

# VON GENERATION ZU INNOVATION? Mobile Kommunikation der Zukunft



EIN PERSÖNLICHER BLICK VON

DI Dr. Klaus Bernhard & Mag.<sup>a</sup> Dr.<sup>in</sup> Reingard Peyrl, MSc

Die Zukunft der mobilen Kommunikation ist eine aufregende Reise in die Ära von 6G und Laserlink-Satelliten, die blitzschnelle Datenübertragung und nahezu Null-Latenz verspricht. Diese technologische Revolution wird unser Leben mit bahnbrechenden Anwendungen wie KI, autonomem Fahren und virtuellen Welten tiefgreifend verändern. Wir stehen am Beginn einer Ära, in der mobile Technologie nicht nur verbindet, sondern Realitäten neugestaltet.

Mobilfunk ist historisch gesehen eine eher „junge“ Technologie, die sich in einer rasanten Entwicklung befindet. Seit der ersten Funkübertragung durch Guglielmo Marconi im Jahr 1897 in England dauerte es noch bis in die 1980er Jahre bis die erste Generation (1G) der Mobilfunknetze eingeführt wurde.

## Mobilfunk – Datenübertragung mit Radiowellen

Diese analogen Systeme ermöglichten erstmals mobile Sprachkommunikation für die breite Öffentlichkeit und wurden seitdem rasch weiterentwickelt. Im Schnitt alle zehn Jahre entstand eine weitere **Generation** an

**Funknetzen** (2G bis 4G), wobei derzeit der Ausbau des 5G-Netzes in Österreich vorangetrieben wird, mit dem Ziel einer flächendeckenden Verfügbarkeit bis 2025. Die Technologie vom 5G-Netz funktioniert wie seine Vorgänger LTE (4G) und UMTS (3G). 5G nutzt denselben Frequenzbereich von 2 GHz, aber mit dem Unterschied, dass es zusätzlich den neuen Frequenzbereich 3,4 bis 3,7 GHz verwendet.

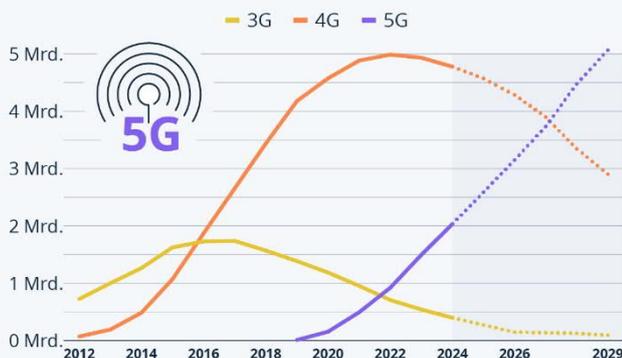


4G + 5G-Sendemast  
Quelle: Land OÖ / K. Bernhard

Somit kann das **5G-Netz** um einen Faktor von ungefähr 10 mehr Daten im Vergleich zum bisherigen 4G-Standard übermitteln. Theoretisch wird eine Peak data rate von 10 Gbit/s ermöglicht, in der Praxis eher bei 0,1 Gbit/s. Diese dennoch wesentlich höheren Geschwindigkeit ermöglicht nicht nur mehr Daten innerhalb einer bestimmten Zeit zu übertragen, sondern auch **neue Anwendungsformen** wie z.B. Augmented und Virtual Reality, Streamen von 4K- und 8K-Videos bis hin zu Smart Home Anwendungen und Vernetzungen in einer Industrie 4.0. Innerhalb weniger Jahre wurden diese vielfältigen neuen Anwendungen in unserem alltäglichen Leben selbstverständlich.

## 5G-Lebenszyklus noch in der Anfangsphase

Geschätzte/prognostizierte Anzahl weltweiter 3G-, 4G- und 5G-Mobilfunkverträge



Quelle: Ericsson Mobility Report



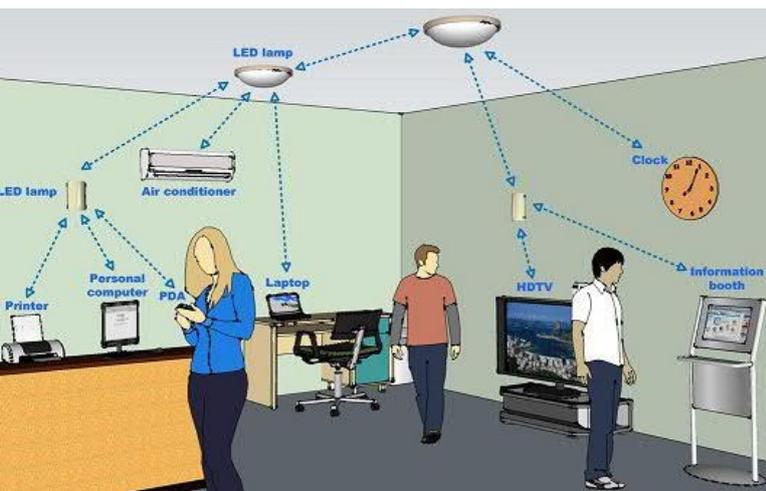
statista

Anzahl weltweiter 3G-, 4G- und 5G-Mobilfunkverträge  
Quelle: <https://de.statista.com/infografik/31835/>

Den nächsten Quantensprung im Mobilfunk wird die Generation **6G** ermöglichen, an der bereits intensiv geforscht wird, und mit deren Einführung in etwa zehn Jahren gerechnet wird. 6G zielt darauf ab, höhere Frequenzbänder als 5G zu nutzen, insbesondere im Terahertz-Bereich (0,1 bis 10 THz). Diese höheren Frequenzen ermöglichen im Vergleich zu 4G und 5G **extrem hohe Datenübertragungsraten**, die in der Größenordnung von bis zu 1 Terabit pro Sekunde, also etwa um einen Faktor von 10 bis 100 schneller liegen können.

## Optische Kommunikation – Datenübertragung per Licht

Die Visible Light Communication (VLC)<sup>1</sup>, auch als **Lifi („light fidelity“)** bekannt, wurde erstmals 2003 vorgestellt. Ähnlich einer Fernbedienung, die Infrarotwellen zur Datenübertragung nutzt, ist es durch LED-Technologie möglich auch größere Datenmengen durch den Raum zu schicken. Einerseits können Lichtsignale mit unterschiedlichen Wellenlängen gleichzeitig verschickt werden ohne sich zu überlagern, andererseits ist ein extrem rasches, für das menschliche Auge nicht wahrnehmbares, Ein- und Ausschalten von LEDs möglich. ForscherInnen gelang es mit Hilfe winziger Modulatoren



Schematische Darstellung von Lifi in einem Büroraum  
Quelle: Бумбаяр – commons.wikimedia.org, CC-BY-SA-4.0

Dateninformationen aus dem Stromnetz bei Bedarf zu verstärken und sie an Lichtquellen zu übertragen. Die Vorteile umfassen **hohe Übertragungsgeschwindigkeiten und geringe Fehleranfälligkeit**. Lifi ist auch aus Datenschutzsicht überlegen, da die Signale nicht manipulierbar sind und nicht durch Wände gehen, was das Abfangen der Daten weitgehend unmöglich macht.

Die Reichweite ist jedoch begrenzt, da jedes Empfangsgerät in Sichtweite einer Lichtquelle sein muss. Mit Geschwindigkeiten bis zu 224 GB/s übertrifft Lifi heutige Wireless-Funkstandards um ein Vielfaches (Wifi 7 → 46 GB/s max. möglich). Das trifft ebenfalls für das 5G-Mobilfunknetz zu.

<sup>1</sup> Siehe auch: [https://www.ooe-zukunftsakademie.at/Mediendateien/Photonik\\_Zukunftsthema\\_2018.pdf](https://www.ooe-zukunftsakademie.at/Mediendateien/Photonik_Zukunftsthema_2018.pdf)

---

**Ein Laserlink ist eine drahtlose Kommunikationsform, bei der Laserstrahlen zur Übertragung von Daten verwendet werden.**

---

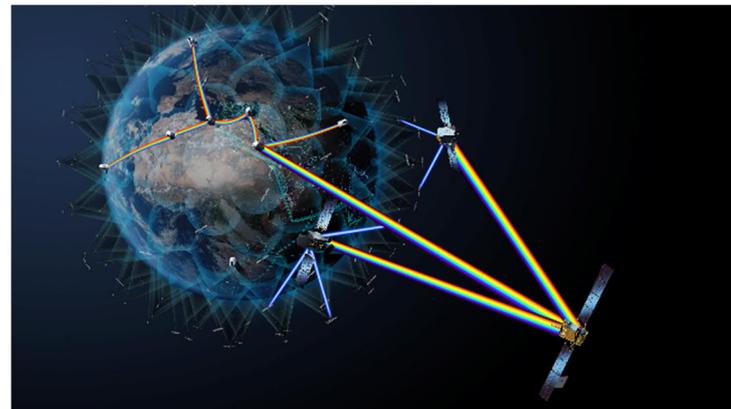
Eine besonders leistungsstarke Form der optischen Kommunikation wird mit Laserlicht verfolgt. So sollen z.B. Elon Musks Starlink-Satelliten auch ohne spezielle Bodenstationen mit Hilfe von **Laserlinks** nicht nur Internetnutzung, sondern auch Telefonie über eine direkte Verbindung zu Smartphones ermöglichen. Mittlerweile umkreisen über 5.500 dieser Minisatelliten die Erde (Stand Anf. 2024), bis zu 40.000 sollen geplant sein. Vorteile von Laserlicht insbesondere im nahezu absoluten Vakuum des Weltraums sind die **extreme Geschwin-**



Reihe von Starlink-Satelliten am Nachthimmel  
Quelle: R. Dobesberger, Sternfreunde Steyr, Star Park Hohe Dirn

**digkeit** gepaart mit enormen Reichweiten, Nachteile ergeben sich in den **teilweise längeren Lichtlaufzeiten** durch den „Umweg“ ins Weltall. Zudem sind wie bei herkömmlichem Richtfunk mittels Radiowellen die Abhörsicherheit und der Datenschutz vergleichsweise hoch. Konkurrenzfähig zum irdischen Mobilfunknetz wird das Weltraumnetz vorerst mit Übertragungsraten von 2 bis 4 MB/s nicht sein, sondern wird als Ergänzung für besonders entlegene Erdregionen angesehen.

Auch von der europäischen Weltraumbehörde ESA werden Pläne in diese Richtung verfolgt. Eine Vision genannt **„HydRON“** soll ebenfalls einer künftigen sicheren und hochleistungsfähigen **Laserkommunikation** dienen.



Vision eines ESA-Netzwerks von künftig optisch kommunizierenden Satelliten (HydRON), Quelle: ESA

## Negative Auswirkungen minimieren

Wie jede Großtechnologie zeigt auch die fortschreitende Entwicklung des Mobilfunks ungünstige Nebenwirkungen, von denen eine Auswahl vorgestellt werden soll. Obwohl gerade gestartete und als Reihe im Himmel sichtbare Starlink-Satelliten eindrucksvoll aussehen, erhellen Satellitenkonstellationen den Nachthimmel und beeinträchtigen sowohl den Himmelsanblick als auch wissenschaftliche Forschungen. Diese Form von **Lichtverschmutzung** kann etwa durch entsprechende Beschichtungen oder Ausrichtung der Satelliten vermindert werden.

Die **Auswirkungen von Funkwellen auf Organismen** und insbesondere auf die menschliche Gesundheit sind ein aktueller Forschungsgegenstand. Neben den schon lange bekannten thermischen (also durch die Erhitzung des Gewebes) verursachten Wirkungen werden auch sogenannte nichtthermische Effekte diskutiert. Bisher konnten aber keine negativen Folgen unterhalb der bestehenden Grenzwerte nachgewiesen werden. Auch ist davon auszugehen, dass die Sendeleistungen aufgrund besserer Antennen und Empfänger sinken werden. Diese Fortschritte könnten allerdings durch eine künftig zu erwartende größere Anzahl an Geräten teilweise wieder wettgemacht werden (Rebound-Effekt).

Insgesamt gibt es trotz jahrzehntelanger Auseinandersetzung um diese Fragestellung und einiger Beobachtungen von Wirkungen im Bereich niedriger Feldstärken keine Einigkeit über deren gesundheitliche Bedeutung, sodass als pragmatischer Weg der der Vorsorge und umsichtigen Vermeidung gewählt wird.<sup>2</sup> Aus Gründen des Vorsorgeprinzips sollten Innovationen stets nicht nur in Hinblick besserer Eigenschaften und höherer Datenübertragungsraten, sondern auch in Richtung Verminderung der Belastung mit Strahlungen erfolgen.

## Zukünftige Chancen durch 6G & Co

Im Vergleich zu den derzeitigen technischen Möglichkeiten des Mobilfunks wird 6G und unter Umständen auch die optische Kommunikation in wenigen Jahren die derzeitigen Datenübertragungsraten vervielfachen. Dies ermöglicht Anwendungen, die extrem hohe Bandbreiten erfordern, wie beispielsweise **erweiterte Virtual-Reality-Umgebungen**.

6G zielt darauf ab, die Latenz (=zeitliche Verzögerung des Signals) weiter zu reduzieren, wobei als physikalisch untere Grenze die Lichtlaufzeit verbleibt. Diese ultra-niedrige Latenz ist entscheidend für Anwendungen

wie **autonome Fahrzeuge, ferngesteuerte Chirurgie** und andere Echtzeitanwendungen.

Weiters wird 6G voraussichtlich eine höhere Netzwerkdichte unterstützen, was bedeutet, dass eine größere Anzahl von Geräten pro Flächeneinheit verbunden werden kann. Dies ist besonders wichtig für das **Internet der Dinge (IoT)**, wo Billionen von Geräten vernetzt werden sollen, was auch besonders für industrielle und gewerbliche Anwendungen interessant sein wird (z.B. für „digitale Zwillinge“ in Betriebsanlagen).



Datenintensive Virtual Reality-Anwendung  
Quelle Gorodenkoff - stock adobe.com

6G wird voraussichtlich auch weitere andere Anwendungsbereiche erschließen, die derzeit noch gar nicht abschätzbar sind, wie z.B. **3D-Holographie oder neuartige KI-Anwendungen**.

Trotz höherer Übertragungsleistung wird erwartet, dass 6G energieeffizienter als 5G sein wird. Dies ist teilweise auf die Verwendung fortschrittlicher Technologien wie **KI zur Optimierung** des Netzbetriebs zurückzuführen. Ähnlich wie beim Schutz vor gesundheitlichen Auswirkungen elektromagnetischer Felder sollten auch die Minimierung des Energieverbrauchs eine Top-Priorität der Forschungen für die Entwicklung der künftigen Kommunikationsmöglichkeiten sein, um deren Chancen für uns alle möglichst „nebenwirkungsfrei“ nutzen zu können

Parallel zu den künftigen Möglichkeiten der Nutzung bietet diese revolutionäre Technologie auch viele wirtschaftliche Chancen im Bereich Forschung und Entwicklung sowie in der großtechnischen Produktion von 6G-Hardware, aber auch Software-Komponenten.

Eine führende oberösterreichische Forschungsinstitution in diesem Bereich ist die Silicon Austria Labs GmbH (Standort Linz), die uns dankenswerterweise eine Einschätzung für die Zukunft übermittelte.

<sup>2</sup> <https://www.land-oberoesterreich.gv.at/26164.htm>

## Exkurs in die Zukunft

DI Dr. Thomas Buchegger, MSc, MBA  
Head of Research Division Intelligent Wireless Systems  
Silicon Austria Labs GmbH (Standort Linz)  
<https://www.silicon-austria-labs.com/>

Die sechste Generation der drahtlosen Kommunikation (6G) zielt darauf ab, das Kosten-Nutzen-Verhältnis von Anfang an zu berücksichtigen, um sicherzustellen, dass die Entwicklung von 6G nicht nur effizient, sondern auch wirtschaftlich tragfähig ist. Für die Zukunft von 6G ist ein umfassender Ansatz für die Standardisierung und Regulierung erforderlich. Klar definierte und weltweit akzeptierte Normen sind erforderlich, um die Interoperabilität und nahtlose Integration über verschiedene Netze und Geräte hinweg zu gewährleisten. Es ist ein Meilenstein in der Entwicklung der nächsten Generation der drahtlosen Kommunikation und zeigt das transformative Potenzial der 6G-Technologie.

### Zukünftige Anwendungen

- Verkehrsüberwachung
- Parkplatzerkennung
- Erkennung gefährdeter Verkehrsbeteiligter
- Verbesserung des Kfz-Radars
- Anwesenheitserkennung
- Aktivitätserkennung
- Erkennung von Eindringlingen
- Kollisionsvermeidung

- digitale Zwillinge
- virtuelle Sicherheitszonen
- Navigation für Roboter
- Mensch-Roboter-Interaktion

Durch 6G wird es möglich sein auch sicherheitskritische Datenkommunikation für Industrie, Infrastruktur und z.B. Medizintechnik möglich zu machen.

Jetzt stellt sich auch die Frage, braucht es in Zukunft noch Glasfaserkabel? Ja, Glasfaserkabel sind und bleiben die Hauptschlagadern für unsere Daten, während 5G/6G unsere Daten wie die Kapillargefäße verteilen und quasi für die „Durchblutung“ bis in den letzten Winkel sorgen.

Oberösterreich ist schon gut vorbereitet. Mehrere große Unternehmen arbeiten an Themen zu 5G/6G. Silicon Austria Labs betreibt an der JKU LIT Test Factory auch ein 5G/6G Testbed für industrielle Anwendungsfälle, darunter zeitkritische Netzwerke für Echtzeitanwendungen, ultrazuverlässige und sichere Kommunikation, Echtzeit-Produktion, autonome mobile Roboter, Mensch-Maschine-Interaktionen, Edge- und Cloud-Computing, KI-gestützte Netzwerke, Fertigung, Qualitätsprüfungen und das industrielle Metaverse. Das übergeordnete Ziel: die Errichtung einer intelligenten Fabrik für Industrie 5.0 und darüber hinaus.

### Quellen

Bundesamt für Strahlenschutz (D), 2024: 5G | <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/mobilfunk/basiswissen/5g/5g.html> Bundesministerium für Finanzen 2024: Funk & Mobilfunk | [https://www.bmf.gv.at/themen/telekommunikation-post\\_2/funk-mobilfunk.html](https://www.bmf.gv.at/themen/telekommunikation-post_2/funk-mobilfunk.html) derStandard, 2023: Space X kündigt Starlink für herkömmliche Smartphones an | <https://www.derstandard.at/story/3000000191012/space-x-kuendigt-starlink-fuer-herkoemmliche-smartphones-an> ESA, 2021: Space-based connectivity comes another step closer | [https://www.esa.int/Applications/Connectivity\\_and\\_Secure\\_Communications/Space-based\\_connectivity\\_comes\\_another\\_step\\_closer](https://www.esa.int/Applications/Connectivity_and_Secure_Communications/Space-based_connectivity_comes_another_step_closer) Forum Mobilkommunikation, 2024: Gesundheitsgefährdung durch Mobilfunk unwahrscheinlich | <https://fmk.at/160-neueste-studien-sagen-gesundheitsgefahrdung-durch-mobilfunk-unwahrscheinlich/> Fraunhofer Fokus, 2021: Auf dem Weg zu 6G: Treiber, Herausforderungen und Basistechnologien | [https://www.fokus.fraunhofer.de/de/new/ngni/6G\\_whitepaper\\_2021\\_12](https://www.fokus.fraunhofer.de/de/new/ngni/6G_whitepaper_2021_12) Futurezone, 2023: Neuer Drahtlos-Standard ist 100-mal schneller als WiFi | <https://futurezone.at/digital-life/drahtlos-standard-lifi-ieee-80211bb-100-mal-schneller-wifi-netzwerk-licht-uebertragung/402522070> IEEE Spectrum, 2023: Metaverse – Examining the Impact of 6G Telecommunications on Society | <https://spectrum.ieee.org/examining-the-impact-of-6g-telecommunications-on-society> Land Oberösterreich, Abt. Umweltschutz, 2024: Licht - Lichtverschmutzung | <https://www.land-oberoesterreich.gv.at/115999.htm> WirtschaftsWoche, 2023: Wenn die Handynetze fühlen lernen | <https://www.wiwo.de/technologie/digitale-welt/6g-mobilfunk-wenn-die-handynetze-fuehlen-lernen/29005542.html>

### Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Amt der Oö. Landesregierung, Direktion Präsidium, Abteilung Trends und Innovation, Oö. Zukunftsakademie, Altstadt 30a, 4021 Linz, Tel.: +43 732 7720 14402, E-Mail: [zak.post@ooe.gv.at](mailto:zak.post@ooe.gv.at), [ooe-zukunftsakademie.at](http://ooe-zukunftsakademie.at) | Redaktion: DI Dr. Klaus Bernhard, Mag. Dr. Reingard Peyrl, MSc | Auflage: März 2024 | Titelbild: © AddMeshCube – stock.adobe.com

Informationen zum Datenschutz finden Sie unter:  
<https://www.land-oberoesterreich.gv.at/datenschutz>

