkreis wie beispielsweise in einer Fabrikhalle, einem Krankenhaus oder auf einer Großbaustelle. Gegenwärtig basieren Campusnetze häufig noch auf LTE-Technologie, jedoch kommt zunehmend auch der neue 5G-Funkstandard gemäß 3GPP-Spezifikation zum Einsatz. Dieser bietet nicht nur eine deutlich höhere Datenübertragungsgeschwindigkeit, sondern weist auch eine geringere Anfälligkeit für Störungen auf und kann eine Vielzahl an Komponenten vernetzen, wie beispielsweise für die Industrieautomatisierung (Industrie 4.0). 5G-Campusnetze nutzen das Frequenzband von 3.700 bis 3.800 MHz (lokales Breitband), ausgedehnte private Netze auch 26 GHz.

Herkömmliche Funkzugangsnetze (Radio Access Networks - RAN) des öffentlichen Mobilfunknetzes sind geschlossene und herstellergebundene Systeme. Der sogenannte Open-RAN-Ansatz verspricht eine flexiblere und dynamischere Architektur, die den spezifischen Anforderungen der Wirtschaft gerecht wird, und spielt daher eine besondere Rolle in den Förderprojekten des BMWK.





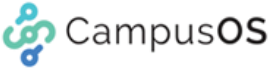








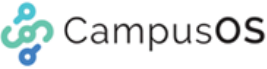






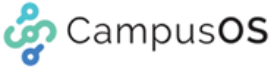




Die eigenständigen 5G-Mobilfunknetze ermöglichen eine bessere Anpassung an spezifische Anforderungen vor Ort im Vergleich zur Nutzung öffentlicher Netze mit standardisierten Funktionen. Durch kürzere Latenzzeiten, hohe Datenvolumina und die Anbindung zahlreicher Industrie-4.0-Komponenten erschließen sie neue Anwendungsfelder. Darüber hinaus können private Netze maßgeblich dazu beitragen, die Kontrolle über eigene Daten zu bewahren und die digitale Souveränität von Unternehmen zu stärken.



## Anwendungsfelder für 5G-Campusnetze

Anwendungsseitig stehen erweiterte Möglichkeiten der drahtlosen Vernetzung von Endgeräten im Vordergrund, wie zum Beispiel Maschinen in Fabriken und darüber hinaus in der Mensch-Maschine-Interaktion. Niedrige Latenzzeiten, hohe Datenraten und hohe Zuverlässigkeit bilden die Basis für neue Anwendungen und Geschäftsmodelle. Die vom BMWK geförderten Projekte lassen sich den Sektoren Pro-

duktion und Intralogistik, Verkehr und Logistik sowie Medizintechnik zuordnen. Einzelne Projekte widmen sich vorrangig anwendungsagnostischen Basistechnologien. Die nachfolgende Abbildung bietet einen Überblick über die Zuordnung der Projekte zu den Feldern. Die Broschüre ist entsprechend gegliedert. Weitere Anwendungsfelder liegen beispielsweise in der anforderungsgerechten Abdeckung von Technologieparks und der Anbindung abgelegener Kommunen, in der Energieversorgung sowie für Smart Cities.

 Produktion & Intralogistik	 Verkehr & Logistik	 Medizintechnik	 Basistechnologien
 EmKol4.0        	  	   	    



## Basistechnologien für Campusnetze

Offene Schnittstellen (Open RAN): Insbesondere kleinere Netzausrüster (OEM) und Netzbetreiber (MNO) engagieren sich für die Öffnung von Schnittstellen in Funkzugangsnetzen. Dabei spielen auch neue Möglichkeiten eine wichtige Rolle, Funktionen des softwarebasierten Netzwerks (SDN) über Cloud-Lösungen bereitzustellen. Die Vorteile einer offenen und disaggregierten Netzarchitektur liegen darin, anwendungs- und kundenspezifische Netzwerke zu betreiben, die die Anforderungen an Skalierbarkeit, Verwaltung und Integration in der jeweiligen OT-Umgebung erfüllen. Weitere zentrale Anliegen sind Verlässlichkeit und Verfügbarkeit der Komponenten.



Das Projekt [CampusOS](#) unterstützt den effizienten und bedarfsgerechten Aufbau von 5G-Campusnetzen durch eine entwickelte [Referenzarchitektur](#). Ebenso wird ein [Bausteinkatalog](#) bereitgestellt, der bei der Implementierung von offenen und modularen 5G-Campusnetzen unterstützt. Er enthält alle benötigten Lösungsbausteine für die Realisierung eines 5G-Campusnetzes und bietet Blaupausen für typische Anwendungsfälle, die mit ausgewählten Hardware- und Software-Komponenten des Bausteinkatalogs im Projekt getestet wurden.

Für Netzbetreiber geht es um mehr Flexibilität und Unabhängigkeit von einzelnen Anbietern sowie um Kostenreduzierung. Diese Entwicklung lässt substantielle Veränderungen im Anbietermarkt erwarten. Einerseits ergeben sich Marktchancen für neue Anbieter von Kommunikationstechnologien, da die Abhängigkeit von wenigen, weltweit bestimmenden Anbietern abnimmt. Andererseits ist zu erwarten, dass bei Software weltweit dominierende Anbieter rasch in Konkurrenz treten werden. Ein wichtiger Ansatz für die benötigte Interoperabilität der Komponenten und Lösungen ist die Entwicklung von Open Source. Das Projekt [5G-OPERA](#) setzt in Zusammenarbeit der TU Dresden mit der französischen EURECOM einen Schwerpunkt auf die Weiterentwicklung des Open Source 5G-Stacks „OpenAIRInterface“ im Zu-

sammenspiel mit kommerzieller Standard-Hardware (COTS).

Evolution der 5G- zur 6G-Mobilfunktechnologie: Die Zukunft verspricht mit „5G Advanced“ bzw. 6G weitere Funktionalitäten. Die „Joint Communication and Sensing“ unterstützt beispielsweise die mobile Robotik und das koordinierte autonome Fahren. Ein aktuelles Forschungsfeld sind auch nicht-terrestrische Netze (NTN), die weit oberhalb der Erdoberfläche operieren und ein Netz aus Satelliten sowie Höhenplattformen und Drohnen bilden. Das Projekt [6G for Connected Sky](#) entwickelt Lösungen, die eine zuverlässige und robuste Konnektivität für Nutzende in der Luft und am Boden durch eine neuartige, flexible und anpassungsfähige Netzarchitektur ermöglichen. Dabei kommen mehrere Technologien wie Satellit und direkte Luft-Boden-Kommunikation (DA2GC) zum Einsatz.

Andere technische Neuerungen wie die fortschreitende RAN-Core-Konvergenz oder Multi-Access Support sind bereits Gegenstand der Standardisierung.

Nomadische Netze: Nomadische Netze sind mobile, nicht ortsgebundene 5G-Zellen, auch bekannt als Nodes. Sie ermöglichen es Anwendern, temporär in unterversorgten Gebieten schnell eine Kommunikationsinfrastruktur aufzubauen und die erforderlichen Dienste bereitzustellen. Diese tragbaren 5G-Systeme finden Anwendung in verschiedenen Bereichen, darunter kleine und mittlere Betriebe der Land- und Forstwirtschaft. Insbesondere im Notfall können auch Rettungskräfte von nomadischen 5G-Campusnetzen profitieren, wenn im Krisenfall jede Sekunde zählt (siehe Projekt [O5G-N-IoT](#)).

Neben den an der 3GPP-Standardisierung orientierten 5G-Funknetzen wird auch an weiteren Übertragungstechnologien für Campusnetze gearbeitet. Eine vielversprechende Möglichkeit für ultra-niedrige Latenzzeiten (URLLC) sowie die Vernetzung einer großen Zahl an Funktionskomponenten und (IoT-)Geräten (Machine Type Communication/mMTC) bietet der





Standard DECT-2020 NR. Diese zuverlässige und benutzerfreundliche Technologie wurde von der ITU-R als 5G-Standard international anerkannt. Aktuell wird DECT-2020 NR in verschiedenen Anwendungen, wie für Live-Konzerte oder Videoproduktionen, erprobt (siehe Projekt [MERC1](#)).

Eine weitere interessante Technologie ist Li-Fi. Dabei handelt es sich um eine optische Übertragungstechnologie, die Kabelverbindungen oder Funk ergänzen oder sogar ersetzen kann. Durch die Nutzung des optischen Spektrums ermöglicht Li-Fi höhere Datenraten auf begrenztem Raum, beispielsweise in Gebäuden oder Produktionsumgebungen. In 5G-Netzwerken, die durch Li-Fi erweitert werden, könnten störende Kabel durch drahtlose Verbindungen ersetzt werden. Darüber hinaus bietet Li-Fi das Potenzial für höhere Sicherheit und mehr Zuverlässigkeit, insbesondere in Bezug auf elektromagnetische Verträglichkeit (siehe Projekt [LincNet](#)).





## Komponentenbaukasten und Blaupausen für den Aufbau und Betrieb von offenen Campusnetzen

### › Projektbeschreibung

Das Leitprojekt „CampusOS“ wird ein technologisch souveränes Campusnetz-Ökosystem in Deutschland aufbauen, das sich auf offene und sichere Funknetze gemäß dem OpenRAN-Ansatz konzentriert. Durch den Einsatz von OpenRAN entsteht ein offenes, disaggregiertes und sicheres End-to-End programmierbares 5G-System. Dabei wird eine hohe Interoperabilität zwischen Produkten unterschiedlicher Anbieter sichergestellt. Die Virtualisierung und Aufteilung der Netz-Komponenten, insbesondere in Funkzugangnetzen (RAN), sowie die Schaffung offener Schnittstellen ermöglichen es, mit Standardhardware oder Cloud-Computing-Plattformen schnell und kostengünstig als Anbieter am Kommunikationsmarkt teilzunehmen. Darüber hinaus wird der Aufbau spezifischer Campusnetzwerke durch neue, offene und modulare 5G-Campusnetz-Architekturen ermöglicht.

„Die erfolgreiche Umsetzung von offenen Campusnetzen an vier Standorten unterstreicht unser Bestreben, auch kleineren Unternehmen und Start-ups die Teilnahme am Mobilfunkmarkt zu ermöglichen. Diese Netze demonstrieren eindrucksvoll das Potenzial offener, disaggregierter und sicherer 5G-Systeme und leisten damit einen wichtigen Beitrag zur Schaffung eines Marktes für flexible und kosteneffiziente Campusnetze.“

Prof. Dr.-Ing. Slawomir Stanczak

### › Projektergebnisse

- Offene Campusnetz-Referenzarchitektur
- Anwendungsspezifische Blaupausen
- Vier erfolgreiche Demonstratoren in Form von Aufbauten bei Topcon, Still, Bosch, Siemens



Prof. Dr.-Ing. Thomas Magedanz;  
thomas.magedanz@fokus.fraunhofer.de



<https://campus-os.io/de/mission/>



01/2022-12/2024



**Fraunhofer HHI**, Fraunhofer FOKUS, Siemens AG, Deutsche Telekom AG, MUGLER SE, high-street technologies GmbH, Rohde & Schwarz

GmbH & Co. KG, Atesio GmbH, BISDN GmbH, rt-solutions.de GmbH, EANTC AG, BROWN-IPOSS GmbH, Node-H GmbH, Kubermatic GmbH, SysEleven GmbH, TU Berlin, Rheinland-Pfälzische TU Kaiserslautern-Landau, Robert Bosch GmbH, GPS Gesellschaft für Produktionssysteme GmbH, TOPCON Deutschland Positioning GmbH, Smart Mobile Labs AG, STILL GmbH



## 5G-OPERA 5G OPEn Ran

### › Projektbeschreibung

5G-OPERA leistet einen Beitrag, um die Unabhängigkeit Europas von amerikanischen und asiatischen Netzausrüstern zu fördern und europäische Anbieter am Kommunikationsmarkt stärker zu etablieren. Dies soll über offene Hardware und Software mit zumindest offenen Schnittstellen gelingen. 5G-OPERA wird sicherstellen, dass die Hardware und Software aller am Projekt beteiligten Partner herstellerunabhängig technisch zusammenarbeitet. Die im Projekt auf Basis des Open-Source-Systems OpenAIR-Interface (OAI) entwickelte Plattform gewährleistet die Interoperabilität verschiedener Hersteller, sodass die Komponenten einer Open-RAN-Architektur – Radio Unit (RU), Distributed Unit (DU) und Centralised Unit (CU) – in einer komfortablen Weise für die Nutzung kombiniert werden können. Dabei tragen die einzelnen Projektpartner Komponenten zu diesem System bei. Die Interoperabilität der Lösungen wird durch Integration in Testbeds in Deutschland und Frankreich getestet und verifiziert

*5G-Opera ist dabei, wichtige Funktionalitäten für 5G Campus Netzwerke zu entwickeln, um neue Marktpotentiale für den Erfolg von 5G zu erschaffen. Insbesondere die TSN Funktionalität wird die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine im Industrie 5.0 Kontext ermöglichen.*

*Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Frank H. P. Fitzek*

### › Projektergebnisse

- Interoperabilität zwischen unterschiedlichen Herstellern ist erfolgreich gewährleistet
- Integration einer Management- und Monitoring-App für das OAI RAN
- Positionierung für 5G mit Open-Source-Komponenten erfolgreich umgesetzt



Dipl.-Wi.-Ing. Thomas Höschele  
thomas.hoeschele@tu-dresden.de



<https://franco-german-5g-ecosystem.eu/5g-opera/>



04/2022-03/2025



DE: **TU Dresden**, Fraunhofer IIS, Fraunhofer HHI, TU Berlin, Xelera Technologies GmbH, Industrianlagen- Betriebsgesellschaft mbH, NXP Semiconductors Deutschland GmbH  
FR: **EURECOM**, Firecell, CEA - Centre de Grenoble, Ekinops France, ALSATIS, KALRAY, AW2S ADVANCED WIRELESS SOLUTIONS AND SERVICES, NXP Semiconductors France





# O5G-N-IoT



## Offene 5G-Campusnetze für Notfalleinsätze unterstützt durch Technologien für das Internet der Dinge (IoT)

### › Projektbeschreibung

O5G-N-IoT setzt einen Schwerpunkt auf offene Architekturen für das Internet der Dinge. Ein Fokus betrifft die Entwicklung und Integration von 5G-Komponenten für Noteinsatzkräfte (Kameras, Sensoren, Gasmessgeräte). Ebenso wird eine offene 5G-Infrastruktur entwickelt, die den Einsatz von Rettungskräften technisch unterstützt. Ein portables 5G-System ergänzt die Lösungsbreite an Anwendungspotenzialen zu erschließen. Zentrale Ergebnisse fließen in Standardisierungsaktivitäten ein, um eine weite Verbreitung der Lösungen zu erreichen.

*Die Senderanlagen sollen klein, robust, gegen Umweltbedingungen geschützt und sehr einfach zu bedienen sein. Das ist die Herausforderung, um der Feuerwehr auch ein einfaches Arbeiten vor Ort zu ermöglichen.*

**Martin Seidel**

### › Projektergebnisse

- Offenes portables 5G-System
- 5G-Gateway zur Anbindung von User Equipment
- Mission Server als Digitaler Zwilling



Dr. Ralf Gieseke  
ralf.gieseke@akquinet.de



<https://o5g-n-iot.de/>



05/2022-04/2025



**akquinet nx2 GmbH**, Dräger Safety AG & Co. KGaA, Universität zu Lübeck (Institut für Softwaretechnik und Programmiersprachen), TH Lübeck



## Media and Event production via Resilient Communication on IoT Infrastructure

### › Projektbeschreibung

In MERICI werden innovative Lösungen für private 5G-Netze entwickelt, die auf dem Standard ETSI DECT-2020 NR basieren. DECT-2020 NR ist von der ITU-R als IMT-2020 (5G) Standard für URLLC und mMTC international anerkannt und ermöglicht gleichzeitig eine zuverlässige Breitbandkommunikation. In den Anwendungsszenarien werden Anforderungen des Medien- und Veranstaltungssektors und des (industriellen) IoT-Sektors verknüpft. Ein Beispiel ist die Produktion von Veranstaltungsinhalten (einschließlich Audio und Video) auf der Grundlage nomadischer DECT-2020 NR-Geräte und der IoT-Infrastruktur von Veranstaltungsorten wie Sportarenen, Konferenzzentren, Theater und Studios. DECT-2020 NR kann potenziell auch in anderen Anwendungsszenarien eingesetzt werden, um breitflächige 5G-Privatnetze zu ermöglichen und in KMU zur Produktivitätssteigerung beizutragen.

*MERICI evaluiert, demonstriert und treibt den führenden, nicht-zellularen 5G-Standard DECT-2020 NR (DECT NR+) für den Einsatz im Industrieumfeld und in der Medien- und Veranstaltungsproduktion.  
DECT NR+ ist das Plus in 5G: Überall, jederzeit und durch jedermann.*

*Dr. Andreas Wilzeck*

### › Projektergebnisse

- DECT NR+ chipbasierte Plattform für Audio/Video/(I)IoT Anwendungen
- Konzepte für Spectrum-Sharing zur effizienten Nutzung weiterer Bänder
- Leuchtturmprojekt im schnell wachsenden Ökosystem der DECT NR+ Technologie



Dr.-Ing. Andreas Wilzeck  
andreas.wilzeck@sennheiser.com

Jan Outters  
j.outters@ateme.com



<https://franco-german-5g-ecosystem.eu/merci/>

11/2022-04/2025



DE: **Sennheiser electronic SE & Co. KG**,  
RFmondial GmbH, R3 Solutions GmbH, Leibniz  
Universität Hannover, Ostfalia Hochschule  
für angewandte Wissenschaften



FR: Ateame SA, Vitec, Wirepas



## LiFi-unterstütztes 5G für industrielle und medizintechnische Netzwerke

### › Projektbeschreibung

Das Projekt LINCNET soll die optische Drahtloskommunikation weiterentwickeln, sodass sie in branchenspezifischen Anwendungen als Alternative zur mobilen 5G-Funkkommunikation eingesetzt werden kann. Die LiFi-Technologie nutzt das optische Spektrum hierfür aus und ergänzt den Funk hinsichtlich höherer Datenraten auf kleinen Flächen und in Gebäuden. LiFi wird im Projekt mit 5G-Komponenten und den Powerline-Communication-Technologien (PLC) der Firma devolo AG kombiniert. Durch diese erweiterten 5G Netzwerke wird es beispielsweise möglich sein, in der Intensivmedizin störende Kabel durch drahtlose Verbindungen zu ersetzen und Roboter im industriellen Umfeld einzusetzen. Die drahtlose, optische Vernetzung ermöglicht eine flexible Prozessgestaltung. Dies wird im Projekt an insgesamt sechs unterschiedlichen Anwendungsfällen untersucht.

*LINCNET leistet durch lichtbasierte Kommunikation einen starken Beitrag zur Digitalisierung im Gesundheitswesen / industriellen Umfeld. Damit stärkt es den wirtschaftlichen Vorsprung Deutschlands und dessen technologische Souveränität.*

*Dr.-Ing. Anil Mengi*

### › Projektergebnisse

- Ein LiFi-PLC-Demonstrator wurde auf dem Mobile World Congress vorgestellt.



Dr.-Ing. Anil Mengi  
anil.mengi@devolo.de



<https://www.lincnet.de/>



01/2022-12/2024



**Devolo AG**, Fraunhofer HHI, BISDN GmbH,  
Smart Mobile Labs AG, Indu-Sol GmbH, IAF  
GmbH, TU Berlin, Thiem-Research GmbH



## 5G-Campusnetze in Produktion und Intralogistik

Im Produktionsumfeld unterstützen die 5G-Campusnetze innovative Anwendungen zur funkbasierten Vernetzung von Sensoren, Geräten und Maschinen im „Internet der Dinge“ (IoT). Heute übersteigt die Anzahl der vernetzten Geräte im IoT bereits die Zahl der menschlichen Internetnutzenden. Die niedrigen Latenzzeiten der 5G-Technologie ermöglichen eine nahezu verzögerungsfreie Übertragung und erreichen eine ähnliche Zuverlässigkeit wie kabelgebundene Verbindungen. Dies ermöglicht auch kritische Echtzeitkommunikation per Funk, wie in den Projekten [stic5G](#), [Maveric](#), [5G++ flexicell](#) und [5GILabB](#) erforscht wird. Dies gilt beispielsweise für ferngesteuerte Kräne, mobile Roboter oder auch ganze Produktionsanlagen. Wie in Industrieparks auch den vielen kleinen Unternehmen mit ihren unterschiedlichen Anforderungsprofilen die Möglichkeiten eines 5G-Campusnetzes geboten werden können, wird im Projekt [5G4BP](#) untersucht.



Flexibilität ist ein weiterer Vorteil von 5G-Anwendungen. Bisherige Steuerkabel können durch die drahtlose 5G-Vernetzung entfallen. In der 5G- bzw. 6G-Fabrik der Zukunft sind nur noch Wände und Böden feste Elemente. Die erforderliche Anlagentechnik lässt sich flexibel entsprechend wechselnder Anforderungen anordnen. Dabei sind in der Praxis noch eine Reihe von Herausforderungen zu lösen, wie etwa im Bereich der Zeit-Synchronisierung (Time Sensitive Networks). Hiermit beschäftigen sich zum Beispiel die Projekte [Ticctec](#), [CampusDynA](#) und [EmKol4.0](#). Neue Möglichkeiten ergeben sich auch in der Visualisierung von Arbeitsprozessen durch komfortabel nutzbare, drahtlose Datenbrillen (Augmented Reality/Virtual Reality).

Im Bereich der Intralogistik umfasst eine der Anwendungsfälle im Projekt [CampusOS](#) leistungsfähige autonome Fahrzeuge (AGV), die über ein offenes 5G-Campusnetz an lokale Edge-Cloud-Systeme angebunden sind. Dabei fallen umfangreiche Datenpakete an, wie 3D-Scans, Kameraaufnahmen und zeitkritische Steuerungssignale. Die 5G-Campusnetze ermöglichen nicht nur eine Echtzeitsteuerung und eine effektivere Lokalisierung der Fahrzeuge, sondern auch die kontinuierliche 3D-Abbildung des Lagerbereichs.





# EmKol4.0



## EmKol4.0

### Erschließung moderner Kommunikationstechnologien für Industrie 4.0

#### › Projektbeschreibung

Das Projekt EmKol4.0 wird Methoden und Werkzeuge bereitstellen, die die Untersuchung und Entwicklung von konvergenten Kommunikationslösungen während des gesamten Lebenszyklus von Industrieanlagen und Produkten unterstützen. 5G-Advanced-Technologien können die Grundlage für schnelle, sichere und robuste Kommunikation sein und werden in diesem Vorhaben im gesamtheitlichen Kontext eines Produktionsnetzwerkes gemeinsam mit erforderlichen, zukunftsweisenden drahtgebundenen Kommunikationstechnologien (z. B. TSN) und mit der sich ändernden Produktion (Industrie 4.0, Smart Manufacturing) betrachtet. Im Projekt werden Modelle für konvergente Kommunikationslösungen erarbeitet, die eine einfache Integration in digitalisierte Produktionssysteme ermöglichen. Damit sollen konvergente Kommunikationslösungen auch in anderen Wirtschaftsregionen eingesetzt werden können. Die Projektarbeiten erfolgen im engen Austausch mit einem japanischen Parallelprojekt.

*Das Projekt hilft uns, robuste, hochverfügbare, flexible, echtzeitfähige und international einsetzbare Funklösungen für die Verbindung von Maschinen, Menschen und Daten auf allen Ebenen des Produktionsprozesses nutzbar zu machen.*

Giuliano Persico

#### › Projektergebnisse

Das Projekt lädt Unternehmen zur **Ermittlung des eigenen 5G Suitability Score** ein. Damit werden die Anforderungen von produzierenden Unternehmen an Kommunikationstechnologien in der Produktion ermittelt.



Dr. Lisa Underberg  
lisa.underberg@ifak.eu



<https://www.6g-sky.net/>



09/2022-02/2025



DE: **Institut für Automation und Kommunikation e. V.**, Technische Universität Dresden, Demag Cranes & Components GmbH, Thorsis Technologies GmbH  
Japan: NICT, NEC Corporation, Tohoku University





## Offene und flexible Industrie-Vernetzung mit 5G-Small-Zentrale: Adaptive Produktion und Intra-Logistik in KMU

### › Projektbeschreibung

5G++ FlexiCell zielt darauf ab, flexible, nomadische 5G-SmallCells zu entwickeln, die die Möglichkeit zur Föderation bieten und dabei die Bedürfnisse von KMUs in der Produktion im Fokus haben. Dabei wird ein 5G-Campusnetz im nomadischen Betrieb als schnittstellenoffene Zellen-Zentrale eines inhomogenen, industriellen Kommunikations- und Lokalisierungsnetzwerks betrieben. Dies ermöglicht eine dynamisch konfigurierbare Produktion, die den Anforderungen produzierender KMU („high-mix, low-volume“) gerecht wird. Durch die Integration von Automatisierungslösungen kombiniert 5G++ FlexiCell 5G-Technologie mit anderen drahtlosen und drahtgebundenen Kommunikationstechnologien und bindet auch Lokalisierungslösungen ein. Dabei wird eine auf KMU zentrierte Lösung mit Testumgebung für eine adaptive Produktion, die auf 5G-Technologie basiert, in zwei Fieldlabs realisiert: IntraLogistik und adaptive Produktion mit Leichtbaurobotern.

*Manufacturing-X als Paradigma für eine volladaptive Produktion benötigt eine Kombination von Funk und Lokalisierung wie in FlexiCell. Wir erreichen damit Systemkonfigurationen für eine intelligente Verknüpfung von physischer und digitaler Welt.*

*Prof. Dr. Doris Aschenbrenner*

### › Projektergebnisse

- die 5G-FlexiCell mit integrierten Kommunikations- und Lokalisierungslösungen
- Dual-Band dual-polarisierte Antenne für lokales 5G-Spektrum und 5GHz-WLAN
- intelligenter Kathodentransportbehälter



Prof. Dr.-Ing. Stephan Ludwig  
stephan.ludwig@hs-aalen.de



<https://www.flexicell.eu/>



04/2022-03/2025



**Hochschule Aalen (Fakultät Elektronik und Informatik)**, Technische Universität

Ilmenau (Institut für Informationstechnik), Blackned GmbH, Awesome Technologies Innovationslabor GmbH, VARTA Microbattery GmbH, Carl Zeiss Automated Inspection GmbH



## 5G Industrielabor Bischheim

### › Projektbeschreibung

Ziel des Projekts ist es, ein lokales 5G-Netz für das Qualitätsmanagement einzurichten, das Überwachung, Automatisierung und Telebetrieb von Prozessen der französischen Bahngesellschaft SNCF unterstützt. Eine Modernisierung der bisherigen Zugwartung wird angestrebt, indem in einem neu errichteten Gebäude sogenannte Mover eingesetzt werden. Als Mover werden Bodendrohnen bezeichnet, die für den Transport von Waggons und Triebköpfen zuständig sind. Das 5G-Netz wird für die Überwachung und Automatisierung der Mover genutzt. Unter anderem werden für diesen speziellen Anwendungsfall mit dem 5G-Netz neuartige Geolokalisierungsfunktionen für bewegliche Objekte in der Wartung und Intralogistik untersucht und optimiert. Insgesamt wird das Potenzial von privaten 5G-Netzen für die Überwachung und das Qualitätskontrollmanagement von Zugwartungsprozessen demonstriert und die mögliche Ausweitung im industriellen Kontext analysiert

*Das Projekt ermöglicht es uns, zuvor im Labor erforschte und entwickelte Verfahren zur Lokalisierung mit 5G Signalen im Projekt anhand konkreter Spezifikationen weiterzuentwickeln und in einer realen und komplexen Industrieumgebung bei SNCF zu erproben.*

*Dr.-Ing. Jochen Seitz*

### › Projektergebnisse

**Ausgewählte Arbeitsergebnisse** des Projekts sind bereits während der Laufzeit öffentlich zugänglich.

- Veröffentlichte Messdaten für eine Lokalisierung mit 5G Signalen (Competition der IPIN Konferenz 2023)
- Verfahren für eine Lokalisierung mit 5G Signalen in herausfordernden Industrieumgebungen
- Use-Case Spezifikationen für den Einsatz von 5G Technologien bei SNCF



Dr.-Ing. Jochen Seitz  
jochen.seitz@iis.fraunhofer.de



<https://franco-german-5g-ecosystem.eu/5gilabb/>



11/2022-10/2025



DE: **Fraunhofer IIS**, Evocortex GmbH  
FR: **SNCF Voyageurs SA**, Nokia, Centre de Research en Automatique de Nancy (CRAN)



## Safe TSN for Industrial-Grade Real-Time Campus 5G

### › Projektbeschreibung

Ziel ist ein erprobtes industrielles 5G-Ökosystem mit einem Schwerpunkt auf Echtzeit- und Sicherheitsanforderungen. Die Partner erweitern gemeinsam die bestehenden Kommunikationstechnologien und bauen eine industrietaugliche Plattform für die drahtlose, robuste, echtzeitfähige und sichere Datenübertragung in industriellen Anwendungsfällen. Time Sensitive Networking (TSN) und die Integration von industriellen Standard-Kommunikationsprotokollen (PROFINET/PROFIsafe) spielen eine wesentliche Rolle. In zwei Use Cases wird der Betrieb und die Leistungsfähigkeit des neuen industriellen 5G-TSN-Campus-Netzes demonstriert: maschinelle Konnektivität an Fließbändern und nahtlose Anbindung von AGVs über 5G-TSN-Campusnetze. Im Ergebnis wird die Konnektivität in industriellen Umgebungen sowohl in Innen- als auch in Außenszenarien erhöht. Mit Hilfe der hybriden kabelgebundenen und drahtlosen Netzwerke lassen sich effizientere und flexiblere Produktionsprozesse realisieren.

*In stic5G wird erstmalig die Brücke von der bislang theoretischen Betrachtung der 5G-TSN-Erweiterungen zu realen Implementierungen geschlagen, die anhand von realen Use-Cases aus dem Bereich der industriellen Kommunikation demonstriert und evaluiert werden.*

*Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora*

### › Projektergebnisse

- IEEE802.1AS Zeitsynchronisation über 5G-Campusnetzwerke
- Konfiguration von 5G-Campusnetzwerken anhand von TSN QoS-Parametern
- Demonstration anhand industrieller Use-Cases durch Integration industrieller Kommunikationsprotokolle



Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora  
axel.sikora@hs-offenburg.de



<https://franco-german-5g-ecosystem.eu/stic5g/>



11/2022-10/2025



DE: **Hochschule Offenburg**, TU Dresden,  
Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte  
Forschung e. V.  
FR: **Firecell**, Eurecom, Airbus SAS, MAG  
Technologies



## 5G For Business Parks

### › Projektbeschreibung

Das Ziel besteht darin, eine Open-RAN-basierte Lösung für ein privates 5G-Funknetz in Gewerbeparks für kleine und mittelständische Unternehmen bereitzustellen. Das Campusnetz erstreckt sich über den gesamten Business Park und wird von einem auf dieses Szenario spezialisierten Betreiber aufgebaut und betrieben. Um auch Unternehmen zu erreichen, die sich außerhalb des Gewerbeparks befinden, wird eine Richtfunkanbindung angeboten. Das deutsch-französische Konsortium nutzt dazu Eigenentwicklungen und Komponenten der Leitprojekte CampusOS und 5G-OPERA.

*5G4BP stellt die Komponenten und Dienstleistungen für private 5G-Campusnetze in Gewerbeparks bereit, um insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen flexibel mit Ultra-Reliable Low Latency Communication (URLLC) zu versorgen.*

*Alfons Mittermaier*

### › Projektergebnisse

- Open-RAN-Komponenten 5G Core, O-DU/CU, O-RU von Drittanbietern, virtueller Router, Richtfunk und SMO inkl. Non-RT RIC
- Campusnetzbetrieb in einem Gewerbepark im Département Isère (FR) mit Schwerpunkt Intralogistik



Alfons Mittermaier  
alfons.mittermaier@highstreet-technologies.com



DE: **highstreet technologies GmbH**, Xelera Technologies GmbH



<https://franco-german-5g-ecosystem.eu/5g-for-business-parks/>

FR: **6WIND**, SPECTRONITE



01/2022-12/2024



# Middleware für automatisierte Verwendung von Edge-Ressourcen in Campusnetzwerken

## › Projektbeschreibung

Harsche industrielle Umgebungen stellen eine besondere Herausforderung für drahtlose Kommunikation dar. Der Schiffbau als eine solche Umgebung dient dem Verbundprojekt MAVERIC zur Erprobung von 5G-Campusnetzen und Technologien, die diese Netze um Zusatzfunktionalitäten ergänzen, insbesondere das Edge-Computing. Die Anforderungen an diese Technologien sind enorm, insbesondere bezüglich Verfügbarkeit, Sicherheit und Vertraulichkeit. Ziel ist es, ein mobiles 5G-Campus-System mit besonderem Fokus auf ein automatisiertes Deployment und Monitoring zu entwerfen, das ein flexibles und digital souveränes In-Network-Computing unterstützt. Darauf aufbauend sollen Anwendungen demonstriert werden wie z.B. die audiovisuelle Unterstützung von Technikern vor Ort durch Remote-Ingenieure, Drohnenflug per 5G, oder KI-Anwendungen für das Erfassen von Arbeitern an und unter Deck.



Anhänger für nomadisches 5G-Campusnetz

## › Projektergebnisse

Ein modulares, mobil einsetzbares 5G-Campusnetz aus einem Anhänger heraus, das schnell aufgebaut und sowohl indoor als auch outdoor eingesetzt werden kann. Durch Klimatisierung, Satelliten-Backhaul und mobile Mastanlage ist es nahezu überall und zu jeder Jahreszeit einsetzbar. Industriepartner können damit den Einsatz mobiler 5G-Campusnetze vor Ort testen, ohne sofort in eigene Infrastruktur und Personal investieren zu müssen.



Unterschiedliche Signalstärken im Schiffsrumpf



Peter Hofbauer  
phofbauer@xantaro.net



Xantaro Deutschland GmbH, NVL B.V. & Co. KG, Hochschule Augsburg, Technische Hochschule Emden/Leer



<https://www.maveric-project.org/>



04/2022-03/2025



## Time Sensitive Communication in Campusnetworks for Teleoperated Control

### › Projektbeschreibung

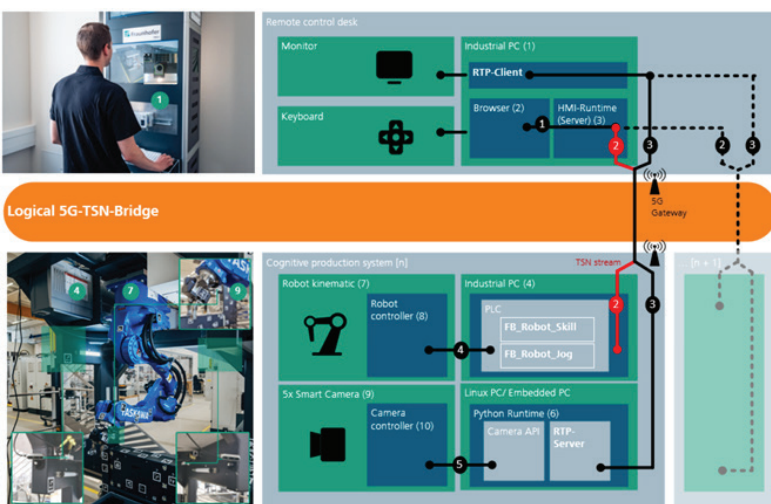
Das Projekt entwickelt und realisiert ein 5G-Open-RAN-Netzwerk, das TSN-Funktionalitäten in Kombination mit Device-to-device (D2D)-Kommunikation integriert. Dadurch wird die Remote-Steuerung einer Roboterzelle und eines fahrerlosen Transportfahrzeugs ermöglicht. Die TSN-Translatoren werden implementiert und ausgiebig auf Funktionalität und Interoperabilität getestet. Anschließend wird die Remote-Steuerung umgesetzt. Um zusätzlich D2D-Kommunikation zu ermöglichen, werden die Demonstratoren um eine entsprechende D2D-Funktionalität erweitert.

*TICCTEC erforscht essentielle Funktionen für 5G Campusnetzwerke für die Verknüpfung von TSN und 5G. Dadurch sollen Steuerungen in der Fabrik, insbesondere bei zukünftigen Applikationen für die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine ermöglicht werden.*

*Dipl.-Wi.-Ing. Thomas Hörschele*

### › Projektergebnisse

- Erste Implementation der entwickelten TSN-Komponenten (NW-TT, AF)
- Komponenten mit unterschiedlichen Set-Ups
  - OpenAirInterface Core/RAN + SDR
  - LITEON RU + Airpuls DU/CU + CampusGenius Core



Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Frank H. P. Fitzek  
frank.fitzek@tu-dresden.de



<https://ticctec.org/>



04/2022-03/2025



**TU Dresden (ComNets Deutsche Telekom Professur für Kommunikationsnetze),**  
Fraunhofer IWU, Qualcomm CDMA Technologies GmbH, Industrie-Partner GmbH  
Radebeul-Coswig



## Dynamische Anpassung von Campusnetzen und Applikationen in industriellen Anwendungsszenarien

### › Projektbeschreibung

CampusDynA realisiert Anwendungen aus den drei Bereichen „autonome, mobile Robotik“, „Ressourceneffizienz von Produktionsanlagen“ sowie „zivile Sicherheit von Produktionsstätten“. Das Projekt trägt dazu bei, den konkreten Mehrwert offener 5G-Campusnetze für industrielle Anwendungsszenarien zu evaluieren und somit die Akzeptanz der Nutzer zu fördern. Aspekte der wechselseitigen dynamischen Adaption von Netz- und Anwendungsverhalten stehen dabei im Fokus. Analysiert werden deren Implikationen für Leistungssteigerungen und Innovationen sowohl auf der Nutzer- als auch der Anbieterseite. Zudem werden auch gesamtgesellschaftliche Wirkungen wie Nachhaltigkeit und zivile Sicherheit untersucht.

### › Projektergebnisse

- Aufbau und Validierung eines OpenRAN basierten Testnetzes am Werner-von-Siemens-Centre
- Implementierung und Erprobung einer xApp zur variablen Echtzeit-Steuerung von Netzparameter auf Basis von Applikationsanforderungen
- Implementierung von ersten Use Cases insbesondere in der Autonomen mobile Robotik innerhalb der Testumgebung

„  
Ein stabiles privates 5G-Netz schafft die Grundlage für neuartige Edge-gesteuerte AMRs, die mit unserer NavigateSYS-Software kommunizieren. Unser primäres Ziel im Forschungsprojekt ist es, eine optimale Kapazitätsverteilung im Netz zu erreichen und dadurch die Bandbreite effizienter zu nutzen. Auf diese Weise arbeiten wir daran, zukünftige AMR-Modelle viel intelligenter zu machen.“

Prof. Dr. ing. Jens Lambrecht



Thomas Staufenbiel  
staufenbiel@gestalt-robotics.com



<https://campusdyna.de>



04/2022-03/2025



**Gestalt Automation GmbH**, T-Systems International GmbH, OSRAM GmbH, Fraunhofer IOSB, Fraunhofer IPK, Werner-von-Siemens Centre for Industry and Science e.V.



## 5G-Campusnetze in der Medizintechnik

Digitale Anwendungen in Kliniken und Arztpraxen versprechen eine deutliche Verbesserung der Patientenversorgung. Dazu gehören unter anderem intelligente und vernetzte Operationssäle mit echtzeitfähigen bildgebenden Verfahren sowie automatisierter Datensynchronisation von medizintechnischen Geräten unterschiedlicher Hersteller (siehe [Klinet5G](#), [5G OR](#) und [5G FORUM](#)). Besonders in der zukunftsweisenden Telechirurgie stellen sich dabei hohe Anforderungen an die Dienstqualität, Latenz, Sicherheit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit. In diesem besonders sensiblen Umfeld können 5G-Campusnetze einen wichtigen Beitrag leisten, um die Digitalisierung voranzutreiben.



Neben der Bereitstellung spezieller Funktionalitäten ist es wichtig, auch drahtgebundene Medizingeräte zu integrieren und mögliche Störeinflüssen auf diese Geräte durch Funksignale zu beachten.





## Klinische Netzwerke via 5G

### › Projektbeschreibung

KliNet5G evaluiert die Umsetzbarkeit einer 5G-basierten Netzinfrastruktur auf Basis von OpenRAN in Kliniken mit Anwendungen in Medizintechnik, Biosensorik und Kliniklogistik. Es entsteht ein Leitfaden, welcher Kliniken bei der Konzeption und Konfiguration von 5G-Campusnetzen unterstützt. Unter Einsatz des Komponentenkatalogs aus den CampusOS Leitprojekten wird ein klinisches 5G-Testfeld aufgebaut, das ein breites Spektrum an Leistungsparametern von 5G abbildet. Durch die enge Verzahnung des Konsortiums mit dem Leitprojekt werden die Anforderungen direkt reflektiert. Die konkreten Pilotanwendungen werden jeweils von einem Industriepartner und einem universitären Partner entwickelt und anschließend mit der Klinik-IT und externen Experten evaluiert. Parallel dazu werden mögliche Risiken, die Zulassungsfähigkeit und Betreibermodelle betrachtet. Das Projekt leistet einen Beitrag zu einer breiteren Anwendung von 5G in Kliniken und bildet die Basis für industrielle Anwendungen.

*Durch KliNet5G ist die klinische Integration von 5G-Technologien und 5G-Campusnetzwerken in greifbare Nähe gerückt. Die entwickelten Leitfäden und technologischen Konzepte bieten eine solide Basis für die erfolgreiche Implementierung von 5G-Campusnetzen, was die Effizienz und Wirksamkeit medizinischer Anwendungen und die Patientenversorgung weiter verbessert*

**Prof. Dr. Thomas Neumuth**

### › Projektergebnisse

Im bisherigen Projektverlauf wurden die Strukturen für Richtlinien und Betreibermodelle für 5G-Campusnetze gemeinsam mit Projektpartnern und Beratungsunternehmen konzipiert. Es wurde die erste Version des klinischen Leitfadens mit Rollen, Verantwortlichkeiten sowie Betreibermodellen spezifiziert und technologische Konzepte etabliert. Die Projektpartner im Bereich Medizintechnik implementierten neue 5G-Netzwerkschnittstellen und führten erfolgreich Tests an mehreren medizinischen Geräten durch, darunter Endoskopiesysteme, Patientenüberwachungssysteme und Lokalisierungstechnologien. Darüber hinaus wurden erfolgreich Konzepte zur Planung und Umsetzung von 5G-Campusnetzen entwickelt.



Prof. Dr. Thomas Neumuth



<https://klinet5g.de/>



04/2022-03/2025



**Universität Leipzig** - Medizinische Fakultät - Innovation Center Computer Assisted Surgery (ICCAS) , Schölly Fiberoptic GmbH, steute Technologies GmbH & Co. KG, Inova DE GmbH, MotionMiners GmbH, TU Chemnitz (Lehrstuhl für Kommunikationsnetze), Universität Rostock (IMD)



## Aufbau der nächsten Generation eines 5G-fähigen Operationsaal-Ökosystems zur Verbesserung der Patientenversorgung

### › Projektbeschreibung

Es entsteht ein 5G-fähiges Operationsaal-Ökosystem für Krankenhäuser mit dem Anspruch, den Mehrwert eines 5G-Campusnetzes für die Patientenversorgung zu demonstrieren. Es werden unterschiedliche 5G-Anwendungen im Operationsumfeld entwickelt und in einer realistischen klinischen Umgebung validiert. Ein Beispiel ist der Einsatz von datengesteuerter und KI-gestützter Chirurgie zur Verbesserung der Behandlungsergebnisse und Patientensicherheit. Über die Vernetzung von medizinischen Geräten werden essenzielle medizinische Daten wie Vitalparameter und endoskopische Bilder schnell und strukturiert gesammelt und verarbeitet. Sie werden in einem klinischen Kontrollzentrum mit Hilfe von KI-Algorithmen ausgewertet und für telemedizinische Anwendungen genutzt. Ein anderer Demonstrator zeigt auf, inwieweit autonom navigierende robotische Transportsysteme das Fachpersonals unterstützen und z.B. im Operationstrakt entlastende und unterstützende Aufgaben übernehmen können.

*Die 5G-Technologie ist ein Schlüsselement bei der Transformation des Gesundheitssektors in ein digitales, vernetztes Ökosystem und kann dabei die Patientenversorgung erheblich verbessern. 5G-OR leistet hier Pionierarbeit auf dem Weg zum Operationsaal der Zukunft.*

*Dipl.-Ing. Johannes Horsch*

### › Projektergebnisse

- Drei betriebsbereite 5G-Campusnetze in OP-Sälen an den Standorten Berlin, Mannheim und Straßburg
- Vier evaluierte und validierte klinisch relevante Anwendungsfälle aus den Bereichen KI und Robotik in interdisziplinären Teams aus Medizin und Technik
- Plug-and-Play-Lösungen zur Integration von (medizinischen) Geräten und Systemen in 5G-Campusnetzen



Johannes Horsch  
johannes.horsch@ipa.fraunhofer.de



<https://franco-german-5g-ecosystem.eu/5g-or/>



01/2022-12/2024



DE: **Fraunhofer IPA**, Hochschule Reutlingen, SectorCon Ingenieurgesellschaft mbH, KARL STORZ SE & Co. KG, Charité Universitätsmedizin  
FR: IHU Strasbourg, b<>com, RDS (Rhythm Diagnostic Systems)





## 5G-FORUM

### 5G based Flexible OR Use and Monitoring

#### › Projektbeschreibung

5G-FORUM untersucht die Potentiale der 5G-Technologie für die modulare, intraoperative und echtzeitfähige Kommunikation im OP und entwickelt dazu Demonstratoren in Frankreich und Deutschland. Im Zentrum steht dabei die offene Vernetzung von Medizingeräten über den SDC-Standard, der in diesem Projekt über 5G echtzeitfähig gemacht werden soll. Die Projektergebnisse sollen im Anschluss als erweiterte SDC-Bibliothek sdcX und in Form von Geräteprofilen in die Normierung eingehen. Den Kern des Demonstrators stellt ein navigiertes Chirurgie-System dar, welches Daten über 5G mit hoher Zuverlässigkeit und geringer Latenzzeit überträgt sowie eine 3D-Tracking-Kamera, die die Position chirurgischer Werkzeuge erfasst und diese in Echtzeit an eine Planungssoftware übermittelt.



*Mit 5G-FORUM können wir die offen vernetzte Medizintechnik und deren Vorteile erstmals für echtzeitkritische Anwendungen und auch drahtlos nutzen, was die Behandlung der Patienten verbessert und die Usability der Geräte für das Personal verbessert.*

*Dominik Stegemann*

#### › Projektergebnisse

- Anforderungsanalyse über drahtlose Echtzeitanwendungen im OP
- QUIC / HTTP3 fähige Variante der sdcX-Bibliothek
- Drahtlose Tracking-Kamera



Dominik Stegemann  
stegemann@surgitaix.com



<https://franco-german-5g-ecosystem.eu/5g-forum/>



01/2022-12/2024



DE: **SurgiTAIX AG**, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Universitätsklinikum Aachen

FR: **Haventure SAS**, MinMaxMedical, AMA research and development, eCential Robotics



## 5G-Campusnetze in Verkehr und Logistik

Durch den Einsatz der 5G-Technologie können aus einer Funkzelle mehrere virtuelle Netze für unterschiedliche Anwender abgetrennt werden, bekannt als „Network Slices“. Ein Beispiel hierfür sind Flughäfen, die verschiedene Netzschnitte für Verkehrskontrolle, Infrastruktursteuerung, Intralogistik und Sicherheitsdienste benötigen. 5G-Campusnetze können so dynamisch und flexibel an die spezifischen Anforderungen der jeweiligen Anwender und Nutzungsszenarien angepasst werden.



öffentliches 5G-Funknetz der Eisenbahn ein privates Netz ohne räumliche Begrenzung darstellt. Durch das FRMCS wird eine hochleistungsfähige und drahtlose Echtzeitkommunikation zwischen Zügen und Infrastruktur sichergestellt, wodurch ein wichtiger Beitrag für die Weiterentwicklung des Bahnsektors in Richtung zu mehr Digitalisierung sowie Automatisierung geleistet wird. Dies führt unter anderem zu einer gesteigerten Kapazität der Bahnverkehrsleistung (siehe [5G-RACOM](#)).

5G-Anwendungen werden auch im Bereich der Baustellenlogistik zunehmend interessant, etwa für die Koordinierung der vielfältigen Arbeitsabläufe und beteiligten Partner. Durch die echtzeitnahe Aggregation und Analyse von Sensor-, Positions-, Video- und Radar-3D-Daten wird ein virtuelles Abbild der Baustelle als „Baustellenzwilling“ erzeugt, welches eine fortwährende Zustandsüberwachung von Bauobjekten ermöglicht. Weitere Anwendungsmöglichkeiten bieten sich für die Baustellensicherheit und den Arbeitsschutz, wie beispielsweise die frühzeitige Erkennung von Gefahren und die unmittelbare Einleitung von Maßnahmen (Not-Aus von Maschinen, Warnungen etc.). Darüber hinaus können 5G-Campusnetze auch zur Absicherung von Baustellen vor Diebstahl genutzt werden.

Eine Sonderrolle nimmt der europäisch harmonisierte Bahnfunkstandard FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) ein, welcher als nicht-





## 6G-SKY 6G for Connected Sky

### › Projektbeschreibung

Mit der 5G-Spezifikation Release 17 wird erstmalig die Kommunikation von 5G über sogenannten Non Terrestrial Networks (NTN) wie Satelliten und High Altitude Plattformen (HAPs) unterstützt. Die Projektpartner entwickeln dieses Konzept weiter in Richtung einer generalisierten 6G-Architektur für terrestrische Aerospace und satellitenbasierte Kommunikationsverbindungen. Die Konzepte werden in Simulationen demonstriert und mittels Echtzeit-Implementierungen sowohl für Funkverbindungen im Luftraum als auch über Satelliten validiert.

6G for Connected Sky wird Lösungen für eine zuverlässige und robuste Konnektivität für Nutzer in der Luft und am Boden bereitstellen. Das Projekt konzentriert sich auf neuartige Architekturen, Netzwerkdesigns und Managementschemata. Die Datenkommunikation adressiert verschiedene Arten von fliegenden Fahrzeugen (Flugzeuge, Drohnen) und wird Bodennutzern in ländlichen Gebieten ohne Infrastruktur über die NTN eine robuste, latenzarme und/oder leistungsfähigen Kommunikation bereitstellen.

### › Projektergebnisse

- [Whitepaper](#)

*6G for Connected Sky entwickelt beeindruckende Lösungen für zuverlässige und robuste Konnektivität in der Luft und am Boden. Zusammen mit unseren 16 europäischen Partnern decken wir die gesamte Wertschöpfungskette vom System- und Plattformanbieter über die Netzoperatoren bis zu den Boden- und Luftnutzern ab. Ich freue mich, Teil dieser wegweisenden Initiative zu sein und die Zukunft der Konnektivität mitzugestalten.*

Julia Kolb



6G-Sky@iis.fraunhofer.de



<https://www.6g-sky.net/>



05/2022-04/2025



DE: **Airbus Defence and Space GmbH**,  
Fraunhofer IIS, Ericsson Antenna Technolo-

gy Germany GmbH, Deutsche Telekom AG,  
Motius GmbH, Meshmerize GmbH  
SE: Königliche Technische Hochschule, LM  
Ericsson AB, Skysense AB, Swedish Post and  
Telecom Authority, SAS AB  
AT: Lakeside Labs GmbH, RED Bernard  
GmbH, twins GmbH, LCA LOGISTIK CENTER  
Austria Süd GmbH  
HU: Ericsson Hungary, AITIA International  
Inc.



FRANCO-GERMAN ECOSYSTEM  
FOR PRIVATE 5G NETWORKS  
**5G-RACOM**



## 5G for Resilient and Green RAIl COMMunications

### › Projektbeschreibung

Das deutsch-französische Innovationsprojekt 5G-RACOM untersucht Lösungen für effiziente, zuverlässige und nachhaltige Nutzung des künftigen europäischen Bahnfunksystems FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) und des damit verbundenen Frequenzspektrums. FRMCS gilt als Nachfolger von GSM-R und wird auf Basis von 5G-Technologien eine hochleistungsfähige und drahtlose Echtzeitkommunikation zwischen Zügen und Infrastruktur sicherstellen. FRMCS liefert einen wichtigen Beitrag für die Weiterentwicklung des Bahnsektors hin zu mehr Digitalisierung und einer gesteigerten Kapazität der Bahnverkehrsleistung. Die Innovationen und prototypischen Umsetzungen aus dem 5G-RACOM Projekt haben das Potential, die Einführung von 5G-basiertem FRMCS im Bahnverkehr zu beschleunigen und leisten damit auch einen Beitrag für mehr Nachhaltigkeit im gesamten Verkehrssektor.

*5G eröffnet dem betrieblichen Bahnfunk neue Möglichkeiten für die Digitalisierung und Automatisierung des Bahnbetriebs.*

*Bernd Holfeld*

### › Projektergebnisse

**Ausgewählte Arbeitsergebnisse** des Projekts sind bereits während der Laufzeit öffentlich zugänglich: Whitespace-Konzept zur Koexistenz von FRMCS & GSM-R.



Bernd Holfeld  
Bernd.Holfeld@deutschebahn.com

Jan Koernicke  
Jan.Koernicke@deutschebahn.com



<https://franco-german-5g-ecosystem.eu/5g-racom/>



12/2022-11/2025



DE: **DB InfraGO Aktiengesellschaft**,  
Kontron Transportation Deutschland GmbH,  
Funkwerk Systems GmbH, Technische Uni-  
versität Chemnitz, Technische Universität  
Ilmenau

FR: SNCF Réseau, Kontron Transportation  
France, Siradel, IMT Atlantique, Université  
Gustave Eiffel, Railenium