



Kommunikationssysteme

Neue 5G-mmWellen-Netztechnologie für die Mobilfunkinfrastruktur

I. Mobilfunkgenerationen

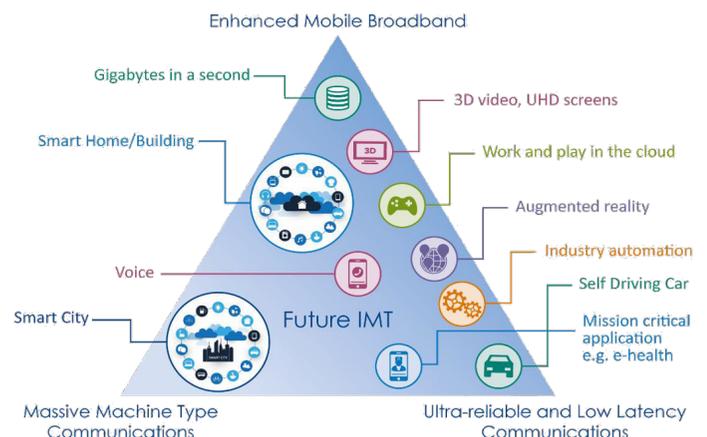
1G	2G	3G	4G	5G	6G
	Bis zu 1,9 GHz	Bis zu 2,1 GHz	Bis zu 2,5 GHz	Bis zu 6 GHz Bis zu 95 GHz (mmWelle)	THz
80er	90er	00er	10er	20er Jahre	30er
Keine Datenübertragung	GSM, GPRS, EDGE, TDMA	UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)	MIMO (Multiple Input, multiple Output)	Massive MIMO, Beamforming, mmWellen-Hardware, Small Cells	Terahertz-Kommunikation, Glasfaser, Sensorik, ...

Quelle: Fraunhofer IIS

5G – der universelle Konnektivitätsstandard für Unternehmen

5G ist ein einheitlicher Standard für die drahtlose Kommunikation, der drei verschiedene Subsysteme umfasst, die schrittweise entwickelt und auf den Markt gebracht werden:

1. Enhanced Mobile Broadband (eMB)
2. Ultra-reliable & Low Latency Communications (uRLLC)
3. Massive Machine Type Communications (mMTC)



Quelle: <http://5gsmarts.com/5g-tech/5g-latency-1-millisecond/>

II. 5G-Netztechnologie

5G-Netzarchitektur

Ein Mobilfunknetz besteht aus drei primären Segmenten: Kernnetz (Core Network), Funkzugangsnetz (Radio Access Network, RAN) und Endgeräten. Das Funkzugangsnetz wiederum unterteilt sich in Basisstationen mit den dazugehörigen Antennen. War der Mobilfunk der vierten Generation (LTE) geprägt durch eine Datenübertragung von und zu Endgeräten (in der Regel Smartphones), kommen im 5G-Netz in großem Maßstab neue Devices, z. B. aus der Welt des Internets der Dinge (IoT), hinzu.

In der Netzarchitektur wird ein Paradigmenwechsel stattfinden: Viel stärker als bisher wird die zukünftige Netzarchitektur einen Baukastencharakter mit unterschiedlichen Hardware- und Software-Konstellationen haben. Dies erlaubt es, Netzinfrastrukturen flexibel aufzubauen, dezentral und modular zu betreiben und mittels einer Konfiguration über Software für unterschiedlichste Einsatzszenarien zu befähigen.

5G-Netzausbau mit mmWellen-Netztechnik – Von 6 GHz zu 26 GHz: Was bedeutet das?



Wellenlänge bei 6 GHz
 $\lambda/2 = 2,5 \text{ cm}$

Quelle: www.lte-empfang.com/lte-empfang-mit-einer-4g-antenne-verbessern



Wellenlänge bei 26 GHz
 $\lambda/2 = 0,575 \text{ cm}$

Quelle: www.mobileworldlive.com/featured-content/top-three/small-cell-forum-outlines-plan-for-5g-future

Im Zuge des Ausbaus der 5G-Infrastruktur ab 2023 für Frequenzen > 6 GHz (mmWellen-Spektrum) ändern sich die technologischen Anforderungen fundamental.

Grundlage hierfür sind neuartige 5G-Komponenten und Systeme (vor allem Hardware-seitig), z. B.:

- Komplexer Antennenaufbau
- Basisstationen mit Massive MIMO-Antennenarray mit > 100 Elementen anstelle einer 4G-Sektorantenne
- Gerichtete Strahlen (Beamforming)
- Small Cells

Aufzubauende Infrastruktur für mmWellen (ab 2023) 26 GHz

Abdeckung: 100 – 300 m
Bandbreite*: < 1 GHz
Datenrate: bis ca. 20 GBit/s

5G-Abdeckung in bestehenden 4G-Netz (LTE) < 6 GHz

Abdeckung: 1 km
Bandbreite*: ~ 100 MHz
Datenrate: 1 Gbit/s

- Je größer die Frequenz, desto kleiner die Strahler-elemente.
- Antennen werden kleiner: **Miniaturisierte & modulare Antennenelemente**
- Vielfältig einsetzbar: **Erschließung neuer Anwendungsgebiete**

5G-Netztechnik der FMD – Technologischer USP und Vorteile für den industriellen Nutzer

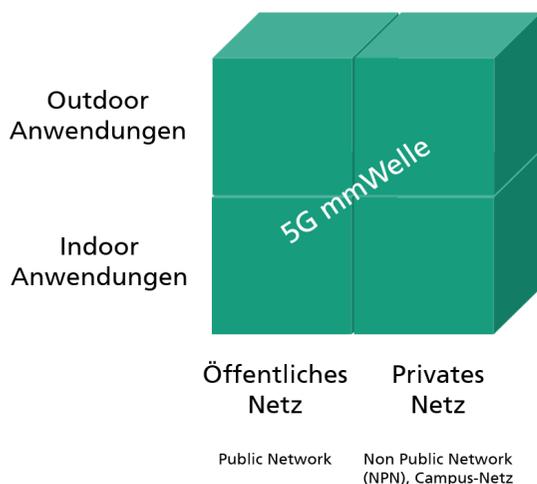
Die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD) verfügt über einen **patentierten Ansatz zur Systemintegration für 5G-mmWellen-Hardware**. Diese leiterplattenbasierte Technologie ermöglicht die Integration von 5G-Chips, Antennen und anderen Systemkomponenten (Antenna-In-Package). Grundlage ist langjährige Forschung auf dem Gebiet. Die 5G-Technologieplattform der FMD ist die einzige Systemarchitektur in Europa, die energieeffizient, kostengünstig, hochperformant, skalierbar und miniaturisiert realisiert werden kann. Diese 5G-Technologie wird aktuell von FMD-Instituten (u. a. die Fraunhofer-Institute IZM, IIS, HHI sowie Leibniz IHP und FBH) zusammen mit anderen Industrie- und Forschungspartnern entwickelt.

Mit 5G-Chips, Funkmodulen und Basisstationen aus Deutschland wird **Technologische Souveränität** in Kommunikationssystemen in Teilen möglich.

Performanceseitiger Nutzen	Weitere Vorteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Echtzeitfähig, geringe Latenz <ul style="list-style-type: none"> ▪ Performante Verarbeitung von Bild- / Kameradaten ▪ Mission-kritische Anwendungen ▪ Schnelle Reaktionszeit & Entscheidungen ▪ Hohe Datenrate und große Bandbreite <ul style="list-style-type: none"> ▪ Schnelle Datenübertragung großer Datenmengen ▪ Viele Nutzer gleichzeitig ▪ Datenakkumulation, (De-)Komprimierung ▪ Hohe Ortsgenauigkeit <ul style="list-style-type: none"> ▪ Genaue Positionsbestimmung von Devices, Maschinen etc. ▪ Steigerung der Genauigkeit um Faktor 10 durch mmWave 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Outdoor- und Indoor-Anwendungen ▪ Durchgängigkeit der Konnektivität ▪ Kleine Bauform (-> Small Cells, Pico Cells) ▪ Integration in existierende Bauteile / Devices ▪ IT-Sicherheit (-> Anti-Jamming) ▪ Energieeffiziente Datenübertragung ▪ Skalierbar und kosteneffizient ▪ Technologie kommt aus Deutschland / Europa

III. 5G-Anwendungsfelder

5G-Anwendungsszenarien



Die neuen 5G-Basisstationen ermöglichen 5G mit hohen Datenraten und Bandbreiten in Echtzeit – sowohl in Campus- als auch in öffentlichen Netzen. Entsprechende Funkmodule sind wesentlich kleiner als solche in LTE- oder 5G-Basisstationen des 6 GHz-Bands.

Mit dem Formfaktor einer Streichholzschachtel können sie in jede Straßenlaterne, öffentliche Basisstation, Drohne, Werkzeugmaschine sowie in jeden Gabelstapler, Industrieroboter etc. eingebaut werden.

5G-Anwendungsbranchen und Use-Cases von mmWellen-Netztechnik

Branche	Industrie 4.0	Logistik	Mobilität
Use Cases	Industrie-Automation	Produktionslogistik Connected Intralogistics mit FTS, AGVs, AMS, UAV	Smart Streets & Parking Digitalisierung von Parkhäusern, Digitale Karten, Verkehrsleitsysteme
	Industrie-Robotik Human Machine Interface, autonome Fertigungsroboter	Positionierung & Lokalisierung von Waren in Außenlagern	Autonomes Fahren Car2Car-Kommunikation, Fahrzeugauslieferung bei selbstfahrenden Autos
	Positionierung von Werkstücken	Tracking in Supply Chains Container-Tracking am Hafen etc.	Intelligente vernetzte Ladestationen
	Smart Maintenance incl. AR/VR/MR	Platooning	Autonome Schiene, ÖPNV und Shuttle Service

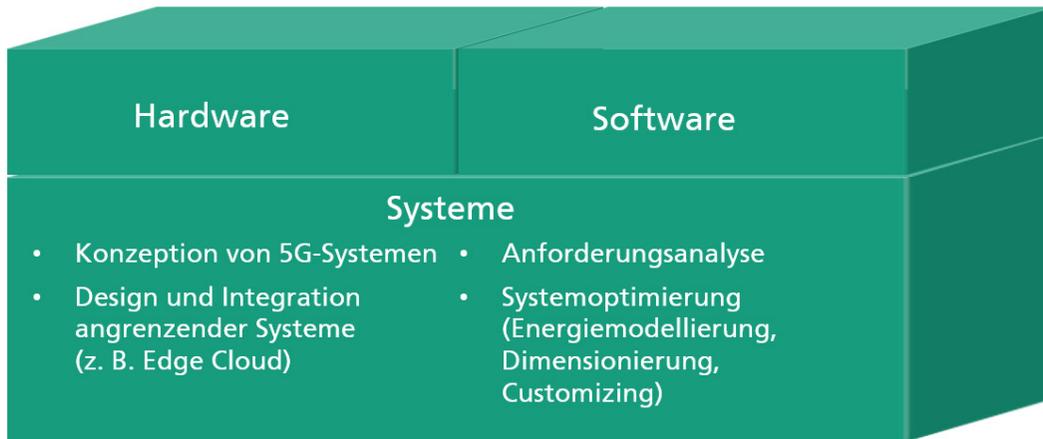
Branche	Smart City / Digitale Gesellschaft (Kommunikation, Sicherheit etc.)	Versorgung	Bau
Use Cases	Konnektivität in innerstädt. Arealen wie Campusnetzen Technologie- / Gewerbestrassen	Resiliente Absicherung der Energieversorgung krit. Infrastrukturen Mobilfunk-Basisstationen	Smart Buildings
	Adhoc Antennen auf Großveranstaltungen	Erneuerbare Energien für Basisstationen	Smart Home
	Überwachung öffentlicher Plätze Demonstrationen mit Videodaten, Sensordatenfusion	Smart Grid – Balancierung Erzeugung/Verbrauch	Hochbau
	Ubiquitous Computing (8K, Gaming, AR / VR / MR) z.B. an Hot Spots	Digitalisierung der Energie- und Wassernetze	Tiefbau
	Digitalisierung öffentlicher Räume und Verkehrsinfrastruktur ÖPNV, Bahnhöfe, Flughafen	Remote / Fernwartung , Waste Management Versorgungsinfrastrukturen	
Verteilung der Datenlast im Netz	Intelligente Straßenlaternen / Humble Lights		

Branche	Landwirtschaft	Infrastrukturüberwachung	Gesundheit
Use Cases	Interconnected Drones Drohenschwärme für effizientes Ausbringen von Saatgut, Wasser	Überwachung öffentl. Infrastrukturen Bahn, Straßen, Kommunikationsdrohne für Multi-Sensorik	Smart Hospital Übertragung von Patientendaten
	Predictive Maintenance auf dem Feld durch Drohenschwärme	Drohenschwärme Steuerungskommunikationsdrohnen, Decision Support Systems, Abwehrszenarien	Remote Surgery
	Landmaschinen-Vernetzung Traktoren, Landroboter	Überwachung nicht zugänglicher Infrastruktur	Remote Care
	Tierüberwachung (Stall-Vernetzung) & Pflanzengesundheit	Mobile, bewegliche Infrastruktur	Service Roboter in der Altenpflege

IV. FMD-Angebot im Bereich 5G-Systeme

Hardware	Software
IC & Chips (z. B. FPGA, CPU, GPU, RISK V)	Algorithmen: KI, Machine Learning
Antennen (z. B. mm Welle), Radioheads, NR	Modellierung und Simulation
Transceiver (z. B. mm Welle), Frontendmodule	Energieeffizienz
mmWellen-Packaging, Systemintegration	Virtualisierung, Disaggregation, ORAN
5G Core	
Signalverarbeitung	
Sicherheit, Vertrauenswürdigkeit und Datenschutz	

F&E-Wertangebot für bilaterale Industrieprojekte



Dienstleistungen im Rahmen von geförderten Verbundprojekten



Kontakt

Dr. Dietmar Laß

Programm-Manager | Business Development

Dietmar.lass@mikroelektronik.fraunhofer.de | Dietmar.lass@luK.fraunhofer.de

Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland

Anna-Louisa-Karsch-Str. 2

10178 Berlin

Die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland ist eine Kooperation von:



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung