

# 5G – Evolution oder Revolution?

**5G**, das Kürzel hinter dem sich die kommende fünfte und damit neueste Mobilfunkgeneration verbirgt, ist aktuell nicht zuletzt wegen der Versteigerung der ersten Frequenzen durch die Bundesnetzagentur ein Thema, über das in den Medien ausführlich berichtet wird. Verglichen mit der Einführung früherer Mobilfunkgenerationen ist der Hype jedoch diesmal besonders groß. Zum ersten Mal liegt das Hauptinteresse an den Potenzialen der neuen Technologie nicht mehr nur beim privaten Nutzer. Ausgelöst durch die rasante technologische Entwicklung der letzten Jahrzehnte bewegen sich der globale gesellschaftliche sowie der strukturelle Wandel immer stärker in Richtung einer umfassenden Digitalisierung und Vernetzung.

Im Rahmen von Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge (IoT, engl. Internet of Things) werden immer mehr Daten aus unterschiedlichen Systemen gesammelt, verarbeitet und gespeichert. Solche Datenmengen mobil, sicher, schnell und zuverlässig übertragen zu können ist daher eine essenzielle Voraussetzung für die Umsetzung von Industrie 4.0, weshalb das Interesse der Industrie an dieser Thematik auch besonders groß ist.

Aber was genau ist 5G eigentlich? Welche Vorteile und Möglichkeiten eröffnen sich durch die Nutzung? Wie unterscheidet es sich von den vorangegangenen Generationen?

Während mit der ersten **Mobilfunkgeneration (1G)** der 60er Jahre nur analoge Sprachanrufe getätigt werden konnten, wurde mit der **zweiten Generation (2G)** in den 90er Jahren der Übergang zur digitalen Sprachübertragung vollzogen. 2G mit den dafür entwickelten Standards (GSM, GPRS, EDGE) ermöglichte auch erste Datenübertragungen. Mit der Einführung der **dritten Mobilfunkgeneration (3G)** und dem dafür entwickelten, UMTS (Universal Mobile Telecommunications Standard) genannten Standard, war durch deutlich höhere erreichbare Datenraten erstmals eine breitflächige mobile Nutzung des Internets möglich. Die **vierte Generation der Mobilfunknetze (4G)** mit den zugehörigen Standards LTE (Long Term Evolution) und LTE-Advanced liefert neben geringeren Latenzen<sup>1</sup> von 10 ms in der Spitze auch Spitzendatenraten von 1 Gbit/s. Wozu benötigt man nun also **5G**, die fünfte, nach ihrem Standard auch als New Radio (NR) bezeichnete, Mobilfunkgeneration?

Die Datenraten bei 5G können im Vergleich zu LTE-Advanced bis zu zwanzigfach höher sein<sup>[1]</sup>. Andere Eigenschaften von 5G sind jedoch für mögliche Anwendungen noch entscheidender. So können mit 5G ultrakurze Latenzzeiten erreicht, eine ungefähr tausendmal größere Anzahl an Endgeräten eingebunden und mobile Endgeräte versorgt werden, die sich deutlich schneller bewegen.

1 G	2 G	3 G	4 G	5 G
<b>Erste Generation</b>	<b>Zweite Generation</b>	<b>Dritte Generation</b>	<b>Vierte Generation</b>	<b>Fünfte Generation</b>
 Anrufe	 Anrufe  SMS  Email	 Internet-Zugang  Video-anrufe  Apps	 Gaming Dienste  Cloud Computing	 Industrie 4.0 und IoT  Autonomes Fahren  Mobiles Virtual- und Augmented Reality
Wie <b>schnell</b> sind die Mobilfunkstandards?				
AMTS Tacs	GSM: 9,6 kbit/s GPRS: 115 kbit/s EDGE: 236 kbit/s	UMTS: 384 kbit/s HSPA: 14,4 Mbit/s HSPA+: 42,2 Mbit/s	LTE: 100 Mbit/s LTE-Adv: 1 Gbit/s	5G: Bis zu 20 Gbit/s
1958	1998	2001	2010	2020
Wie <b>lange</b> würde es dauern, einen HD Film herunterzuladen?				
-	270 Tage Etwa ein dreiviertel Jahr	26 h Ein Flug von New York nach Sydney	6 min Einen Kilometer Laufen	3,6 s Fragen, ob der Download schon fertig ist

Abbildung 1: Mobilfunkgenerationen

<sup>1</sup> Latenz ist das Zeitintervall zwischen einem Ereignis und dem Eintreten der sichtbaren Reaktion darauf. Bezogen auf Mobilfunk ist damit meist die Reaktionszeit des Netzwerks gemeint.

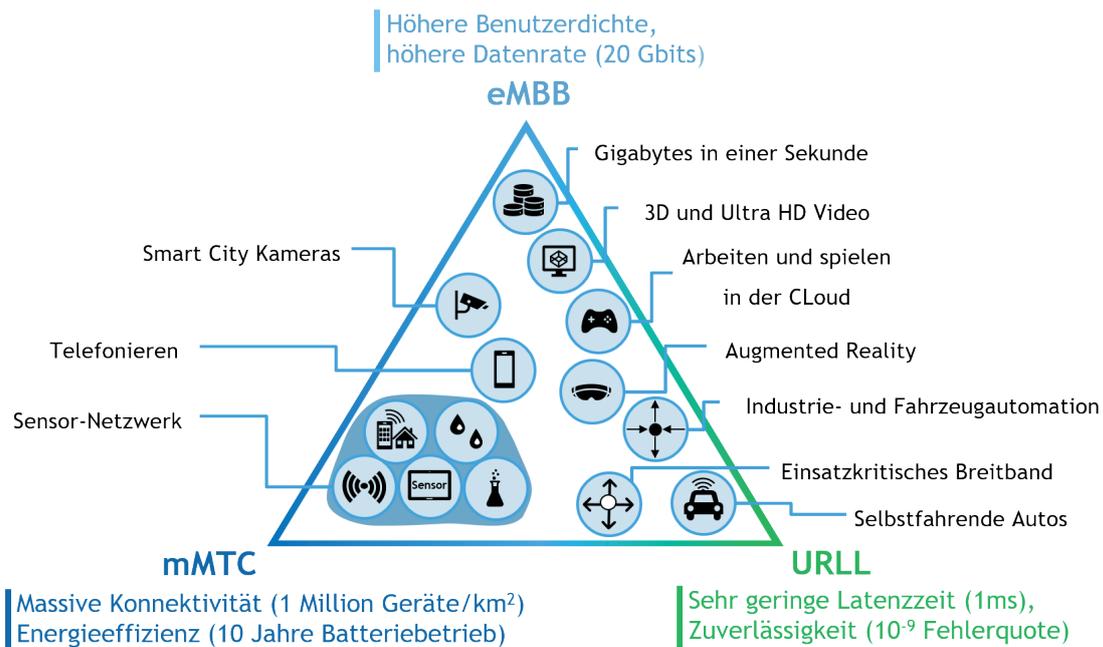


Abbildung 2: 5G Anwendungsszenarien nach ITU-R IMT 2020

Damit eröffnen sich eine Reihe neuer Anwendungsszenarien, die sich mit LTE nicht abdecken lassen. Diese neuen Anwendungsszenarien lassen sich grob in drei Kategorien einteilen, siehe auch Abb. 2:

1. **Enhanced Mobile Broadband (eMBB)** nennt man Anwendungen mit besonders hohen Datenraten bzw. Bandbreiten<sup>2</sup> oder Übertragungen von Daten aus sich sehr schnell bewegenden Fahrzeugen (z. B. 3D- oder 4K-Videos, rechenintensive Cloud-Applikationen oder die Datenübertragung von und zu Zügen oder Flugzeugen).
2. **Massive Machine Type Communication (mMTC)** umfasst Anwendungsfälle mit einer großen Anzahl übertragender Geräte pro Fläche und stellt damit hohe Anforderungen an die Kapazität einer Funkzelle (z.B. in Anwendungen im Lager- und Logistikbereich, Smart City oder im Gesundheitssektor).
3. **Ultra Reliable Low Latency Communication (URLLC)** umfasst Anwendungsfälle mit höchsten Anforderungen an Verbindungsqualität, Verfügbarkeit und Störanfälligkeit [z. B. Übertragung von Steuersignalen an autonome Fahrzeuge, Augmented- und Virtual-Reality- (AR/VR) Anwendungen].

Jede Kategorie stellt sehr unterschiedliche Ansprüche an das versorgende Funknetz. Will man Anwendungsszenarien aus mehr als einer Kategorie gleichzeitig abdecken, müsste man für jedes Szenario ein separates, entsprechend konfiguriertes physisches Funknetz aufbauen. Dies wäre jedoch mit hohen Kosten verbunden.

## Network Slicing

Als Lösung bietet sich mit 5G das sogenannte „**Network Slicing**“ an. Technisch gesehen wird damit ein einziges physikalisches Funknetzwerk virtuell in autonome, voneinander getrennte Netze mit dedizierten Ressourcen, die sogenannten „**Slices**“, unterteilt. Jedem dieser Slices lassen sich spezifische Eigenschaften zuweisen, die den jeweils adressierten Anwendungsanforderungen gerecht werden. Auch lässt sich so die Anzahl von möglichen Anwendungsfeldern jederzeit durch Hinzufügen weiterer Slices mit anderen Eigenschaften erweitern. Auf diese Weise ist eine Vielzahl von Anwendungen möglich. Kosten, Effizienz, Komplexität und Flexibilität sind frei adressierbar<sup>[2]</sup>. Bereits mit 4G ist dies in reduziertem Leistungsumfang möglich<sup>[3]</sup>.

## Edge Computing

Um die Potenziale der möglichen niedrigen Latenzen von 5G voll auszuschöpfen, muss die Datenverarbeitung näher an den Datenursprung rücken („**Mobile Edge Computing**“<sup>3</sup> oder nur „**Edge Computing**“). Hierbei verlagert man Teile der Datenverarbeitung auf Server, die sich näher am Anwender befinden. Durch die Kombination mit einer Übertragungstechnologie wie 5G lassen sich so sehr niedrige Latenzen erreichen, wie sie für Echtzeitanwendungen wie Augmented-Reality notwendig sind. Da es sich aus Kostengründen nicht lohnt, den Leistungsum-

<sup>2</sup> Bandbreite bezeichnet in der Signaltechnik die Differenz zwischen der höchsten und der niedrigsten Frequenz in einem Übertragungskanal. Sie bedingt die Datenrate, weshalb der Begriff oft als Synonym dafür verwendet wird.

<sup>3</sup> Auch Fog Computing genannt. Das „Edge“ bezieht sich hier nicht auf den 2G Übertragungsstandard EDGE sondern bezeichnet die Nähe zum Funknetzwerk (edge, engl. für Kante, Rand).

fang einer Edge Cloud dem einer „großen“ Cloudlösung (wie beispielsweise Amazon AWS, Azure) anzupassen, ist es sinnvoll, die Daten je nach den Ansprüchen der Anwendungsfälle an die Datenverarbeitung entweder direkt auf dem Gerät, auf einer lokalen Edge-Cloud oder einer weiter entfernten „großen“ Cloud zu verarbeiten.

## Frequenzen

Bei 5G im Speziellen und bei jeglicher Art von Funk (Radio, WLAN, Mobilfunk etc.) im Allgemeinen handelt es sich physikalisch gesehen um elektromagnetische Wellen (wie bspw. Licht und Infrarotstrahlung), die sich unter anderem durch ihre Wellenlänge bzw. die zugehörige Frequenz unterscheiden. Mobilfunk wie 4G belegt beispielsweise Frequenzen zwischen ca. 700 MHz und 2,6 GHz. Dieser Bereich überschneidet sich teilweise mit den für WLAN genutzten Frequenzen um 2,4 GHz und 5 GHz. Für 5G sollen zunächst einmal auch die bisher genutzten Frequenzbereiche verwendet werden, deren Ressourcen sich 5G jedoch dann mit den bisherigen Mobilfunkgenerationen teilen muss. Frequenzbereiche zwischen 3,4 GHz und 3,7 GHz sind bisher noch nicht belegt. Sie sollen zukünftig die angekündigten Datenraten im zweistelligen Gigabitbereich ermöglichen und werden die ersten reinen 5G-Frequenzen sein <sup>[4]</sup>. Perspektivisch ist die Versteigerung weiterer Frequenzbereiche für 5G zunächst bei 6 GHz vorgesehen. Zudem gibt es bereits Pläne, auch weit höhere Frequenzbereiche jenseits von 24 GHz zu erschließen. Allerdings sinkt mit steigender Frequenz die Reichweite der Funksignale.

## Small Cells

Um dieses Problem zu lösen, werden die Mobilfunknetzwerke der Zukunft verstärkt durch viele kleine Sendestationen mit niedriger Sendeleistung, den sogenannten „Small Cells“, aufgespannt. Sie versorgen jeweils nur eine kleine Fläche. Durch den geringen Abstand zwischen den einzel-

nen Sendestationen kann ein Gerät (z.B. Smartphone oder IoT-Gerät) immer eine Verbindung mit guter Signalstärke aufbauen <sup>[5]</sup>. Small Cells ermöglichen daher trotz geringer Signalreichweite die flächendeckende Bereitstellung der für 5G versprochenen sehr hohen Datenraten. Die Kapazität einer Funkzelle, also die Anzahl der Endgeräte, die sie gleichzeitig nutzen können, ist allerdings trotz der bei den größeren 5G-Frequenzen höheren Bandbreite weiterhin begrenzt. Wie lässt sich eine Erhöhung der Kapazität erreichen?

## Massive MIMO und Beamforming

Eine Antwort darauf ist das sogenannte MIMO, was für Multiple-Input Multiple-Output (engl. für Mehrfach-Eingabe Mehrfach-Ausgabe) steht. Dabei wird die Kapazität eines Funknetzwerks durch die Erhöhung der pro Sendestation verfügbaren Antennenanzahl vergrößert. Auf diese Weise können mehr Signale simultan übertragen und so über dasselbe Frequenzband mehr Endgeräte gleichzeitig mit hohen Datenraten versorgt werden <sup>[6]</sup>. Bei 5G wird dieses Konzept auf Massive MIMO erweitert. Hierbei sollen Antennenfelder mit hunderten Antennen zum Einsatz kommen. Gemäß ersten Feldversuchen lässt sich die zur Verfügung stehende Datenrate im Vergleich zu LTE um das Zehnfache steigern <sup>[7]</sup>. Die großen Vorteile von Massive MIMO kommen erst durch eine weitere Neuerung zum Tragen, das sogenannte „Beamforming“ (engl. für Strahlformung), Hierbei werden die Signale durch geschickte Anordnung der Antennen und Überlagerung ihrer Einzelsignale direkt auf ein bestimmtes Endgerät fokussiert.

## Full Duplex

Trotz vieler Fortschritte konnte eine Herausforderung bisher nicht gelöst werden: Aktuelle Basisstationen und Endgeräte basieren auf Sender-Empfänger-Technologien, die nicht gleichzeitig auf derselben Frequenz senden und empfangen können und sich daher beim Senden und



Empfangen abwechseln müssen. Man kann sich das wie eine normale Unterhaltung zwischen zwei Personen vorstellen, bei der zunächst eine der beiden redet, während die andere zuhört und anschließend umgekehrt. Dieses Prinzip nennt man "Half Duplex". Mit 5G-Technologie werden die Sender-Empfänger-Einheiten in der Lage sein, simultan und auf derselben Frequenz, Daten zu senden und zu empfangen. Dieses Verfahren wird als "Full Duplex" bezeichnet. Zwei Personen können also gleichzeitig reden, sich aber trotzdem verstehen. Somit können in derselben Zeit doppelt so viele Daten übertragen werden.

## Industrie-Use Cases und wirtschaftlicher Nutzen

Durch die mit 5G ermöglichte Flexibilität können Montagelinien auch während der Produktion an die sich kurzfristig ändernden Bedarfe angepasst und umgestellt werden, ohne dass dabei zeit- und kostenintensive Arbeiten zur Installation neuer Netzwerktechnologien durchgeführt werden müssen.

Ein weiteres Anwendungsfeld ist die transparente Abbildung von Materialflüssen in der Logistik, in der Transportfahrzeuge (Stapler, AGVs, LKW, etc.) ihre Positions-, Zustands- und Umgebungsdaten an eine zentrale Datenverarbeitung senden und Ladungsträger, wie etwa Produkte selbst, vernetzt sind. Die informatorische Transparenz ermöglicht es, Auftragsstände in Echtzeit zurückzumelden und diese sogar steuerbar zu machen. Andere Beispiele schließen drahtlos vernetzte Werkzeuge an Arbeits- und Montagestationen ein, die sich automatisch richtig einstellen und den Ablauf dokumentieren. Weitergehende Qualitätsprüfungen können damit entfallen.

Die besonderen Eigenschaften von 5G kommen gerade auch beim Einsatz von autonomen Transportfahrzeugen (AGV, engl. Automated Guided Vehicle) und Robotern zum Einsatz. Das zuvor erwähnte Network Slicing erlaubt es, die sicherheitskritischen Informationsströme (wie Steuerungssignale) von den unkritischeren Sensordaten zu trennen. Mittels hochauflösender VR-/AR-Daten können sich Experten von verschiedenen Orten aus gleichzeitig in unterschiedliche Arbeitsumgebungen begeben und dort beispielsweise bei Wartung oder Instandhaltung unterstützen. Die mobile Konnektivität steigert somit die Effizienz von Spezialisten. Sie können ohne aufwändigen Reiseaufwand zeitnah mehrere Standorte betreuen.

## Kontroverse

Trotz der meist positiven Erwartungshaltung gegenüber der neuen Mobilfunkgeneration gibt es auch kontrovers diskutierte Aspekte der 5G-Technologie. Ein Kritikpunkt sind mögliche Auswirkungen von 5G auf die Gesundheit. Allerdings liegen die momentan versteigerten Frequenzen in einem Frequenzbereich, der schon seit Jahren breitflächig für Mobilfunk und WLAN genutzt wird. Die WHO und das

Bundesamt für Strahlenschutz kommen nach zahlreichen (eigenen und fremden) Untersuchungen zu dem Schluss, dass kein Zusammenhang zwischen den Feldern von Mobilfunkbasisstationen und Befindlichkeitsstörungen wie Kopfschmerzen nachgewiesen werden konnte. Auch bei drei großen, weltweit hervorgehobenen Studien mit insgesamt mehr als 1,5 Millionen Menschen konnte keine Korrelation mit Krebserkrankungen gefunden werden – auch nicht nach einer Nutzungsdauer über mehr als zehn Jahre ( [8], [9], [10]). Zudem gibt es auch für die neuen 5G-Frequenzen Grenzwerte. Obwohl diese Grenzwerte teilweise auf Extrapolationen beruhen, sind sie laut Professor Achim Enders, dem Leiter des Instituts für Elektromagnetische Verträglichkeit der TU Braunschweig „wissenschaftlich aber sehr gut begründet, einen auch nur annähernd seriösen wissenschaftlichen Hinweis auf weitergehende Effekte, unabhängig ob schädlich oder harmlos, gibt es nicht.“ [11].

## Fazit

Zusammenfassend ist 5G besonders im Hinblick auf den weiteren Verlauf der Digitalisierung und den Ausbau von Industrie 4.0 ein spannendes und vielseitiges Thema. Es lohnt sich allemal, einen tieferen Einblick in die Welt der Technik zu wagen. Nicht nur die Steigerung von Netzwerkeleistungen wie Datenrate und Latenz, mit der sich 5G nahtlos in die Evolutionslinie der Mobilfunkgenerationen einreicht, sondern auch die neuen 5G-Technologien und die Fülle der daraus resultierenden, bahnbrechenden Möglichkeiten machen das Thema 5G gerade für die Industrie so interessant.

Abschließend lässt sich daher auch die schon im Titel gestellte Frage, ob 5G eine Evolution oder eine Revolution sei, klar beantworten: Es ist beides!

Christine Leidinger  
Projektmanagerin

Christian Maasem  
Centerleiter

Center Connected Industry | centerconnectedindustry.net

### Quellen

- [1] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, „5G-Strategie für Deutschland,“ BMWI Hausdruckerei, 2017.
- [2] 5G-Anbieter.info, „5G: Network Slicing & Virtualisierung,“ [Online]. Available: <https://www.5g-anbieter.info/technik/slicing-virtualisierung.html>.
- [3] A. Sawall, „Ericsson und Swisscom demonstrieren Network Slicing,“ 2018. [Online]. Available: <https://www.golem.de/news/fuer-4g-und-5g-ericsson-und-swisscom-demonstrieren-network-slicing-1802-132902.html>.
- [4] Deutsche Telekom, „5G Frequenzauktion der Bundesnetzagentur – 5 Fragen und Antworten zur Versteigerung,“ [Online]. Available: <https://www.telekom.com/de/konzern/details/5-fragen-und-antworten-zur-5g-frequenzauktion-550968>.
- [5] Infineon, „5G – Das Highspeed-Mobilfunknetz der Zukunft,“ [Online]. Available: <https://www.infineon.com/cms/de/discoveries/mobile-communication-5g/>.
- [6] T-Systems, „Antennenschwärme,“ [Online]. Available: <https://www.t-systems.com/de/blickwinkel/netze/multiple-input-multiple-output/massive-mimo-800124>.
- [7] University of Bristol, „Bristol and BT collaborate on massive MIMO trials for 5G wireless,“ [Online]. Available: [http://www.bris.ac.uk/news/2017/february/massive-mimo-trials.html#\\_ga=2.90641754.1776340411.1519642087-1544193016.1519642087](http://www.bris.ac.uk/news/2017/february/massive-mimo-trials.html#_ga=2.90641754.1776340411.1519642087-1544193016.1519642087).
- [8] The INTERPHONE Study Group, „Brain tumor risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study,“ International Journal of Epidemiology, Bd. 3, Nr. 39, pp. 675-694, Juni 2010.
- [9] P. Frei, A. H. Poulsen, C. Johansen, J. H. Olsen, M. Steding-Jessen und J. Schüz, „Use of mobile phones and risk of brain tumors: update of Danish cohort study,“ BMJ, Nr. 343, p. d6387, 2011.
- [10] V. S. Benson, K. Pirie, J. Schüz, G. K. Reeves, V. Beral und J. Green, „Mobile phone use and risk of brain neoplasms and other cancer: prospective study,“ International Journal of Epidemiology, Bd. 3, Nr. 42, pp. 792-802, 2013.
- [11] NRZ, „Eine Gefahr für die Gesundheit? Alles zum neuen 5G-Netz,“ [Online]. Available: <https://www.nrz.de/wirtschaft/was-das-neue-5g-netz-handynutzern-und-der-wirtschaft-bringt-id216696899.html>.