

5G – Zukunft des Mobilfunks

Ivo Haueter | Abteilung für Umwelt | 062 835 33 60

Die über die Mobilfunknetze übermittelten Datenmengen haben sich in der Vergangenheit etwa jährlich verdoppelt. Dieser Anstieg spiegelt unser Nutzungsverhalten wider und wird durch neue technologische Entwicklungen wie das «Internet der Dinge» oder den autonomen Verkehr weiter befeuert. Die Einführung des neuen Mobilfunkstandards 5G soll die Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft vorantreiben. Diese Entwicklung wird vom Bundesrat gestützt.

Der Technologiestandard 5G repräsentiert die fünfte, neueste Mobilfunkgeneration. Im Vergleich zu bestehenden Technologien ist 5G beispielsweise in der Lage, grössere Datenmengen in kürzerer Zeit zu übertragen und praktisch in Echtzeit zu reagieren. 5G ermöglicht zudem die flexible Vernetzung verschiedenster Endgeräte.

Anwendungsgebiete und Funktionsweise von 5G

Die hohen Datenraten von 5G, die neu für Up- und Downloads zur Verfügung stehen werden, ergeben bessere Voraussetzungen für sogenannte Cloud-Anwendungen wie die Bereitstellung

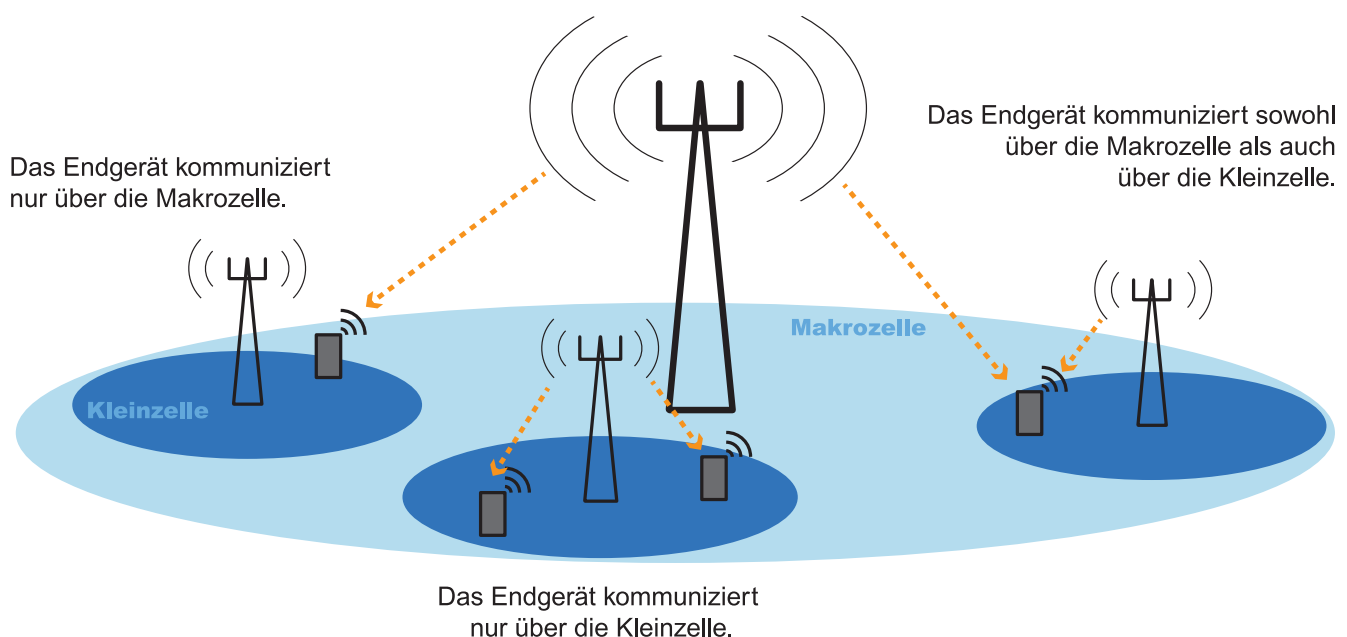
von Speicherplatz, Rechenleistung oder Anwendungssoftware über das Internet. Auch ermöglichen sie neue Anwendungen wie die «Augmented Reality», bei der zum Beispiel im visuellen Bereich reale Bilder in Echtzeit mit zusätzlichen Informationen angereichert werden.

5G zeichnet sich durch deutlich schnellere Antwortzeiten als die bisherigen Mobilfunktechnologien aus – wenige Millisekunden sind nötig. Dadurch wird die wichtigste Rahmenbedingung für Anwendungen im Bereich des autonomen Verkehrs geschaffen: die Kommunikation zwischen Fahrzeugen und weiteren Verkehrsteilnehmern in Echtzeit.

Neu können auch Anwendungen des Internets der Dinge (IoT, Internet of Things) in das 5G-Mobilfunknetz integriert werden. Dabei versenden oder empfangen verschiedenste Endgeräte kurze Mitteilungen wie Vitaldaten zur medizinischen Überwachung, die geographische Position eines Mietvelos oder den Füllstand eines Glascontainers, der dann nur noch bei Bedarf geleert werden muss.

Für die Implementierung der verschiedenen Anwendungen in das 5G-Mobilfunknetz muss die Architektur der Funkzelle angepasst werden.

Endgeräte, die sich grossräumig bewegen, werden wie bisher zunächst von einer Makrozelle (mit einer Reichweite von bis zu mehreren Kilometern) erfasst und bedient. Je nach Datenbedarf des Endgerätes wird ihm das Mobilfunknetz zusätzlich zur Makrozelle auch eine Kleinzelle (mit einer Reichweite von wenigen Metern bis zu einigen hundert Metern) zuschalten, womit das Endgerät gleichzeitig über die Makro- und über die Kleinzelle kommuniziert.



Anpassung der Funkzelle für die Nutzung von 5G

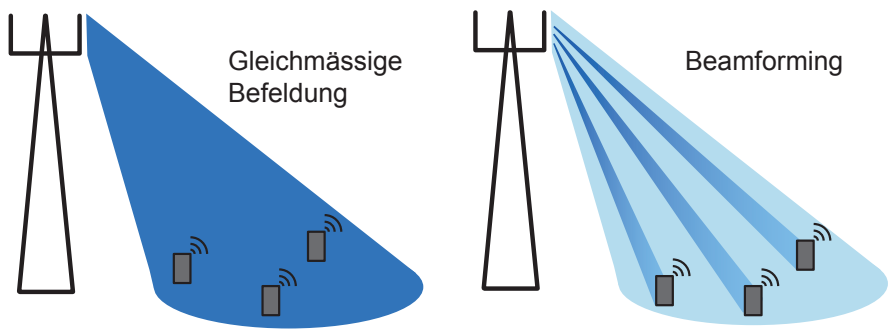
Quelle: Cercl'Air

Ebenfalls wird es möglich sein, dass das Endgerät temporär ausschliesslich über die nahegelegene Kleinzelle kommuniziert.

Um die Kommunikation über die Kleinzellen zu ermöglichen, müssen diese mit Frequenzen betrieben werden, die sich deutlich von denen der Makrozelle unterscheiden, um Störungen zu vermeiden. Aufgrund der kurzen zu überbrückenden Distanzen können diese auch in höheren Frequenzbereichen liegen. Hohe Frequenzen können leicht gedämpft oder abgeschirmt werden. Sie eignen sich daher weniger für Verbindungen über lange Strecken, können aber auf kurzen, hindernisfreien Strecken ideal eingesetzt werden.

Weitere neue technische Eigenschaften der 5G-Mobilfunktechnologie sind:

- «Network Slicing»: Beim Network Slicing können in einem Mobilfunknetz feste Bandbreiten oder sogar separate Frequenz-Unterbereiche einzelnen Kundengruppen – beispielsweise Blaublichtorganisationen – zugewiesen werden. Damit wird das physische Mobilfunknetz in mehrere scheinbare Teil-Mobilfunknetze aufgeteilt, die jeweils die Verfügbarkeit von Bandbreite für die entsprechende Kundengruppe sichern.
- «Tx/Rx on/off»: Zur Einsparung von Energie können Funkbänder temporär vollständig abgeschaltet werden, solange kein Datenbedarf vorhanden ist.
- «Beamforming»: Mittels neuer Antennentypen und -technologien kann noch ausgeprägter mit dem sogenannten Beamforming gearbeitet



Gleichmässige Befeldung einer Funkzelle (links) im Vergleich zum Beamforming (rechts), bei dem der Antennenstrahl auf aktuell kommunizierende Mobilfunkteilnehmende konzentriert wird, während die Befeldung der übrigen Funkzelle minimal ist.

Quelle: Cercl'Air

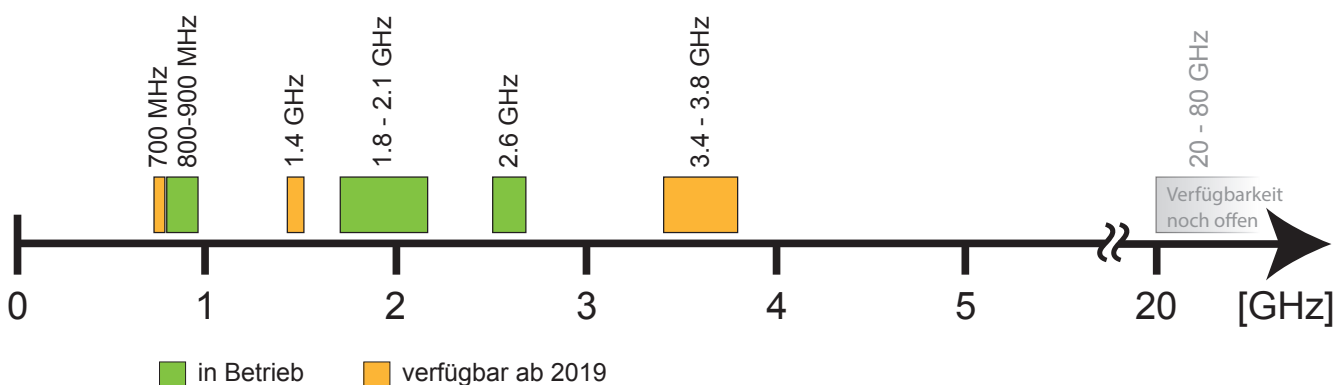
werden: Im Gegensatz zur gleichmässigen Befeldung einer Funkzelle wird beim Beamforming das Mobilgerät zunächst durch einen sehr schwachen Kontrollstrahl der Antenne lokalisiert. Sodann wird der Antennenstrahl gebündelt und dem Endgerät nachgeführt. So werden die Empfangsbedingungen für aktuell kommunizierende Mobilfunkteilnehmende lokal verbessert. Gleichzeitig sinkt die Befeldung der weiteren Umgebung der Funkzelle auf ein Minimum.

Rahmenbedingungen für die Einführung von 5G

Um die steigenden Datenmengen weiterhin bewältigen zu können, die über die Mobilfunknetze übertragen werden, ist zum einen die Bereitstellung neuer Frequenzen notwendig, über welche die Datenübertragung abgewickelt werden kann. Die Kommunikationskommission des Bundes wird

Ende 2018 neue Frequenzen im Bereich 700, 1400 und 3400 bis 3800 Megahertz vergeben, die ab 2019 landesweit nutzbar sein werden. Die Einführung von 5G ist besonders eng mit der Vergabe der Frequenzen um 3500 Megahertz verknüpft, da in diesem Bereich die für 5G notwendigen grossen Bandbreiten zur Verfügung gestellt werden können. Die Nutzung von höheren Frequenzen im Bereich von 20 bis 80 Gigahertz für die 5G-Technologie ist unter bestimmten Bedingungen technisch möglich; eine entsprechende konkrete Frequenzvergabe wird in der Schweiz voraussichtlich in den nächsten Jahren zum Thema werden.

Zum anderen ist ein weiterer Ausbau der Mobilfunknetze erforderlich. Der Ausbau der Netze kann sowohl über Kapazitätssteigerung bestehender als auch durch den Bau zusätzlicher neuer Anlagen erreicht werden. Auf bestehenden Anlagen können die neuen



Aktuelle und zukünftige Nutzung verschiedener Frequenzbereiche. Ein Zeitpunkt für eine Frequenzvergabe für Frequenzen oberhalb von 20 Gigahertz (GHz) steht derzeit noch nicht fest.

Quelle: Cercl'Air

Frequenzen genutzt werden, sofern der geltende Anlagegrenzwert danach auch noch eingehalten wird. Hierfür werden meist bestehende Antennen durch neue ersetzt oder zusätzliche Antennen montiert. Für Standorte, an denen der Anlagegrenzwert mit dem Betrieb neuer Frequenzen nicht mehr eingehalten werden könnte (was besonders in städtischen Gebieten und Agglomerationen der Fall sein wird), sind zusätzliche Anlagen an neuen Standorten erforderlich. Zur Netzverdichtung ist insbesondere auch die Ergänzung der Netze mit Kleinzellen notwendig. Dies, da die für die Kapazitätssteigerung notwendigen und mittelfristig zur Verfügung stehenden hohen Frequenzbereiche (grösser als 20 Gigahertz) nur zur Datenübertragung über kurze Distanzen einsetzbar sind.

Die Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV, SR 814.710) deckt grundsätzlich alle Mobilfunkfrequenzen des elektromagnetischen Spektrums bis 300 Gigahertz ab. Der Umgang mit den für 2019 neu zur Nutzung vorgesehenen Frequenzbändern 700, 1400 und 3400 bis 3800 Megahertz wurde in der Cercl'Air-Empfehlung Nr. 33 präzisiert. Die umweltrechtliche Beurteilung von Anlagen, die diese neuen Frequenzbereiche nutzen, ist also – im Hinblick auf die Einhaltung der NISV – bereits jetzt möglich.

Auswirkung der Einführung von 5G auf die Expositionssituation NIS

In einem verdichteten Netz kann die Versorgung kleiner Gebiete mit niedrigeren Strahlungsleistungen der Anlagen sichergestellt werden. Zudem wird sowohl mit dem temporären Abschalten von Bändern als auch mit dem Beamforming Energie (also Strahlungsleistung) eingespart und es werden Störsignale im restlichen Gebiet der Funkzelle reduziert. Insgesamt kann damit eine Reduktion der flächigen Exposition der Bevölkerung mit nichtionisierender Strahlung (NIS) erreicht werden. Gleichzeitig steigen in einem kleinzelligen Funknetz die Übertragungskapazität und die Verbindungsqualität zwischen Antenne und Mobilgerät, sodass Letzteres weniger

strahlt. Der Nutzer oder die Nutzerin profitiert von einer niedrigeren Strahlungsbelastung durch das eigene Mobilgerät, das in der Regel die Hauptquelle von nichtionisierender Strahlung in Bezug auf die persönliche Strahlenexposition ist. Unklar ist jedoch, wie sich das Verhältnis zwischen der Summe der beschriebenen Strahlungsreduktionen auf der einen Seite und der gesamten Kapazitätssteigerung der Netze sowie der erwarteten Mehrnutzung des Mobilfunksystems auf der anderen Seite in der Zukunft entwickelt.

Entwicklung von Baueingaben durch die Einführung von 5G

■ **Anpassung bestehender Anlagen:** Derzeit bestehen in der Schweiz rund 18'000 Standorte von Mobilfunkanlagen und im Kanton Aargau deren 900. Die flächendeckende Einführung von 5G bedingt in den nächsten Jahren Änderungen an praktisch jeder bestehenden Anlage. Diese Änderungen können bewilligungspflichtige Umbauten oder nicht bewilligungspflichtige Bagateländerungen (beispielsweise Antennen-tausch) oder Leistungsverschiebungen (Umverteilungen von Sendeleistungen zwischen bisher genutzten und neuen Frequenzbändern, «NIS-Shifts») sein. Bereits jetzt werden teilweise bei Baugesuchen neue Frequenzen im Bereich von 3,5 Gigahertz für die 5G-Nutzung deklariert, die in Betrieb genommen werden können, sobald die entsprechenden Frequenzen Ende 2018 vergeben sind und die entsprechende Antennentechnik verfügbar ist.

■ **Neubau von Anlagen:** Neben den Anpassungen bestehender Anlagen wird in den nächsten Jahren eine grosse Anzahl neuer, bewilligungspflichtiger Mobilfunkanlagen-Standorte in der Schweiz benötigt, um das 5G-Netz flächendeckend einführen zu können. Neue Anlagen sind vorerst besonders in den Bereichen notwendig, in denen die Leistungsreserven aufgrund der geltenden Grenzwerte bereits heute ausgeschöpft sind. Dies ist vor allem in städtischen Gebieten und Agglomerationen der Fall.

■ **Zeithorizont:** Wie aus den verschiedenen in der Öffentlichkeit geführten Diskussionen deutlich wurde, plant besonders Swisscom eine rasche Einführung von 5G. Es ist daher bereits für 2018 mit einem deutlichen Anstieg von Baueingaben für Neu- und Umbauten bei den Behörden zu rechnen. Auch die Anbieter Sunrise und Salt planen die Einführung von 5G. Die Zeitspanne bis zur Existenz von drei unabhängigen, flächendeckenden und leistungsfähigen 5G-Netzen wird sich dabei über mehrere Jahre ausdehnen. Die Behörden müssen innerhalb dieser Zeitspanne mit einer im Vergleich zu heute deutlich höheren Anzahl an Baueingaben rechnen.

Ausblick

Die Einführung von 5G bringt nicht nur tiefgreifende Neuerungen in Bezug auf Anwendungsmöglichkeiten, sondern wird auch zusätzliche Ressourcen bei den Bewilligungs- und Kontrollbehörden erfordern. Unter Beibehaltung der bestehenden Grenzwerte kann durch die neuen technischen Möglichkeiten und die Netzverdichtung eine Reduktion der persönlichen NIS-Exposition erreicht werden. Es ist unklar, ob die Kapazitätssteigerung und die erwartete Mehrnutzung des Mobilfunksystems diesen Vorteil zukünftig zunichtemachen oder ihn gar überkompensieren werden.

Dieser Artikel ist ein Auszug aus dem Informationsblatt 5G des Cercl'Air (Schweizerische Gesellschaft der Lufthygiene-Fachleute) der Arbeitsgruppe NIS, www.cerclair.ch.

