



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

5G-Strategie für Deutschland

Eine Offensive für die Entwicklung Deutschlands zum Leitmarkt
für 5G-Netze und -Anwendungen



5G-Strategie für Deutschland

Eine Offensive für die Entwicklung Deutschlands zum Leitmarkt für 5G-Netze und -Anwendungen

Inhalt

1	Einleitung	2
2	5G-Konnektivität für die Gigabitgesellschaft 2025	3
3	5G-Technik ist ab 2020 verfügbar	4
4	Frequenzspektrum für 5G	8
5	5G wird Schlüsseltechnologie der digitalen Transformation	9
6	Fünf Aktionsfelder für den 5G-Leitmarkt Deutschland	13
7	Zentrale Meilensteine der 5G-Strategie für Deutschland.....	23
	Glossar	24

1 Einleitung

Die Digitalisierung schreitet so rasch voran, dass Wirtschaft und Gesellschaft schon bald vollständig von Informations- und Kommunikationstechnologien durchdrungen sein werden. Verkaufszahlen mobiler Endgeräte geben hier eine eindeutige Richtung vor: Allein im Jahr 2016 wurden in Deutschland über 25 Millionen Smartphones und sieben Millionen Tablets verkauft.¹ Rund 66 Prozent der Deutschen nutzen mittlerweile ein Smartphone und 38 Prozent ein Tablet für den Internetzugang.² Der Zugang zum Internet erfolgt dabei zunehmend mobil. Das Datenvolumen in deutschen Mobilfunknetzen soll 2017 erstmalig auf über eine Milliarde Gigabyte wachsen – dies entspricht einer Verdopplung im Vergleich zu 2015.³

Besonders sichtbar wird die digitale Transformation jedoch beim *Internet der Dinge (Internet of Things – IoT)*. Die Anzahl vernetzter Gegenstände in der Wirtschaft, aber auch im Alltag jedes Einzelnen wächst stetig: Bis 2020 werden allein in Deutschland rund 770 Millionen Geräte vernetzt sein.⁴ Neben mobilen Endgeräten wie Smartphones und Tablets werden auch Fahrzeuge, Haushaltsgeräte oder Industriemaschinen an das Internet angebunden und so ein Datenaustausch ermöglicht.

Zukünftig kommunizieren weltweit Milliarden Gegenstände, Sensoren oder Maschinen miteinander. Das Konsumenten-Internet erweitert sich zum Industrie-Internet. Diese industrielle und intelligente Vernetzung stellt bislang nicht dagewesene Anforderungen an Konnektivität, Kapazität, Sicherheit und Dienstgüte. Und dies gilt insbesondere für den Mobilfunk, da viele der zukünftigen digitalen Anwendungen eine funkbasierte, mobile Gigabitverbindung voraussetzen. Die kommende Mobilfunkgeneration (5G) steht deshalb als Schlüsseltechnologie zur Realisierung der digitalen Transformation im Fokus öffentlicher Wahrnehmung. 5G wird **zentraler Bestandteil der Gigabitnetze der Zukunft** sein und völlig neue IKT-Architekturen erfordern.

Gerade für Wirtschaft und Verwaltung bietet 5G enorme Innovations- und Wertschöpfungspotenziale. Durch vernetzte Produktionsprozesse in unserer dezentralen Wirtschaftsstruktur ergeben sich Möglichkeiten für eine Produktivitätssteigerung, höhere Ressourceneffizienz und geringere Emissionen. Deutschland kann mit einem Industrieanteil von 22,8 Prozent an der Gesamtwirtschaftsleistung⁵ stark von einer frühzeitigen Einführung der 5G-Technik profitieren. Für jeden Einzelnen eröffnet die technologische Weiterentwicklung außerdem Chancen für eine verbesserte Lebensqualität. Hierzu tragen z.B. intelligente Gesundheitsdienste, vernetzte Mobilität, mobiles eGovernment und nicht zuletzt die ubiquitäre Verfügbarkeit eines leistungsfähigen Zugangs zu Informationsquellen bei.

Der Bund hat mit der im Herbst 2016 gestarteten **5G-Initiative für Deutschland** einen Handlungsrahmen entwickelt, um den Netzausbau und die Entwicklung von 5G-Anwendungen frühzeitig zu unterstützen. Mit der vorliegenden **5G-Strategie** der Bundesregierung werden nunmehr die Rahmenbedingungen und Aktionsfelder beschrieben, um den Rollout von 5G-Netzen in Deutschland bis 2025 zu realisieren. Unser Anspruch ist: Deutschland soll zum Leitmarkt für 5G-Anwendungen werden. Dieses Ziel unterstützen wir gezielt durch Maßnahmen in fünf Aktionsfeldern:

1 Vgl. Bitkom (2017): Smartphone-Markt: Konjunktur und Trends. Nach Prognosen von EITO, IDC.

2 Vgl. ARD/ZDF Onlinestudie 2016.

3 Vgl. Bitkom (2017): Smartphone-Markt: Konjunktur und Trends. Nach Prognosen von Bitkom.

4 Vgl. Vgl Cisco (2016): 2020 gibt es fast 800 Millionen vernetzte Geräte in Deutschland. Pressemitteilung vom 07.06.2016.

5 Vgl. Weltbank, World Bank Open Data (2014): Manufacturing, value added (% of GDP).

- Netz-Rollout forcieren
- bedarfsgerechte Bereitstellung von Frequenzen
- Kooperationsförderung zwischen Telekommunikations- und Anwenderindustrie; Sicherstellung von Anforderungen, Ideen und Lösungen der betroffenen Anwenderbranchen in die Standardisierung
- koordinierte und gezielte Forschung
- frühzeitige Initiierung von 5G in Städten und Kommunen

Deutschland und Europa haben die Chance, in einem zentralen Zukunftsfeld eine technologische Innovationsführerschaft zu erlangen. Diese Chance wollen und werden wir nutzen.

2 5G-Konnektivität für die Gigabitgesellschaft 2025

Die mobile Datennutzung ist für viele Bundesbürger zur Selbstverständlichkeit geworden. Die aktuelle Mobilfunkgeneration LTE ist in Deutschland bereits für über 96 Prozent der Haushalte verfügbar.⁶

Für die Massenkonnektivität im Bereich des Internets der Dinge oder die Realisierung von Echtzeit-Anwendungen muss die Leistungsfähigkeit des Mobilfunks jedoch weiter gesteigert werden. Daher arbeiten die Standardisierungsgremien bereits seit 2012 an der Entwicklung der Parameter für neue Funkmodule und Netzarchitekturen für 5G, um neue Dienste zu realisieren.

Mit der letzten Weltfunkkonferenz im Oktober 2015 hat der globale Wettlauf um die Einführung von 5G offiziell begonnen. Insbesondere Südkorea, Japan und die USA stehen schon in den Startlöchern. Südkorea hatte schon im Frühjahr 2015 angekündigt, zu den olympischen Winterspielen 2018 erste Anwendungen auf Basis der 5G-Technik zeigen zu wollen. In Japan wird an einer Inbetriebnahme von 5G zu den Olympischen Spielen 2020 gearbeitet. Eine weitere Präsentation soll es bei den Winterspielen 2022 in Peking geben.

Deutschland und Europa werden sich im Wettbewerb mit diesen Ländern nicht abhängen lassen. Unser Anspruch: Deutschland soll **Leitmarkt für 5G-Anwendungen** werden. Zahlreiche Testfelder⁷ für diverse Industriezweige ermöglichen bereits heute eine Erprobung 5G-naher Anwendungen in Realumgebung. Damit bestehen für die deutsche Wirtschaft gute Voraussetzungen, frühzeitig den Einsatz von 5G-Technik z.B. in den Bereichen automatisiertes und vernetztes Fahren, Produktion, Logistik und Dienstleistung zu testen, um sie mit Start der kommerziellen Verfügbarkeit in die Arbeitsprozesse zu implementieren. Für dieses Ziel müssen jedoch die heute auf den Testfeldern bestehenden optimalen infrastrukturellen Bedingungen überall in Deutschland vorzufinden sein. Besonders wichtig ist deshalb, beim Ausbau der digitalen Infrastruktur schnellstmöglich zu den weltweiten Spitzenreitern aufzuschließen. Bis spätestens Ende 2020 sollen die Voraussetzungen für den Rollout der 5G-Netze geschaffen werden.

6 Vgl. Bund (2017): Aktuelle Breitbandverfügbarkeit in Deutschland (Stand Ende 2016).

7 Bspw. Digitales Testfeld Autobahn A 9 und weitere innerstädtische Mobilitätstestfelder (Förderrichtlinie: Automatisiertes und vernetztes Fahren) sowie 5G-Testbeds in Dresden (5G Lab Germany), Berlin (Fraunhofer FOKUS und HHI) oder München (5G Vertical Industry Accelerator).

Wirtschaft und Politik sind sich einig, dass dafür neben dem spezifischen Ausbau der Mobilfunknetze vor allem eine **substanzielle Verstärkung des Glasfaserausbaus** zur Anbindung von Mobilfunkbasisstationen in städtischen und ländlichen Regionen erforderlich ist.

Damit die Potenziale einer mobil nutzbaren Gigabit-Infrastruktur vollständig ausgeschöpft werden, ist es unser Ziel, bis 2025 eine 5G-Konnektivität zu erreichen und zugleich die Mobilfunkkapazitäten in zentralen Orten und in ländlichen Räumen substanziell auszubauen. Deshalb sollen zusätzlich zu den Bundesautobahnen und ICE-Trassen zumindest auch Bundes- und Landesstraßen, Bahntrassen und größeren Wasserwege mit der qualitativ notwendigen 5G-Konnektivität versorgt sein. Künftige Versorgungsaufgaben werden die Erreichung dieser Ziele in angemessenem Umfang sicherstellen.

Damit Deutschland zum Leitmarkt für 5G-Anwendungen wird, fördern wir die Entwicklung nachhaltiger wettbewerbsorientierter Märkte und setzen zur Stärkung der Innovationskraft auf nutzergerechte **Dienste- und Angebotsvielfalt**. Gerade auch Start-Ups sowie kleine und mittlere Unternehmen sollen deshalb aktiv und frühzeitig in die Entwicklungen integriert werden.

Deutschland wird zudem Erfahrungen und Wissen auf internationaler Ebene einbringen und im Rahmen von bestehenden Wirtschafts- und Entwicklungskooperationen aktiv als erfahrener Partner bei der Umsetzung von 5G-Konnektivität unterstützen. Damit wird die Verbreitung von 5G-Netzen weltweit gefördert und Zugang zu neuen Märkten für 5G-basierte Produkte erschlossen.

3 5G-Technik ist ab 2020 verfügbar

Wesentliche Arbeiten für die Einführung von 5G werden derzeit in Gremien des **Funksektors der Internationalen Fernmeldeunion (ITU-R)** einer Sonderorganisation der United Nations (UN), und des **3rd Generation Partnership Projects 3GPP** als Standardisierungsorgan der Mobilfunkindustrie vorangetrieben. In beiden Organisationen sind europäische und nationale Standardisierungsinstitute, nationale Regierungs- und Behördenvertreter, Netzbetreiber, Ausrüster und Anwenderindustrien eingebunden.

Die ITU-R setzt die wesentlichen Ziele und Anforderungen (Mindest-Leistungsparameter) fest, die eine neue Mobilfunkgeneration erfüllen soll, um in entsprechend ausgewiesenen Frequenzbereichen eingesetzt werden zu können. 3GPP entwickelt hierfür bis 2020 die technischen Spezifikationen zur Umsetzung der Ziele, die dann von den Gremien der ITU-R bewertet und zugelassen werden.

Bei der ITU-R werden seit Februar 2016 die konkreten Anforderungen und Bewertungskriterien für die zukünftige 5G-Funktechnik unter der Bezeichnung **IMT-2020** (International Mobile Telecommunications) erarbeitet. Die ITU-R hat je Anwendungsfall folgende Mindestanforderungen an die Leistungsfähigkeit von 5G festgelegt, welche durch die Standardisierung der 3GPP erbracht werden sollen:

- Peak-Downlink-Rate: 20 GBit/s
- Peak-Uplink-Rate: 10 GBit/s
- Mindest-Datenrate für den Endnutzer im Downlink: 100 Mbit/s
- Mindest-Datenrate für den Endnutzer im Uplink: 50 Mbit/s
- gebäudeinterne Flächenkapazität für Enhanced Mobile Broadband: 10 Mbit/s/m²
- Verzögerungszeit für Enhanced Mobile Broadband: nicht mehr als 4 ms

- Verzögerungszeit für Ultra-Reliable and Low-Latency Communication: nicht mehr als 1 ms
- Verbindungsdichte: bis zu 1 Mio. Endgeräte pro km²
- Senkung des Energieverbrauches auf 1/10 der heutigen Systeme
- Steigerung der relativen Bewegungsgeschwindigkeit auf 500 km/h

Die Leistungsfähigkeit der 5G-Technik wird jedoch in zukünftigen Ausbaustufen über diese Mindestanforderungen hinaus weiter gesteigert werden.

Die IMT-2020-Beschreibung bildet die Basis für Anwendungsszenarien zum Beispiel in vernetzten Fahrzeugen, in der Industrie 4.0, bei intelligenten Transportsystemen und Versorgungsnetzen, für Smart Cities, sowie im Bereich E-Health. Zunehmend bedeutsame Anwendungen wie Augmented Reality, Holographie und Wearables werden auf diesen Festlegungen aufsetzen. Für IMT-2020 werden von der ITU-R die folgenden drei Anwendungsgruppen definiert:

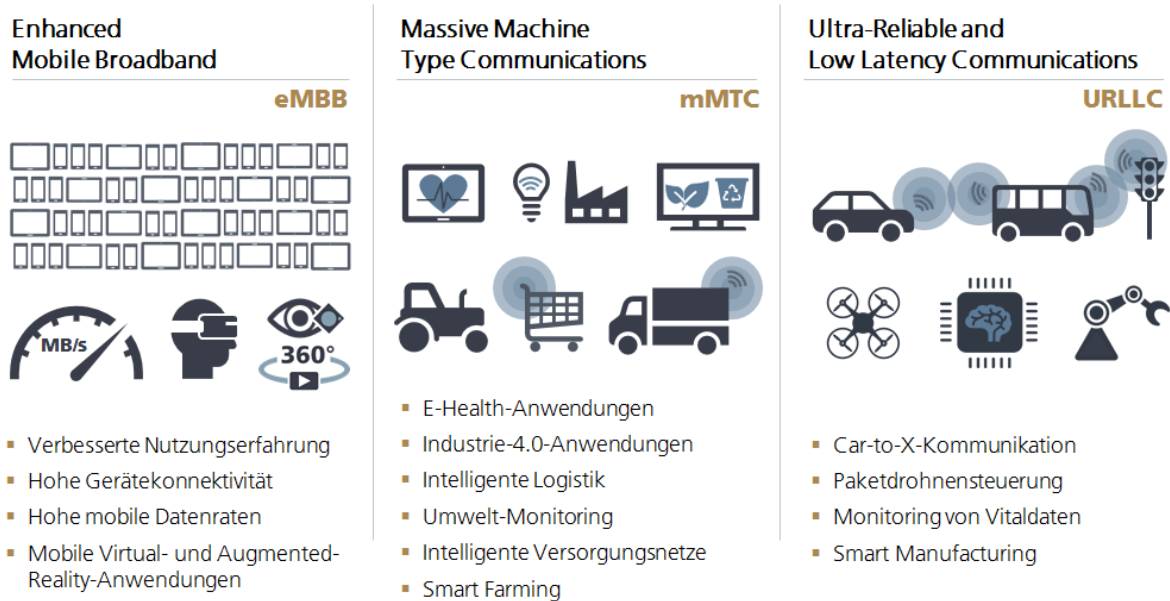
1. **Enhanced Mobile Broadband (eMBB):** Hochbitratige Anwendungen wie ultrahocho aufgelöstes Videostreaming sind bei vielen Nutzern in einer Zelle auf hohe Bandbreiten pro Nutzer und hohe Kapazitäten in einer Zelle angewiesen. Die Bereitstellung solcher Datenraten basiert auf Technologien zur signifikanten Steigerung der spektralen Effizienz und erfordert breite Frequenzbereiche.
2. **Massive Machine Type Communication (mMTC):** Durch die Vernetzung von Alltagsgegenständen wird das Internet der Dinge Realität. Die dadurch mögliche Kommunikation mit Steuerungszentralen stellt hohe Anforderungen an die Netzkapazität für das Management mehrerer hunderttausend angemeldeter Geräte pro Zelle. Zudem muss die Funkübertragung mit höchster Energieeffizienz erfolgen, um Batterielaufzeiten vernetzter Sensoren von zehn Jahren und mehr zu ermöglichen.
3. **Ultra-Reliable and Low-Latency Communication (URLLC):** Sicherheitskritische Anwendungen z. B. aus dem Fertigungsbereich sind auf höchste Verbindungsqualität, Verfügbarkeit und Störfestigkeit (Quality of Service) angewiesen. Zudem benötigen sie taktile Netze, die missionskritische Daten in Echtzeit übertragen.

Die technischen Anforderungen⁸ an IMT-2020 werden nach derzeitigem Stand im November 2017 von der ITU-R verabschiedet. Diese Vorgaben sollen bis 2020 mit der Entwicklung der Spezifikationen durch 3GPP umgesetzt werden.

Die Techniken, die die Leistungsmerkmale von 5G maßgeblich bestimmen, entfalten ihre übergreifende Wirkung nur durch interoperable Schnittstellen, Standards und die Einigung auf gemeinsame Anforderungen und Anwendungsfälle. Allerdings wachsen bei 5G nicht nur die Branchen (Mobilfunk, IKT und „klassische“ Industrie) zusammen, sondern auch die bislang getrennten Standardisierungswelten. Eine der zentralen industriepolitischen Herausforderungen ist es daher, die Anforderungen, Ideen und Lösungen der betroffenen Anwenderbranchen erfolgreich in die Standardisierung einzubringen.

⁸ Draft new Report ITU-R M.[IMT-2020.TECH PERF REQ] - Minimum requirements related to technical performance for IMT-2020 radio interface(s). Online unter: <https://www.itu.int/md/R15-SG05-C-0040/en>.

Abb. 1: Drei zentrale Anwendungsgruppen für 5G: eMBB, mMTC, URLLC

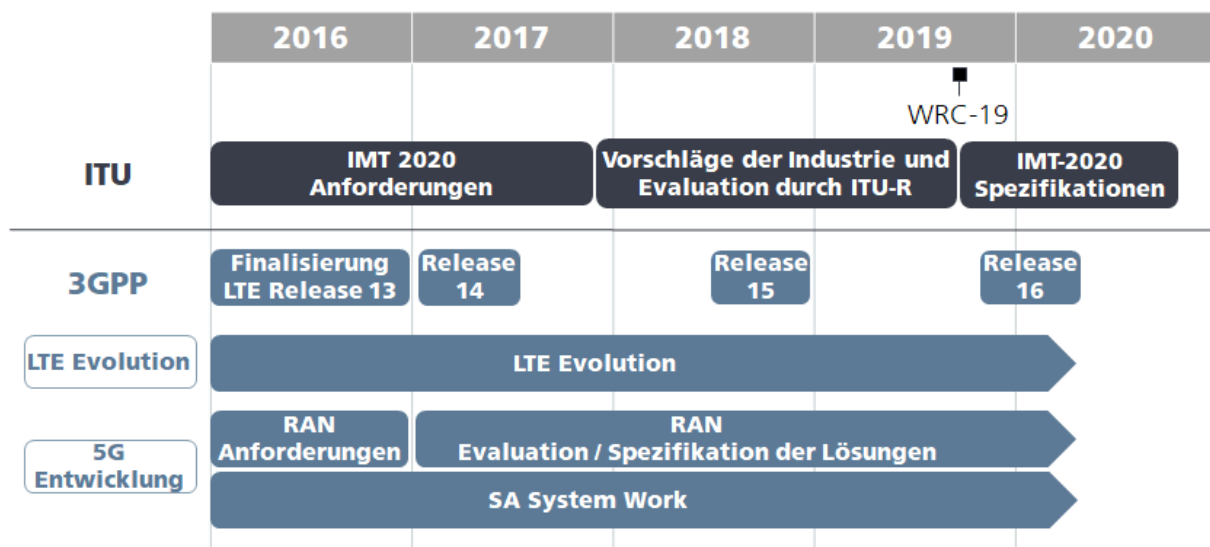


Quelle: Bundesregierung auf Basis Ofcom 2017: Update on 5G spectrum in the UK

Anders als bei den bisherigen Mobilfunkgenerationen, bei denen eine neue Generation die alte ersetzt hat, werden bei 5G eine Reihe existierender Merkmale weiterentwickelt und verbessert sowie neue Leistungsmerkmale hinzugefügt. Beispielsweise werden Internet-of-Things-Services, wie das erst vor kurzem eingeführte „Narrow Band IoT“, durch 5G eine Weiterentwicklung erfahren. Darüber hinaus werden jedoch für 5G auch neue Technologien eingeführt.

Im September 2018 wird 3GPP zum ersten Mal 5G-spezifische Leistungsparameter verabschieden. Dabei werden u.a. die ersten Spezifikationen festgelegt, mit denen Enhanced Mobile Broadband (eMBB) ermöglicht werden soll. Ab März 2020 werden dann alle 5G-Anforderungen umgesetzt sein. **Der Zeitplan sieht vor, ab 2018 erste Versuchsinstallationen mit Vor-5G-Technik durchzuführen. Der kommerzielle Start wird ab 2020 erwartet.**

Abb. 2: Zeitplan des globalen Standardisierungsprozesses von 5G nach ITU und 3GPP

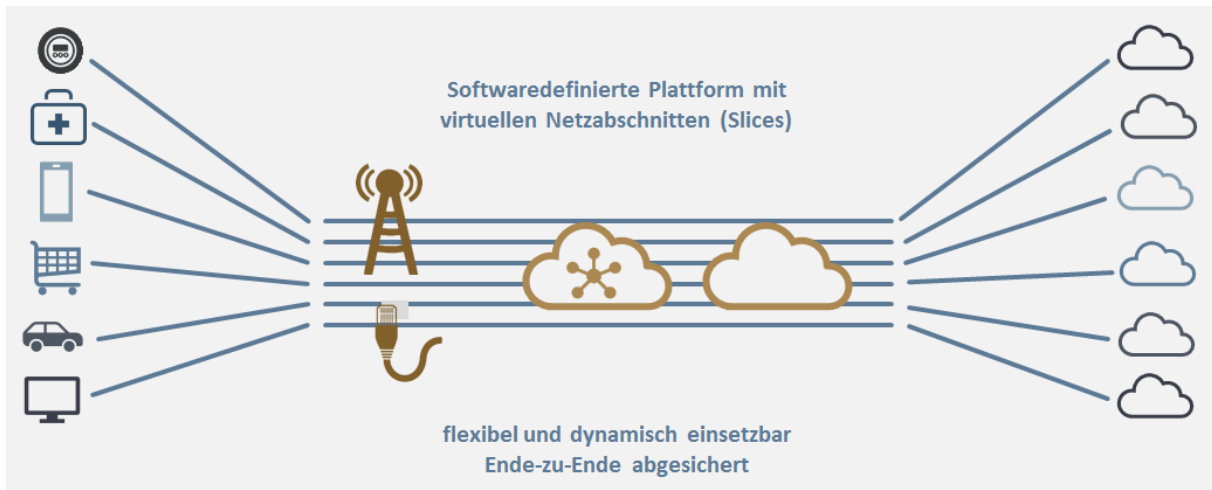


RAN: Radio Access Network mit neuer Neue Funkschnittstelle (New Radio), SA: Services and Architecture

Quelle: Bundesregierung (2016) nach ITU und 3GPP

Charakteristisch für 5G in der Umsetzung der IMT-2020-Vorgaben sind die konsequente Virtualisierung von Netzwerkfunktionen und die Re-Konfigurierbarkeit der Funkschnittstelle. Damit kann in jeder Funkzelle genau die Funktechnologie und die Servicequalität angeboten werden, die für die jeweilige Anwendung erforderlich ist. Darüber hinaus können parallel in getrennten Netzabschnitten (Network Slices) differenzierte Zugangsmöglichkeiten für unterschiedliche Anforderungen in Bezug auf Datenrate, Latenz und Verbindungsdichte bereitgestellt werden.

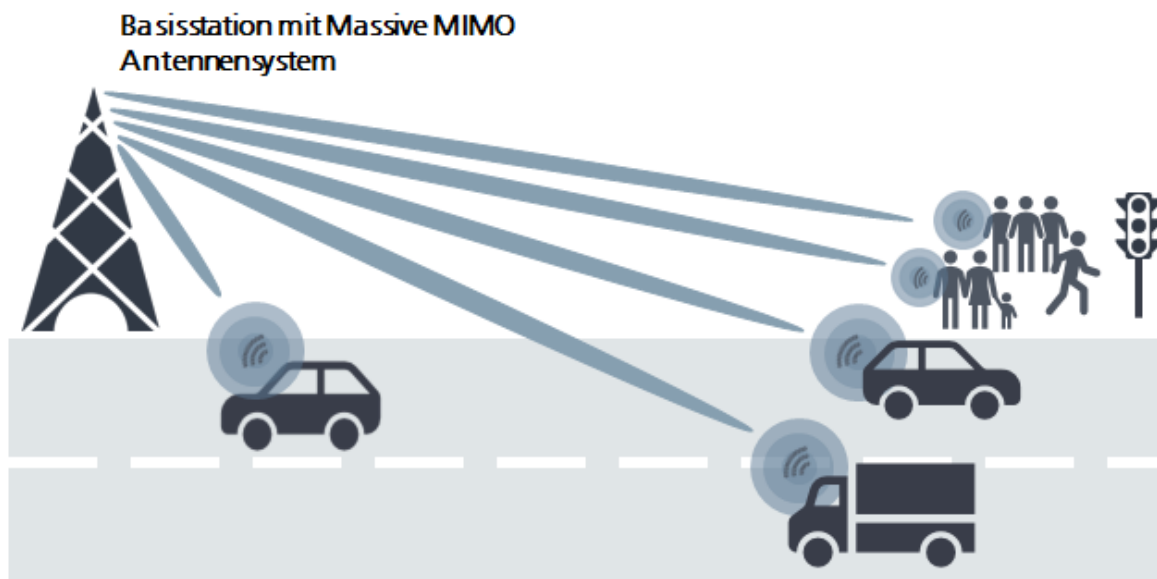
Abb. 3: Funktionsweise des Network-Slicings in 5G-Netzen



Quelle: Bundesregierung

Wichtige Komponenten der neuen 5G-Funkschnittstelle (New Radio) sind miniaturisierte Mehrantennensysteme (Massive MIMO), welche die räumliche Ausbreitung der Funksignale berechnen und das Sendesignal entsprechend anpassen. Zudem können mittels sog. Beamforming einzelne Nutzer mit eigenen Funkstrahlen bedient, innerhalb der Funkzelle begleitet und Störquellen ausgeblendet werden. Durch beide Methoden wird die spektrale Effizienz, d.h. die Kapazität einer Frequenz, substantiell gesteigert

Abb. 4: Funktionsweise von Massive MIMO mit Beamforming



Quelle: Bundesregierung

Weitere zentrale technische Aspekte von 5G, die auch im Rahmen der LTE-Evolution eine Rolle spielen, umfassen die Signalübertragung im Voll-Duplex-Modus (eine Frequenz wird gleichzeitig für Up- und Downlink verwendet), die Weiterentwicklung bestehender Multiplexing-Technologien für die Massenkonnektivität mehrerer hunderttausend Geräte in einer Zelle oder die Nutzung von Edge-Cloud-Servern für minimale Latenzzeiten durch Verringerung der Distanz zwischen Endgerät und Server.

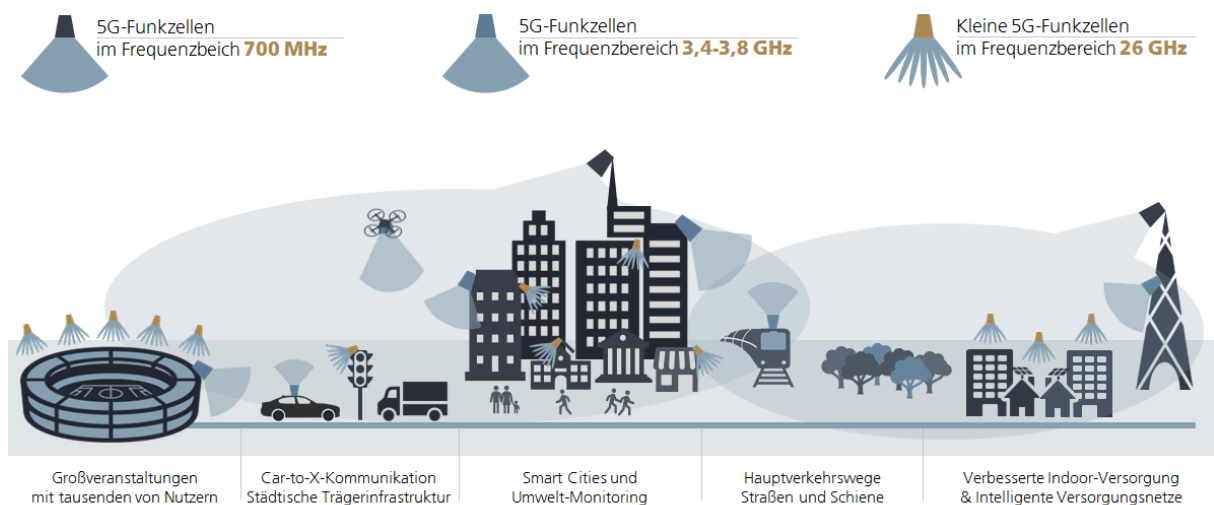
Die Vorgaben der Standardisierungsgremien sind entscheidend für die Entwicklung der Chipsätze, die zur Verarbeitung der Daten in den Funkmodulen und Endgeräten verbaut werden. Die Entwicklung einer neuen Chipgeneration dauert 1 bis 2 Jahre. Damit die Chipsätze rechtzeitig zum Rollout der 5G-Technik ab 2020 zur Verfügung stehen, muss eine frühzeitige weltweite Harmonisierung der Frequenzbänder erfolgen, auf denen die 5G-Technik umgesetzt werden soll.

4 Frequenzspektrum für 5G

Die Einführung von 5G wird es ermöglichen, steigende Anforderungen an Kapazität, Bandbreite, Verfügbarkeit und Latenz digitaler Funkinfrastrukturen zu erfüllen. Zur Realisierung dieser Anforderungen bedarf es sowohl für die Versorgung in der Fläche als auch für hochkapazitive Anwendungen ausreichend geeigneter Funkfrequenzen.

So wird für eine Versorgung in der Fläche wegen der guten Ausbreitungsbedingungen insbesondere Spektrum in niedrigen Frequenzbereichen (unterhalb 1 GHz) benötigt. Spektrum in etwas höheren Frequenzbereichen (z. B. im Bereich bei 3,5 GHz) bietet dagegen größere Bandbreiten und liefert die Kapazitäten dafür, eine große Geräteanzahl mit höheren Datenraten zu versorgen. Außerdem wird Spektrum in sehr hohen Frequenzbereichen (oberhalb 24 GHz) benötigt, um Dienste mit sehr großer Bandbreite und großer Kapazität anbieten zu können. Anders als Spektrum aus niedrigen Frequenzbereichen haben diese Frequenzen allerdings nur eine sehr begrenzte Reichweite, so dass sich diese Netze auf lokale Gebiete beschränken werden.

Abb. 5: Einsatz der 5G-Frequenzbereiche für verschiedene Anwendungsszenarien



Quelle: Bundesregierung auf Basis Ofcom 2017: Update on 5G spectrum in the UK

Schon heute ist den Mobilfunknetzbetreibern in Deutschland Spektrum im Umfang von mehr als 1000 MHz zugeteilt. Dieses Spektrum kann ab dem Zeitpunkt der Verfügbarkeit von 5G-Sende- und Empfangstechnik sofort auch für 5G-Dienste genutzt werden.

Um auch Dienste mit besonders hohen Datenraten (bis zu 20 GBit/s) realisieren zu können, müssen dem Mobilfunk jedoch zusätzlich auch neue Frequenzbereiche zugewiesen werden, die es ermöglichen, auf Kanalbandbreiten von mehreren 100 MHz oder sogar GHz aufzusetzen. Hierfür sind Frequenzen im Bereich oberhalb von 24 GHz, dem sog. Millimeterband, sehr gut geeignet. Die deutsche Frequenzpolitik fördert die frühzeitige Identifizierung von harmonisierten Frequenzbändern in Europa und unterstützt die Harmonisierung der auf der Weltfunkkonferenz 2015 festgelegten 5G-Kandidatenbänder. Sie liegen zwischen 24 GHz und 86 GHz und werden bis zur nächsten Weltfunkkonferenz 2019 auf ihre weltweite 5G-Eignung hin untersucht. Die Weltfunkkonferenz 2019 wird anhand der Studienergebnisse entscheiden, welche Frequenzen für eine Nutzung für 5G identifiziert werden.

Auf Ebene der Europäischen Post- und Telekommunikationsverwaltungen (CEPT), in der Verwaltungen aus 48 Ländern vertreten sind, hat man sich für Europa bereits auf eine Untersuchung der Bänder 24,25-27,5 GHz, 31,8-33,4 GHz und 40,5-43,5 GHz festgelegt. Die Radio Spectrum Policy Group (RSPG – EU-Beratungsgremium zu frequenzpolitischen Fragen) und der Funkfrequenzausschuss der europäischen Union (RSC) streben mit Unterstützung der deutschen Frequenzpolitik an, das Kandidatenband **24,25-27,5 GHz** (kurz 26-GHz-Band) bereits im Jahr **2018** europaweit zu harmonisieren. Ziel ist eine möglichst frühzeitige Nutzbarkeit dieses 5G-Pionierbandes. Die entsprechenden Verträglichkeitsuntersuchungen und Verhandlungen mit den derzeitigen Nutzern in diesem Band und den zu schützenden Nutzern in den benachbarten Bändern haben bereits begonnen.

Eine wichtige Rolle bei der Einführung von 5G spielt zudem der Frequenzbereich von **3,4-3,8 GHz**. In diesem Frequenzband bestehen gute Chancen, dass Mobilfunkunternehmen Kanalbandbreiten von bis zu 100 MHz nutzen können, so dass der Bereich grundsätzlich für datenintensivere und kleinzelligere Anwendungen, z.B. in städtischen Regionen, geeignet ist. Daneben bieten die in Deutschland bereits zugeteilten Frequenzen im 700-MHz-Band aufgrund ihrer günstigen Ausbreitungsbedingungen für die Netzbetreiber die Möglichkeit, auf Basis ihrer bestehenden Netzstruktur frühzeitig eine weitflächige 5G-Versorgung aufzubauen.

5 5G wird Schlüsseltechnologie der digitalen Transformation

Auf dem Weg zur Gigabitgesellschaft kommt der 5G-Technik eine Schlüsselrolle zu. Sie eröffnet vor allem im Bereich der vertikalen Industrien großes Innovationspotenzial: Für die Vision vom vollständig vernetzten Fahren, Effizienzsteigerungen in der Logistik, dem Management dezentraler Energienetze oder den Weiterentwicklungen im Medizin- oder Mediensektor sind hochleistungsfähige mobile Kommunikationsinfrastrukturen unverzichtbar. 5G wird die dafür notwendigen Anforderungen auch bei sehr hoher Nutzer- und Gerätedichte sicherstellen. Darüber hinaus ermöglicht 5G die durchgängige Vernetzung von Wearables, Assistenzsystemen, Haushaltselektronik sowie einer Vielzahl von Sensoren und Aktoren im Internet der Dinge über konvergente Datennetze. Die unterschiedlichen Anforderungsprofile und teilweise nur temporären Nutzungsszenarien

erfordern hierfür flexible Netze, die je nach Situation die erforderlichen Leistungsparameter kombiniert bereitstellt.

Folgende Beispiele zeigen, welche strategischen Entwicklungen der digitalen Transformation durch 5G ermöglicht oder zentral unterstützt werden:

Intelligente Mobilität: Bei Transport und Verkehr stehen wir am Beginn einer Revolution, die vor keinem Bereich der Mobilität haltmacht. Mit dem automatisierten und vernetzten Fahren erhöhen wir die Sicherheit im Straßenverkehr und verbessern den Verkehrsfluss, so dass Ressourcen geschont und schädliche Emissionen verringert werden. Intelligente Mobilität bietet zudem zusätzliche Möglichkeiten für die Optimierung der Parkraumbewirtschaftung, z.B. durch automatisierte Parkanzeigesysteme.

5G sorgt zudem für eine höhere Vernetzung der verschiedenen Verkehrsträger untereinander. Dies erleichtert die intermodale Verkehrsnutzung, wenn Informationen zur jeweils schnellsten Verbindung durch Wechsel oder Kombination von Verkehrsmitteln für jeden sofort verfügbar sind und die Reisekette online buchbar ist. Zudem kann ein vernetzter öffentlicher Nahverkehr schneller reagieren, wenn es eine erhöhte Nachfrage zur Personenbeförderung gibt oder eine Route aktuell nicht befahren werden muss. In der Logistik wird durch eine hocheffiziente Routen- und Transportplanung das Verkehrsaufkommen reduziert. Hierfür sind mit 5G teils Echtzeit-Anforderungen umzusetzen, teils wird es darauf ankommen, Datenströme unterbrechungsfrei und mit zunehmenden Volumen zu verarbeiten, teils wird eine flächige Erreichbarkeit notwendig. Hierfür müssen frühzeitig zumindest alle relevanten Verkehrswege mit 5G versorgt werden – und zwar sicher, schnell und zuverlässig.

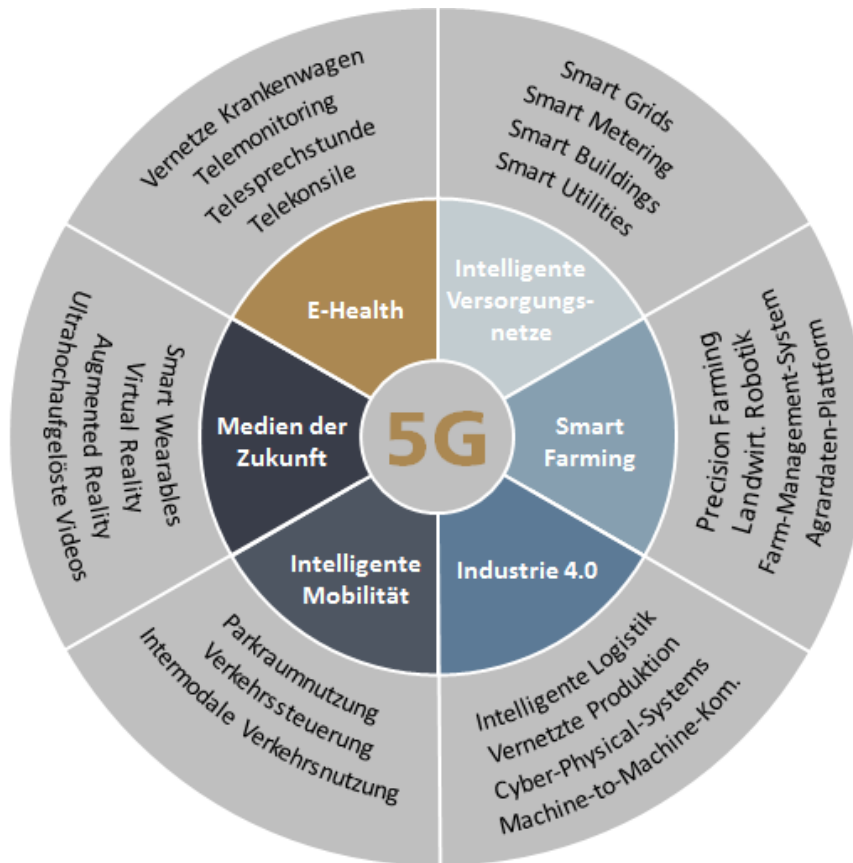
Industrie 4.0: In der industriellen Fertigung wird der durchgängige Datenaustausch zwischen Maschinen, Anlagen, Mensch und Robotern zunehmend an Bedeutung gewinnen. Mit 5G kann die Anzahl qualitätsgesicherter und energieeffizient verbundener Geräte oder Werkteile auf mehrere hunderttausend pro Basisstation gesteigert werden. Durch vom jeweiligen Anwender organisierte 5G-Netze in Fabrikumgebungen bietet 5G neben der Massenkonnektivität auch großes Potenzial für die bislang leitungsgebundene Anlagensteuerung. Mobile Steuerungssysteme von Industrierobotern können auf Basis von 5G-Technik in Echtzeit adressiert werden. Damit werden Fehlerwahrscheinlichkeiten auf ein Minimum reduziert und (fahrerlose) Kurierdienste sind just-in-time an den jeweiligen Be- und Entladestationen. Auch ein datenintensiver Upload von 3D-Modellen zur Anlagensteuerung oder -testung kann mobil erfolgen. 5G stellt so eine zentrale Grundlage für eine durchgängige vertikale Vernetzung aller betrieblichen Prozesse wie Anlagen-, Ressourcen- und Warenflusssteuerung dar. Diese Entwicklung bietet auch große Potentiale für umweltverträgliches Wirtschaften, insbesondere für Ressourceneffizienz und die Senkung von Emissionen.

Smart Farming: Wenig wahrgenommen wird bislang noch, dass die landwirtschaftlichen Prozesse bereits heute zum Teil hersteller- und organisationübergreifend intelligent vernetzt sind. Dadurch können Dienste wie die Einstellungsoptimierung an Maschinen, optimale Dünge- und Erntestrategien und eine weitgehende Automatisierung der Prozesskette erreicht werden. Pflanzen-, feld- und hofindividuell ausgerichtete Anwendungstechnik in der Landwirtschaft benötigen eine alle verfügbaren Kommunikationstechniken effizient und intelligent nutzende digitale Infrastruktur. Das bietet 5G, indem es intelligente Netzwerkschaltungen erlaubt und die Einbindung externer Datenquellen mit hohem Datendurchsatz (bspw. Wetterdaten und quadratzentimetergenaue Zuordnung) ermöglicht.

Intelligente Versorgungsnetze: Das Stromnetz muss sowohl ausgebaut als auch intelligent ertüchtigt und gesteuert werden, um dem vornehmlich auf unteren Spannungsebenen stattfindenden Zubau an dezentralen erneuerbaren Energiequellen eine entsprechende Aufnahmekapazität bieten zu können. Hierfür werden zunehmend automatisierte Verbrauchseinrichtungen (z.B. Stromheizung mit Wärmepumpe) in Anspruch genommen. Der Strommarkt wird flexibler und echtzeitnäher. Die den Stromnetzen zugrundeliegende Infrastruktur muss mit dieser Flexibilität Schritt halten und ist bspw. auf Zustandswerte und Prognosen (Wetter, Verbrauch etc.) angewiesen. Zur Erfassung von Verbrauchs- und Einspeisewerten ist eine flächige Ausrüstung mit intelligenten Messsystemen erforderlich. Zunehmend entstehen zudem Konzepte, über die Erzeuger, Speicher und Verbraucher virtuell zusammengeschaltet werden (sog. virtuelle Kraftwerke). 5G ermöglicht die Vernetzung von Erzeugern, Netzbetreibern und Verbrauchern innerhalb lokaler und regionaler Strukturen. Darüber hinaus befördert 5G die einfachere Implementierung intelligenter Gebäudetechnik wie Smart-Metering, Heizanlagensteuerung oder auch die Überwachung von Versorgungsinfrastrukturen wie Wasser- und Abwasser- oder Belüftungssystemen.

E-Health: 5G verbessert die qualitätsgesicherte Akut- und Regelversorgung durch mobilfunkgestützte Telemedizin-Anwendungen und stärkt die gleichwertige Gesundheits- und Pflegeversorgung in städtischen und ländlichen Regionen. Hierzu zählen z. B. die Vernetzung der Rettungswagen zur Übertragung von Vital-Daten an das Krankenhaus, Fernbehandlung und Telemonitoring von Langzeitpatienten, videobasierte Arztgespräche und telemedizinische Beratungen zwischen Ärzten in kleineren Akutkrankenhäusern und Spezialisten in anderen Kliniken (Telekonsile) unabhängig von der leitungsgebundenen Krankenhausinfrastruktur.

Medien der Zukunft: Entwicklungen wie ultrahochoflösende Inhalte oder neue Dienste im Bereich der realitätserweiternden oder auch virtuellen Anwendungen (Augmented- und Virtual Reality) werden den Bedarf an hochbitratiger mobiler Datenübertragung um ein Vielfaches erhöhen. Interaktive Teilnahme und Mitgestaltung bieten insbesondere an Tourismus-Hotspots und bei Massenveranstaltungen einen bislang nicht erlebbaren Mehrwert. Bei den angekündigten 5G-Feldtests zur Winterolympiade 2018 und zur Fußball-Europameisterschaft 2020 wird der Fokus unter anderem auf Augmented- und Virtual Reality-Anwendungen liegen, die den Zuschauern vor Ort Perspektivwechsel ermöglichen oder das Sporterlebnis anderweitig individualisieren.

Abb. 6: Anwendungsdomänen der 5G-Netze

Quelle: Bundesregierung

Die 5G-Technik transportiert zukünftig einen großen Teil der Daten in der digitalen Industrie. Von der Sicherheit der Daten hängt somit in hohem Maße die Wertschöpfung in Deutschland ab. Um die neue 5G-Infrastruktur angemessen zu schützen, dürfen im Design Sicherheitsfunktionen zur Absicherung der Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit nicht fehlen.

Die 5G-Infrastruktur muss daher robust ausgelegt werden, um gegen IT-Angriffe oder vor Ausfällen wirksam geschützt zu sein. Zugangs- und Zugriffskontrollen, verbunden mit starker Authentisierung, sind ein wichtiger Schlüssel für den Schutz der Infrastruktur. Mittels vertrauenswürdiger Public Key Infrastrukturen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene kann dieser Schutz erreicht werden. Die Sicherheit der übertragenen Informationen im 5G-Netz sollte durch die Verwendung von dem Stand der Technik entsprechenden Verschlüsselungstechnologien gewährleistet werden. Das Bundesamt für Informationstechnik (BSI) steht mit seiner Expertise und internationalen Vernetzung zur Verfügung, um Informationssicherheit der zukünftigen 5G Netzinfrastrukturen und in den Anwendungsdomänen zu begleiten und zu fördern.

6 Fünf Aktionsfelder für den 5G-Leitmarkt Deutschland

Innerhalb der digitalen Transformation von Gesellschaft und Wirtschaft wird die flächendeckende Verfügbarkeit digitaler Infrastrukturen in Städten und ländlichen Regionen zum entscheidenden strategischen Standortfaktor. Dies gilt insbesondere für die erfolgreiche Einführung und Verbreitung von 5G. Ein schneller Aufbau der 5G-Netze bietet den Unternehmen die notwendige Basis, um neue digitale Anwendungen frühzeitig in die Wertschöpfung zu integrieren. Damit bilden 5G-Netze auch die Grundlage für weitere Innovationen, die zu ökonomischen, ökologischen und sozialen Entwicklungssprüngen führen können.

Um hierfür die erforderlichen infrastrukturellen Voraussetzungen zu schaffen, ist es unser Ziel, bis 2025 5G-Konnektivität zu erreichen und zugleich die Mobilfunkkapazitäten in zentralen Orten und in ländlichen Räumen substanziell auszubauen. Um die volle Leistungsfähigkeit von 5G-Netzen ausschöpfen zu können, ist hier eine rechtzeitige substanzielle Verstärkung des Glasfaserausbaus erforderlich.

Im Rahmen der im Herbst 2016 gestarteten **5G-Initiative für Deutschland** wurden erste Maßnahmen für einen raschen Aufbau der 5G-Infrastrukturen und eine breite Integration der Technik in die Wertschöpfungsprozesse präsentiert und mit den Stakeholdern diskutiert. Als Ergebnis dieses Konsultationsprozesses wird der Bund im Rahmen der verfügbaren Haushaltsmittel folgende **fünf Aktionsfelder im Rahmen seiner 5G-Strategie** umsetzen:

Abb. 7: Fünf Aktionsfelder zum Aufbau des 5G-Leitmarkts in Deutschland



Quelle: Bundesregierung

1

Netzrollout forcieren



- **Glasfaseranbindung von Basisstationen erleichtern**
- **Mitnutzbarkeit passiver Trägerinfrastruktur für den Aufbau von 5G-Zellen forcieren**
- **Netzrollout unterstützen – Gesundheitsschutz beibehalten**
- ➔ **Ziel: Infrastruktur und Genehmigungsverfahren für 5G-Rollout vorbereiten**

Um die volle Leistungsfähigkeit von 5G-Netzen zu erreichen, werden massive Infrastrukturinvestitionen der Netzbetreiber erforderlich sein. Dies unterstützen wir durch investitionsfördernde Rahmenbedingungen für den operativen Netz-Rollout. Hierzu zählen insbesondere der Ausbau der Glasfasernetze zur Anbindung von Basisstationen und die Verfügbarkeit von Antennenstandorten für die notwendige Netzverdichtung.

Um die IMT-2020-Anforderungen an Durchschnitts- und Spitzendatenraten bis in den Gigabit-Bereich für eine Vielzahl von Teilnehmern und Endgeräten sowie an geringe Latenzzeiten gewährleisten zu können, müssen die Basisstationen und Konzentrationspunkte vollständig mit Glasfaser erschlossen werden. Dies gilt sowohl für die Macrozellen (Zellradius bis zu 50 km) im ländlichen und suburbanen Raum als auch für die Metro-/Microzellen (Zellradius bis 2 km) in den Innenstädten.

Zudem müssen für die intensive Nutzung von 5G an lokalen Hotspots wie Stadien oder Fußgängerzonen Kleinzellen (Pico-Zellen) mit Zellradien zwischen 20 und wenigen 100 Metern aufgebaut werden. Der Grund: Für die lokale Bereitstellung sehr hoher Bandbreiten werden zukünftig insbesondere Trägerfrequenzen oberhalb von 24 Gigahertz genutzt, die nur über eine sehr begrenzte Reichweite und Objektdurchdringung verfügen. Das Mobilfunknetz muss daher an den Hotspots entsprechend verdichtet werden.

Der Bund unterstützt den Netzausbau mit folgenden Maßnahmen:

Glasfaseranbindung von Basisstationen erleichtern: Zur Realisierung der vollen Leistungsfähigkeit von 5G geht der Bund davon aus, dass die Netzbetreiber, sofern bislang nicht der Fall, ihre Investitionen in Glasfaser zur Anbindung von Basisstationen signifikant steigern und so insbesondere bei Makrozellen die Anbindungen über Richtfunk bis 2020 deutlich reduzieren. Der Bund erwartet, dass die Netzbetreiber dazu verstärkt von den bereits nach derzeitiger Rechtslage (DigiNetz-Gesetz) bestehenden Mitnutzungsmöglichkeiten passiver Infrastrukturen Gebrauch machen. In Abhängigkeit von diesen Entwicklungen wird der Bund untersuchen, ob und mit welchen zusätzlichen gesetzlichen oder regulatorischen Maßnahmen eine weitere Steigerung der Glasfaseranschlussquote bei Basisstationen durch die Netzbetreiber sinnvoll und erforderlich ist. In diesem Zusammenhang ist auch eine Förderung der Glasfaseranbindung von Basisstationen insbesondere in sehr dünn besiedelten Gebieten zu erwägen. Dabei sind auch mögliche Wechselwirkungen mit etwaigen Versorgungsaufgaben zu berücksichtigen.

Mitnutzbarkeit passiver Trägerinfrastruktur für den Aufbau von 5G-Zellen forcieren: Beim Aufbau von Kleinzellennetzen in Innenstädten wird die Mitnutzung von bestehender Trägerinfrastruktur eine zentrale Rolle spielen. Insbesondere Straßeninfrastruktur, die schon heute über Stromanschlüsse

verfügt, wie z.B. Ampelanlagen und Straßenlaternen, können kosteneffizient für den Ausbau von Pico-Zellen genutzt werden.

Mit dem im November 2016 in Kraft getretenen Gesetz zur Erleichterung des Ausbaus digitaler Hochgeschwindigkeitsnetze (DigiNetz-Gesetz) wurden daher bereits Vorgaben erlassen zu

- a) der Mitnutzung öffentlicher Versorgungsinfrastrukturen für Glasfaser und der Mitverlegung von Glasfaser im Rahmen öffentlicher Straßenbaumaßnahmen und
- b) der Nutzung öffentlicher Trägerstrukturen zur Errichtung von Antennen für Micro- und Picozellen.

Für die Mitnutzung öffentlicher Versorgungsinfrastruktur im Rahmen des Glasfaserausbaus wurde bereits eine Arbeitsgruppe aus Vertretern der Länder, der kommunalen Spitzenverbände und der Telekommunikationsbranche eingerichtet, die Hinweise zu technischen Umsetzungsfragen sowie Verfahrensfragen des DigiNetz-Gesetzes erarbeitet. Im Rahmen dieser Arbeitsgruppe wird untersucht, welche der vom DigiNetz-Gesetz umfassten passiven Trägerinfrastrukturen wie Ampeln, Verkehrsschilder, Stadtmöbel, Leitplanken, Gullideckel in besonderer Weise für den 5G-Rollout für eine Mitnutzung geeignet sind. Wir streben an, standardisierte Genehmigungsverfahren für eine zeitnahe Bereitstellung dieser Infrastrukturen mit den kommunalen Spitzenverbänden zu vereinbaren. Zudem sollen in der Bund-Länder-Arbeitsgruppe die technischen Sicherheitsvorgaben zur Nutzung dieser Trägerstrukturen bspw. in Bezug auf Montagenormen, Stromanbindung oder Statik erarbeitet werden.

Darüber hinaus werden wir gemeinsam mit den Ländern untersuchen, mit welchen rechtlichen Maßnahmen eine Erweiterung der klassischen Sendemastinfrastruktur möglich ist. Wir suchen zudem nach Lösungen, wie öffentliche Liegenschaften von Bund, Ländern und Kommunen für Mobilfunkantennen leichter zugänglich gemacht werden können.

Zur Unterstützung der Standortakquise und der Planungen ausbauender Unternehmen prüft der Bund zudem, welche Standortdaten als Open Data zur Verfügung gestellt werden können. Ziel ist es, seitens der öffentlichen Hand ein bundesweit einheitliches, schlankes Genehmigungsverfahren zur kostenangemessenen Bereitstellung vorhandener Infrastruktur zu etablieren, um einen umfassenden dynamischen Netzaufbau zu ermöglichen, von dem auch der professionelle Mobilfunk profitieren kann.

Netzrollout unterstützen – Gesundheitsschutz beibehalten: Mit dem Aufbau von Kleinzellennetzen in Innenstädten, der steigenden Zahl privater Mobilfunkendgeräte sowie der Entwicklung von „Smart Cities“ / „Smart Villages“ und dem Internet der Dinge steigt die Anzahl der Geräte, die in der Nähe von Menschen elektromagnetische Felder aussenden. Deshalb werden die erforderlichen Genehmigungsverfahren an Komplexität zunehmen.

Wir untersuchen deshalb den Optimierungsbedarf bei den derzeitigen Genehmigungs- und Entscheidungsprozessen auf kommunaler Ebene und bei der Bundesnetzagentur. Wir prüfen insbesondere, ob Anpassungsbedarf hinsichtlich geltender Abstandsregelungen für Antennenstandorte im sog. Standortbescheinigungsverfahren besteht. Für den Aufbau kleinzelliger Mobilfunknetze (sog. Small Cells) schaffen wir frühzeitig verlässliche Rahmenbedingungen. Dabei bleibt gewährleistet, dass die Akzeptanz der Bevölkerung und die bestehenden hohen Sicherheitsstandards beim vorbeugenden Gesundheitsschutz in allen Entwicklungsphasen erhalten bleiben. Parallel wird der Bund die Einführung von 5G gegenüber der Öffentlichkeit mit transparenten Informationen begleiten.

2

5G-Frequenzen bereitstellen



- **Globale und europäische Harmonisierung von 5G-Spektrum vorantreiben**
- **Bereitstellung von Spektrum unterhalb 6 GHz**
- **Frühzeitig Planungssicherheit für Spektrum im 26-GHz-Band schaffen**
- **Versuchsfrequenzen bereitstellen**
- ➔ **Ziel: Mit moderner Frequenzpolitik Investitionen in 5G-Netze unterstützen**

Eine weitere Voraussetzung für den Rollout von 5G-Netzen ist, dass frühestmöglich ausreichend geeignetes Frequenzspektrum bereitgestellt wird, um Investitionen, Innovationen und Wettbewerb bei der Entwicklung von 5G-Diensten anzureizen.

Von der Bereitstellung von Versuchsfunkfrequenzen bis zur rechtzeitigen Bereitstellung von Frequenzen für den kommerziellen Rollout unternimmt der Bund eine Reihe von Maßnahmen, um einen frühestmöglichen Einsatz der 5G-Technik in Deutschland zu ermöglichen.

Globale und europäische Harmonisierung von 5G-Spektrum vorantreiben: Der Bund setzt sich auf internationaler und europäischer Ebene intensiv dafür ein, frühzeitig harmonisiertes Spektrum für 5G zu identifizieren und hierfür harmonisierte Nutzungsbedingungen festzulegen. Dabei werden auch künftig die Interessen und Frequenzbedarfe anderer Nutzergruppen berücksichtigt.

Welche Frequenzbereiche zukünftig international für Mobilfunk nutzbar werden, wird im Rahmen der Weltfunkkonferenz der ITU im Jahr 2019 abschließend festgelegt. Durch unsere Aktivitäten in den maßgeblichen europäischen Gremien konnte bereits Einigkeit über drei in Europa favorisierte Pionier-Bänder – das 700-MHz-Band, das 3,4-3,8-GHz-Band (sog. 3,5-GHz-Band) und das 24,25-27,5-GHz-Band (sog. 26-GHz-Band) – hergestellt werden. Die CEPT entwickelt unter intensiver deutscher Mitarbeit derzeit die technischen und regulatorischen Bedingungen einer technischen Harmonisierung für das 3,5-GHz-Band und das 26-GHz-Band in der Europäischen Union. Wir werden uns auch weiterhin für eine zügige europaweite Nutzung der in Deutschland bereits bereitgestellten 700-MHz-Frequenzen für den Mobilfunk einsetzen.

Bereitstellung von Spektrum unterhalb 6 GHz: 5G-Netze benötigen sowohl für die Flächen- als auch für die Kapazitätsversorgung ausreichend geeignetes Frequenzspektrum. Auslaufende Frequenznutzungsrechte müssen deshalb angemessen frühzeitig dem Markt wieder bereitgestellt werden. Dies betrifft aktuell das 2-GHz-Spektrum (das sog. UMTS-Spektrum) sowie das 3,5-GHz-Spektrum. Die Bundesnetzagentur strebt deshalb an, das Verfahren zur Spektrumsbereitstellung bereits 2018 durchzuführen.

Den mit der technischen Entwicklung stetig wachsenden Frequenzbedarfen aller Nutzergruppen (z. B. auch Bedarfe der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben, der Bundeswehr sowie Nutzer in industriellen Umgebungen) trägt der Bund mit einer zukunftsorientierten vorausschauenden Frequenzpolitik und -verwaltung Rechnung.

Frühzeitig Planungssicherheit für Spektrum im 26-GHz-Band schaffen: Um frühzeitig Investitions- und Planungssicherheit zu schaffen, strebt der Bund eine rasche Festlegung der auf nationaler Ebene

nutzbaren Frequenzen aus dem 26-GHz-Band an. Ziel ist gleichzeitig, diese auch frühestmöglich bereitzustellen, um schon ab 2020 erste Nutzungen zu ermöglichen. Um dies zu realisieren, ist auch ein schrittweises Vorgehen denkbar. Der Bund verfolgt deshalb die Absicht, zumindest den Frequenzbereich 26,5 bis 27,5 GHz unter Berücksichtigung der Schutz- und Verträglichkeitsanforderungen bestehender Dienste als ersten Teilbereich des 26-GHz-Bands für 5G-Anwendungen zu öffnen. Mit einem solchen Vorgehen kann Deutschland auch an der 5G-Entwicklung auf anderen Märkten (insb. Südkorea und USA) partizipieren.

Als ergänzende Maßnahme untersuchen wir zudem, inwiefern in Deutschland für 5G-Anwendungen unter Beachtung von Schutz- und Verträglichkeitsanforderungen anderer Dienste zusätzlich auch eine Nutzung von Spektrum in sonstigen Frequenzbereichen – zum Beispiel durch Schaffung flexibler Nutzungsmöglichkeiten – möglich und sinnvoll sein kann.

Versuchsfunkfrequenzen bereitstellen: Bei der Bundesnetzagentur können bereits heute Versuchsfunkfrequenzen beantragt werden, die unabhängig von den Vorgaben des Frequenzplans eine Nutzung zu Testzwecken ermöglichen. Ein Beispiel hierfür ist etwa das Digitale Testfeld auf der Autobahn A9.

3 **Kooperationsförderung zwischen Telekommunikations- u. Anwenderindustrie**

- **Dialogforum 5G fortführen**
- **Standardisierungsprozess aktiv unterstützen**
- ➔ **Ziel: Alle Branchen müssen Potenziale erkennen und ihre Anforderungen einbringen**

In mehreren Anwenderbranchen wurden bereits internationale Konsortien gegründet, um die Interessen der Branchen in den Standardisierungs- und Entwicklungsprozess von 5G einzubringen.

In Deutschland wird die Einführung der 5G-Technik branchenübergreifend durch die „Fokusgruppe 5G“ des nationalen Digitalgipfel-Prozesses (ehemals: IT-Gipfel-Prozess) begleitet. Der nationale Digitalgipfel und sein ganzjähriger Prozess bilden die wichtige Plattform für die Zusammenarbeit von Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft zur Gestaltung des digitalen Wandels.

Dialogforum 5G fortführen: Zur Intensivierung des Dialogs mit den Anwenderbranchen wurde im September 2016 das „Dialogforum 5G“ eingerichtet. Das Forum unterstützt den aktiven Austausch und die Vernetzung zwischen Telekommunikationssektor und vertikalen Industrien. Das Dialogforum bereitet in Workshops die Potenziale und den aktuellen Stand der Entwicklung von 5G für die verschiedenen vertikalen Industrien auf. Es fungiert als Türöffner für die Unternehmen, um sich in Kooperationsprojekten aktiv an der Entwicklung 5G-basierter Anwendungen zu beteiligen.

Ein erstes branchenspezifisches Dialogforum wurde im Februar 2017 zu den 5G-Perspektiven für die Automobilindustrie durchgeführt, im März gefolgt von einem Austausch zum Thema Gesundheit. Weitere Veranstaltungen sind bereits für die Anwendungsbereiche Logistik, Kultur- und Kreativwirtschaft, Industrie 4.0, Energie und Landwirtschaft geplant.

Zu einer zeitgemäßen Ausstattung der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) sowie der Bundeswehr gehört heute auch eine leistungsfähige Datenkommunikation mit hoher Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit. 5G kann grundsätzlich auch Anforderungen der BOS und der Bundeswehr erfüllen. Deshalb werden in einem weiteren Dialogforum die Einsatzmöglichkeiten für die BOS und die Bundeswehr adressiert.

Abb. 8: Branchenspezifische Fachworkshops des Dialogforums 5G



Quelle: Bundesregierung

Standardisierungsprozess aktiv unterstützen: Eine Reihe deutscher Forschungseinrichtungen und Unternehmen ist in den 5G-Standardisierungsgremien bzw. in Mitgliedsverbänden dieser Gremien aktiv. Die technische Standardisierung wird von allen interessierten Kreisen gemeinsam getragen, hauptsächlich von der Industrie durchgeführt und vom Bund in den entsprechenden Normungsgremien begleitet (insbes. 3GPP, ETSI, ITU, IETF). Ziel muss dabei sein, dass Forschung und Entwicklung zu 5G in einem offenen internationalen Standard münden. Eine der zentralen industriepolitischen Herausforderungen wird daher die erfolgreiche Einbringung von Anforderungen, Ideen und Lösungen der betroffenen Anwenderbranchen in die Standardisierung sein. Bedeutsam ist dabei auch, dass bereits im Entwicklungsstadium der Schutz vor den Auswirkungen elektromagnetischer Felder im Einklang mit den internationalen Leitlinien berücksichtigt und so das hohe Schutzniveau als europaweit anerkannter Maßstab beibehalten wird. Das schafft Planungssicherheit und lässt die Notwendigkeit nationaler Vorgaben entfallen.

Vor diesem Hintergrund wird der Bund folgende Maßnahmen veranlassen:

- Unterstützung einer Bündelung der Interessen der Anwenderbranchen („Verticals“) in den einschlägigen Standardisierungsgremien. Dazu wird vom Bund eine wettbewerbsneutrale Austauschplattform für deutsche Unternehmen bereitgestellt, die ein koordiniertes Vorgehen (z. B. abgestimmte gemeinsame Beiträge) bei den Verhandlungen in den relevanten internationalen Gremien ermöglicht. Für 5G-Anwendungen im Bereich von Industrie 4.0 wird das Standardization Council Industrie 4.0 mit Unterstützung der Plattform Industrie 4.0 die Positionen der Anwenderindustrien sammeln und in die Austauschplattform einspeisen.
- Identifizierung von spezifischen Anforderungen der „Verticals“ und Einbringen in die 5G-Standardisierung. Mittels einer bei der Bundesnetzagentur eingerichteten Koordinierungsstelle für IKT-Standardisierung wird die Berücksichtigung von Anforderungen der Anwenderbranchen aktiv unterstützt.
- Prüfung, ob und inwieweit Standardisierungsaktivitäten deutscher Unternehmen und Forschungsinstitute im 5G Bereich, z. B. durch das Förderprogramm WIPANO gefördert werden können, um dadurch eine stärkere Einbringung deutscher Industrieinteressen zu ermöglichen.
- Von zentraler industriepolitischer Bedeutung für den Einsatz von 5G Anwendungen ist weiterhin die Frage, in welchem Umfang diese Technologien von welchen Akteuren mit Patenten, insbesondere mit sog. standardessentiellen Patenten behaftet sind. Der Bund wird deshalb ein Gutachten vergeben, das eine Bestandsaufnahme nebst Analyse der aktuellen Situation bei 5G-Patenten, Prognose der Entwicklungen bei marktrelevanten 5G-Patenten und Auswirkungen auf die Mobil-

funk- und Industrieunternehmen (als Lizenznehmer) vornimmt. Dabei sind insbesondere Lizenzierungsbedingungen im Hinblick auf wettbewerbs- und standortspezifische Rahmenbedingungen zu untersuchen.

4 5G-Forschung unterstützen



- **Forschung unterstützen**
- **Forschung zielorientiert fördern, Testfelder unterstützen**
- **Forschungsaktivitäten in Deutschland vernetzen und koordinieren**
- ➔ **Ziel: Engagement der deutschen Wirtschaft im Bereich der anwendungsnahen 5G-Forschung verstärken**

Auf europäischer Ebene findet 5G- Forschung vor allem im Rahmen des 5G Public-Private Partnership Programms (5G PPP) statt. Die 5G PPP geht auf eine Initiative der Europäischen Kommission, der herstellenden Industrie, sowie von Telekommunikationsnetzbetreibern, Dienstleistern, kleinen und mittleren Unternehmen und Forschungseinrichtungen zurück. Zweck ist unter anderem die europaweite Koordination von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten. In der ersten Phase, die im Juli 2015 gestartet worden ist, wurden 19 verschiedene Projekte ausgewählt und gefördert, deren Forschungsergebnisse in die 5G-Standardisierung einfließen. Phase 2 ist im Juni 2017 mit insgesamt 21 neuen Projekten angelaufen.

Öffentlich geförderte Forschung zu 5G erfolgt auf nationaler Ebene sowohl zu den Grundlagen als auch zu den Anwendungen von 5G-Technologien. Ziel ist es, die hiesigen Forschungsaktivitäten zu 5G zu stärken und deren Koordinierung zu intensivieren.

Forschung zielorientiert fördern, Testfelder unterstützen: Der Bund fördert in der Initiative „Industrielle Kommunikation der Zukunft“ in großem Umfang Forschung und Entwicklung für innovative 5G-Lösungen. Im Fokus stehen die drei Forschungsschwerpunkte „Zuverlässige drahtlose Kommunikation in der Industrie“, „5G: Industrielles Internet“ und „5G: Taktiles Internet“, für die bis zu 80 Mio. EUR bereitgestellt wurden. Zudem fördert der Bund im Rahmen verschiedener Programme weitere F&E-Aktivitäten für Anwendungen, die 5G als wichtigen Treiber zur Realisierung voraussetzen. So ermöglicht die von der RWTH Aachen entwickelte und vom Bund geförderte Kombination aus einem Fahrsimulator, Testfahrzeugen und dem urbanen Testfeld „CERMcity“ in Aldenhoven den nahtlosen Transfer von Forschungsergebnissen aus dem Labor auf die Straße.

Ein Beispiel für ein anwendungsorientiertes Verbundforschungsprojekt im Bereich Industrie 4.0 ist das Vorhaben „TACNET 4.0“ (Hochzuverlässige und echtzeitfähige 5G-Vernetzung für Industrie 4.0): Ziel ist es, 5G-Mobilfunknetze durchgängig in industrielle Kommunikationsnetze zu integrieren. Nur so können zahllose Maschinen, Roboter und andere IT-Systeme auf begrenztem Raum mit hohen Datenraten und ohne Verzögerung drahtlos kommunizieren sowie aus der Ferne gesteuert und gewartet werden. Mit dem in „TACNET 4.0“ geschaffenen Konzept kann die verarbeitende Industrie künftige 5G-Technik einfacher und zu vertretbaren Kosten gewinnbringend nutzen.

Weitere Förderprogramme adressieren Anwendungen, bei denen 5G eine zentrale Rolle spielt. Dies gilt bspw. für das Programm „Digitales Testfeld Autobahn A9“ für die Erprobung des automatisierten und vernetzten Fahrens. Ein Schwerpunkt des Programms liegt auf der Entwicklung von neusten Echtzeitkommunikationsverfahren wie 5G bzw. annähernd gleichstarker Vorversionen.

Nach der erfolgreichen Implementierung des Digitalen Testfelds auf der A9 hat der Bund im Juni 2016 eine Förderrichtlinie „Automatisiertes und vernetztes Fahren auf digitalen Testfeldern in Deutschland“ veröffentlicht. Hiermit unterstützen wir die Erprobung der Technik auch auf innerstädtischen Testfeldern. In folgenden Regionen werden bereits Testfelder für automatisiertes Fahren gefördert: Berlin, Braunschweig, Dresden, Düsseldorf, Hamburg, Ingolstadt und München. Erste Förderbescheide in Höhe von 9 Mio. EUR wurden Ende März 2017 an die Testfelder in Berlin und Dresden übergeben.⁹

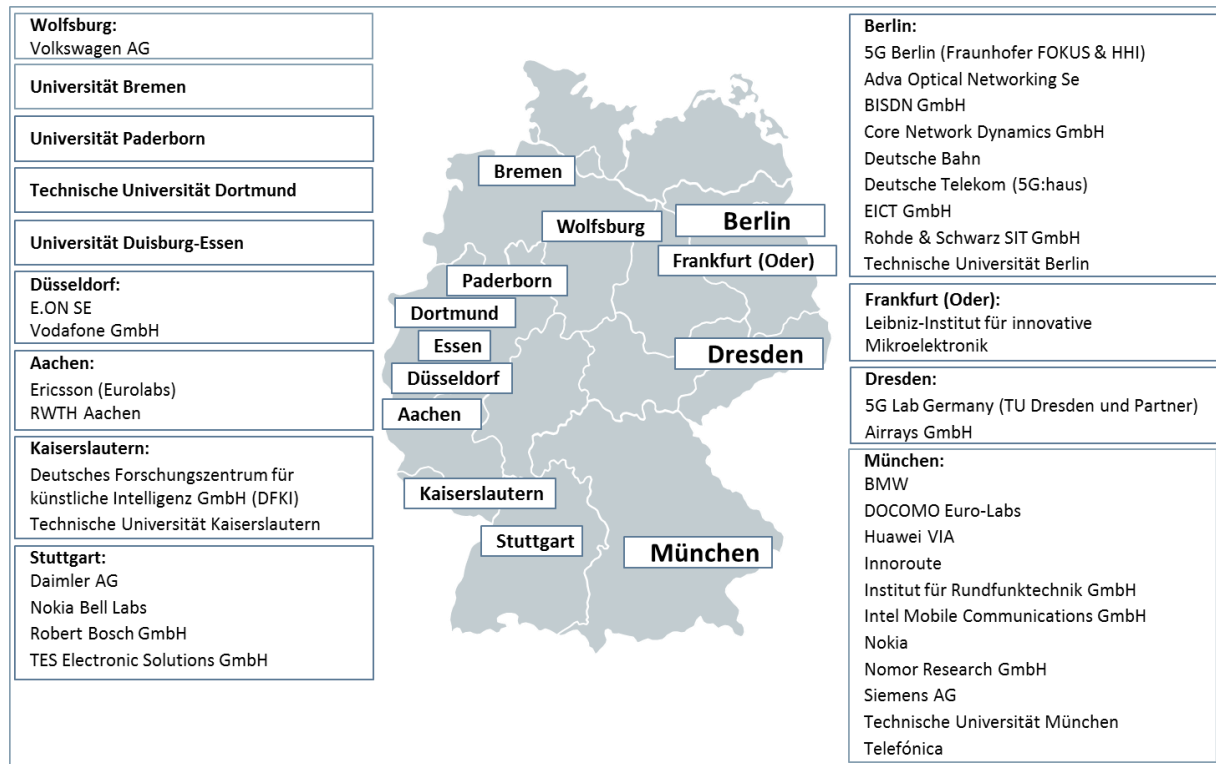
Ein anderes Beispiel ist das Projekt „PMSE-xG“, bei dem die besonderen Anforderungen der Veranstaltungstechnik in Bezug auf zuverlässige, verzögerungsfreie Verbindungen mit 5G untersucht und entwickelt werden sollen.

Darüber hinaus werden auch andere Anwenderbranchen ermutigt, Kooperationen zu suchen, auf weiteren Testfeldern den Einsatz von 5G-Anwendungen zu demonstrieren und die ökonomischen Potenziale in Bezug auf Effizienz- und Produktivitätssteigerungen sowie neue Geschäftsmodelle aufzuzeigen.

Der Bund unterstützt die Forschungsaktivitäten im Bereich der Wirkung elektromagnetischer Felder von 5G mit Schwerpunkt auf Frequenzen oberhalb 20 GHz. Außerdem untersuchen wir proaktiv die Auswirkungen der neuen Technologie sowie der neu aufgebauten Netze hinsichtlich ihrer elektromagnetischen Felder.

Forschungsaktivitäten in Deutschland vernetzen und koordinieren: Die 5G-Forschung und Entwicklung in Deutschland ist breit gestreut. Neben einigen Forschungs- und Entwicklungszentren, die direkt von den Netzbetreibern und Ausrüstern finanziert werden, wird an fast allen Universitäten mit IT-Lehrstühlen und an zahlreichen außeruniversitären Forschungseinrichtungen zu 5G-relevanten Fragen geforscht.

⁹ Ziel des Berliner Projektes „DIGINET-PS“ ist die Verarbeitung und Bereitstellung von statischen und dynamischen Straßenverkehrsdaten für automatisiertes Fahren. Das Vorhaben „Harmonize DD“ auf dem digitalen Testfeld Dresden entwickelt ein neuartiges Cloud-basiertes Gesamtsystem zur Unterstützung hochautomatisierter und konventioneller Fahrzeuge für eine verbesserte Interaktion im innerstädtischen Mischverkehr.

Abb. 9: 5G-Forschungszentren in Deutschland (Auswahl)

Quelle: Bundesregierung

Für eine effiziente Ausgestaltung der 5G-Forschung ist es wichtig, diese Forschungsarbeiten zu koordinieren und miteinander zu vernetzen. Hierfür wird der Bund folgende Maßnahmen durchführen:

- Erfassung aller relevanten 5G-Forschungsprojekte in Deutschland und deren Forschungsfelder differenziert nach Grundlagenforschung und anwendungsorientierter Forschung
- Identifikation von Kooperationsmöglichkeiten durch Clustering der Forschungsgebiete und Vernetzung der Forschungseinrichtungen
- Transfer der Forschungsergebnisse an alle relevanten Stakeholder (u. a. 5G-Forschungs-Community, Standardisierungsgremien und vertikale Industrien)
- Förderung grundlegender Forschungsprojekte, mit der die Auswirkungen der 5G-Technik beurteilt sowie Akzeptanz von 5G in der Gesellschaft gesteigert werden kann.

5 5G für Städte und Kommunen initiieren



- 5G-Wettbewerb ausschreiben
- Förderung der Projektplanung mit Unterstützung durch Industriepartner
- ➔ Ziel: Maßgeschneiderte 5G-Anwendungen für Regionen entwickeln

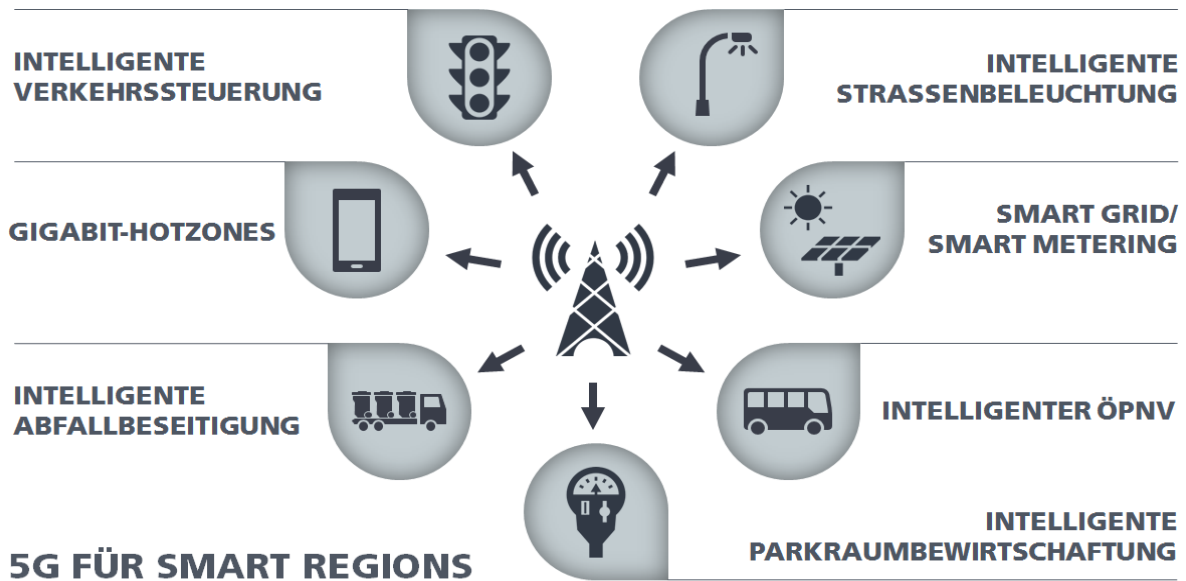
5G bietet Kommunen eine Vielzahl von Lösungen für gesellschaftliche Herausforderungen wie dem Aufbau einer zukunftsfähigen Energiebewirtschaftung, der Gestaltung nachhaltiger Mobilität zur Entlastung der Verkehrswege, der Abfederung des demografischen Wandels oder der Aufrechterhaltung vergleichbarer Lebensbedingungen in ländlichen Regionen.

Konkret bedeutet dies: Städte und Gemeinden werden mit Hilfe von 5G Versorgungs- und Verwaltungsleistungen zukünftig effektiver und effizienter umsetzen können. Ob Parkraumbewirtschaftung, öffentlicher Nahverkehr, Verkehrsführung, gesundheitliche Versorgung, Management dezentraler Stromerzeugung oder auch die kommunale Abfallbeseitigung – für viele der aktuellen Herausforderungen kann 5G eine Lösung bieten. Wichtig dabei ist auch die Bewertung der Chancen und Herausforderungen des Einsatzes dieser Technik auch anhand der Ziele einer integrierten und nachhaltigen Stadtentwicklung. Hierfür gibt die Smart City Charta der Dialogplattform Smart Cities für die Akteure auf kommunaler Ebene eine wichtige Orientierung.

5G-Wettbewerb ausschreiben: Der Bund wird einen Wettbewerb für verschiedene Kategorien ausloben. Teilnehmende Kreise, Städte und Gemeinden werden aufgerufen, drei wichtige kommunale Herausforderungen z. B. aus den Bereichen Mobilität, Müllabfuhr, Gesundheitsversorgung oder Energieversorgung zu benennen und in einer ersten Skizze aufzuzeigen, wie und mit welchem Zeithorizont sich die Herausforderungen mit 5G ab 2020 lösen lassen.

Förderung der Projektplanung mit Unterstützung durch Industriepartner: Die Einreicher der überzeugendsten Skizzen erhalten Fördergelder zur Erarbeitung detaillierter Projektkonzepte. Hierbei unterstützt der Bund die kommunalen Bewerber in der Ansprache passender Industriepartner und ggf. auch Start-Ups bei ihren Aktivitäten und der Bildung von Konsortien. Der Bund stellt hierfür Mittel in Höhe von mindestens 2 Millionen Euro zur Verfügung.

Abb. 10: 5G-Anwendungsbeispiele für Kommunen



Quelle: Bundesregierung

7 Zentrale Meilensteine der 5G-Strategie für Deutschland

Die dargestellten Maßnahmen zur Unterstützung des 5G-Rollouts und der 5G-Anwendungen in Deutschland werden im Verlauf evaluiert und bedarfsgerecht weiterentwickelt. Die nachfolgende Grafik stellt zentrale Maßnahmen in den fünf definierten Aktionsfeldern in einen ersten groben zeitlichen Ablauf. Detailliertere Pläne zu den Maßnahmen in den Aktionsfeldern werden im Verlauf veröffentlicht.

Abb. 11: Meilensteine der 5G-Strategie für Deutschland (Stand Juni 2017)

2016	2017	2018	2019	2020
<ul style="list-style-type: none"> Erste Testfelder mit 5G-Bezug Bund-Länder AG zur Umsetzung DigiNG Start Dialogforum 5G 	<ul style="list-style-type: none"> Start Konsultation Bereitstellung 5G-Frequenzen Start Wettbewerb 5G-Stadt 	<ul style="list-style-type: none"> Weiterentwicklung der Förderkulisse im Hinblick auf Gigabitnetze Verfahren zur Frequenzbereitstellung 	<ul style="list-style-type: none"> Evaluation und ggf. Weiterentwicklung der 5G-Strategie 	<p>5G Rollout ➔</p>

Quelle: Bundesregierung

Möglichkeiten zur Beteiligung am Strategieprozess und den geplanten Maßnahmen sowie Informationen zu aktuellen Veranstaltungen im Rahmen der Umsetzung der 5G-Strategie entnehmen Sie der folgenden Website: <https://www.5g-fuer-deutschland.de>

Glossar

3GPP	3rd Generation Partnership Project
5G PPP	5G Public Private Partnership
DigiNetzG	Gesetz zur Erleichterung digitaler Hochgeschwindigkeitsnetze
eMBB	Enhanced Mobile Broadband
ETSI	European Telecommunication Standards Institute
GHz	Giga-Hertz (10^9 Hertz)
GSM	Global System for Mobile Communications
GSMA	GSM Association
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IMT	International Mobile Telecommunications
IoT	Internet of Things (Internet der Dinge)
IP	Internet Protocol
LPWA	Low Power Wide Area
ITU	International Telecommunication Union
ITU-R	ITU Radiocommunication Sector
LTE	Long Term Evolution
LTE-A	LTE-Advanced
M2M	Machine-to-Machine (Maschine-zu-Maschine)
MHz	Mega-Hertz (10^6 Hertz)
MIMO	Multiple Input Multiple Output (Mehrfachantennenverfahren)
mMTC	Massive Machine Type Communication (Maschine-zu-Maschine Kommunikation)
MQTT	Message Queue Telemetry Transport
NB-IoT	Narrowband Internet-of-Things
NGMN	Next Generation Mobile Networks
PER	Packet error rate
QoS	Quality of Service
RSPG	Radio Spectrum Policy Group
RAT	Radio Access Technology
TKG	Telekommunikationsgesetz
URLLC	Ultra-Reliable and Low-Latency Communications (qualitätssensible Kommunikation)
WRC	World Radio Conference

