

5G – erfolgreicher Ausbau für die vernetzte Gesellschaft

Eingesetzte Technologien
und Frequenzen für einen
anforderungsorientierten
Mobilfunkausbau

Eingesetzte Technologien und Frequenzen für einen anforderungsorientierten Mobilfunkausbau

Die Abbildung auf der rechten Seite illustriert die eingesetzten und künftigen Technologien, Einsatzfelder und Charakteristika der für den Mobilfunk genutzten Frequenzbereiche in Deutschland.

Eingesetzte Technologien:

4G / LTE: Die vierte Mobilfunkgeneration (LTE) bietet skalierbare Bandbreite, geringe Latenzzeiten und technologische Leistungsmerkmale, wie MIMO (Mehrfach-Antennentechnik) und planbaren Quality-of-Service Funktionen. LTE ist in zwei weiteren Ausbaustufen verfügbar, welche vorrangig durch Software-Updates im Feld nachgerüstet werden.

LTE-A (Advanced): ist eine Evolution von LTE mit mehrfacher Frequenzbündelung und verbesserter Sende- und Empfangstechnik zur Steigerung der Datenrate für den Nutzer und der Reduzierung der Latenz. Typische Datenraten sind bis zu 600 Mbit/s und Latenzwerte von 20–30 ms.

LTE-AP (Advanced Pro): ist eine Weiterentwicklung von LTE Advanced und mittels Frequenzbündelung und intelligenter Antennentechnik ermöglicht diese LTE-Technik Datenraten im Gigabit-Bereich, sowie weiter optimierte Latenzzeiten bis auf 10 ms.

5G NR-V2X (New Radio-Vehicle-to-Everything): ist eine 3GPP³-Spezifikation für die Fahrzeugvernetzung per Mobilfunk. Im Kern stellt diese Technologie die notwendigen QoS-Anforderungen für Safety-Anwendungen bereit und darüber hinaus die dafür notwendige Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmern als auch mit der Straßeninfrastruktur. Basis ist die bereits spezifizierte Vorgängerversion LTE-V2X, welche die direkte Fahrzeugkommunikation ermöglicht. Die 5G NR-V2X Technologie kann zusätzlich zu den neuen 5G-Bändern auch für die Nutzung im 5,9 GHz-Band vorgesehen werden.

NB-IoT (Narrowband-Internet-of-Things) und **CAT-M1** sind Technologien zur Maschinenkommunikation. Dabei werden geringe Datenmengen durch eine schmalbandige Kommunikation im Internet der Dinge (IoT) übertragen – auf längeren Distanzen sogar unter der Erde. Das und ein geringer Energieverbrauch der Geräte sorgen für optimale Stabilität und Zuverlässigkeit bei der IoT-Kommunikation.

5G: Die fünfte Mobilfunkgeneration ist gekennzeichnet durch Datenraten bis zu 10 Gbit/s, Latenzzeiten unter 10 ms, eine verbesserte Spektraleffizienz, eine höhere Energieeffizienz und durch auf Anwendungsfälle / -szenarien konfigurierbare Netzarchitektur („Network-Slicing“). Mit den neu hinzugekommenen Frequenzen im 3,5 GHz-Band und zukünftig im Millimeter-Wellen-Bereich, können neben dem nachfrageorientierten Ausbau von Kapazitäten im öffentlichen Mobilfunknetz auch individuell konfigurierbare Lösungen für industrielle Nutzer (Campusnetze) geschaffen werden.

Technologiewechsel

Die derzeit verwendeten Mobilfunktechnologien der zweiten und dritten Generation (2G und 3G) werden schrittweise durch Technologien der vierten und / oder fünften Generation (LTE und 5G) ersetzt und führen somit zu einer effizienteren Nutzung der Frequenzen. Dabei ist zu beachten, dass ein Technologiewechsel erst dann erfolgen kann, wenn eine entsprechende Basis an Endgeräten im Markt vorhanden ist, die die neuen Technologien bedienen kann und außerdem der Anteil der auf 2G und / oder 3G begrenzten Endgeräte hinreichend klein ist. Die Entscheidung über einen Technologiewechsel wird seitens der Netzbetreiber gemäß ihren Anforderungen getroffen.

Frequenzeigenschaften

Die physikalischen Ausbreitungsbedingungen der Funkwellen sind von der Frequenz abhängig und haben somit auch Einfluss auf die Zellgröße. Je höher die Frequenz, desto höher ist die Dämpfung der Signale pro Abstandskilometer von der Basisstation. Das bedeutet, dass niedrige Frequenzen eine gute räumliche Abdeckung über i. d. R. große Funkzellen ermöglichen, während höhere Frequenzen eher kleine Versorgungsradien haben. In den höheren Frequenzbereichen stehen jedoch i. d. R. größere zusammenhängende Bänder zur Verfügung, die wiederum die Bereitstellung hoher Kapazitäten ermöglichen und deshalb gerade in Ballungszentren zum Ausbau der Mobilfunkversorgung sehr wichtig sind. In der Abbildung S.3 sind die Frequenzen in vier Bereiche eingeteilt und decken optimal die unterschiedlichen Einsatzfelder ab. Die Frequenzen sind nicht technologiegebunden, d. h. grundsätzlich können alle Mobilfunktechnologien in allen Frequenzbereichen eingesetzt werden.

Land versus Ballungszentrum

Die variable Kombination von Frequenzband und Mobilfunktechnologie bietet die notwendige Flexibilität zur Bereitstellung einer leistungsfähigen Mobilfunkversorgung in der Fläche. Dabei ist sowohl die zur Verfügung stehende Datenrate für den einzelnen Nutzer auf dem Land, als auch die maximale Kapazität in Ballungszentren im weiteren Ausbau der Mobilfunkinfrastruktur zu berücksichtigen.

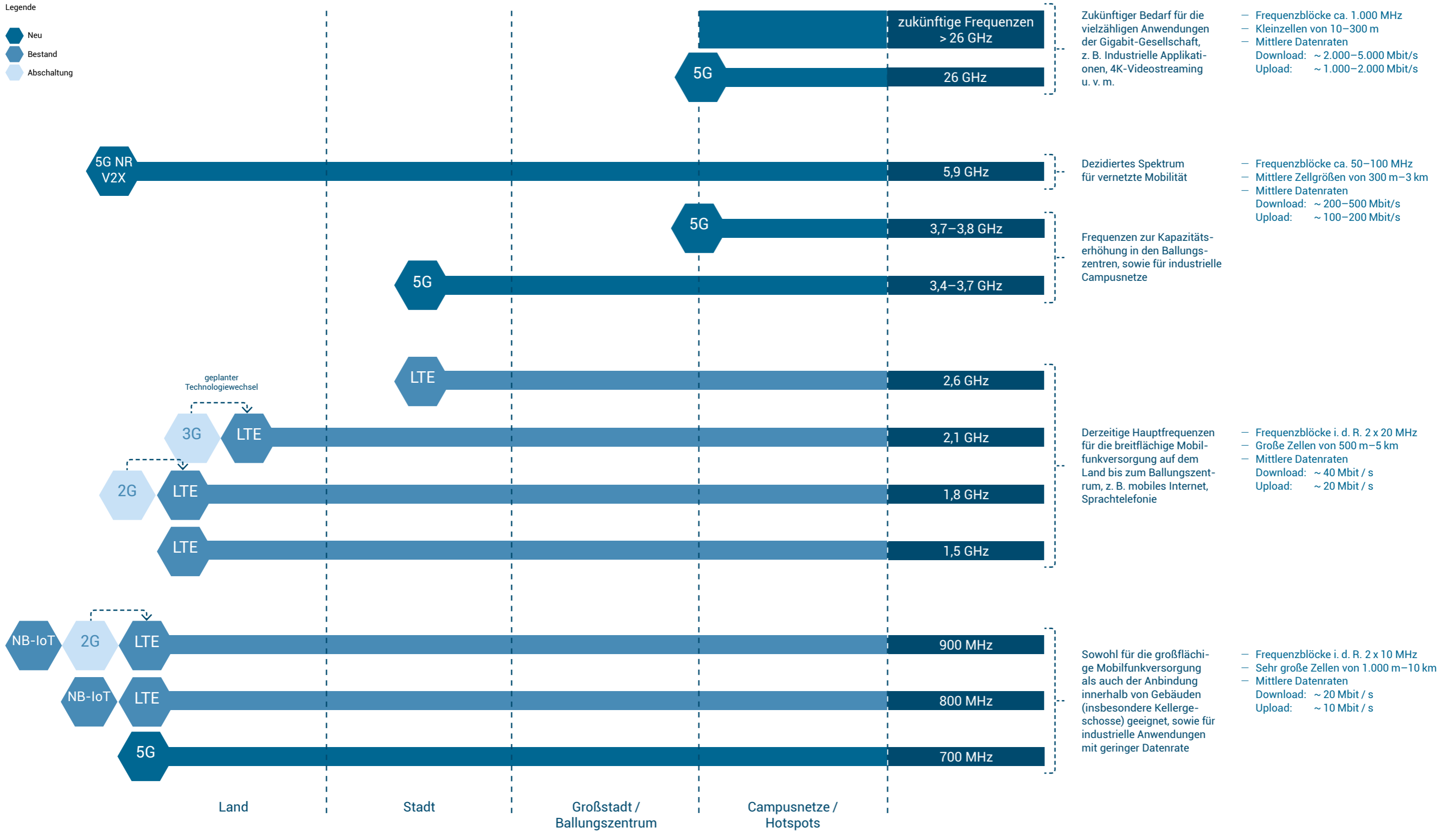
Technologieübersicht

Einsatzfelder

Frequenz-Charakteristika

Legende

- Neu
- Bestand
- Abschaltung



5G – erfolgreicher Ausbau für die vernetzte Gesellschaft

In der Arbeitsgruppe „5G“ der Plattform „Digitale Netze und Mobilität“ des Digital-Gipfels der Bundesregierung engagieren sich Unternehmen, das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur sowie Vertreter aus Verbänden und Wissenschaft, um den Ausbau der 5G-Technologie und ihren Einsatz in Deutschland zu gestalten und zu fördern. Ziel ist es, den Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken und zu einem weltweiten Leitmarkt für innovative Dienstleistungen und Geschäftsmodelle auf Basis der 5G-Technologie zu entwickeln.

Die Vernetzung von Märkten, Branchen, Industrien und der Gesellschaft wird sich in den kommenden Jahren radikal verändern. Stand bisher die infrastrukturelle breitbandige Basisvernetzung im Vordergrund, geht es zukünftig um die Vernetzung nahezu aller Dinge zu einem „Internet der Dinge“. In den kommenden Jahren werden nicht mehr nur Millionen von Smartphones und Computern vernetzt sein. Die momentan in der Entwicklung befindliche integrierte Mobilfunk- und Netztechnologie 5G wird auch neue Anforderungen der verschiedenen Industriezweige zur vollständig vernetzten Informationsgesellschaft erfüllen können und dabei Treiber für die Gestaltung und Umsetzung neuer Nutzen- und Anwendungsszenarien werden.

Disruptiver Generationswechsel mit 5G¹

5G wird die technologisch bedingten Beschränkungen der bisherigen Systeme (Stichwort zellulare Netze) durch neue Prinzipien aufheben und somit einem anderen Anspruch an Verfügbarkeit, Echtzeitreaktion, Energieeffizienz und Sicherheit gerecht werden. Ermöglicht wird dies durch eine hoch flexible und skalierbare Netzarchitektur in der die Netzfunktionen virtualisiert sind (Network Function Virtualisation, NFV) und gemäß den Anforderungen bezüglich Leistungsfähigkeit und operativer Effizienz verteilt (wie Multi-Access Edge Computing, MEC / Distributed Cloud Computing) oder zentral implementiert werden können.

Zur erfolgreichen Umsetzung der neuen Potenziale mit 5G sind folgende Aspekte zu beachten:

Optimierter Technologiemix

Wie bei den früheren Mobilfunkgenerationen ist auch der Weg zu 5G eine Evolution der Technik. Als Netz der Netze ist 5G neben originären Leistungsmerkmalen des neuen 5G-Standards durch die Koexistenz, Integration und Weiterentwicklung von 4G / LTE und anderen Netztechnologien charakterisiert. Es gibt Anwendungen, die sich schon heute, aber auch zukünftig mit 4G / LTE realisieren lassen und ggf. bedarfsgerecht weiterentwickelt werden. Hierzu zählen z. B. landwirtschaftliche Anwendungen in der Fläche oder das Auslesen von Stromzähler-Verbrauchsständen.

Es ist wichtig, zu verstehen, wie 5G sich im Verhältnis zu den bereits bestehenden Technologien verhält und welche Faktoren zu der erwarteten Zellverdichtung führen. Dafür werden nachstehend zunächst die wesentlichen Charakteristika eines Mobilfunknetzes dargestellt:

Effiziente Ausbaustrategie

Ein Mobilfunknetz ist aus Funkzellen aufgebaut, die im Sinne der unterbrechungsfreien Versorgung überlappen. Die Größe der Funkzellen wird unter anderem von der Sendeleistung und den frequenzabhängigen Ausbreitungsbedingungen beeinflusst. Es gilt, je höher die Frequenz, desto stärker die Dämpfung und damit potenziell geringer die Zellgröße. In Bezug auf die Sendeleistung kann man zwischen Makrozellen und Kleinzellen unterscheiden. Erstere werden zumeist über Sendestandorte auf Dächern, Türmen, Masten, Schornsteine etc. realisiert und stellen die gegenwärtig weit verbreiteste Mobilfunknetz-Form dar. Die Kleinzellen-Basisstationen befinden sich meist innerhalb von Gebäuden (Indoor-Versorgung) oder an „Stadtmöbeln“ (wie z. B. Straßenlaternen, Bushaltestellen etc.) bzw. in geringerer Höhe an Gebäuden.

Die letztendlich für einen einzelnen Nutzer erreichbare Datenrate hängt von vielen Faktoren ab, wie z. B. der eingesetzten Mobilfunktechnologie, den verwendeten Frequenzbereichen und den darin jeweils verfügbaren Bandbreiten. Darüber hinaus mitentscheidend ist der Abstand des Nutzers zur Basisstation, die Zahl gleichzeitiger Nutzer in einer gegebenen Mobilfunkzelle („Shared-Medium“), die Art der Anbindung der Basisstation sowie die Minimierung der zellübergreifenden Störungen (Interferenzen).

Um die Datenrate für den Nutzer zu erhöhen, gibt es u. a. folgende Möglichkeiten:

- Einsatz einer neueren Mobilfunktechnologie, z. B. 5G mit höherer spektraler Effizienz
- Inbetriebnahme von zusätzlichem Spektrum an einem Sendestandort (z. B. einem zusätzlichen Frequenzband oder mehr Spektrum im bereits ausgebauten Band),
- Verringerung der Zahl der Nutzer pro Zelle (Standortverdichtung mit kürzeren Funkstrecken).

Innovative Anwendermodelle²

Um verschiedenste Anforderungen der Anwenderindustrien effizient erfüllen zu können, kann eine Kooperation zwischen öffentlichen und privaten (nichtöffentlichen) Netzbetreibern zur bedarfsgerechten Verteilung der Netzressourcen Synergien heben. Öffentliche Netze zeichnen sich in der Regel durch eine parallele Verfügbarkeit unterschiedlicher Frequenzressourcen aus, während der nichtöffentliche Netzbetrieb in industriellen Campusnetzen darauf ausgelegt ist, spezielle Anforderungen einer dedizierten Anwendung zu erfüllen.

Der anforderungsorientierte Mobilfunkausbau bindet alle oben aufgeführten Aspekte mit ein und erlaubt somit einen zügigen Ausbau an Nutzungsschwerpunkten. Dies gilt beispielsweise für neue Anwendungsfelder (z. B. das vernetzte Fahren), erweiterte mobile Breitbandanwendungen (z. B. mobiler Videokonsum) über Hotspots und zahlreichen weiteren Applikationen der Maschine-zu-Maschine Kommunikation über industrielle Campusnetze.

1 Die Broschüre „Verlegetechniken für den Breitbandausbau Verlegung in geringerer Verlegetiefe nach § 68 Absatz 2 TKG“ ist abrufbar unter www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/verlegetechniken-breitbandausbau.pdf?__blob=publicationFile.

2 Siehe auch: „5G-Anwendermodelle für industrielle Kommunikation“ www.plattform-digitale-netze.de/publikationen/

Ausblick

Schätzungen gehen davon aus, dass bis 2020 weltweit 50 bis 500 Milliarden Dinge vernetzt sein werden. Die sich ergebenden Potenziale wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Entwicklung haben enorme Auswirkungen auf das volkswirtschaftliche Wachstum und die zukünftige Wertschöpfung, denn 5G ist eine der Schlüsseltechnologien der Digitalisierung aller Lebens- und Wirtschaftsbereiche.

5G bedeutet einen Paradigmenwechsel, der vielfältige Implikationen für die Gestaltung und Umsetzung neuer Nutz- und Anwendungsszenarien hat. Der Einsatz und die Nutzung von 5G erfordern ein umfassendes Umdenken bei der Gestaltung von neuartigen Angeboten und Leistungen und bei der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle. Diese Veränderungen werden teilweise evolutionären, teilweise disruptiven Charakter haben. Märkte bzw. Marktgrenzen, Branchen und ganze Industrien werden sich und damit die Gesellschaft verändern. Es gilt, Geschäftsmodelle und Bedarfe in den Blick zu nehmen, um mit 5G die Grundlage weiterer Innovation und Wertschöpfung sicherzustellen und auszubauen. Die große Mehrzahl zukünftiger Anwendungen wird von der allgegenwärtigen Verfügbarkeit mobiler bzw. drahtloser Vernetzung und Internetanbindung abhängen, deren Leistungsfähigkeit über die der heutigen Technologien hinausgeht

Kontakt / Ansprechpartner

Olaf Reus

Leiter der Arbeitsgruppe 5G
olaf.reus@ericsson.com

Ulrich Rehfuß

Leiter der Projektgruppe
„Technologische und regulatorische Rahmenbedingungen“
ulrich.rehfuess@nokia.com

Nick Kriegeskotte

Leiter der Projektgruppe
„Kommunikation und Anwendungen“
n.kriegeskotte@bitkom.org