

Handreichung

6G – Mobilfunk-Visionen für die 2030er Jahre

Oktober 2022

Zusammenfassung

Mit Beginn der 2030er Jahre wird die Einführung der nächsten Mobilfunkgeneration 6G erwartet. Die Evolution der digitalen Mobilkommunikation wird gegenüber 5G erneut einen Zuwachs an Geschwindigkeit, Kapazität und Zuverlässigkeit bieten. Damit und durch revolutionäre Ansätze wie einer genauen Lokalisierung und der Einbindung von Satellitenversorgung werden völlig neue Anwendungsfälle möglich: Immersive Nutzungserfahrungen im Metaversum, die Erweiterung Digitaler Zwillinge zur Steuerung smarter Städte und medizinische Versorgung selbst in den entlegensten Gegenden unserer Welt rücken in greifbare Nähe. Mit einem starken Fokus auf grüne Technologien wird 6G einen entscheidenden Beitrag leisten, um mit digitalen Technologien die Klimaziele erreichen zu können.

Im Folgenden geben wir einen Blick auf den aktuellen Diskussionsstand zum Thema 6G. Wir zeigen auf, wo die Entwicklung steht, welche Anwendungsvisionen für 6G bestehen und welche Umsetzungsvisionen sich abzeichnen. Nicht zuletzt geben wir auf Grundlage der aktuell bestehenden Initiativen konkrete Empfehlungen, um die globalen Diskussionen zu 6G aus Deutschland mit zu gestalten.

Wo wir stehen – Mobilfunkgenerationen

Mobile Datenkommunikation hat unser Leben und unsere Wirtschaft revolutioniert. Die bisher 30-jährige Erfolgsgeschichte immer leistungsfähigerer Technologien und Netze wird sich auch zukünftig fortsetzen. Immer neue Anwendungen mit bisher ungeahnten Fähigkeiten werden so möglich.

Nick Kriegeskotte
Leiter Infrastruktur &
Regulierung

T +49 30 27576-224
n.kriegeskotte@bitkom.org

Albrechtstraße 10
10117 Berlin

Mehr als 200 Netz-
betreiber in 85 Ländern
betreiben kommerziell
5G Netze

GSA, April 2022

Die Mobilfunkgeneration 2G brachte ab den 1990er Jahren erstmals Daten auf Handys und bleibt wohl auf absehbare Zeit in Deutschland ein Basisdienst für Sprache in dünn besiedelten Räumen. Die 3G-Netze wurden in Deutschland zugunsten von 4G als aktueller Hauptlastträger mobiler Datenkommunikation bereits ersetzt. Weltweit befindet sich 5G im öffentlichen Raum und auch für private Netzlösungen auf einer steilen Aufbaukurve und wird in den nächsten Jahren zur vorherrschenden Mobilfunktechnologie werden, wobei Nordamerika (besonders USA) und einige asiatische Länder (wie China, Japan und Süd-Korea) wie bereits bei 4G eine Vorreiterrolle einnehmen.

Besonderes Potenzial hat 5G in den kommenden Jahren als Technologie für Anwendungen der produzierenden Industrie, deren Anforderungen neben denen weiterer vertikaler Industrien bereits bei der Entwicklung berücksichtigt wurden. Hohe Zuverlässigkeit, große Bandbreiten bei Bedarf, eine extreme Anzahl adressierbarer Endgeräte und Echtzeitfähigkeit sind Kernfunktionen von 5G mit völlig neuen Möglichkeiten. Diese Potenziale können mit der vorgesehenen Implementierung der für die Industrie relevanten Features in Chips und Infrastrukturkomponenten (basierend auf der Standardisierung via 3GPP Release 16 und später) zum Aufbau privater Campus-Netze genutzt werden. Solche privaten 5G-Netze für Unternehmen inkl. Zugang zu Spektrumsressourcen gewinnen zunehmend Aufmerksamkeit und es gibt immer mehr Länder, die dem deutschen Modell folgen – von Japan über Indien und Großbritannien bis Brasilien.

Die Entwicklung von 5G schreitet weiter voran und wird mit 5G Advanced in den nächsten Jahren weitere Leistungssteigerungen erfahren, die einen (r)evolutionären Schritt auf dem Pfad zu 6G darstellen.

Mit 6G sollen in den 2030er Jahren die Mobilfunknetze entstehen, die das „Internet of Everything“, als die Vernetzung von Menschen mit der digitalen und physischen Welt, ermöglichen. Ziele sind eine globale Abdeckung und 6G als „Netz der Netze“ mit Hilfe integrierter terrestrischer und non-terrestrischer (Satelliten) Netze, Campus-Netze und Micronetze (z.B. in Robotern, Fahrzeugen, ...).

Wo wir hin wollen – Vision 6G

Anwendungsvision

Neue, immersive Kommunikationserlebnisse im Metaversum¹ zeichnen sich somit als zukünftiges Kommunikationsparadigma ab. Mensch-zu-Mensch, aber auch Mensch-zu-Maschine und Maschine-zu-Maschine Interaktionen erhalten in vernetzten wirtschaftlichen Wertschöpfungsprozessen eine völlig neue Flexibilität und Effizienz.

6G ermöglicht neue Anwendungen für Cyber-physikalische-Systeme der Industrie 4.0, für das automatisierte Fahren, im neuen Öko-System des Individual-Luftverkehrs, in der

¹ Zum Metaversum siehe auch [Bitkom-Leitfaden „Wegweiser in das Metaverse“](#)

243 lokale 5G-Lizenzen für Campus-Netze im 3,7 GHz-Bereich sind in Deutschland vergeben

BNetzA, September 2022



x-Reality

6G wird Menschen mit der digitalen und physischen Welt in verschiedensten Umgebungen wie z. B. dem Metaversum verbinden.

Extended Reality (XR)

Kombinierte reale und virtuelle Umgebungen, z. B. für Mensch-Maschine-Interaktionen und als Erlebnis für alle Sinne.

Augmented Reality (AR)

Überlagerung der realen Welt mit virtuellen Objekten und Informationen.

Virtual Reality (VR)

Vollständig simulierte digitale Umgebung.

Präzisionslandwirtschaft, und viele weitere. Dazu bedarf es einer zielgerichteten Konzeptionierung für die potenziellen Anwender. Bis jetzt sind Mobilfunksysteme stark auf Konnektivität am Boden ausgerichtet, neue Anforderungen aus der Schiff- und Luftfahrt lassen eine Ausdehnung der Netzabdeckung erwarten.

Die technischen Anforderungen dieser Nutzungsszenarien gilt es mit 6G zu erfüllen. Nachhaltigkeit, Vertrauenswürdigkeit und digitale Teilhabe sind die ergänzenden übergeordneten Ziele für die zukünftige Kommunikation der 2030er-Jahre mit besonderem Schwerpunkt in den 6G-Netzen.

Energie-Effizienz ist ein maßgebliches Entwurfskriterium für 5G, für 6G Netze gilt das Ziel, den CO₂-Fußabdruck gegen null zu reduzieren. Ein noch wichtigerer Teil der Vision ist jedoch der mächtige Hebel der digitalen Transformation, der in vielen Branchen den CO₂-Fußabdruck deutlich senken wird.²

Die Fähigkeiten eines 6G-Systems bedingen vertrauenswürdige Konzepte und Methoden zur Gewährleistung von Sicherheit und Privatheit in einem hoch komplexen Ökosystem. Entsprechendes gilt für die Resilienz.

Nicht zu vergessen ist die Bedeutung der digitalen Teilhabe aller Bevölkerungsteile, denn gerade die konsequente Digitalisierung auf Basis einer stabilen Kommunikationsinfrastruktur kann erst die größtmögliche ökologische und soziale Hebelwirkung erzielen.

Umsetzungsvision

Zum einen wird 6G die evolutionäre Weiterentwicklung bestehender Mobilfunksysteme im Sinne einer kontinuierlichen Leistungs- und Nutzensteigerung, mit einem deutlichen Zuwachs, sein. Dazu sind Spektralbereiche u.a. im Bereich 7 - 24 GHz und bis in den Sub-THz-Bereich (100 - 300GHz), mit Datenraten von bis zu einem Tbit/s und angestrebte Latenz-Zeiten von 0,1ms, anvisiert.

Neue, revolutionäre Funktionalitäten der Kommunikationsdienste in 6G werden durch die integrale KI und die Ausweitung des Kommunikationsspektrums in den Sub-THz-Bereich möglich. Die Erschließung des Spektrums im Sub-THz-Bereich erleichtert es, das 6G-System auch als ein Sensor-System zu nutzen, das Gegenstände und Personen wahrnehmen und deren Position bestimmen kann. In Verbindung mit der verteilten Intelligenz des Netzes lässt sich ein Umgebungsabbild erstellen, welches z.B. die Basis für die Abbildung der Umgebung im virtuellen Raum ermöglicht. Der wohl bedeutendste Anwendungsfall für diese passive Erfassung von Gegenständen und Personen liegt im Bereich Verkehrsmanagement. Das automatisierte Fahren kann unterstützt werden in der Wechselwirkung zwischen vernetzten und nicht vernetzten Verkehrsteilnehmern, die im 6G-System erfasst und verfolgt werden können. Es kann aber auch eine in Echtzeit

² Zum CO₂-Einsparpotenzial digitaler Technologien siehe <https://www.bitkom.org/Klimaschutz>



Nachhaltige Entwicklung

6G unterstützt und ermöglicht global eine nachhaltige Entwicklung: Eine globale Abdeckung auf kosteneffiziente Weise und vertrauenswürdige Verbindungen ermöglichen z.B. eine ärztliche Versorgung in abgelegenen Gebieten durch Fernkonsultationen und die Fernanalyse von Proben.



Vertrauenszone

6G schafft lokale Vertrauenszonen: Spezialisierte Teilnetze und Netzwerke, z. B. für die Gesundheitsüberwachung oder den großflächigen Einsatz von Sensornetzwerken, bieten extreme Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit und Belastbarkeit auf lokaler Ebene.

aktualisierte Ansicht der realen Welt in den Cyber-Raum gespiegelt und damit die Vision des Metaversums Realität werden.

Voraussetzung für 6G wird auch die weitere Evolution von Halbleiter-basierten Systemlösungen sein ("system on chip", SoC). Diese sind notwendig, um extreme Datenraten, höchste spektrale Effizienz und maximale Energieeffizienz zu ermöglichen.

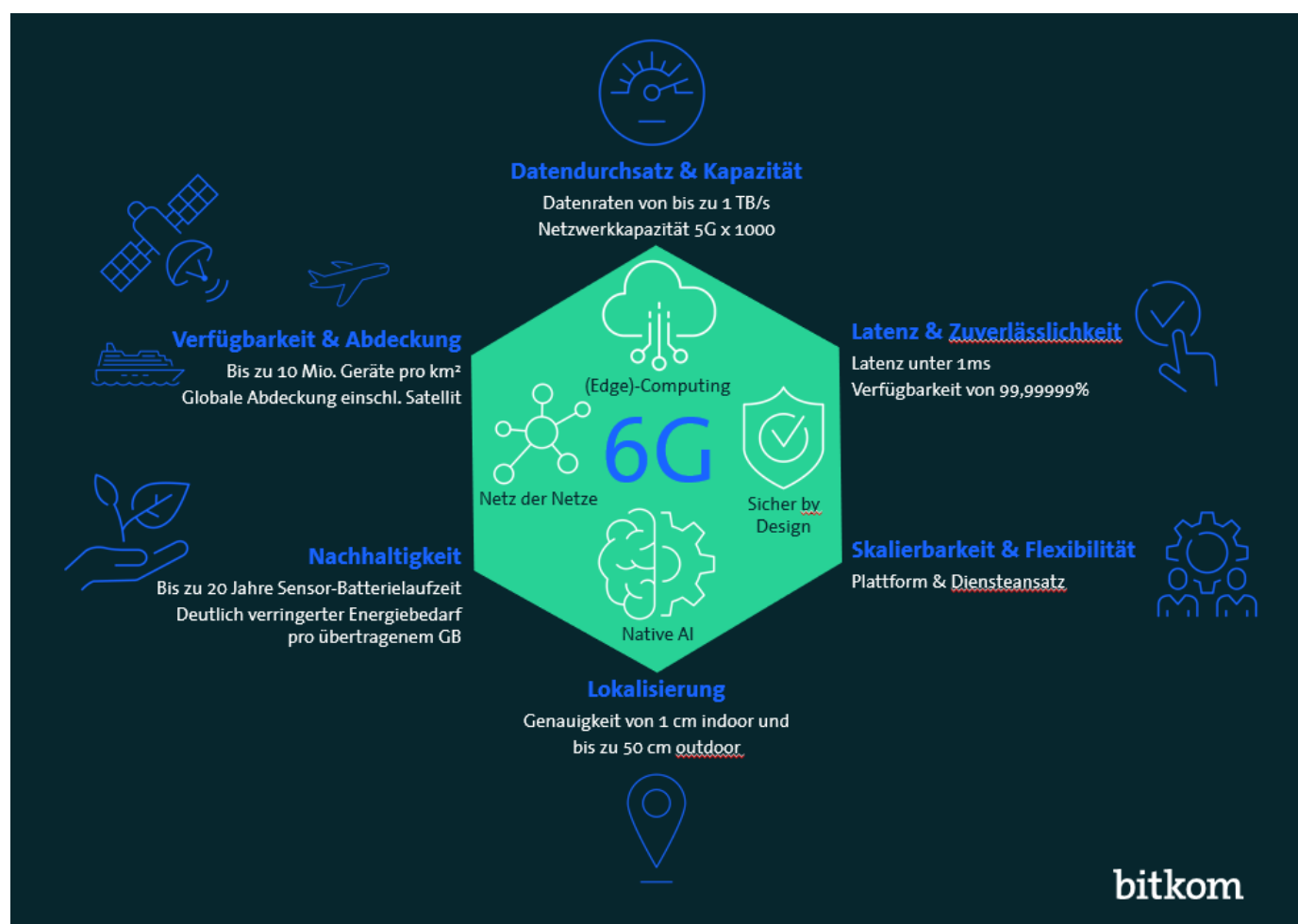


Abbildung 1 | Zielbild von 6G-Eigenschaften (auf Basis aktueller White-Paper)

Drahtlose Vernetzung wird in Zukunft in der Industrie der Regelfall werden, die aber unter Berücksichtigung von Kosten und innerbetrieblichen Aufwänden gerechtfertigt sein muss. Zukünftige Systeme müssen sich insbesondere im laufenden Betrieb bewähren, so dass ein Schwerpunkt bei einfachen, aber sicheren Bedienkonzepten sowie einer konsequenten Kostenoptimierung liegen muss. Hier kann die Modularisierung und Virtualisierung der Mobilfunkinfrastruktur eine wichtige Rolle spielen. Neben der erwarteten Effizienzsteigerung wird es darum gehen, die betrieblichen Abläufe so einfach und flexibel wie möglich zu gestalten, ohne dabei die Sicherheitsanforderungen zu kompromittieren.

Verschiedene Branchen werden neue und zunehmend maßgeschneiderte Features und Funktionen erfordern. KI- und Cloud-native Prinzipien über alle Netzwerkfunktionen

hinweg ermöglichen ein wirklich kognitives Netzwerk und agile Services. 6G bietet die Möglichkeit, das Design der Systemarchitektur zu überdenken und auf die Vereinfachung von Funktionalitäten und Protokollen und die Verbesserung der Flexibilität und Programmierbarkeit abzielen. Das Zusammenwirken von Edge- und Cloud-Computing in vielen Branchen wird dafür eine wichtige Anwendung sein.

Wie wir voran kommen – Initiativen für 6G

Deutschland hat die mobile Kommunikation als Teil seiner Hightech-Strategie identifiziert. 6G wird als Schlüsseltechnologie und Kern digitaler Souveränität für die Zukunft Europas und Deutschlands herausgehoben. Auf dieser Grundlage fördert das BMBF eine Reihe von Initiativen. Zunächst sind die vier akademischen 6G-Forschungshubs zu nennen, die mit etwa 250 Mill. Euro über einen Zeitraum von vier Jahren gefördert werden, so dass ein signifikantes 6G-Momentum an den deutschen Universitäten und Forschungsinstituten entstehen kann.

Weiterhin plant das Ministerium, eine Reihe von 6G-Projekten zu fördern, die von Industrieunternehmen geführt werden. Unter diesen Projekten befindet sich das bereits gestartete Leuchtturmprojekt 6G-ANNA, an dem sich insgesamt 34 Partner aus der Industrie und akademischer Forschung beteiligen.

Komplementiert werden die 6G-Hubs und die Industrieprojekte durch die „6G-Plattform - Die Plattform für zukünftige Kommunikationstechnologien und 6G“, die das Ziel hat, die 6G-Aktivitäten zu vernetzen, deutsche Standpunkte zu entwickeln, Wissenschaftskommunikation zu betreiben und generell eine koordinierende Rolle einzunehmen.

Zusätzlich zu den Forschungsprogrammen des BMBF bieten mit dem BMDV, dem BMWK und dem BMI weitere Ministerien Förderprogramme. Hinzu kommen Förderprogramme und Initiativen auf Länderebene, wie z. B. 5G.NRW und Thinknet 6G (Bayern).

Auf europäischer Ebene wurde 2021 mit HEXA-X ebenfalls ein 6G-Leuchtturmprojekt gestartet, an dem die führenden europäischen Netzausrüster, Netzbetreiber, weitere Industriepartner sowie ausgewiesene akademische Partner beteiligt sind.

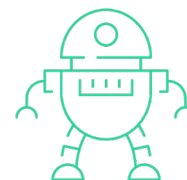
Von übergeordneter Bedeutung für die weitere Entwicklung von 6G in Europa und weltweit ist weiterhin das „Europe Smart Network and Services Joint Undertaking“ (SNS JU) mit einem starken Einfluss der Industrie (6G Industry Association). Im Rahmen des SNS JU wurden EU-Fördermittel in Höhe von 900 Millionen Euro für den Zeitraum 2021-2027 autorisiert.

Mit diesen und weiteren Initiativen gilt es auch die Akzeptanz für einen 6G-Ausbau frühzeitig in den Blick zu nehmen und gesellschaftliche Mehrwerte aufzuzeigen.



Virtuelle Präsenz

Die Grenze zwischen digitaler und physischer Welt verschwimmt mit 6G: Immersive Telepräsenz durch gemischte Realität oder holografische Telepräsenz bietet außergewöhnliche und immersive Erfahrungen.



Kollege Roboter

Aus Robotern werden mit 6G „Coboter“: Roboter können mit Menschen interagieren - zu Hause und in der Gesellschaft, um den Alltag zu erleichtern, sowie in industriellen Umgebungen, um die Effizienz von Prozessen zu verbessern und neue Wertschöpfungsketten zu ermöglichen.

Was jetzt zu tun ist

1. Förderprogramme

Die gestarteten Förderprogramme gilt es fortzusetzen und bedarfsgerecht weiter zu entwickeln, sowie alle Partner einschließlich der Anwender einzubinden. Dadurch kann auch der Aufbau von Fachexpertise bei den Anwendern in den vertikalen Industrien für eine schnelle Implementierung sorgen.

2. Zusammenarbeit

Zur Positionierung einer starken Stimme Europas, ist es wichtig, dass die Telekom-Industrie gemeinsam mit den zukünftigen Anwendern, was unter anderem das verarbeitende Gewerbe, aber auch die Automobilindustrie und Logistik miteinschließt, von Anfang an ein starkes Ökosystem bildet. Es geht darum, Interoperabilität und Skaleneffekte sicherzustellen. Das betrifft nicht nur die jeweils eigene Infrastruktur, sondern auch die Zulieferung vernetzter Produkte europäischer Hersteller in den Weltmarkt, wobei besonders die kleinen Hidden-Champions darauf angewiesen sind.

3. Standardisierung

Die Etablierung eines von den Marktteilnehmern allgemein akzeptierten globalen Kommunikationsstandards schafft erst die Voraussetzungen zur Entwicklung skalierbarer Anwendungen und Lösungen für vertikale Anwender, wie Industrie 4.0. Das Ziel muss eine bessere Einbindung der Anwender im Prozess und ein globaler und industriegeführter Standard sein.

4. World Radiocommunication Conference (WRC) & Frequenzbereitstellung

Zur Unterstützung der 6G-Einführung und des weiteren 5G-Ausbaus sollte Deutschland die internationalen Bestrebungen zur Bereitstellung zusätzlichen Spektrums insbesondere unterhalb von 24 GHz und oberhalb von 100 GHz für den Mobilfunk in Betracht zu ziehen.

5. Weichen für beschleunigten Ausbau stellen

Damit der Ausbau aktueller und zukünftiger Mobilfunkgenerationen beschleunigt gelingen kann, müssen bau- und genehmigungsrechtliche Hürden konsequent und bundesweit gesenkt werden. Die Verwaltungsverfahren müssen vollständig digitalisiert und die gesellschaftliche Akzeptanz des Ausbaus verbessert werden.



Digitale Zwillinge

Digitale Zwillinge gewinnen mit 6G neue Dimensionen: Von der Optimierung der Automatisierung in Produktion und Fertigung bis hin zur Prävention von Bedrohungen oder Krankheiten in der Landwirtschaft – Digitale Doppel bilden jeden Aspekt der physischen Welt virtuell verflochten ab. In der „immersiven intelligente Stadt“ steuert das digitale Doppel z. B. die verschiedenen Verkehrsströme und Versorgungseinrichtungen anhand aktueller Umweltindikatoren und Erfahrungswerten.

Bitkom vertritt mehr als 2.000 Mitgliedsunternehmen aus der digitalen Wirtschaft. Sie erzielen allein mit IT- und Telekommunikationsleistungen jährlich Umsätze von 190 Milliarden Euro, darunter Exporte in Höhe von 50 Milliarden Euro. Die Bitkom-Mitglieder beschäftigen in Deutschland mehr als 2 Millionen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Zu den Mitgliedern zählen mehr als 1.000 Mittelständler, über 500 Startups und nahezu alle Global Player. Sie bieten Software, IT-Services, Telekommunikations- oder Internetdienste an, stellen Geräte und Bauteile her, sind im Bereich der digitalen Medien tätig oder in anderer Weise Teil der digitalen Wirtschaft. 80 Prozent der Unternehmen haben ihren Hauptsitz in Deutschland, jeweils 8 Prozent kommen aus Europa und den USA, 4 Prozent aus anderen Regionen. Bitkom fördert und treibt die digitale Transformation der deutschen Wirtschaft und setzt sich für eine breite gesellschaftliche Teilhabe an den digitalen Entwicklungen ein. Ziel ist es, Deutschland zu einem weltweit führenden Digitalstandort zu machen.