



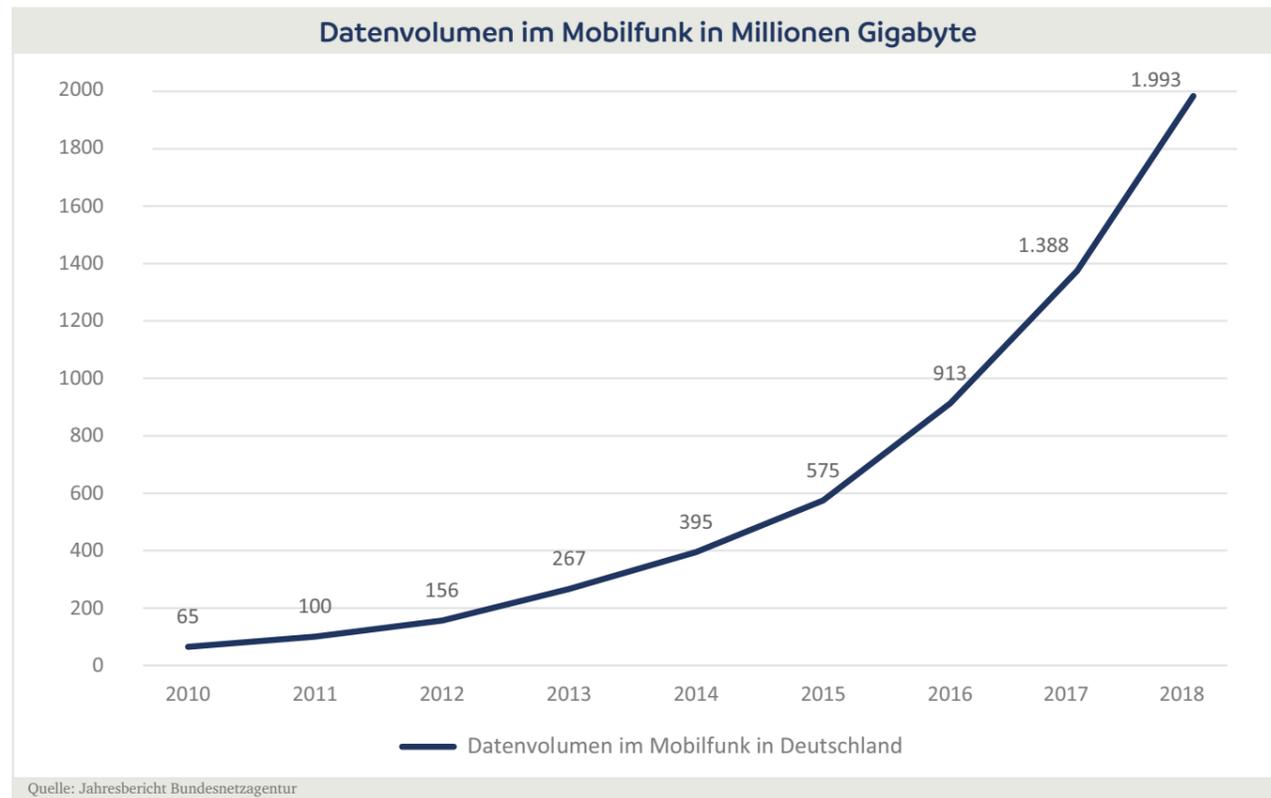
Daten und Fakten zur fünften Mobilfunkgeneration

Technik, Funktionsweise,
Infrastruktur, Gesundheit und Grenzwerte

INFORMATIONSZENTRUM-
MOBILFUNK.DE

Einleitung

In das Mobilfunknetz der fünften Generation setzen Industrie, Politik und Netzbetreiber große Hoffnungen. Die 5G-Technik gilt als Voraussetzung für die Gigabit-Gesellschaft sowie als Schlüsseltechnologie der digitalen Transformation.



Die technologische Entwicklung im Mobilfunk schreitet rasch voran: Einerseits werden derzeit noch in einigen ländlichen Bereichen erstmals LTE-Stationen aufgebaut und in den Innenstädten der Großstädte werden die bestehenden Mobilfunknetze erweitert. Andererseits wird parallel die Nachfolgetechnik der fünften Generation vorbereitet und aufgebaut.

Der Hauptgrund für den Ausbau von 5G liegt in der steigenden und vielseitigeren Nutzung des Mobilfunks in Deutschland. Erstmals wurde im Jahr 2018 mehr mobil telefoniert als im Festnetz. Noch stärker angestiegen ist das übertragene Datenvolumen im Mobilfunk: Über die Mobilfunknetze wurden 2018 in Deutschland

1.993 Millionen Gigabyte Daten übertragen. Im Vorjahr waren es noch 1.388 Millionen Gigabyte. Das entspricht einer Steigerung um 44 Prozent. Daraus entsteht ein Handlungsbedarf in Bezug auf den weiteren Ausbau der Netze.

Viele Zukunftsanwendungen wie das Internet of Things (IoT), vernetztes und autonomes Fahren und ähnliches mehr stehen im Vordergrund und bauen auf der 5G-Technik auf. Daneben dient 5G aber auch dazu, den ohnehin wachsenden mobilen Breitbandverkehr auf effiziente Weise zu ermöglichen. Städte und Kommunen sehen im raschen Ausbau des 5G-Netzes Standortvorteile ebenso wie die Industrie, die Produktionsanlagen

und Maschinen vernetzen und steuern möchte. Etliche praxisorientierte Anwendungen stehen bereits in den Startlöchern.

Mit dem Aufkommen neuer Technologien ergeben sich gleichzeitig auch neue Fragen: Wofür braucht man 5G? Wie funktioniert das? Welche Auswirkungen hat 5G auf die Gesundheit? Was bedeutet die Einführung von 5G für die Infrastruktur? Wie schützen die Grenzwerte und wer kontrolliert deren Einhaltung? Die vorliegende Infobroschüre soll die wichtigsten Fakten verständlich zusammenfassen.

Was ist neu bei 5G?

Mit 5G wird das Herunterladen von großen Datenmengen bis zu 100 Mal schneller sein als bei LTE (4G). Wichtig für viele Anwendungen ist die sogenannte Latenzzeit, also die Verzögerung bei der Übertragung – die bei 5G sehr gering sein wird.

Der 5G-Standard schafft die Voraussetzung für intelligente Netze. 5G-Netze werden zukünftig in der Lage sein, sich speziellen Anforderungen anzupassen bis hin zur Bereitstellung von virtuellen

Unternetzen für dedizierte Aufgaben des Netzes. So richtet sich die Kapazität etwa danach aus, ob große Datenmengen besonders schnell verschickt werden sollen, viele Teilnehmer in einer

Funkzelle gleichzeitig aktiv sein wollen oder ob es etwa in einer Produktionshalle darum geht, viele unterschiedliche Sensoren mit geringen Datenmengen miteinander zu vernetzen.



Die fünf wesentlichen Verbesserungen durch den 5G-Standard sind:

- Sehr hohe Datenraten
- Sehr kurze Latenzzeiten
- Energieeffiziente Gerätevernetzung
- Unterstützung von extrem vielen Endgeräten
- Sehr hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit

5G Funktechnik: Anwendungs- spezifische Netze

Die Techniker unterscheiden beim 5G-Netz drei unterschiedliche Anwendungsbereiche: das ultraschnelle mobile Breitband (Enhanced Mobile Broadband), die Kommunikation zwischen Maschinen und Anwendungen (Massive Machine Type Communications, M2M;) sowie ein Hoch-Zuverlässigkeitsnetz mit kurzen Antwortzeiten (Ultra-Reliable and Low Latency Communications). Für alle drei Bereiche gibt es unterschiedliche Herausforderungen und technische Rahmenbedingungen. Das Netz der Zukunft muss hochflexibel sein, um möglichst allen Anforderungen gerecht zu werden. Der 5G-Standard verspricht mehr Durchsatz, Kapazität und gleichzeitig sinkende Betriebskosten. Die direkte Anbindung der Mobilfunkstationen an das Glasfasernetz gewinnt bei der 5. Mobilfunkgeneration weiter an Bedeutung. Neben dem Ausbau der mobilen Infrastruktur wird es auch einen weiteren Ausbau der Glasfasernetze geben müssen, damit 5G voll zum Einsatz kommen kann.

5G für ultraschnelles mobiles Breitband

In den letzten Jahren hat die mobile Internetnutzung stark zugenommen, es ist damit zu rechnen, dass die Nutzung auch in Zukunft weiter deutlich steigen wird. Für die zu erwartende hohe Datenmenge

zum Beispiel durch hochauflösende Videos (4K oder 8K-Videos) benötigen die Nutzer sowohl hohe Datenraten als auch eine hohe Kapazität des mobilen Netzes. 5G bietet mit Datenraten im Bereich von bis zu 10 Gigabit pro Sekunde hierfür die geeignete technische Basis. Anwendungen im Gebiet der virtuellen oder erweiterten Realität (Virtual Reality und Augmented Reality) sind mit 5G-Technik ebenso darstellbar. Solche Anwendungen benötigen auf den Punkt genau hohe Datenraten und eine große Kapazität. Ihr Einsatzgebiet geht vom mobilen Reparaturservice lokaler Handwerker bis hin zum medizinischen Operationssaal.

5G für Kommunikation zwischen Maschinen (M2M)

Die Vernetzung von Märkten, Branchen, Industrien und der Gesellschaft wird sich weiter verändern. Steht heute die Vernetzung von Menschen im Vordergrund, wird es in Zukunft um die Vernetzung von Dingen gehen. Begriffe wie Industrie 4.0, Machine-to-Machine-Kommunikation (M2M) oder das Internet der Dinge (Internet of Things – IoT) beschreiben die Vernetzung von Maschinen und Geräten aller Art. Dabei geht es sowohl um Industrie- und Produktionsanwendungen als auch um die Anbindung und Vernetzung vieler Alltagsdinge wie Kühlschränke, Haustechnik oder Alltagsgegenstände wie Sportschuhe. Alle Anwendungen haben hierbei eine Gemeinsamkeit: Sie übertragen in aller Regel nur kleine Datenmengen. Dafür rechnen Experten aller-

dings mit einer rasant steigenden Zahl der vernetzten Geräte. Kleine Datenmengen bei gleichzeitig großer räumlicher Verbreitung benötigen ein großflächiges Netz, das eine hohe Anzahl an kommunizierenden Geräten verarbeiten kann. Die Übertragungsgeschwindigkeit spielt bei diesen Anwendungen nur eine untergeordnete Rolle, wichtiger dabei ist der geringe Energieverbrauch.

Der gesellschaftliche Nutzen liegt damit sowohl in der Beschleunigung von Produktionsprozessen als auch in der Effizienzsteigerung.

5G als Hoch- Zuverlässigkeitsnetz

Für das derzeit viel diskutierte vernetzte Fahren und den autonom fahrenden öffentlichen Personennahverkehr werden wiederum andere Anforderungen an die Netze gestellt: Ultraschnell und hoch zuverlässig müssen die Informationen übermittelt werden. Dabei kommt die kurze Latenzzeit der 5G-Technologie zum Tragen. Bei den 3G-Netzen lag die Antwortzeit bei rund 100 Millisekunden, im 4G-Netz noch bei etwa 30 Millisekunden und in 5G-Netzen soll sie auf bis zu eine Millisekunde reduziert werden. Das bedeutet, dass Daten nahezu in Echtzeit übertragen werden. Bei Anwendungen wie dem autonomen Fahren kommt hinzu, dass höchste Zuverlässigkeit des Übertragungsnetzes erforderlich ist. Auch für spezielle schnell ablaufende Prozesse, wie bildgebende Verfahren in der Medizin oder der Industrie, sind solche Netze notwendig.

Mehr Effizienz im Netz

Small Cells

bieten Mobilfunklösungen für besonders belebte Orte, wie zum Beispiel Bushaltestellen.



Foto: Kathrein

Kanalbündelung – Carrier Aggregation

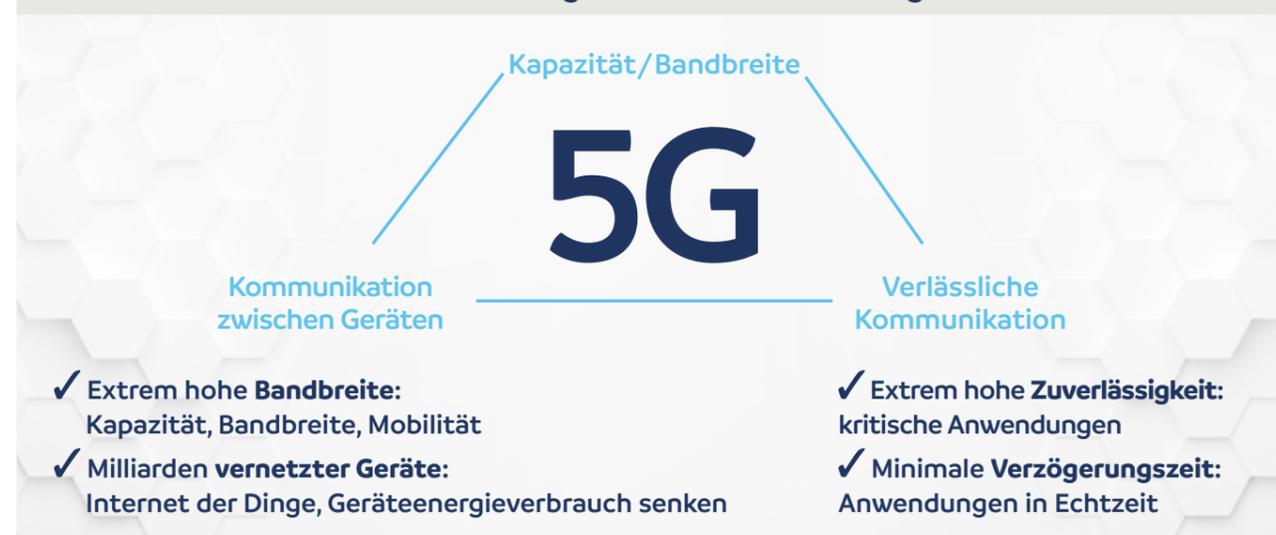
Technisch lässt sich eine sehr hohe Bandbreite durch die sogenannte Kanalbündelung (Carrier Aggregation) erreichen. Die Bündelung der genutzten Funkfrequenzbereiche eines Netzbetreibers (Kanäle in einem Frequenzblock) erlaubt es, die Datenrate pro Nutzer zu erhöhen. Nachteilig ist, dass die hohe Kapazität mit einer geringen Reichweite einhergeht, da auch Frequenzen mit geringerer Reichweite für die Bündelung herangezogen werden. Insgesamt sind diese Konzepte der Kanalbündelung schon bei 4G/LTE in der Anwendung und werden mit 5G weiterentwickelt.

zwischen Sendeanlage und Handy, da der Akku weniger belastet wird.

Eine Small Cell ist eine Mobilfunkzelle mit geringer Sendeleistung und daraus resultierendem kleinen Versorgungsbereich, ähnlich einem WLAN-Hotspot, aber mit Einbindung in das allgemeine Mobilfunknetz. Der Versorgungsradius liegt bei etwa 150 Metern. Small Cells werden in der Regel mit einer niedrigen Sendeleistung (kleiner als 10 Watt EIRP) betrieben und benötigen daher keine Standortbescheinigung. Sie werden aber dennoch der Bundesnetzagentur angezeigt. Die verwendeten Antennen sind deutlich kleiner als herkömmliche Mobilfunkantennen. Sie können an Hauswänden, Litfaßsäulen oder öffentlichen Telefonanlagen montiert werden.

übertragung. So lassen sich die Qualität und die Datenrate deutlich verbessern, obwohl nicht mehr Frequenzen herangezogen werden. Nachdem Frequenzen das wichtigste Gut in der mobilen Datenübertragung sind, ist dies ein enormer Vorteil: Die Kapazität der 5G-Netze kann mit großen Mehrantennen-Systemen deutlich gesteigert werden. Die Netzwerke und die Nutzer profitieren von höheren Datenraten, einer verbesserten Zuverlässigkeit. Die Technologie baut aktuell auf 4G auf und kann in bestehende Netze eingebunden werden. Derzeit werden Mehrfachantennen-Systeme mit bis zu 200 einzelnen Antennen-Elementen entwickelt. Erste Tests mit 32 x 32 sowie 64 x 64 Sende- und Empfangseinheiten laufen bereits.

Neue Anwendungen durch 5G-Technologien



Einsatz von Klein- zellen – Small Cells

Kleinzellen (Small Cells) kommen insbesondere an Orten mit hoher Nutzerdichte schon seit Jahren vermehrt zum Einsatz. Zum Beispiel in Fußgängerzonen oder auf hoch frequentierten Plätzen können Kleinzellen Engpässe im bestehenden Netz beheben. Small Cells ersetzen nicht die klassischen Mobilfunk-Dachstandorte, sondern ergänzen diese und verdichten das Netz an Orten mit besonders hoher Nachfrage. Small Cells sind für sehr hohe kapazitive Anforderungen auf kleiner Fläche geeignet (Innenstädte, Veranstaltungszentren, Festplätze, Stadien, etc.). Die Nutzer von mobilen Endgeräten profitieren von der Leistungsregulierung

Mehrantennen- Systeme – Massive Multiple Input Multiple Output (mMIMO)

Für die weitere Steigerung der Kapazität kommen Mehrantennen-Systeme (Massive Multiple Input Multiple Output/mMiMo) zum Einsatz. Die Mehrantennen-Systeme ermöglichen die Nutzung mehrerer Sende- und Empfangsantennen zur drahtlosen Kommunikation. Diese werden aber meist in einem Antennengehäuse verbaut. Ein spezielles Codierungsverfahren nutzt sowohl die zeitliche als auch die räumliche Dimension zur Informations-

5G Mehrantennen- System (Mimo)



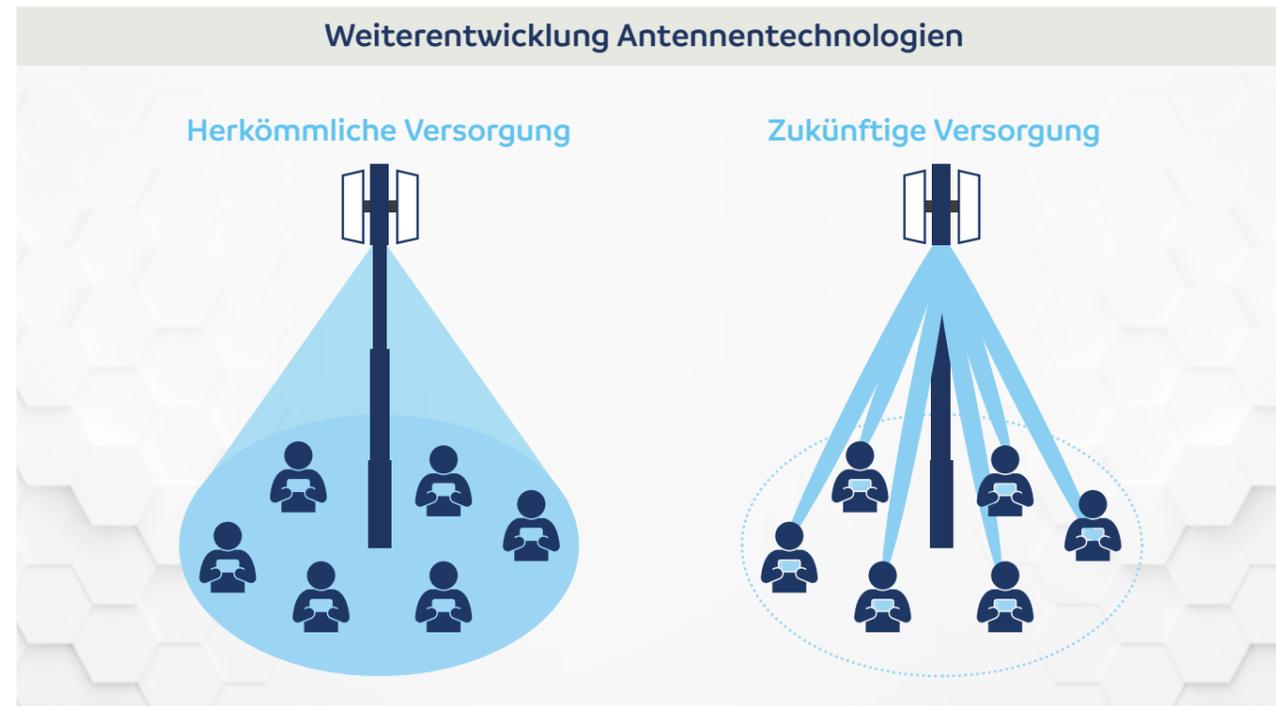
Foto: Telefonica

Variable Ausrichtung auf die Endgeräte – Beamforming

Eine weitere technische Möglichkeit im Rahmen der Mehrfachantennen (MiMo) liegt in der gezielten Versorgung einzelner Teilnehmergeräte durch ein sogenanntes Beamforming. Dabei wird die Antennensenderichtung so verändert, dass ein maximales Signal am gewünschten Ort

(Endgerät) ankommt. Mit der Bündelung der Funkwellen kann, statt der sonst üblichen flächigen Ausbreitung der Funksignale, eine präzise Ausrichtung des Signals in Richtung des Kunden bzw. des Gerätes erreicht werden. Die Hauptsenderichtung wird beim Beamforming räumlich so ausgerichtet, dass einzelne Endgeräte mit dem ihnen zugewiesenen Signal angesprochen werden – sei es direkt bei Sichtverbindung oder indirekt über Reflexionsflächen in der Umgebung. Die Sendeleistung kann dabei entsprechend der Anwendungen angepasst

werden. Das beste Ergebnis wird erreicht, wenn Sichtverbindung besteht. Das Beamforming liefert auch ein klareres Signal, da es sich deutlich gegenüber dem Hintergrundrauschen abhebt. Dadurch können Daten gleichzeitig an mehrere Mobilgeräte im gleichen Frequenzbereich übertragen werden. Zudem findet eine geringere Streuung der Sendeleistung statt, was zur Effizienzerhöhung beiträgt. Stationen mit Beamforming sind bereits in Betrieb.



Virtuell geteiltes Netz – Networklicing und Verlagerung der Intelligenz an die Funkstation

Da unterschiedliche Nutzer und Anwendungen einen individuellen Bedarf an Kapazität, Datenraten und Zuverlässigkeit haben, ist es sinnvoll, künftige Netze flexibel zu gestalten. Durch das sogenannte Networklicing ist die Aufteilung eines Netzes für unterschiedliche Bedürfnisse auf der Ebene des gesamten Netzes möglich. Ein Netzbetreiber kann so bestimmte Qualitätsmerkmale für eine Kundenkategorie bereitstellen. Zum Beispiel mit einer zugesicherten Datenkapazität oder einer bestimmten Reaktionszeit (Latenz).

Ein Netzbetreiber kann also über eine gemeinsame physische Infrastruktur mehrere virtuelle Netze verwalten und betreiben. Bildlich gesprochen „schneidet“ der Netzbetreiber die Scheibe aus dem Netzwerk heraus, die für den jeweiligen Anwendungsfall passt. Häufig verwendet wird in diesem Zusammenhang das Schlagwort „Network-as-a-Service“.

Ein weiterer Bestandteil der 5G-Netzarchitektur ist die Möglichkeit, einen Großteil der für die Übertragung erforderlichen Rechenleistung situativ an die jeweiligen Funkstationen zu verlagern. Mobile Edge Computing (MEC) ist ein standardisiertes Konzept, das flexible Rechenressourcen in unmittelbarer Nähe zu den mobilen Nutzern bereitstellt. Dazu werden die Basisstationen mit IT-Infrastruktur in der Nähe erweitert. Dies ermöglicht eine ge-

ringere Reaktionszeit bei der Kommunikation. Beispielsweise könnten beim vernetzten Fahren Sensoren und Kameras in vorausfahrenden Autos messen, ob die Straße (nicht nur unmittelbar vor dem Fahrzeug des Nutzers) frei ist und die Information über das Mobilfunknetz an das Auto des Nutzers senden. Ein Server berechnet aus den Daten zum Beispiel, ob ein Überholvorgang gefahrlos möglich ist oder nicht. Die Installation der dafür notwendigen Rechenleistung in der Nähe der Mobilfunksender sorgt dafür, dass die Information schnellstmöglich beim vernetzten fahrenden Auto ankommt. Auch die Verbesserung von Produktionsprozessen in Gewerbegebieten kann MEC erforderlich machen. Mobile Edge Computing wird bereits bei einigen produzierenden Betrieben im 4G-Netz getestet, um beispielsweise Roboter zu vernetzen,

Vernetzung von Menschen und Dingen



Netzausbau und Infrastruktur

Das neue 5G-Netz stellt eine technologische Weiterentwicklung der bisherigen LTE Technik (4G) dar. Der 5G-Ausbau wird zunächst vornehmlich bestehende Mobilfunkstandorte nutzen, erfordert jedoch auch neue Standorte. Optisch werden sich die 5G-Standorte nicht von 4G-Standorten unterscheiden. Genaue Aussagen zur Anzahl der benötigten Standorte sind noch nicht möglich.

5G-Standorte werden wie bisher in Form von Mast- und Dachstandorten, aber auch durch den Aufbau von kleinen Funkzellen (Small Cells) realisiert. Diese Small Cells werden an stark frequentierten Orten wie zum Beispiel in Fußgängerzonen, Bahnhöfen oder Sportstadien errichtet. Die Anbindung der Mobilfunkstationen über Glasfaser oder besonders leistungsfähige Richtfunkstrecken an das Netz des Betreibers ist wesentliche Voraussetzung für den 5G-Ausbau.

Vornehmlich kennzeichnen drei Weiterentwicklungen die 5G-Infrastruktur: Die gegebenenfalls zusätzliche Verwendung eines höheren Frequenzspektrums

(3,5 GHz und höher), der Einsatz von sogenannten intelligenten Antennen (Beamforming) und der Aufbau von Kleinzellen (Small Cells).

4G- und 5G-Netze werden gemeinsam, beziehungsweise parallel betrieben, so dass der Ausbau stufenweise erfolgen kann. Diese Fortentwicklung setzt auf bestehende Innovationen, die zum Teil schon bei LTE genutzt worden sind, insofern wird es keinen technologischen Bruch geben.

Der Aus- und Aufbau eines Netzes wird maßgeblich durch die Kundennutzung und den Bedarf bestimmt. Hohe Frequenzen eignen sich eher dazu, große Datenmengen zu transportieren, haben dafür aber eine geringere Reichweite. Niedrigere Frequenzen können zwar weniger Daten transportieren, erreichen aber größere Distanzen.

Bis allerdings 5G in Deutschland vollständig nutzbar ist, müssen zunächst weitere Voraussetzungen geschaffen werden. Hier kommt dem Glasfaserausbau eine besondere Bedeutung zu, denn ohne eine Anbindung der Mobilfunkstationen an das Glasfasernetz können die vielen Vorteile der neuen Technologie nur bedingt genutzt werden.

Insgesamt bedeutet das Ausrollen der 5G-Technologie einen investitionsintensiven Netzausbau. Der Ausbau in Deutschland wird dabei von mehreren Faktoren stark beeinflusst: Der Höhe der zur Verfügung stehenden Investitionsmittel, der Auflagen zur Versorgung in der erteilten Lizenz, der Technologieakzeptanz in der Bevölkerung, der Vermietungsbereitschaft der Standorteigentümer sowie der Dauer der Genehmigungsverfahren für neue Standorte.

Drei Weiterentwicklungen der 5G-Infrastruktur:

1. Nutzung eines erweiterten Frequenzspektrums
2. Einsatz von intelligenten Antennen
3. Aufbau von Kleinzellen (Small Cells)

Neue Netzstrukturen

Die kommunale Abstimmung von Mobilfunkstandorten bleibt erhalten



Netzausbau im Dialog – Auswirkungen auf Kommunen

Zukünftig können Kommunen mit Hilfe von 5G Versorgungs- und Verwaltungsleistungen effektiver und effizienter umsetzen: Ob Parkraumbewirtschaftung, öffentlicher Nahverkehr, gesundheitliche Versorgung – für viele der aktuellen Herausforderungen kann 5G eine Lösung bieten.

Die Einführung von 5G bringt aber nicht nur Neuerungen hinsichtlich der möglichen Anwendungen für die Nutzer, sondern bietet von seiner technischen Architektur wesentliche Innovationen. Für den Ausbau der 5G-Netze wird vornehmlich das vorhandene Netz aus Mobilfunkstandorten genutzt.

Der neue Standard 5G baut auf den schnellen Datenverbindungen von 4G/

LTE auf, wird aber in Hinblick auf die Übertragung großer Datenmengen, Echtzeitübertragung und Vernetzung von vielen Geräten deutlich leistungsfähiger sein. Zum ersten Mal wird mit 5G ein neuer Mobilfunkstandard eingeführt, der technisch direkt mit dem Vorgängerstandard gekoppelt werden kann. Vor diesem Hintergrund kommt dem laufenden LTE-Netzausbau eine besondere Bedeutung für den späteren 5G-Ausbau zu.

Der Schwerpunkt des 5G-Ausbaus wird zunächst dort liegen, wo mehr Kapazität und Bandbreite dringend erforderlich ist, z.B. an stark frequentierten Orten wie in Innenstädten, Sportstadien oder Flughäfen. Dort werden auch zusätzliche Standorte erforderlich sein. Neben der Versorgung über Makrozellen werden bei 5G durch sogenannte Small Cells (Kleinzellen) insbesondere in Ballungsräumen vor allem Kapazitätsengpässe beseitigt und einzelne kleinere Versorgungslücken geschlossen. Dies wird dazu führen, dass die notwendigen Mobilfunkstandorte näher an die Nutzer gebracht werden

müssen. Die Small Cells benötigen wie die Makrozellen ebenfalls eine leistungsfähige Anbindung an Glasfasernetze. Mit dem Aufbau von 5G-Netzen werden gleichzeitig neue Anforderungen an den Ausbau der Glasfasernetze gestellt, diese bilden einen entscheidenden Baustein für die schnellen 5G-Übertragungen.

Die für den 5G-Ausbau notwendige Standortverdichtung stellt die Mobilfunkbetreiber sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht vor neue Herausforderungen. Das Finden von geeigneten Mobilfunkstandorten, die technisch und wirtschaftlich sinnvoll sind und gleichzeitig effizient zu der Erfüllung der Versorgungsaufgaben beitragen, ist ein nicht zu unterschätzender Faktor. Es gelten weiter die in der Bundesimmissionsschutzverordnung beschriebenen Standards zur kommunalen Abstimmung von Mobilfunkstandorten (§7a, 26. BImSchV) sowie die freiwillige Selbstverpflichtung der Netzbetreiber und die Vereinbarung mit den kommunalen Spitzenverbänden.

Frequenzen

Viele technische Aspekte von 5G sind mit denen bisheriger Mobilfunkstandards vergleichbar.



Eine vereinfachte Kategorisierung lässt sich wie folgt vornehmen:

Die Immissionen der 5G-Sendestationen sind dort, wo sich Menschen dauerhaft aufhalten, vergleichbar mit denjenigen der bisher bekannten Mobilfunksender. Eine vereinfachte Abschätzung ist unter www.informationszentrum-mobilfunk.de mit einem Online-Simulationstool möglich.

In einem weiteren Ausbausritt für 5G ist auch der Einsatz höherer Frequenzbänder im Millimeterwellenbereich möglich, zum Beispiel im 26 GHz-, 40 GHz-Band oder bei bis zu 86 GHz.

Für die aktuelle 4G-Mobilfunktechnik werden vor allem Frequenzbereiche bei 800, 1800, 2100 und 2600 MHz genutzt. Die Mobilfunkunternehmen haben bei zwei Auktionen in den letzten Jahren mehrere Spektralbereiche zum Betrieb von LTE ersteigert.

Freie Frequenzen sind enorm knappe Güter und werden bisher von der Bundesnetzagentur meistbietend versteigert. 5G benötigt weitere Frequenzen, insbesondere für die anvisierten Spitzengeschwindigkeiten von 10–20 GBit/s. Nicht jeder Frequenzabschnitt eignet sich für jedes Szenario. Da die Frequenzen knapp sind, bietet sich die Möglichkeit an, nicht mehr benötigte Bänder aus den 2G- oder 3G-Netzen für den 5G-Betrieb freizugeben und umzudisponieren. Dies obliegt jedoch unternehmensspezifischen Entscheidungen des jeweiligen Betreibers.

Niedrige 5G-Bänder

Niedrige Frequenzen (das sind langwellige Signale) haben gute Ausbreitungseigenschaften und eignen sich insbesondere für die Flächenversorgung. Für den 5G-Ausbau im ländlichen Raum ist beispielsweise der noch ungenutzte Bereich bei 700 MHz ideal, erste Ausbaumaßnahmen laufen hier bereits. Im Zuge des LTE-Ausbaus kam vornehmlich der Frequenzbereich bei 800 MHz zum Einsatz.

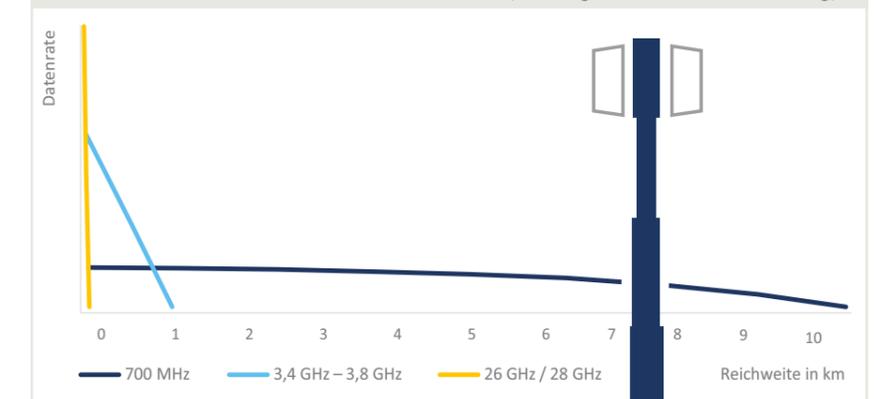
Hohe 5G-Bänder

Mit höherer Frequenz sinkt hingegen die Reichweite. Dafür bieten diese Funkbereiche mehr Bandbreite und damit steigt auch die erzielbare Datenübertragungsraten. Für 5G ist insbesondere das Spektrum von 3,4 bis 3,8 Gigahertz vorgesehen.

Sehr hohe Bänder

Um weitere Frequenzressourcen zu erschließen, ist die Nutzung noch höherer Frequenzbereiche möglich, z.B. die extrem kurzwelligen Funkwellen im Bereich von 6 bis 26/28 GHz. Diese Wellen werden auch Millimeterwellen genannt. Die Ausbreitung ist auf wenige hundert Meter begrenzt.

5G – Datenrate versus Reichweite (bei vergleichbarer Sendeleistung)



5G: Grenzwerte und Gesundheit



Bundesamt für Strahlenschutz:

Bei Einhaltung der Grenzwerte sind keine gesundheitsrelevanten Wirkungen auf den Menschen zu erwarten.

Laut Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) sind die vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse zu den Wirkungen elektromagnetischer Felder auf den Menschen auch für den 5G-Standard grundsätzlich anwendbar.

Es sind laut BfS zwei Aspekte zu berücksichtigen: zum einen die technischen Voraussetzungen – wie zum Beispiel Mobilfunksendeanlagen und Endgeräte – zum anderen die steigenden Datenübertragungsmengen. Viele technische Aspekte von 5G seien mit denen bisheriger Mobilfunkstandards vergleichbar. Erkenntnisse aus Studien, in denen mögliche Gesundheitswirkungen elektromagnetischer Felder des Mobilfunks untersucht wurden, können daher zu einem großen Teil auf den 5G-Standard übertragen werden. Dies betrifft die niedrigen und hohen 5G-Bänder.

Nach Aussage des BfS aus dem Jahr 2018 sind bei durch den Betrieb der 5G-Mobilfunktechnik bei der Einhaltung der Grenzwerte keine gesundheitsrelevanten Wirkungen auf den Menschen zu erwarten. Für die Versorgung kleinerer Areale können unter 5G optional auch sehr hohe Frequenzen mit gleichzeitig sehr geringer Reichweite eingesetzt werden. In Bezug auf diese Nutzung zusätzlicher sehr hoher Frequenzbänder im Zentimeter- und Millimeterwellenlängenbereich liegen allerdings erst wenige Untersuchungsergebnisse vor.

Hier sieht das BfS noch Forschungsbedarf. In verschiedenen Studien will das BfS die elektromagnetischen Felder der 5G-Netze sowie deren Auswirkungen auf die Exposition der Bevölkerung untersuchen. Im Forschungsplan des Bundesumweltminis-

teriums sind mehrere Studien in Bearbeitung oder Planung, die spezielle Fragen zu 5G im Fokus haben.

Das Bundesamt für Strahlenschutz rät grundsätzlich zu einem umsichtigen Umgang mit dem Handy. Es empfiehlt auf den SAR-Wert des Gerätes zu achten sowie auf einen ausreichenden Abstand des Smartphones zum Körper, etwa durch die Nutzung von Headsets oder Freisprecheinrichtungen.

Von den technischen Aspekten zu unterscheiden sei der zu erwartende Anstieg der Datenübertragung, der auch zu einem deutlichen Ausbau der Sendeanlagen führen wird. Wie sich der insgesamt weiter zunehmende Datenverkehr auf die Exposition auswirke, müsse weiterhin untersucht werden, so das BfS.

Welche Grenzwerte gibt es für 5G-Standorte und wie wird die Einhaltung kontrolliert?

Für den Betrieb der Standorte des zukünftigen 5G-Netzes gelten dieselben Anforderungen wie für die bestehenden Mobilfunknetze, insbesondere die Grenzwerte der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. Verordnung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes). Die Verordnung setzt die Empfehlungen der internationalen Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung (ICNIRP) sowie der Weltgesundheitsorganisation (WHO) um.

Die Einhaltung der Grenzwerte für Mobilfunkanlagen wird von der Bundesnetzagentur überwacht, die für jede Mobilfunkanlage eine Standortbescheinigung erteilen muss, bevor die Station am Standort den Betrieb aufnehmen darf. Dadurch ist

die Einhaltung der Grenzwerte in allen Betriebsfällen sicher gegeben. Während des Betriebs erfolgen unregelmäßige und unangemeldete Kontrollen der Bundesnetzagentur.

Ist 5G gefährlich für die Gesundheit?

Nach Aussagen des Bundesumweltministeriums und des Bundesamtes für Strahlenschutz ist bei der Einhaltung der gesetzlich festgelegten Grenzwerte davon auszugehen, dass sich durch den Betrieb der Mobilfunkanlagen keine nachteiligen gesundheitlichen Wirkungen auf den Menschen ergeben. Die Aussage stützen die zuständigen staatlichen Behörden nicht nur auf die Ergebnisse des von unabhängigen wissenschaftlichen Instituten durchgeführten Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms (DMF), die weitgehend auf 5G übertragbar sind. Vielmehr handelt es sich auch um die Bewertung internationaler Expertengremien wie die internationale

Strahlenschutzkommission (ICNIRP), die hierfür alle verfügbaren, wissenschaftlichen Publikationen herangezogen haben. Die Ergebnisse aktueller wissenschaftlicher Forschung zeigen, dass es keine offensichtliche, gesundheitsschädigende Wirkungen gibt, wenn die Exposition unter den Werten bleibt, die von derzeitigen Normen festgelegt sind, so die Einschätzung der ICNIRP aus dem Jahr 2015. Zum gleichen Schluss kam auch die deutsche Strahlenschutzkommission in ihrer Stellungnahme „Biologische Auswirkungen des Mobilfunks“ vom 29./30. September 2011.

Darüber hinaus sieht das Bundesamt für Strahlenschutz weiteren Forschungsbedarf bei der Nutzung von Frequenzen größer als 20 GHz, die im Deutschen Mobilfunkforschungsprogramm noch nicht untersucht wurden. Zusätzlich sollen elektromagnetische Felder der neu eingeführten technischen Innovationen und der neu aufgebauten Netze sowie die Auswirkungen auf die Exposition der Bevölkerung insgesamt untersucht werden.

Kann Mobilfunk möglicherweise Krebs auslösen?

Die Internationale Krebsforschungsagentur (IARC) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) hatte 2011 den aktuellen Stand des Wissens über hochfrequente elektromagnetische Felder und Krebserkrankungen bewertet und diese Felder in die Bewertungsstufe 2B als „möglicherweise krebserregend“ in der IARC-Skala eingestuft, da sich ein Risiko wissenschaftlich nicht restlos ausschließen lässt. Die Bewertung der IARC bezieht sich auf die Nutzung von Mobilfunktelefonen und nicht auf die Wirkung elektromagnetischer Felder von Mobilfunk-Basisstationen.

Diese Einstufung bedeutet nach Aussage des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS), dass es begrenzte Hinweise, aber keinen Nachweis für eine krebserregende Wirkung der Felder auf den Menschen gibt. Diese Hinweise konnten in den vom BfS im Rahmen des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms initiierten Studien nicht bestätigt werden. Das BfS stellt fest, dass nach dem wissenschaftlichen Kenntnisstand keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch hochfrequente Felder – etwa aus dem Mobilfunk – zu erwarten sind, wenn die Grenzwerte eingehalten werden.



Nutzen und Anwendungen

Leistungsfähige Mobilfunknetze mit LTE (4G) und der neuen Mobilfunkgeneration 5G sind Schlüsseltechnologie für die Digitalisierung und unverzichtbar für die Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Deutschland.

Sie ermöglichen die zuverlässige und leistungsfähige Vernetzung von Geräten und damit die Entwicklung zahlreicher neuer Anwendungen: so arbeitet z.B. die Automobilbranche am „vernetzten Fahren“ und die Industrie setzt auf Maschinen, die mittels Datenströmen untereinander besser kommunizieren und Arbeitsabläufe verbessern. In der Medizin, der Logistik, der Agrartechnik und vielen weiteren Branchen eröffnet 5G neue Perspektiven. Für die Kommunen ist eine gute Infrastruktur ein Wettbewerbsvorteil, der neue kommunale Dienstleistungen ermöglicht, wie beispielsweise Mobilitätsmanagement oder die Verbesserung des Gesundheitswesens.

Bei der Versorgung von innenstädtischen Bereichen müssen die Mobilfunknetze eine hohe Zahl von gleichzeitigen Anforderungen stemmen. Bei Großveranstaltungen gelangen selbst moderne

4G-Mobilfunknetze noch an ihre Grenzen, etwa in Zusammenhang mit Musik- oder Sportevents, Weihnachtsmärkten oder zu Silvester, wenn zehntausende Kunden auf engstem Raum gleichzeitig bedient werden müssen. Wenn zudem ultrahochauflösende Bilder und Videos einen Großteil der Datenmenge ausmachen, muss die Kapazität weiter angepasst werden. Mit 5G können die Netzbetreiber solche Situationen besser bewältigen. Die 5G-Technik ermöglicht mit neuen Verfahren hohe Datenübertragungsraten beziehungsweise eine hohe Datenkapazität. Die Abdeckung in schwierigen Situationen, wie in Häuserschluchten oder innerhalb von Bauwerken wird so einfacher. Mit einem Kleinzellen-Netz (Small Cells) kann an Orten mit vielen Nutzern das Netz verdichtet und so mehr Kapazität zur Verfügung gestellt werden, wobei auch Small Cells wiederum an eine gute Glasfaserinfrastruktur angebunden werden müssen.

Bereits heute sind mit LTE (4G) Datenraten von 500 MBit/s bis hin zu einem Gigabit/s möglich. Entscheidend für die Leistungsfähigkeit des Mobilfunknetzes ist nicht unbedingt eine besonders hohe Datenrate, sondern die optimale Anpassung an die Anforderungen einer bestimmten Anwendung. Egal ob nun in der Stadt, im Zug oder auf dem Land. Mit der 5G-Technologie lassen sich deutlich höhere Spitzendatenraten als mit 4G erreichen, wichtiger und entscheidender sind aber höhere Durchschnittsdatenraten, so dass eine konstante Performance für die Nutzer möglich wird. Die Spitzendatenrate der 5G-Funkübertragung wird ein einzelner Nutzer dagegen kaum benötigen, für interaktive Anwendungen und die Gesamtkapazität der Mobilfunkzellen ist sie aber von Bedeutung. 5G kann mit der hohen Leistungsfähigkeit und hohen Durchschnittsdatenraten die letzte Meile zum Nutzer als virtuelle Glasfaser überbrücken.

Besonders im Fokus der Netzbetreiber:

- Versorgung von innerstädtischen Bereichen
- Lösungen für Industrie und Unternehmen
- Überbrückung der letzten Meile



Industrie

Im Industriebereich steht die Vernetzung von Maschinen und Geräten im Vordergrund. Insbesondere sind hier ultrakurze Latenzzeiten zu nennen, also Reaktionszeiten im Bereich von 1 Millisekunde. In der industriellen Fertigung wird der durchgängige Datenaustausch zwischen Maschinen, Anlagen, Mensch und Robotern zunehmend an Bedeutung gewinnen. Industrieroboter können auf Basis von 5G-Technik in Echtzeit gesteuert werden. Besonders die wirtschaftliche Vernetzung einer Vielzahl von Sensoren ist für IoT wichtig. Mit 5G kann die Anzahl verbundener Geräte auf mehrere hunderttausend pro Basisstation gesteigert werden. Da diese Sensoren oftmals an schwer zugänglichen Stellen verbaut oder in andere Objekte eingebettet sind, ist hier der sparsame Umgang mit Energie sehr wichtig.

Mobilität

Eine weitere Anwendung für 5G wird das vernetzte Fahren sein. Mit dem automatisierten und vernetzten Fahren soll die Sicherheit im Straßenverkehr erhöht und der Verkehrsfluss verbessert werden, so dass Ressourcen geschont und schädliche Emissionen verringert werden. Entsprechend ausgerüstete Fahrzeuge müssen sich zwar auch ohne Netzverbindung sicher bewegen können, aber durch die Kommunikation der Fahrzeuge untereinander (Car-to-Car-Kommunikation) sowie der Einbindung von Verkehrsdaten

und Fahrzeugsensoren entstehen weitere Vorteile wie assistiertes Überholen oder die Bildung von Rettungsgassen. Wichtigste Voraussetzung für diese Anwendungen sind hohe Verfügbarkeit und geringe Latenzen. 5G sorgt zudem für eine höhere Vernetzung der verschiedenen Verkehrsträger untereinander. Der Logistikbereich profitiert ebenfalls auf vielfältige Art und Weise: Vernetzte und hochautomatisierte Fahrzeuge wird es auch im Transportwesen geben. Beim Warentransport kommen außerdem vernetzte Sensoren zum Einsatz, die die Position, Temperatur, Erschütterungen und ähnliches an Logistikzentralen oder Speditionsdisponenten übertragen.

Gesundheit

Im Gesundheitswesen stehen vor allem telemedizinische Anwendungen im Fokus der Planungen rund um 5G. Von der Facharztversorgung bis hin zur Tele-Intensivmedizin gehen die Konzepte, die vor allem darauf zielen, die ärztliche Versorgung in strukturschwachen Gebieten zu verbessern. Auch die Vernetzung der Rettungswagen zur Übertragung von Vitaldaten an das Krankenhaus, Fernbehandlung und Telemonitoring von Langzeitpatienten, videobasierte Arztgesprächen und telemedizinische Beratungen zwischen Ärzten in kleineren Akutkrankenhäusern und Spezialisten in anderen Kliniken können mit 5G-Technik realisiert werden.

Landwirtschaft

Landwirtschaftliche Prozesse sind bereits heute zum Teil intelligent vernetzt. So können Dienste wie die Wartungsintervalle von Maschinen, optimale Düngung und Erntestrategien und eine weitgehende Automatisierung der Prozesskette erreicht werden. Mit 5G kann das „Smart Farming“ umgesetzt werden: Bodenbeschaffenheit, Düngeszyklen, aktuelle und präzise Wetterdaten, diese und weitere Informationen laufen im Display von selbstfahrenden Traktoren zusammen und unterstützen den Landwirt bei der effizienten Bewirtschaftung von Flächen.

Energieversorgung

Intelligente Versorgungsnetze können mit 5G-Technik so ausgebaut und gesteuert werden, dass die Aufnahmekapazität der Netze optimiert wird. Über sogenannte virtuelle Kraftwerke werden Erzeuger, Netzbetreiber, Speicher und Verbraucher zusammengeschaltet. 5G ermöglicht darüber hinaus die einfachere Implementierung intelligenter Gebäudetechnik wie Smart-Metering, Heizanlagensteuerung oder auch die Überwachung von Versorgungsinfrastrukturen wie Wasser-, Abwasser- oder Belüftungssystemen.

Mehr Informationen:

Bundesregierung	https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/publikationen/5g-fuenfte-mobilfunkgeneration-strategie-fuer-deutschland-729492
Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur	https://www.bmvi.de/DE/Home/home.html
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit	https://www.bmu.de/
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	https://www.bmwi.de/Navigation/DE/Home/home.html
Bundesnetzagentur (BNetzA)	https://www.bundesnetzagentur.de/cln_1911/DE/Home/home_node.html
Bundesamt für Strahlenschutz (BfS)	http://www.bfs.de/DE/home/home_node.html
Strahlenschutzkommission (SSK)	https://www.ssk.de/DE/Home/home_node.html
Umweltbundesamt	https://www.umweltbundesamt.de/
Europäische Kommission	https://ec.europa.eu/health/home_en
SCENHIR, Wissenschaftlicher Ausschuss der EU	https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging_en
International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)	https://www.icnirp.org/
Weltgesundheitsorganisation (WHO)	https://www.who.int/peh-emf/en/
Deutsches Mobilfunkforschungsprogramm (DMF)	http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung
Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit RWTH Aachen	https://www.ukaachen.de/kliniken-institute/institut-fuer-arbeits-sozial-und-umweltmedizin/femu.html
EMF-Portal	https://www.emf-portal.org/de
Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC)	https://www.iarc.fr/
Glossar	http://www.informationszentrum-mobilfunk.de/mediathek/glossar

Impressum

INFORMATIONSZENTRUM-
MOBILFUNK.DE

Vertreten durch:

Lichtblick Kommunikation

E-Mail: info@informationszentrum-mobilfunk.de

Web: www.informationszentrum-mobilfunk.de

Herausgeber

sowie inhaltlich Verantwortlicher
gemäß § 55 RStV Anbieterkennzeichnung
gem. §§ 5 und 6 Telemediengesetz:

Lichtblick Kommunikation

Dr. Margarete Steinhart

c/o komFour

Herzog-Carl-Straße 4

73760 Ostfildern

Layout & Gestaltung:

komFOUR GmbH & Co. KG

Bildmaterial:

Informationszentrum Mobilfunk,

Adobe Stock

