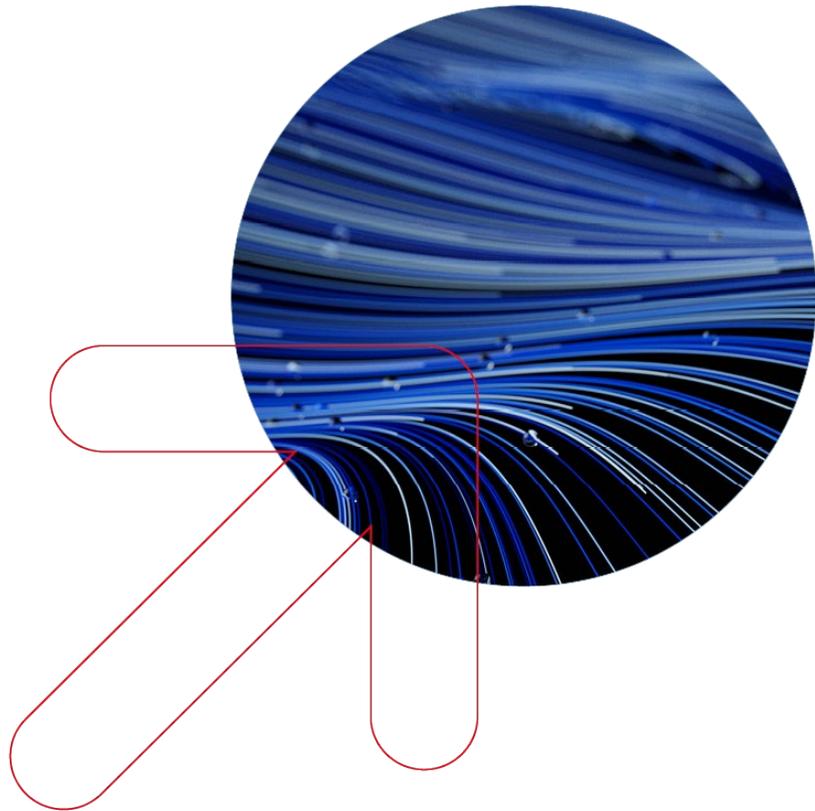


WIK • Diskussionsbeitrag

Nr. 489



Signifikante Entwicklungen hin zu 6G

Autoren:
Stefano Lucidi
Dajan Baischew
Dr. Bernd Sörries

Bad Honnef, Dezember 2022

Impressum

WIK Wissenschaftliches Institut für
Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH
Rhöndorfer Str. 68
53604 Bad Honnef
Deutschland
Tel.: +49 2224 9225-0
Fax: +49 2224 9225-63
E-Mail: info@wik.org
www.wik.org

Vertretungs- und zeichnungsberechtigte Personen

Geschäftsführerin und Direktorin	Dr. Cara Schwarz-Schilling
Direktor	Alex Kalevi Dieke
Direktor Abteilungsleiter Netze und Kosten	Dr. Thomas Plückebaum
Direktor Abteilungsleiter Regulierung und Wettbewerb	Dr. Bernd Sörries
Leiter der Verwaltung	Karl-Hubert Strüver
Vorsitzender des Aufsichtsrates	Dr. Thomas Solbach
Handelsregister	Amtsgericht Siegburg, HRB 7225
Steuer-Nr.	222/5751/0722
Umsatzsteueridentifikations-Nr.	DE 123 383 795

Stand: Dezember 2022

Bildnachweis Titel: © Robert Kneschke - stock.adobe.com

In den vom WIK herausgegebenen Diskussionsbeiträgen erscheinen in loser Folge Aufsätze und Vorträge von Mitarbeitern des Instituts sowie ausgewählte Zwischen- und Abschlussberichte von durchgeführten Forschungsprojekten. Mit der Herausgabe dieser Reihe bezweckt das WIK, über seine Tätigkeit zu informieren, Diskussionsanstöße zu geben, aber auch Anregungen von außen zu empfangen. Kritik und Kommentare sind deshalb jederzeit willkommen. Die in den verschiedenen Beiträgen zum Ausdruck kommenden Ansichten geben ausschließlich die Meinung der jeweiligen Autoren wieder. WIK behält sich alle Rechte vor. Ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung des WIK ist es auch nicht gestattet, das Werk oder Teile daraus in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren) zu vervielfältigen oder unter Verwendung elektronischer Systeme zu verarbeiten oder zu verbreiten.
ISSN 1865-8997

Inhaltsverzeichnis

Abbildungen	II
Tabellen	II
Zusammenfassung	III
Summary	IV
1 Einleitung	1
2 5G Marktentwicklungen	2
3 Strategische Entwicklungen	4
3.1 Standardisierung und Patente	5
3.1.1 Mobilfunkstandards	5
3.1.2 Mobilfunkpatente	7
3.1.3 Standardisierungs- und Patententwicklungen im Bereich 5G / 6G	9
3.2 Staatliche (Forschungs-)Förderung	14
3.2.1 Finanzielle Fördermittel	14
3.2.2 Staatliche Förderung von 5G / 6G im Vergleich	16
3.3 Cybersicherheit	19
3.3.1 Zunehmende Bedeutung von Cybersicherheit im Mobilfunk	19
3.3.2 5G / 6G-Cybersicherheitsunternehmungen im Vergleich	19
4 Technologische Entwicklungen	22
4.1 Entwicklungen Open RAN	22
4.1.1 Open-RAN-Technologie	22
4.1.2 Neue Marktakteure durch Open RAN	23
4.1.3 Ausblick Open RAN und 6G	25
4.2 Entwicklungen Edge Cloud	26
4.2.1 Edge-Cloud-Technologie	26
4.2.2 Neue Marktakteure und Edge Cloud	27
4.2.3 Ausblick Edge Cloud und 6G	30
4.3 Zwischenfazit neue Marktstruktur	31
5 Fazit	31
6 Literaturverzeichnis	33

Abbildungen

Abbildung 1:	Mobilfunkabonnements nach Technologie, 2016-2027	3
Abbildung 2:	Faktoren, die den 5G-Markt prägen – Vergleich zwischen der EU, den USA und Asien	4
Abbildung 3:	Zeitleiste der verschiedenen Mobilfunkgenerationen	6
Abbildung 4:	IMT-Standards	6
Abbildung 5:	Kumulative Anzahl Beiträge technischer 3G-, 4G- und 5G-Standards nach Jahr der Einreichung beim 3GPP	7
Abbildung 6:	Anzahl standardessenzieller Patente deutscher Organisationen (Stand 2020)	8
Abbildung 7:	Kumulative Anzahl der angemeldeten aktiven 5G-Patentfamilien (ausstehend und erteilt), nach Jahr der ersten Anmeldung (2022).	9
Abbildung 8:	Anzahl deklarierte und gemeldete 5G-Patentfamilien nach Unternehmen, 2020	13
Abbildung 9:	Gemeldete 5G-Familien (erteilte oder anhängige Anmeldungen) pro Land des Hauptsitzes des Patentinhabers, 2020	14
Abbildung 10:	Weltweit führende E-Government-Länder auf der Grundlage des E-Government Development Index (EGDI) im Jahr 2022	15
Abbildung 11:	EU-Toolbox zur Abschwächung von Cybersicherheitsrisiken	21
Abbildung 12:	Gegenüberstellung von proprietären (vRAN) und offenen (Open-RAN)-Systemen bei 5G-Funkzugangszugangnetzen	23
Abbildung 13:	Edge- und Cloud-Computing	27
Abbildung 14:	Marktanteil der Anbieter von Cloud-Infrastrukturdiensten weltweit vom 4. Quartal 2017 bis 1. Quartal 2022	29

Tabellen

Tabelle 1:	Open-RAN-Projekte, weltweit	25
Tabelle 2:	Zusammenarbeit zwischen Hyperscaler und Telcos bei Edge	28

Zusammenfassung

Während viele 5G-Geschäftsanwendungen noch am Anfang stehen, hat das geopolitische Wettrennen um die Führungsrolle bei der Entwicklung und Forschung zu 6G bereits begonnen, insbesondere weil Mobilfunk als einer der Treiber der digitalen Innovation gilt.

Dabei ist die Ausgangslage bei der Entwicklung, Verbreitung und Nutzung modernster funkgestützter Mobilfunktechnologien weltweit sehr unterschiedlich und während Europa und Asien heute über maßgebliche Netzwerkausrüster verfügen, kommen Anbieter von Cloud-Infrastrukturen, in deren Infrastrukturen theoretisch bereits heute Kernnetze der Mobilfunknetzbetreiber abgebildet werden können, sehr häufig aus den USA.

Dabei wird der Ausgang des Wettrennens von einer Vielzahl an Strukturvariablen und ihrer Entwicklung bestimmt. Insbesondere strategische Handlungsfelder wie Standards & Patente, Nachhaltigkeit und Cybersicherheit gilt es für die weltweiten Technologieführer mit Blick auf 6G verstärkt adressieren, um in Zukunft insbesondere Einfluss auf die Standardisierung auszuüben.

Auf dem Weg zur Einführung von 6G wird sich nicht nur die Nachfrage nach mobilen Datendiensten verändern. Ebenso ist ein Wandel beim Angebot der vor- und nachgelagerten Mobilfunkmärkten zu beobachten. Die Virtualisierung im Mobilfunk verringert Markteintrittsbarrieren für neue Anbieter, deren Infrastrukturen und Dienstleistungen durch neue, innovative Geschäftsmodelle benötigt werden. Sofern sich eine solche Entwicklung durchsetzt, könnten Mobilfunknetzbetreiber in ihren Ambitionen, neue Märkte bei industriellen Anwendungen zu erschließen und dort nicht nur ausschließlich Konnektivität anzubieten, vor neue Herausforderungen stehen. Die Entwicklung könnte aber auch eine Chance sein, sich auf das Kerngeschäft, die Bereitstellung von Konnektivität im Massenmarkt, zu konzentrieren.

Insgesamt ist eine hohe Innovationsdynamik in den Bereichen Open RAN und 6G-Projekten zu beobachten, wodurch sich die etablierten Marktakteure einem ständigen Anpassungsdruck ausgesetzt sehen.

Summary

While many 5G business applications are still in their infancy, the geopolitical race for leadership in 6G development and research has already begun, especially as mobile technologies are seen as one of the drivers of digital innovation.

The starting point for the development, distribution and use of the latest radio-based mobile technologies varies greatly around the world. While major network suppliers come from Europe and Asia, providers of cloud infrastructures, whose core networks are being increasingly used by mobile network operators due to the virtualization of the networks, very often come from the USA.

The outcome of the race will be determined by a large number of structural variables and their development. In particular, strategic fields of action such as standards & patents, sustainability and cyber security must be increasingly addressed by global technology leaders with regard to 6G in order to exert an influence on standardisation in the future.

Towards the introduction of 6G, not only the demand for mobile data services will change. Likewise, a change in the supply of the upstream and downstream mobile markets can be observed. Virtualisation in mobile communications reduces market entry barriers for new providers whose infrastructures and services are required by new, innovative business models. Due to these developments, mobile network operators face new challenges in their ambitions to open up new markets in business applications. However, these developments could also lead them to focus on the core business of providing connectivity to the mass market.

Overall, a high level of dynamism in innovations can be observed in the areas of Open RAN and 6G projects, which means that the established market players are facing constant pressure to adapt to new market conditions.

1 Einleitung

Während die 5. Mobilfunkgeneration (5G) immer stärker in den Massenmärkten für mobile Datendienste verfügbar wird¹ und die Spezifizierung von 5G für Anwendungen von gewerblichen Nutzern kontinuierlich voranschreitet², wendet sich die Forschung den potentiellen Grundlagen der 6. Mobilfunkgeneration (6G) zu.³ Sowohl die weltweiten Aktivitäten bei 5G als auch bei 6G in Wirtschaft, Wissenschaft und Standardisierungsgremien zeigen immer deutlicher, dass heutige und künftige Netzwerktechnologien eine hohe strategische Bedeutung bei der digitalen Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft beigemessen wird. Gerade wenn gewerbliche Nutzer bei der Digitalisierung von Wertschöpfungsprozessen verstärkt auf 5G und 6G setzen, wird deutlich, welche Bedeutung Mobilfunktechnologien gerade aus industriepolitischer Sicht künftig haben werden.⁴

Angesichts der damit verbundenen wirtschaftlichen und strategischen Potentiale von 5G und später 6G ist es wenig überraschend, dass in Europa funkgestützte Netzwerktechnologien zunehmend mit dem Ziel einer digitalen Souveränität verknüpft werden.⁵ Konkret beabsichtigen europäische Staaten die Nutzung von Netzwerkkomponenten chinesischer Hersteller in öffentlichen Mobilfunknetzen, von denen ein Anbieter nach eigenen Angaben heute eine führende Marktposition einnimmt, zurückzudrängen. Bereits in einigen Ländern hat dies zu einem Bann von Netzwerkherstellern geführt.⁶

Die Ausgangslage bei der Entwicklung, Verbreitung und Nutzung modernster funkgestützter Mobilfunktechnologien ist weltweit sehr unterschiedlich. Während Europa und Asien heute über maßgebliche Netzwerkausrüster verfügen, gilt dies für die USA aktuell weniger. Dagegen kommen Anbieter von Cloud-Infrastrukturen sehr häufig aus den USA, in deren Infrastrukturen theoretisch bereits heute Kernnetze der Mobilfunknetzbetreiber abgebildet werden können. Mit dem Einsatz neuer, softwarebasierter Technologien wie Open RAN und Edge/Cloud-Computing werden die Infrastrukturen der Hyperscaler auch für die Zugangsnetze bzw. die Angebote neuer, innovativer mobiler Datendienste immer relevanter.⁷

Vor dem Hintergrund der aktuellen Entwicklungen bei 5G und 6G werden in diesem Diskussionsbeitrag die gerade aus marktstruktureller Sicht wesentlichen Parameter der künftigen Entwicklung auf der Angebotsseite aufgezeigt. Somit stehen in der Analyse

1 <https://5gobservatory.eu/>

2 <https://www.3gpp.org/specifications-technologies/releases/release-17>

3 Baischew et al. (2021). Ebenso hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) bundesweit vier Hubs zur Erforschung der Zukunftstechnologie 6G ausgewählt. Siehe hierzu: <https://www.forschung-it-sicherheit-kommunikationssysteme.de/foerderung/bekanntmachungen/6g-forschungs-hubs>

4 AIT Austrian Institute of Technology (2021), S. 22.

5 https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/Informationen-und-Empfehlungen/5-G/KoPa45/Cyber-Sicherheit-digitale-Souveraenitaet-5G-6G_node.html

6 In Europa gehören die skandinavischen Länder, Schweden und Dänemark, sowie einige osteuropäische Mitglieder zu den Ländern, die die Nutzung von Netzwerkkomponenten chinesischer Hersteller in öffentlichen Mobilfunknetzen verbieten. <https://www.euractiv.com/section/digital/news/eu-countries-keep-different-approaches-to-huawei-on-5g-rollout/>

7 Baischew et al. (2021).

nicht die mit 6G möglichen Dienste (Use-Cases) oder spezifische funktechnische Entwicklungen, an denen geforscht wird, im Vordergrund. Vielmehr versucht dieser Diskussionsbeitrag die für die künftige Marktstruktur und das daraus resultierende Angebot wesentlichen Parameter zu betrachten. Aus der Literatur⁸, politischen Stellungnahmen⁹ und regulatorischen Maßnahmen¹⁰ lassen sich folgende Parameter ableiten:

- Standardisierung und Patente für neue Netzwerktechnologien
- Staatliche (Forschungs-)Förderung
- Regulierung im Bereich Cybersicherheit
- Technologische Entwicklungen im Bereich der Netzwerktechnologien (insbesondere bei den Zugangsnetzen)

Diese Parameter werden im Weiteren näher auch hinsichtlich ihrer Wechselwirkungen betrachtet. Da Aktivitäten, die Einfluss auf die Parameter haben, heute und in Zukunft bestehen, sei bereits an dieser Stelle erwähnt, dass abschließende Antworten in diesem Diskussionsbeitrag nicht gegeben werden können. Die Ergebnisse der Transformation von dem Mobilfunk vor- und nachgelagerten Märkte müssen aus heutiger Sicht als offen angesehen werden.

Der Fortgang der Analyse ist wie folgt: Im zweiten Kapitel werden einige wesentliche 5G-Marktentwicklungen aufgezeigt. In Kapitel 3 werden dann die Parameter betrachtet, die auf die Rahmenbedingungen der Entwicklung von 6G einwirken. In Kapitel 4 widmen wir uns dann den Parametern, die innerhalb des Marktes wirken. Ziel ist es hier insbesondere zu identifizieren, ob sich durch den Eintritt neuer Marktakteure die Marktstruktur verändern könnte. Wesentliche Erkenntnisse und Schlussfolgerungen fassen wir in Kapitel 5 zusammen.

2 5G Marktentwicklungen

Aus internationaler Sicht ist festzustellen, dass bis Ende 2021 bereits mehr als eine halbe Milliarde 5G-Anschlüsse verzeichnet wurden. Prognosen gehen davon aus, dass sich diese Anzahl bis Ende 2022 auf 1,3 Milliarden erhöhen wird.¹¹ Der Ericsson Mobility Report von Juni 2022 prognostiziert, dass 5G-Abonnements bis Ende 2027 weltweit 4,4 Milliarden erreichen werden, was etwa 49 % der gesamten weltweiten Mobilfunkabonnements entspricht.¹²

⁸ Z.B. AIT Austrian Institute of Technology (2021), 5G-IA (2021), 5G Americas (2020).

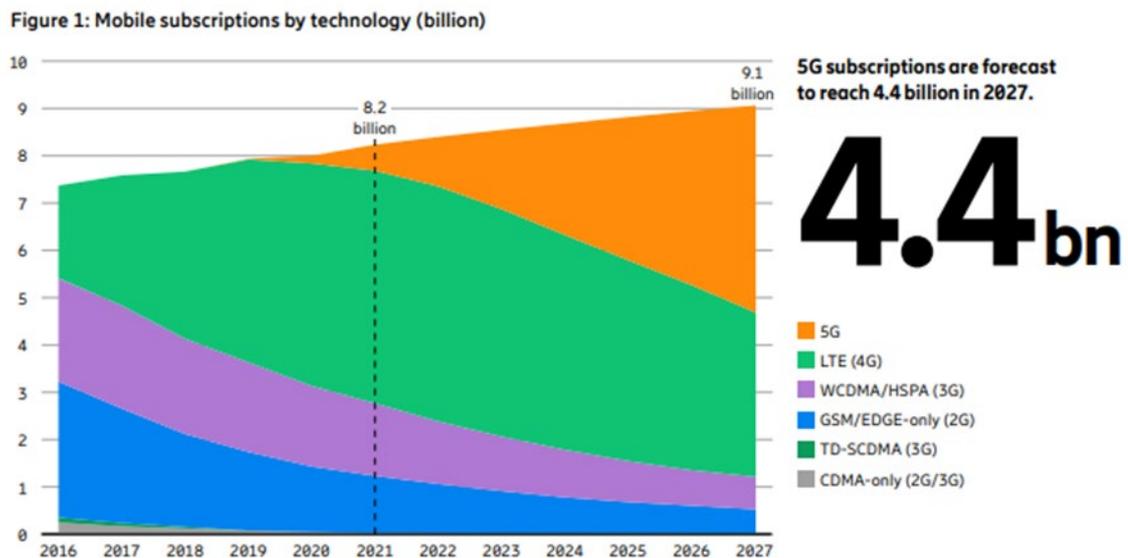
⁹ <https://www.6gflagship.com/research/eu-projects/>

¹⁰ <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/Telekommunikation/Resilienz/start.html;jsessionid=E18A672ECDC00EEE6590C2F1531D1A1F>

¹¹ <https://www.businesswire.com/news/home/20220323005107/en/5G-Forecast-1.3-Billion-by-Year-End-2022>

¹² Ericsson (2022).

Abbildung 1: Mobilfunkabonnements nach Technologie, 2016-2027

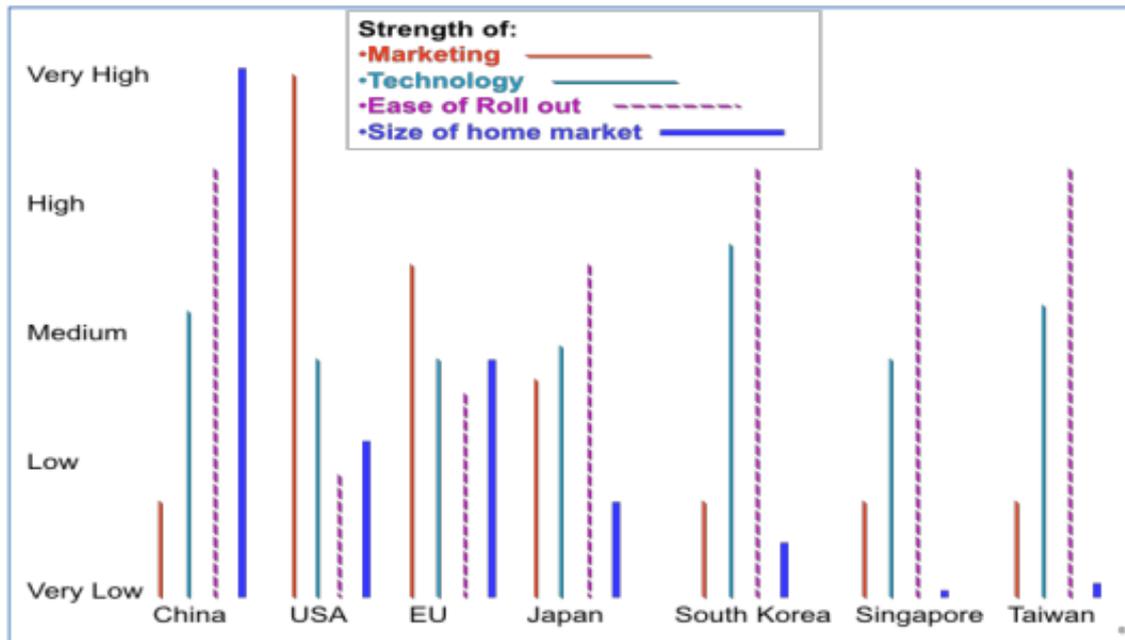


Quelle: Ericsson (2022).

Auch in Deutschland vollzieht sich die Einführung von 5G deutlich schneller als bei 4G. Ein Grund dafür ist die Pfadabhängigkeit aus der bereits sehr guten 4G-Abdeckung. 5G gereicht hier zum Vorteil, dass die Technologie auch im Low Band eingesetzt werden kann. Damit ist aber verbunden, dass sich die mit 5G antizipierten Leistungsmerkmale nur begrenzt einstellen.

Im Hinblick auf die Frage, wie einzelne Akteure, Märkte bzw. Regionen aufgestellt sind, um neue Mobilfunktechnologien auch tatsächlich am Markt verfügbar zu machen, werden in den verglichenen Regionen deutliche Stärken und Schwächen sichtbar, die sich voraussichtlich auch auf 6G auswirken werden. Beispielsweise profitiert China von seinem riesigen Heimatmarkt. Dieser Effekt wird noch dadurch verstärkt, dass der Netzausbau im internationalen Vergleich weniger oder sogar ohne bürokratische Hemmnisse auskommt. China hat somit beim Roll-out neuer Technologien im Vergleich zu den USA und Europa deutliche Vorteile. Letztere Weltregionen müssen insbesondere auf ein erfolgreiches Marketing setzen, um neue Technologien in den Markt zu bringen.

Abbildung 2: Faktoren, die den 5G-Markt prägen – Vergleich zwischen der EU, den USA und Asien



Quelle: Europäisches Parlament- ITRE (2019)

Bereits die Entwicklung von 5G deutet an, dass öffentliche Mobilfunktechnologien immer bedeutsamer für die digitale Transformation werden. Diese Technologien sind „enabler“ für eine Vielzahl von Anwendungen, die insbesondere im gewerblichen Kontext eine hohe Relevanz haben werden. Während in Europa die Parameter, die die Penetration von 5G beeinflussen, fast gleichmäßig ausgeprägt sind, zeichnet sich China insbesondere durch die Größe des Marktes und die Stärken beim Rollout aus. Diese beiden Faktoren haben bei der weiteren Entwicklung von Funkstandards eine besondere Bedeutung: Während sich Verticals¹³ in vielen europäischen Staaten erst mit den technischen Potentialen von 5G befassen, sind chinesische Akteure bereits in der Umsetzung. Zudem können chinesische Akteure allein durch die Größe des Heimatmarktes deutlich leichter Skaleneffekte erzielen als Marktakteure aus anderen Teilen der Welt.

3 Strategische Entwicklungen

Strategische Parameter, die im Kontext des geopolitischen Wettrenns spätestens seit der Markteinführung von 5G verstärkt im Fokus der relevanten Marktakteure stehen, sind

¹³ Als Verticals wird in diesem Zusammenhang ein Markt bezeichnet, auf dem Waren und Dienstleistungen aus Geschäftsfeldern einer Wertschöpfungskette einer bestimmten Branche angeboten werden. Siehe hierzu z.B. <https://www.lingner.de/marketing-glossar/verticals>

Standardisierung und Patente, die Förderung der staatlichen Nachfrage bzw. Forschung sowie die Cybersicherheit.

3.1 Standardisierung und Patente

In Standardisierungsprozessen sind es (bisher) die Marktteilnehmer auf der Angebotsseite, die die Entwicklung eines Standards vorantreiben, indem sie die Aufnahme von Methoden, Technologien oder technischen Lösungen vorschlagen, die sie für am besten geeignet halten. Die Entwicklung solcher Methoden, Technologien oder technischen Lösungen ist oft ein komplexes, kostspieliges Unterfangen, das Investitionen in Forschung und Entwicklung erfordert, die sich über mehrere Jahre erstrecken können. Dennoch bieten viele Unternehmen aus verschiedenen Gründen ihre patentierten Innovationen freiwillig zur Aufnahme in Normen an, zum Beispiel im Rahmen einer Produktstrategie zur Unterstützung der Markteinführung. In Normen können buchstäblich Tausende von Patenten einfließen.¹⁴

Obwohl das Patent- und das Standardisierungssystem beide darauf abzielen, Innovation und technologischen Fortschritt zu fördern und Anreize dafür zu schaffen, kann die Überschneidung dieser beiden Mechanismen zu verschiedenen Spannungen und Konflikten führen. Während die Technologieführer aus Europa, den USA, China, Japan und Südkorea im Rahmen der Standardisierungsgremien und Forschungsinitiativen gemeinsam an 6G-Standards arbeiten, erfolgt gleichzeitig über Patentierungssysteme ein Wettrennen um einen möglichst großen Einfluss auf künftige 6G-Standards.

Das Normungs- und Standardisierungssystem beruht auf der Annahme von Gemeinsamkeiten und schafft gleiche Wettbewerbsbedingungen, indem es den Beteiligten gleichen Zugang zu innovativen Lösungen gewährt (Inklusivität). Im Gegensatz dazu beruht das Patentsystem auf der Gewährung von zeitlich begrenzten Monopolen, die sich aus der Fähigkeit der Inhaber von Rechten des geistigen Eigentums ergeben, andere von der Anwendung geschützter Technologien auszuschließen (Exklusivität).¹⁵

3.1.1 Mobilfunkstandards

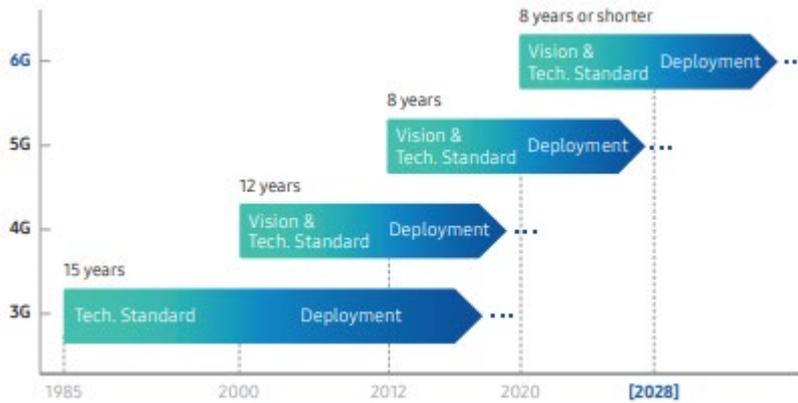
Mobilfunksysteme haben sich über mehrere Generationen von 2G bis 5G etwa alle 10 Jahre weiterentwickelt. Jede Generation hat einen großen Schritt gemacht und neue Technologien eingeführt. Wie aus Abbildung 3 hervorgeht, hat sich jedoch die Zeit für die Entwicklung technischer Standards für jede nachfolgende Generation von 15 Jahren für 3G auf 8 Jahre für 5G verkürzt. Dies ist auf das beschleunigte Wachstum der

¹⁴ Siehe hierzu z. B. Schmidt, S. (1995), Internationale Standardisierung in der Telekommunikation, in: Part of the Schriftenreihe des Wissenschaftlichen Instituts für Kommunikationsdienste book series (WISS.INSTITUT, volume 17) oder ITU (2014), Understanding patents, competition & standardization in an interconnected world, [https://www.itu.int/en/ITU-T/Documents/Manual_Patents_Final_E.pdf]

¹⁵ Siehe hierzu z. B. ITU (2014), Understanding patents, competition & standardization in an interconnected world

Technologien und des Marktbedarfs für die Mobilkommunikation in den letzten Jahrzehnten zurückzuführen.

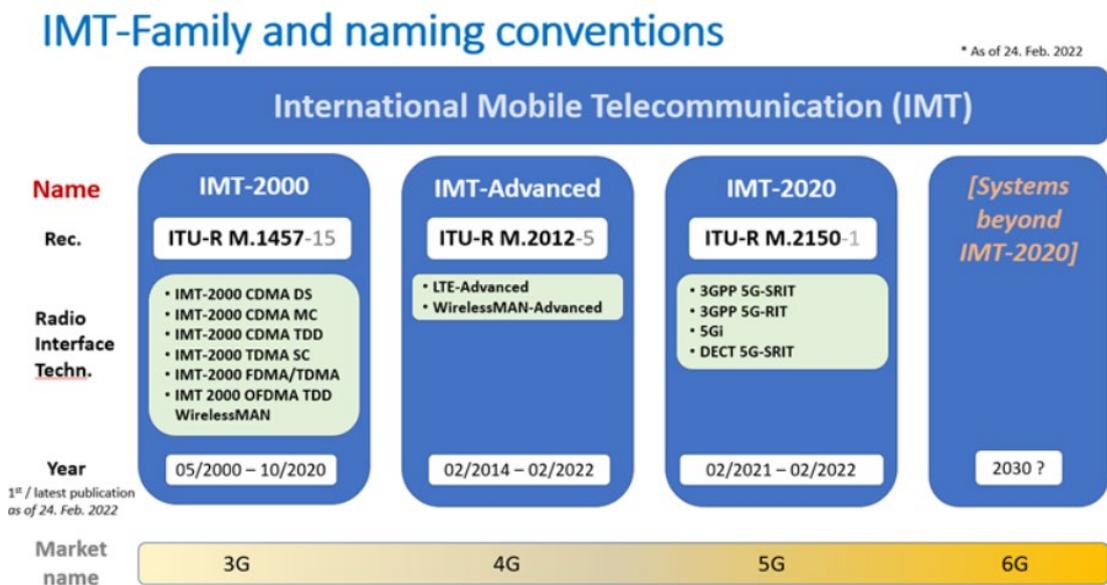
Abbildung 3: Zeitleiste der verschiedenen Mobilfunkgenerationen



Quelle: Samsung (2021), The Vision of 6G, S. 37. <https://cdn.codeground.org/nsr/downloads/research-reas/6G%20Vision.pdf>

Die institutionellen Träger von Mobilfunkstandards sind beispielsweise die Internationale Fernmeldeunion (ITU) und ETSI. Das 3rd Generation Partnership Project (3GPP) ist im Bereich der Spezifizierung der Standards tätig.

Abbildung 4: IMT-Standards

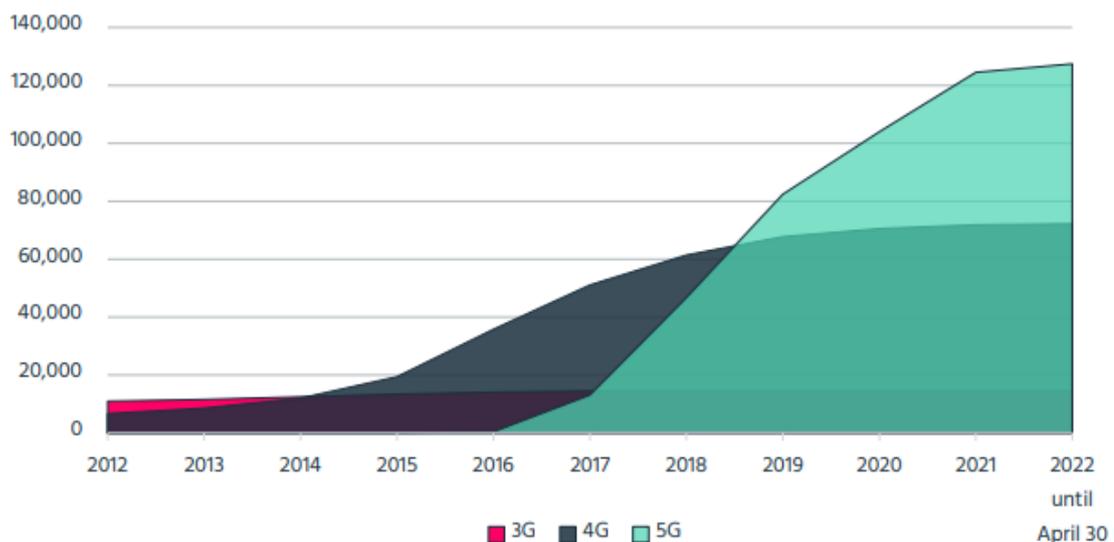


Quelle: <https://www.itu.int/hub/2022/02/mobile-broadband-standards-imt-5g/>

In den vergangenen Jahren haben sich neue Gremien und Fachverbände (z. B. Hexa-X, Next G Alliance, 5G ACIA, 5G AA) gebildet, in denen weltweite Anbieter von Netzwerktechnologien, Netzbetreiber, Wissenschaftseinrichtungen und Nachfrager gemeinsam an der Nutzung von neuen Technologien arbeiten und ihre Erkenntnisse frühzeitig in die weitere Standardisierung (von 6G) einbringen.¹⁶

Auch die Entwicklung der Beiträge zur Spezifizierung und Standardisierung von 5G zeigt, dass es einen hohen Bedeutungszuwachs dieser Funktechnologie gibt. Abbildung 5 zeigt, dass die Investitionen in 5G im Vergleich zu allen früheren Mobilfunkgenerationen bei weitem höher sind, wenn man die Anzahl eingereichten technischen Standardbeiträge zählt.

Abbildung 5: Kumulative Anzahl Beiträge technischer 3G-, 4G- und 5G-Standards nach Jahr der Einreichung beim 3GPP



Quelle: Pohlmann/Buggenhagen, (2022).

3.1.2 Mobilfunkpatente

Die Relevanz von Normen und Standards als Instrument für Wissens- und Technologietransfer ist anerkannt. Normen und Standards werden in der Regel in Zusammenarbeit vieler verschiedener Gruppen und Akteure erstellt. Dabei fehlen oftmals Indikatoren, die aufzeigen, welche Akteure sich inhaltlich beteiligt haben. Eine (indirekte) Möglichkeit um zu identifizieren, welche Akteure inhaltlich zur Normung und Standardisierung beigetragen haben, sind standardessentielle Patente (SEP).¹⁷

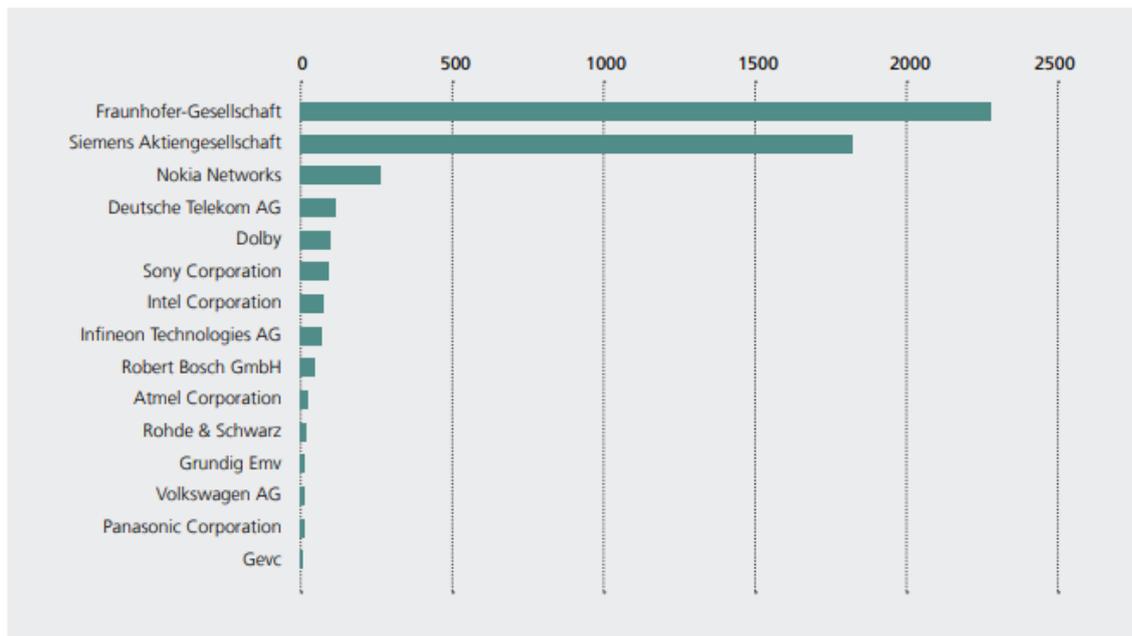
¹⁶ <https://hexa-x.eu/> und <https://www.nextgalliance.org/>

¹⁷ Eine andere Möglichkeit sind standardessentielle Publikationen, die in der Bibliographie von Standards gelistet sind. Siehe hierzu Fraunhofer Institut (2020), S. 10.

SEPs sind Patente, die Technologien schützen, die für eine Norm erforderlich sind. Derzeit gilt im Kontext der SEPs das sogenannte FRAND-System (fair, reasonable and non-discriminatory, FRAND), bei dem Standardisierungsteilnehmer zum einen aufgefordert werden, standardessentielle Patente offenzulegen und die Nutzung in Form von Lizenzen zu fairen, zumutbaren und diskriminierungsfreien Konditionen ermöglicht werden.¹⁸ Die EU-Kommission hatte im Februar 2022 eine öffentliche Konsultation gestartet, bei der sie involvierte Parteien um Beiträge zu den wichtigsten Problembereichen des derzeitigen Lizenzierungsrahmens gebeten hat.¹⁹ SEPs sind insbesondere seit dem Beginn der internationalen Standardisierung im Bereich des Mobilfunks weit verbreitet.²⁰

Abbildung 6 zeigt die Verteilung der etwas mehr als 5.000 SEPs deutscher Organisationen, wobei die Fraunhofer-Gesellschaft die aktivste Organisation in Deutschland ist, gefolgt von Siemens und Nokia.

Abbildung 6: Anzahl standardessenzieller Patente deutscher Organisationen (Stand 2020)



Anmerkung: insgesamt 5214 Patente, inkl. Mehrfachzählungen
Quelle: Fraunhofer-Institut (2020), S. 10.

Nach thematischen Klassen differenziert, entsprechend der Logik der International Patent Classification (IPC²¹), finden sich standardessentielle Patente neben dem Bereich

¹⁸ Siehe Gallego et al. (2015). und <https://www.din.de/de/din-und-seine-partner/presse/mitteilungen/leifaden-fuer-standardessentielle-patente-334174> Der Europäische Gerichtshof hat entschieden, dass standardessentielle Patente, also Mobilfunkpatente an Schlüsselstellen, die für Anwendungen wichtig sind, zu fairen Bedingungen lizenziert werden müssen. <https://www.wiwo.de/politik/deutschland/internet-der-dinge-die-unterschaetzte-bedeutung-von-standardessentiellen-patenten/26947388.html>

¹⁹ https://germany.representation.ec.europa.eu/news/neue-eu-gesetzgebung-zu-standardessentiellen-patenten-eu-kommission-startet-offentliche-konsultation-2022-02-16_de

²⁰ Bekkers, R.; Verspagen, B.; Smits, J. (2002).

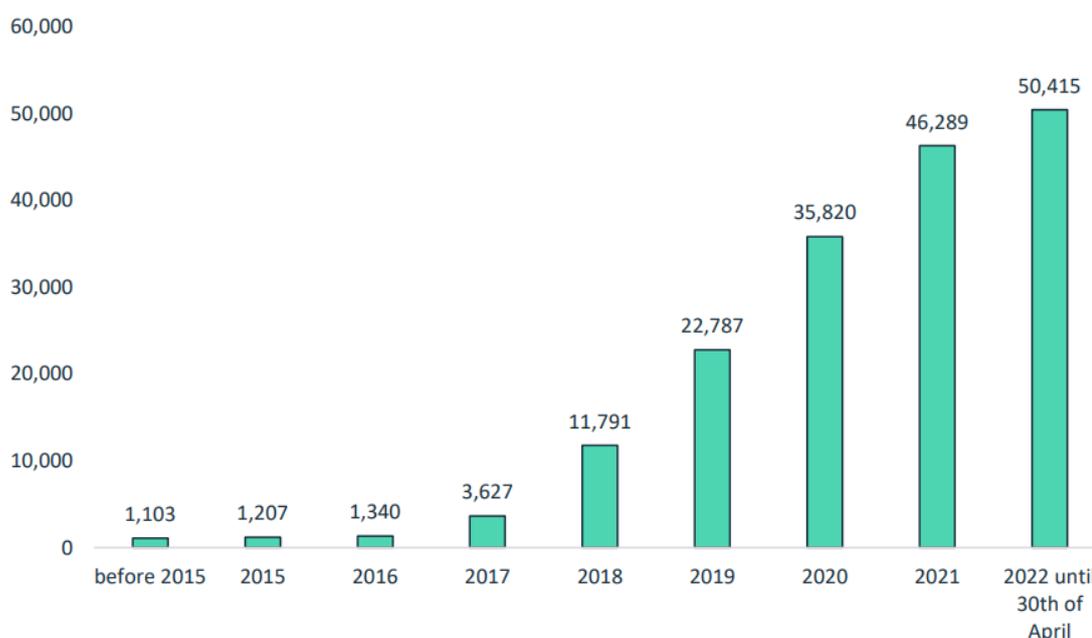
²¹ <https://www.wipo.int/classifications/ipc/en/>

der Sprachanalyse und -erkennung vor allem in der elektrischen Nachrichtentechnik, insbesondere zu drahtlosen Kommunikationsnetzen und zur Übertragung digitaler Information auf den ersten drei Plätzen wieder und machen fast 70 Prozent aller Deklarationen aus.²²

Differenziert nach Standards dominieren deutschlandweit Deklarationen bezüglich des Standards UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) mit fast 50 Prozent, gefolgt von GPRS (General Packet Radio Service), EVS (Enhanced Voice Services), LTE (Long Term Evolution) und 3GPP (3rd Generation Partnership Project), welches Standardisierungsaktivitäten zu GSM, UMTS, LTE und inzwischen auch 5G umfasst.²³

Abbildung 7 zeigt, dass im 1. Quartal 2022 mit über 50.000 kumulativen Patentanmeldungen für 5G ein starker Anstieg innerhalb der letzten vier Jahre stattgefunden hat.

Abbildung 7: Kumulative Anzahl der angemeldeten aktiven 5G-Patentfamilien (ausstehend und erteilt), nach Jahr der ersten Anmeldung (2022).



Quelle: Pohlmann/Buggenhagen (2022).

3.1.3 Standardisierungs- und Patententwicklungen im Bereich 5G / 6G

Während für 5G konkrete Anwendungsfälle im gewerblichen Kontext erprobt werden und der flächendeckende Einsatz für Massenmarktdienste (z. B. Video) stattfindet, befindet sich die Forschung und Pilotierung zu 6G im Stadium der Grundlagenforschung.

²² Fraunhofer Institut (2020), S. 10 ff.

²³ Ebenda.

 **China**

China verfolgt das Ziel, die internationale Zusammenarbeit in wichtigen 6G-Forschungsbereichen auszubauen. Das übergeordnete Ziel besteht darin, ein globales 6G-Ökosystem aufzubauen. Die Motivation, sich verstärkt für eine globale Zusammenarbeit bei 6G einzusetzen, dürfte auf die Spannungen mit verschiedenen westlichen Ländern bezüglich der Sicherheitsrisiken bei der 5G-Technologie zurückzuführen sein.²⁴ Neben strategischen Zielen verfolgen Marktakteure in China das operative Ziel der verstärkten Zusammenarbeit. So hat China seine Bemühungen und seine Präsenz in den bestehenden internationalen Normungsorganisationen, nämlich ISO, IEC, ITU und 3GPP, massiv verstärkt.²⁵ China hat bereits im Jahr 2019 insgesamt 830 technische Dokumentationen zu Spezifikationen in kabelgebundener Kommunikation an die ITU geschickt – mehr als jedes andere Land und auch mehr als die drei nachfolgenden Länder Südkorea, die USA und Japan zusammen.²⁶ Weil China zudem bei der Errichtung von 5G-Basisstationen den USA voraus ist, ist davon auszugehen, dass chinesische Unternehmen bei der Entwicklung von 6G-Standards darauf drängen, dass diese sich leicht mit 5G-Basisstationen verbinden lassen.²⁷

Im Bereich der 6G-Kommunikationstechnologie gab es Stand Juni 2021 laut Chinas Patentamt (China National Intellectual Property Administration – CNIPA²⁸) weltweit mehr als 38.000 Patentanmeldungen, davon entfielen allein auf China ca. 30 Prozent.²⁹ Eine Analyse von 20.000 Patentanmeldungen des japanischen Cyber Creative Instituts zufolge hatten chinesische Unternehmen im Jahr 2021 sogar einen Anteil von 40,3 Prozent der weltweiten 6G-Patentmeldungen.³⁰

 **Europa**

In der Europäischen Union wird unter anderem im Rahmen der Initiative Hexa-X seit Anfang 2021 zu 6G geforscht.³¹ Anfang Juli 2022 ist mit dem Forschungsprojekt 6G-ANNA, ein durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördertes Projekt, gestartet, welches zusammen mit anderen europäischen Initiativen eine Führungsrolle bei der globalen Vorstandardisierung einnehmen soll. Geleitet wird das Verbundprojekt, wie bereits das andere europäische 6G-Leuchtturmprojekt Hexa-X, von Nokia.³²

24 http://german.china.org.cn/txt/2022-03/24/content_78128338.htm

25 Rühlig (2020), S. 21.

26 <https://www.ft.com/content/858d81bd-c42c-404d-b30d-0be32a097f1c>

27 Choi (2022).

28 <https://english.cnipa.gov.cn/>

29 <https://recordtrend.com/5g-industry/report-on-patent-development-of-6g-communication-technology-from-state-intellectual-property-office/>

30 Nikkei Asia: China accounts for 40% of 6G patent applications: Survey. <https://asia.nikkei.com/Business/Telecommunication/China-accounts-for-40-of-6G-patent-applications-survey>,

31 <https://hexa-x.eu/>

32 <https://www.forschung-it-sicherheit-kommunikationssysteme.de/projekte/6g-anna>

Im Zusammenhang mit Patenten veröffentlichte Europa im Jahr 2017 die Leitlinien *Setting out the EU approach to Standard Essential Patents*³³. Allerdings gibt es weiterhin erhebliche Meinungsverschiedenheiten zwischen den Interessengruppen in Bezug auf die Lizenzierung von SEPs. Dies führt zu erheblicher Unsicherheit in einer Zeit, in der EU-Unternehmen einem zunehmenden Wettbewerb aus aller Welt ausgesetzt sind.³⁴ Bekanntestes Beispiel der letzten Jahre ist der Fall Daimler/Nokia, der Ende 2020 am Europäischen Gerichtshof verhandelt wurde. Bei der Frage, wer die Lizenzgebühr für die sogenannten standardessenziellen Patente auf Kommunikationstechnik zahlen soll, war Daimler der Ansicht, dass Zulieferer, die diese Mobilfunkeinheiten für Autohersteller bauen, die entsprechenden Patentgebühren zahlen sollten. Nokia hingegen wollte die Lizenzen direkt an die Autobauer vergeben. In dem jahrelang andauernden Patentstreit einigten sich Daimler und Nokia schlussendlich außergerichtlich im Juni 2021, indem sich Daimler zu Lizenzzahlungen an Nokia bereit erklärte.³⁵

USA

Auch für die USA ist es von geopolitischer Bedeutung, den 6G-Standard mitzugestalten und amerikanische Unternehmen für diese Technologie zu positionieren und zu fördern. Diese Bedeutung lässt sich in mehreren politischen Initiativen, wie der Nationalen Strategie zur Sicherstellung der 5G Implementierung³⁶ und dem am 20. Oktober 2021 im US-Senat eingebrachten Next Generation Telecommunications Act erkennen.³⁷ Das 6G Leuchtturm Forschungsprojekt *Next G Alliance* wurde in den USA mit dem ausdrücklichen Ziel ins Leben gerufen, um die nordamerikanische Führung beim 6G-Mobilfunkstandard zu fördern.³⁸

Bei Patenten wird derzeit auch in den USA über eine Reform des bestehenden SEP-Rahmenwerks konsultiert. Das US-Justizministerium (DoJ), das US-amerikanische Patent- und Markenamt (USPTO) sowie das National Institute of Standards and Technology (NIST) veröffentlichten im Dezember 2021 den *Draft policy statement on licencing negotiations and remedies for standards-essential patents subject to voluntary F/RAND commitments*.³⁹ Darin heißt es, dass ein Prozess des freiwilligen Konsenses zwischen Patentinhaber und Anwender bei Lizenzverhandlungen gefördert werden soll. Zudem wird der Umfang der Rechtsmittel die Patentinhabern zur Verfügung stehen angesprochen,

33 <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/26583>

34 Die Kommission hat Anfang 2022 eine Call for Evidence ausgeschrieben, bei der eine Impact Assessment durchgeführt werden soll. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13109-Intellectual-property-new-framework-for-standard-essential-patents_en

35 <https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/mobilfunk-patentstreit-daimler-und-nokia-einigen-sich-aussergerichtlich-a-46ef5e8b-ea68-4dc5-a438-e603764c12bd>

36 https://www.ntia.gov/files/ntia/publications/2021-1-12_115445_national_strategy_to_secure_5g_implementation_plan_and_annexes_a_f_final.pdf

37 <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/senate-bill/3014/text>

38 Siehe auch Baischew et al. (2021).

39 <https://www.justice.gov/opa/press-release/file/1453826/download>

wobei die grundlegenden Patentrechte, die in der Erklärung des Justizministeriums (DoJ) von 2019 zum selben Thema noch hervorgehoben wurden, geschwächt werden.⁴⁰

Japan

Für die japanische Regierung ist es eine Kernherausforderung, die japanischen Netzwerkunternehmen wieder an die Weltspitze heranzuführen. Im Juni 2020 hatte die japanische Regierung das Programm *Beyond 5G Promotion Strategy* vorgestellt. In diesem Programm ist die Vision der Gesellschaft 2030+ beschrieben. Erste Ergebnisse sollen der Welt auf der Expo 2025 in Osaka Kansai vorgestellt werden. Die Grundprinzipien des Programms sind ein globaler Marktansatz (als Abkehr vom bisherigen Fokus auf den japanischen Markt), die Erschaffung eines Innovationsökosystems mit internationalen Partnern und mehr als 10 Prozent der standardessenziellen Patente bei japanischen Unternehmen.⁴¹ Im März 2022 schlossen sich Toyota Motors, NEC und andere japanische Unternehmen in einer von der Regierung unterstützten Gruppe zusammen, um technologische Anforderungen für die zukünftige 6G-Mobilfunkkommunikation vorzuschlagen.⁴²

Zudem startete Japan im November 2021 eine bilaterale Forschungspartnerschaft mit Finnland, bei der die Universität Tokio und die Universität Oulu sowie andere und weiteren Partnern wie NTT Docomo, KDDI, Softbank und Rakuten zusammenarbeiten. In den nächsten Jahren sollen dabei ein Fahrplan für den 6G-Standard erstellt und technologische Komponenten getestet werden.⁴³

Südkorea

In Südkorea nimmt Samsung eine führende Rolle bei der Weiterentwicklung von Netzwerktechnologien ein. Samsung lag 2020 bei der Anzahl der erteilten Patente für 5G auf dem ersten Platz.⁴⁴

⁴⁰ <https://www.justice.gov/atr/page/file/1228016/download>

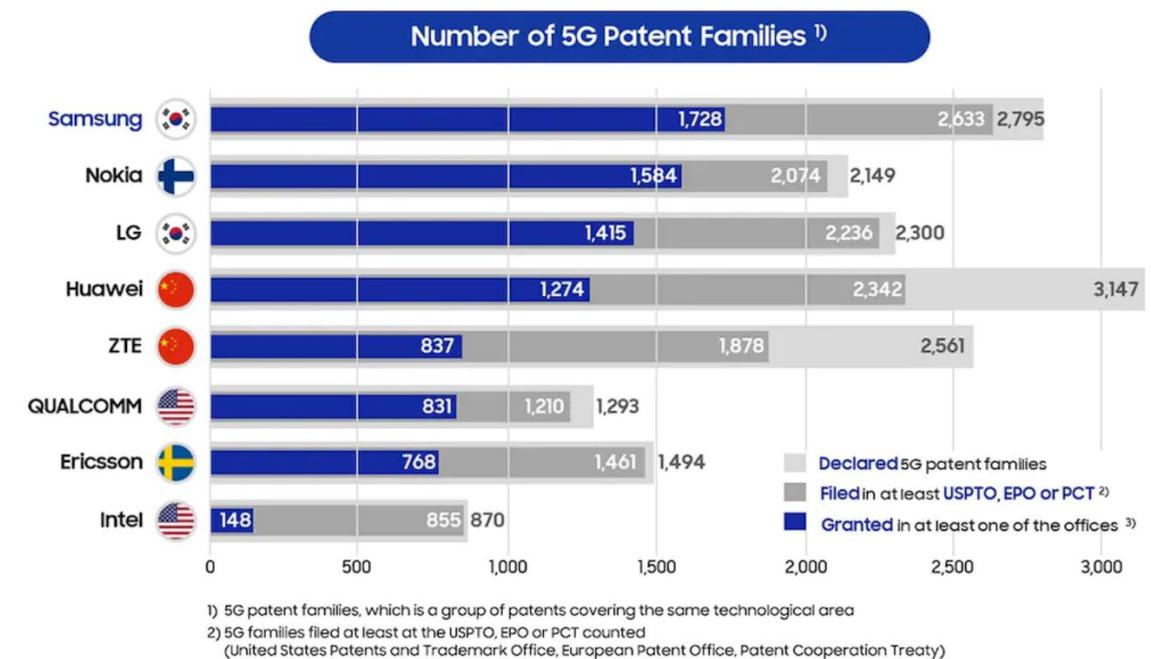
⁴¹ https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/eng/presentation/pdf/Beyond_5G_Promotion_Strategy.pdf

⁴² <https://asia.nikkei.com/Business/Telecommunication/Japan-eyes-6G-lead-with-global-standards-backed-by-Toyota-others>

⁴³ <https://www.hardwo.com/2022/03/20/japan-is-laying-the-groundwork-for-6g-standards/>

⁴⁴ Wenn man nur die angemeldeten 5G-Familien zählt, die zumindest beim EPA, USPTO oder über den PCT eingereicht wurden. Pohlmann/Blind (2020), S. 10.

Abbildung 8: Anzahl deklarierte und gemeldete 5G-Patentfamilien nach Unternehmen, 2020

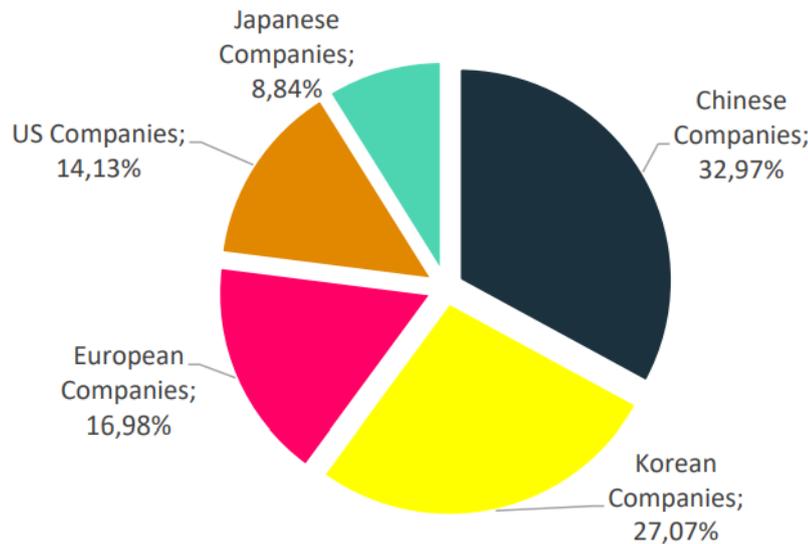


Quelle: Pohlmann/Blind (2020).

Insbesondere besitzt Samsung 2.633 angemeldete 5G-Patentfamilien, die mindestens beim United States Patent and Trademark Office (USPTO), dem Europäischen Patentamt (EPA) oder dem Patent Cooperation Treaty (PCT) eingereicht wurden, und 1.728 5G-Patentfamilien, die von mindestens einem der oben genannten Patentämter erteilt wurden. Damit lag Südkorea bei den deklarierten 5G-Patenten im Jahr 2020 mit 27 Prozent Anteil knapp hinter China mit 33 Prozent Anteil.⁴⁵

⁴⁵ Pohlmann/Blind (2020), S.12.

Abbildung 9: Gemeldete 5G-Familien (erteilte oder anhängige Anmeldungen) pro Land des Hauptsitzes des Patentinhabers, 2020



Quelle: Pohlmann/Blind (2020), S.12.

Zum Vergleich besitzt Südkorea bislang nur einen Anteil von unter 5 Prozent bei 6G-Patenten.⁴⁶ Südkorea will seine Interessen bei 6G auch durch Aktivitäten innerhalb der ITU unterstützen. Dabei hilft die Tatsache, dass seit 2021 zwei Vorsitze der ITU, die sich mit 6G-Standardisierung beschäftigen, von ehemaligen südkoreanischen Samsung-Ingenieuren geleitet werden.⁴⁷

3.2 Staatliche (Forschungs-)Förderung

3.2.1 Finanzielle Fördermittel

Expertenbefragungen im Rahmen dieser Studie wie auch die Literatur zeigen, dass die Stimulierung der staatlichen Nachfrage in Bereichen wie Verwaltung, Verkehr, Energie, Bildung oder Gesundheit die Innovationstätigkeit der Wirtschaft anregen sowie die Kommerzialisierung und Diffusion innovativer Lösungen begünstigen kann.⁴⁸ Schätzungen zufolge beträgt der Anteil der staatlichen Beschaffung ca. 12 Prozent am Bruttoinlandsprodukt im Durchschnitt der OECD-Länder.⁴⁹ Insbesondere China und Südkorea setzen

⁴⁶ Cyber Creative Institute und Nikkei Asia: <https://asia.nikkei.com/Business/Telecommunication/China-accounts-for-40-of-6G-patent-applications-survey>

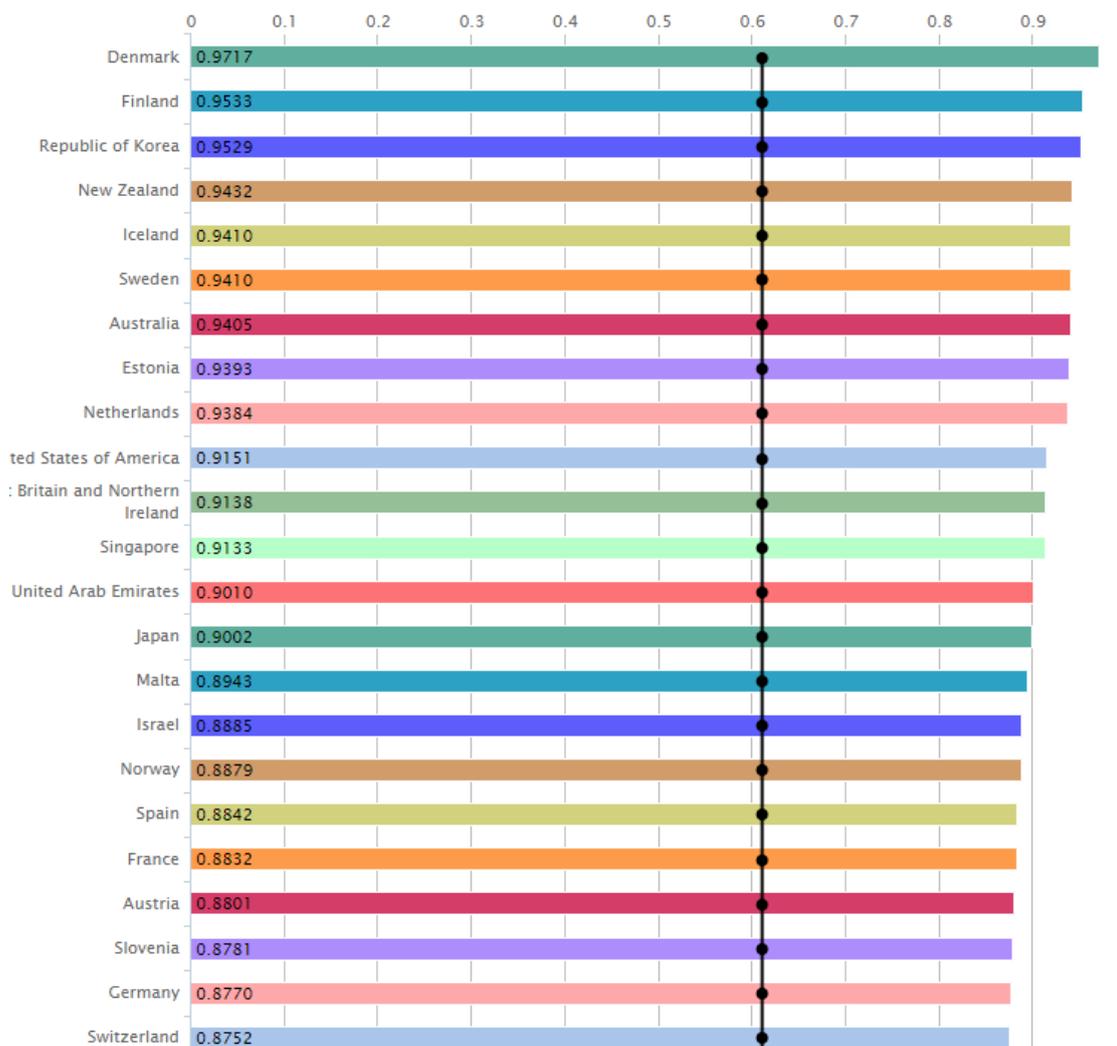
⁴⁷ <http://www.businesskorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=70287>

⁴⁸ Z. B. Slavtchev und Wiederhold (2016). Czarnitzki, Hünermund und Moshgbar (2018) und Crespi und Guarascio (2019) finden Evidenz für den positiven Zusammenhang.

⁴⁹ OECD (2011).

auf die staatliche Nachfrage als Pull-Faktor. Dabei erfolgt der Einsatz von 5G-Technologien beispielsweise im öffentlichen Dienst in Form eines verstärkten E-Government Einsatzes in der Verwaltung (siehe Abbildung 10).

Abbildung 10: Weltweit führende E-Government-Länder auf der Grundlage des E-Government Development Index (EGDI) im Jahr 2022



Quelle: <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/Data/Compare-Countries>

Neben der Förderung der staatlichen Nachfrage investieren insbesondere Staaten aus Europa und die USA jährlich beträchtliche Summen in die Förderung von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten mit dem Ziel, die technologische Wettbewerbsfähigkeit ihrer Wirtschafts- und Wissenschaftslandschaft zu erhalten und für die Zukunft zu steigern.⁵⁰ In der Regel werden dabei der Grad der Zielerreichung, die Wirksamkeit und die Effekte

⁵⁰ Für die mehrstufige Förderung von 5G in Deutschland durch das BMDV siehe <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/5g.html?nn=441538>

staatlicher Förderprogramme durch Wirkungsanalysen geprüft, die den Erfolg von Maßnahmen beurteilen und beitragen sollen, die Fördereffizienz zu verbessern.

3.2.2 Staatliche Förderung von 5G / 6G im Vergleich



Südkorea

Die Regierung Südkoreas stufte die Bedeutung von 5G für die Industrie früh als hoch ein. Das verdeutlicht unter anderem das bereits im Jahr 2013 gegründete 5G-Forum.⁵¹ Dabei bildet die staatliche Nachfrage nach 5G-Technologien einen substanziellen Bestandteil der südkoreanischen 5G-Strategie. Seit der kommerziellen Einführung von 5G-Diensten wurde im April 2019 die 5G+ Strategie verkündet.⁵² Als einer von fünf Strategietypen wurden öffentliche Investitionen genannt.⁵³

Südkorea hat mit einem Index von 0,9529 einen der höchsten E-Government-Development-Index-Werte der Welt (siehe Abbildung 10). Im August 2022 hat Samsung bekannt gegeben, dass es für den Aufbau eines 5G-Netzes für fünf Regierungsbehörden sowie für private Unternehmen im Land ausgewählt wurde. Die Netze werden die 4,7-GHz- und 28-GHz-Bänder nutzen, bei denen es sich um dedizierte private 5G-Frequenzbänder in Südkorea handelt.⁵⁴ Im Bereich der öffentlichen Infrastruktur werden 5G-basierte Echtzeit-Überwachungssysteme eingesetzt (z. B. Flughäfen und Eisenbahn) und in staatlichen Krankenhäusern wird 5G im Bereich der Telemedizin eingesetzt.



China

Mit hohen Investitionen von über 58 Mrd. EUR haben die chinesischen Telekommunikationsbetreiber ihre Arbeit an 5G-Netzen erheblich beschleunigt, mehr als jedes andere Land.⁵⁵ Chinas Maßnahmen zur Aufstockung der Ressourcen für die Förderung der 5G-Anwendung werden den Informationskonsum und die industrielle Aufwertung weiter ankurbeln. Der Erfolg von 5G in China ist auf mehrere wichtige nationale Richtlinien zurückzuführen. Eine davon ist die Initiative Made in China 2025, die auf eine stärkere Nutzung von Industrierobotik und -automatisierung mit entsprechender Konnektivität in zehn strategischen Sektoren abzielt, unter anderem Landwirtschaft, Luft- und Raumfahrt, Schifffahrt und Eisenbahnausrüstung. Es ist davon auszugehen, dass seit dem Start des

⁵¹ [5G Forum](#)

⁵² <https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156325462>

⁵³ Die feldspezifischen Strategien werden in fünf Typen eingeteilt: (i) öffentliche Investitionen, (ii) Anreize für private Investitionen, (iii) regulatorische Revisionen, (iv) Bau von Infrastruktur und (v) Unterstützung von (ausländischen) Exporten.

⁵⁴ <https://5gobservatory.eu/samsung-to-build-private-5g-network-for-the-korean-government/>

⁵⁵ Bis 2025 werden die Investitionen Chinas in sein 5G-Netz voraussichtlich 172 Millionen EUR erreichen. Gleichzeitig wird es mehr als 500 Millionen an Investitionen in die vor- und nachgelagerte Industriekette auslösen. <https://fuenf-g.de/en/2022/09/08/chinas-exorbitant-5g-investments-raise-eyebrows/>

Programms im Jahr 2015 die Hauptempfänger von staatlichen Subventionen vor allem Technologieunternehmen sind, die eng mit Made in China 2025 verbunden sind.⁵⁶

Unterstützt durch Förderprojekte wird 5G drei Jahre nach ihrer Kommerzialisierung in 40 der 97 wichtigsten Wirtschaftskategorien angewendet, unter anderem in Bergwerken und Häfen.⁵⁷ Die groß angelegte Nutzung von 5G sorgt sowohl in den Wirtschaftssektoren als auch im Hinblick auf die Entwicklung von 5G-Ökosystemen für Dynamik. Dies wiederum könnte eine gute Voraussetzung für einen zukünftig schnellen Einsatz von 6G sein.

Europa

In Europa unterstützt die Europäische Kommission Forschungsvorhaben in den Bereichen 5G und 6G durch verschiedene Finanzierungsprogramme. Im November 2021 wurde mit der Verordnung (EU) 2021/2085 des Rates das Gemeinsame Unternehmen SNS als Rechts- und Fördereinrichtung eingerichtet.⁵⁸ Das Gemeinsame Unternehmen SNS (SNS JU - Smart Networks and Services Joint Undertaking) verfügt über einen EU-Haushalt von 900 Mio. EUR für den Zeitraum 2021-2027. Anfang Oktober 2022 hat das SNS sein erstes Portfolio von 35 Forschungs-, Innovations- und Erprobungsprojekten ausgewählt, um die Entwicklung von 5G-Ökosystemen zu ermöglichen und die 6G-Forschung in Europa zu fördern. Mit einer Gesamtfinanzierung dieses neuen Portfolios in Höhe von rund 250 Mio. EUR im Rahmen von Horizont Europa⁵⁹ sollen europäische 5G-Systeme aufgebaut und die europäischen Forschungsaktivitäten für 6G-Technologien erweitert werden.⁶⁰

USA

Im Sommer 2022 verkündeten mehrere US-amerikanische Bundesbehörden, dass sie planen, 5G zu nutzen um damit einerseits ihre Geschäftsabläufe zu verbessern und neue Anwendungen bereitzustellen und andererseits die Technologie zu fördern.⁶¹ Das US-Landwirtschaftsministerium kündigte an, 5G zur Unterstützung der Präzisionslandwirtschaft einsetzen zu wollen.⁶² Das Energieministerium prüft, wie Drohnen die Reichweite eines 5G-Netzes erweitern könnten.⁶³ Das Verkehrsministerium möchte 5G zur Unterstützung von automatisierten Fahrsystemen und intelligenten Verkehrssystemen

⁵⁶ <https://www.ft.com/content/f7df0f64-25b5-4526-82fa-ca1b554b541b>

⁵⁷ http://www.china.org.cn/business/2022-08/11/content_78367270.htm

⁵⁸ <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/2085>

⁵⁹ Horizont Europa ist das zentrale Finanzierungsprogramm der Union für Forschung und Innovation. https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/horizon-europe_de

⁶⁰ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/smart-networks-and-services-joint-undertaking> und <https://era.gv.at/news-items/smart-networks-and-services-ju-selects-35-new-projects-worth-250-million/>

⁶¹ <https://fedtechmagazine.com/article/2022/08/civilian-federal-agencies-look-leverage-5g>

⁶² <https://fedtechmagazine.com/article/2022/08/edge-computing-lets-agencies-conduct-complex-projects-distance>

⁶³ <https://www.energy.gov/science/articles/how-5g-may-boost-science-research>

nutzen.⁶⁴ Neben diesen Bundesbehörden nutzt insbesondere das Verteidigungsministerium 5G.⁶⁵

Im Bereich 6G kündigte der US-Kongress Anfang 2022 an, mindestens zwei parteiübergreifende Gesetzesentwürfe zu verabschieden, die sich mit 6G-Fortschritten befassen.⁶⁶ Im Dezember 2021 verabschiedete das US-Repräsentantenhaus den FUTURE Networks Act, welcher die Einrichtung einer 6G-Taskforce vorsieht. Diese soll den Status der von der Industrie geführten Gremien, die derzeit an 6G-Normen arbeiten, bewerten.⁶⁷ Zudem hätte die Task Force die Aufgabe aufzuzeigen, wie verschiedene Regierungsebenen zusammenarbeiten könnten, um die 6G-Technologie zu fördern. Der FUTURE Networks Act wird voraussichtlich 2022 im Senat diskutiert und abgestimmt.⁶⁸

Ein weiterer Gesetzesentwurf, der sich mit der Entwicklung von 6G befasst, ist der Next Generation Telecommunications Act, der im Oktober 2021 vorgestellt wurde.⁶⁹ Der Vorschlag zielt darauf ab, den Next Generation Telecommunications Council (Rat für Telekommunikation der nächsten Generation) einzurichten, eine Gruppe, die sich aus 15 Interessenvertretern zusammensetzt, von Telekommunikationsexperten bis hin zu einem von der FCC ernannten Vertreter des stellvertretenden Handelsministers. Laut dem eingebrachten Gesetzentwurf wäre das Hauptziel des Rates die Beratung des Kongresses zu 6G-Fortschritten und anderen drahtlosen Kommunikationstechnologien, einschließlich der Nutzung solcher Technologien für intelligente Städte oder Gemeinden.

Japan

Innerhalb des verantwortlichen Ministeriums für Kommunikation (MIC) wurde ein Beyond 5G Promotion Consortium eingerichtet, mit dem Ziel der Koordination und Beratung zwischen Industrie, Forschungseinrichtungen und Politik. Darüber hinaus koordiniert eine Task Force die Aktivitäten mit dem Council for Science, Technology and Innovation - CSTI (Cabinet Office – CAO) sowie IT- und Cybersecurity-Einrichtungen.⁷⁰

⁶⁴ <https://www.transportation.gov/AV>

⁶⁵ <https://www.defense.gov/News/Releases/Release/Article/2376743/dod-announces-600-million-for-5g-experimentation-and-testing-at-five-installati/>

⁶⁶ <https://www.6gworld.com/exclusives/6g-trend-promises-to-strengthen-as-us-congress-votes-next-gen-bills/>

⁶⁷ <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/4045/text>

⁶⁸ <https://www.6gworld.com/exclusives/us-house-of-representatives-passes-6g-task-force/>

⁶⁹ <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/senate-bill/3014/text>

⁷⁰ https://www.dwih-tokyo.org/files/2021/12/211130_6G-Forschung-in-Japan-Zusammenarbeit-mit-Deutschland_30Nov2021.pdf

3.3 Cybersicherheit

3.3.1 Zunehmende Bedeutung von Cybersicherheit im Mobilfunk

Verstärkt zeigen empirische Studien, dass die Gewährleistung von Cybersicherheit und die damit einhergehende Unsicherheit Hauptthemnisse der Digitalisierung darstellen.⁷¹ Cybersicherheit wird als einer der kritischen Erfolgsfaktoren bei der Verbreitung von mobilen Geschäftsanwendungen identifiziert.⁷²

Bei der Einführung neuer Technologien, wie in der Vergangenheit beispielsweise Cloud-Computing, wird fehlendes Vertrauen in Datenschutz und Datensicherheit als das größte Hemmnis bei einer Verbreitung dieser Technologie ausgemacht.⁷³ Verstärkt mit der Einführung von 5G und der Auswirkung der fortschreitenden Virtualisierung der Mobilfunknetze ist Netzwerksicherheit ein zentraler Faktor für viele Länder bei die Entwicklung und Verbreitung neuer Mobilfunktechnologien geworden. Unterschiedliche Sicherheitsvorgaben und auch Zertifizierungsprozesse setzen dabei ein Ökosystem unter Stress, wenn dieses vom Grundsatz her auf eine Maximierung von Skalen durch einheitliche Standards und Systemarchitekturen ausgelegt ist.

Aktuell zeichnet sich hier ab, dass der Einsatz von Netzwerktechnologien zunehmend bei der digitalen Transformation als erfolgskritisch eingestuft wird, so dass die Sicherheitsanforderungen perspektivisch zunehmen werden.

3.3.2 5G / 6G-Cybersicherheitsunternehmungen im Vergleich

Während das Thema Cybersicherheit vor dem Hintergrund der geopolitischen Anstrengungen bei den Technologieunternehmen eine steigende Rolle einnimmt, verstärken staatliche Stellen ihre diesbezüglichen Anstrengungen. An dieser Stelle sollen entsprechende Maßnahmen in den USA, Europa und in Deutschland illustrativ vorgestellt werden.

⁷¹ Brockhaus et al.(2020).

⁷² Büllingen et al.(2009).

⁷³ Bräuninger et al.(2012).



USA

Die USA hat die Bewertung von Cybersicherheitsrisiken für 5G als einen von insgesamt vier zentralen Aspekten ihrer nationalen 5G-Strategie definiert.⁷⁴ So betont das Heimatland Ministerium (Department of Homeland Security) auf ihrer Webseite, dass man sich der geopolitischen Implikationen der neuen 5G- und 6G-Technologien bewusst ist.⁷⁵ In Zusammenarbeit mit der Direktion Wissenschaft und Technologie (S&T) arbeitet das Ministerium daran, das Bewusstsein und das Verständnis für die Einführung der 5G-Technologie zu erhöhen und gleichzeitig erste Gespräche über 6G zu führen. Im Dezember 2021 veröffentlichte das Heimatland Ministerium den Bericht *5G: The Telecommunications Horizon and Homeland Security*⁷⁶, welcher Informationen und Einblicke auf die Entwicklungen von 5G und 6G und die damit verbundenen Auswirkungen auf das Homeland Security Unternehmen (HSE) gibt.⁷⁷



Europa

Im Mai 2022 veröffentlichte die Europäische Behörde für Cybersecurity (The European Union Agency for Cybersecurity, ENISA) einen Bericht über die Sicherheit von 5G-Netzen mit Fokus auf Open RAN.⁷⁸ In dem Bericht werden eine Reihe von Sicherheits Herausforderungen im Zusammenhang mit offenen RAN-Netzen genannt. Gleichzeitig kann Open RAN aber auch Möglichkeiten zur Verbesserung der Sicherheit des Funkzugangsnetzes bieten, sofern bestimmte Bedingungen erfüllt sind.⁷⁹

In Anlehnung an den chinesischen Ausrüsterbann von 2019 hatte die Europäische Union bereits im Januar 2020 eine Toolbox mit Maßnahmen zur Abschwächung von Cybersicherheitsrisiken entwickelt.⁸⁰

Die EU-Toolbox liefert für individuelle Risiken eine Vorgehensweise bzw. ein Maßnahmenpaket. Dabei wurden die Risiken in verschiedene Szenarien eingeteilt, von Risiken aufgrund unzureichender Sicherheitsmaßnahmen über Risiken im Zusammenhang mit der 5G-Lieferkette bis zu Risiken in Verbindung mit Endgeräten und Endnutzern.⁸¹

Auf der Grundlage der EU-weiten koordinierten Risikobewertung der Sicherheit von 5G-Netzen enthält das Instrumentarium Empfehlungen für strategische und technische Schlüsselmaßnahmen (siehe Abbildung 11).

⁷⁴ Die anderen Schwerpunkte sind: i) Förderung der Einführung von 5G auf dem heimischen Markt, ii) Bewältigung von Risiken für die wirtschaftliche und nationale Sicherheit der Vereinigten Staaten während der Einführung und des Ausbaus von 5G weltweit und iii) Förderung eines verantwortungsvollen globalen Aufbaus einer sicheren und zuverlässigen 5G-Infrastruktur. GSMA (2018)

⁷⁵ <https://www.dhs.gov/science-and-technology/5g6g>

⁷⁶ Department of Homeland Security (2021).

⁷⁷ Ebenda.

⁷⁸ <https://ec.europa.eu/newsroom/dae/redirection/document/86603>

⁷⁹ Ebenda.

⁸⁰ <https://www.enisa.europa.eu/news/enisa-news/5g>

⁸¹ NIS Cooperation Group (2020), S. 5 ff.

Beispielsweise sollen im Fall von Anbietern, die als mit einem hohen Risiko behaftet gelten, nationale Behörden gestärkt werden, damit Mitgliedstaaten das Risikoprofil dieser Anbieter bewerten und entsprechende Beschränkungen durchsetzen können. Die Stärkung nationaler Behörden ist eine strategische Maßnahme. Technische Maßnahmen beinhalten, dass Sicherheitsmaßnahmen im Bereich der Technologien, der Prozesse aber auch der individuellen Hardware- und Software-Komponenten durchgeführt werden.

Abbildung 11: EU-Toolbox zur Abschwächung von Cybersicherheitsrisiken



Quelle: <https://ec.europa.eu/newsroom/dae/redirection/document/64511>

Insgesamt ist es auf EU-Ebene wichtig, dass für einen besseren Schutz eine Koordination der Maßnahmen stattfindet. Zwar haben einige Länder entsprechende Gesetze erlassen, oftmals fehlt es doch noch an einer konsequenten Umsetzung.

Neben den strategischen und technischen Maßnahmen beinhalten Unterstützungsmassnahmen deshalb unter anderem den Austausch von Best Practices und die Entwicklung eines EU-Zertifizierungssystems.



Deutschland

Ein Zertifizierungsprogramm für 5G-Komponenten hat in Deutschland das Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik (BSI) im Sommer 2022 gestartet. Das Zertifizierungsschema auf Grundlage des GSMA-NESAS-Bewertungsschemas trägt den Namen NESAS Cybersecurity Certification Scheme – German Implementation (NESAS CCS-GI)

und ermöglicht Herstellern die Einhaltung geforderter Sicherheitseigenschaften durch ein IT-Sicherheitszertifikat nachzuweisen.⁸²

Im Februar 2022 hatte das BSI eine Studie über die Sicherheitsrisiken von Open-RAN-Netzen nach dem 3GPP-Standard veröffentlicht.⁸³ Dabei wurden die Sicherheitsrisiken jeweils aus drei verschiedenen Perspektiven betrachtet: aus der des Nutzers, der Betreiber sowie des Staates, also die gesellschaftliche Perspektive. Da viele Spezifikationen im Hinblick auf Open-RAN-Anwendungsfälle noch relativ unspezifisch sind, wurden jeweils ein Worst-Case-Szenario (keine Sicherheitsmaßnahmen vorliegend) und eine Best-Case-Betrachtung (sämtliche Sicherheitsvorkehrungen getroffen) durchgespielt.⁸⁴

Schließlich hat das BSI ein neues Förderprogramm zum Thema Cybersicherheit und digitale Souveränität im Bereich 5G / 6G aufgelegt. Ausgestattet mit 60 Mio. EUR starten ab dem 1. Januar 2023 ausgewählte Projekte mit dem Ziel, 5G- und zukünftige 6G-Ökosysteme zu sichern, Markteintrittsbarrieren für sichere und moderne Netzwerktechnologien zu reduzieren und Sicherheitslücken zu schließen.⁸⁵

4 Technologische Entwicklungen

Durch eine veränderte Nachfrage (vom Massenmarkt zu spezialisierten Anwendungen bei Verticals) und neuerem softwarebasierten Technologien verändert sich die Wertschöpfungskette bei der Bereitstellung von Mobilfunkdiensten. Neue Unternehmen treten in den Markt ein, wodurch sich die Marktstruktur sowie die traditionelle Wettbewerbslandschaft verändern. Im Folgenden wird auf relevante technologische Entwicklungen im Bereich 5G / 6G und ihre Auswirkungen auf die Marktstruktur eingegangen.

4.1 Entwicklungen Open RAN

4.1.1 Open-RAN-Technologie

Traditionell werden Mobilfunknetze als proprietär geschlossene Systeme aufgebaut. Die im Funkzugangsnetz eingesetzten Komponenten stellen eine spezialisierte Hardware dar, die sich hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit von Standardhardware mit deren Chips unterscheiden. Um einen umfassenden Austausch von Hardware bei der Einführung

⁸² https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/Standards-und-Zertifizierung/Zertifizierung-und-Anerkennung/Zertifizierung-von-Produkten/Zertifizierung-nach-NESAS/NESAS-CCS-GI_node.html Weitere Informationen unter: https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/Standards-und-Zertifizierung/Zertifizierung-und-Anerkennung/Zertifizierung-von-Produkten/Zertifizierung-nach-NESAS/Dokumente/Dokumente_node.html

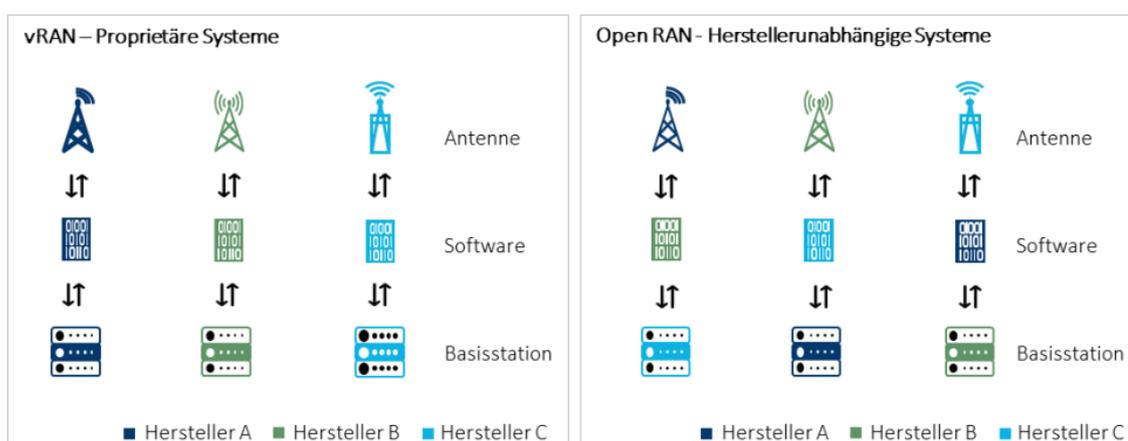
⁸³ BSI (2022).

⁸⁴ BSI (2022), S. 40 ff.

⁸⁵ Für weitere Informationen siehe https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/Informationen-und-Empfehlungen/5-G/KoPa45/Cyber-Sicherheit-digitale-Souveraenitaet-5G-6G_node.html

eines neuen Mobilfunkstandards zu vermeiden, haben etablierte Netzkaufrüster (Ericsson, Nokia, Huawei und Co.) mit dem Übergang zu 4G mit der Virtualisierung solcher proprietären System begonnen, die mit der Einführung von 5G weiter verstetigt wurden.⁸⁶ Open RAN basiert ebenfalls auf eine Trennung und Disaggregation von Hardware und Software sowie einem softwaredefinierten Ansatz unter Nutzung von SDN und NFV.⁸⁷ Im Gegensatz zu proprietären Systemen sind die einzelnen Netzkomponenten und Schnittstellen modular, offen und flexibel einsetzbar. Mit dem Open-RAN-Konzept wird das Ziel verfolgt, einzelne Netzwerkkomponenten herstellerübergreifend miteinander zu kombinieren.⁸⁸

Abbildung 12: Gegenüberstellung von proprietären (vRAN) und offenen (Open-RAN)-Systemen bei 5G-Funkzugangsnetzen



Quelle: In Anlehnung an Basecamp (2020).

4.1.2 Neue Marktakteure durch Open RAN

Um das Angebot von Netzwerkkomponenten zu erhöhen, treten Mobilfunknetzbetreiber für Open-RAN-Konzepte ein, um u.a. auch Lock-in-Effekte zu verringern. Darauf reagieren Netzinfrastrukturanbieter, die mit Hilfe von staatlichen Förderprogrammen innovative Netzwerktechnologien vorantreiben.

In Europa haben Vodafone, Telefónica, Deutsche Telekom, Orange und Telecom Italia Anfang 2021 eine Absichtserklärung unterzeichnet, um die Einführung von Open-RAN-Netzen in Europa zu unterstützen. Ziel ist es, mit Anbietern von Netzinfrastrukturen und Branchengremien wie der O-RAN Alliance, TIP und europäischen politischen

⁸⁶ Diese durch SDN und NFV ermöglichte vertikale Disaggregation von Hardware und Software in herkömmlichen RAN-Systemen wird vor allem von etablierten Herstellern von Ende-zu-Ende-Systemen vorangetrieben. Siehe hierzu Eltges et al. (2020) und Baischew et al. (2021).

⁸⁷ Ebenda.

⁸⁸ Lee-Makiyama & Forsthuber (2020), S. 4.]

Entscheidungssträgern zusammenarbeiten, um sicherzustellen, dass die Open-RAN-Technologie mit den herkömmlichen RAN-Lösungen wettbewerbsfähig wird.

In den USA ist insbesondere der Netzbetreiber Dish ein großer Befürworter von Open-RAN-Netzwerken. Neben der Zusammenarbeit mit verschiedenen Anbietern von Netzinfrastruktur arbeitet Dish eng mit Amazon Web Services (AWS) zusammen und nutzt AWS Outposts und AWS Local Zones, um sein 5G-Open-RAN-Netzwerk in der Cloud aufzubauen.⁸⁹

Aus Japan war Rakuten Mobile das erste Unternehmen, das ein groß angelegtes kommerzielles Open-RAN-Netz und das erste vollständig virtualisierte, cloudnative Mobilfunknetz eingerichtet hat.⁹⁰ Rakuten ist derzeit einer der führenden Unternehmen beim Verkauf von 5G-Mobilfunk-Kernnetzspezifikationen und Virtualisierungsnetzsoftware an globale Netzbetreiber.⁹¹ Die Rakuten Communications Platform (RCP) wurde bisher an insgesamt 15 Kunden verkauft, darunter 1&1.⁹²

Politische Entscheidungsträger und Regierungen auf der ganzen Welt unterstützen die Marktentwicklung alternativer Anbieter, um das Ökosystem zu erweitern und zu vermeiden, dass die Kommunikationsinfrastruktur ihres Landes nur auf einem einzigen Anbieter basiert. Dies hat das Entstehen von Open-RAN-Startups wie AltioStar, Mavenir, Airspan oder Parallel Wireless beschleunigt, die Lösungen anbieten, die mit der O-RAN-Architektur kompatibel sind (siehe Tabelle 1). Diese sind oftmals auf einzelne Komponenten spezialisiert und bieten keine Komplettlösungen für Netzwerkarchitekturen an. Viele solcher Unternehmen haben ihren Stammsitz in den USA.

⁸⁹ <https://tecknexus.com/5g-network/current-state-of-open-ran-countries-operators-deploying-trialing-open-ran/>

⁹⁰ <https://www.lightreading.com/cloud-nativenfv/rakuten-counts-15-international-customers-for-communications-platform/d/d-id/767209>

⁹¹ <https://techblog.comsoc.org/2021/02/05/rakuten-communications-platform-rcp-defacto-standard-for-5g-core-and-openran/>

⁹² <https://unternehmen.1und1.de/corporate-news/2021/11-und-rakuten-vereinbaren-weitreichende-partnerschaft-zum-aufbau-des-europaweit-ersten-vollstaendig-virtualisierten-mobilfunknetzes-auf-basis-der-neuen-openran-technologie/>

Tabelle 1: Open-RAN-Projekte, weltweit

Netzbetreiber	Anbieter von Netzinfrastruktur	Land
Deutsche Telekom	Mavenir, Fujitsu, NEC, Nokia, Dell	Deutschland
Vodafone	Parallel Wireless	Irland
	Mavenir, Dell, Kontron, Lime Microsystems	Großbritannien
	Parallel Wireless, Lime Microsystems	Italien, Spanien, Rumänien
	NEC Europe, Altiostar	Niederlande
	Qualcomm	weltweit
AT&T	Ericsson, Samsung	USA
	CommScope, Intel	USA
Dish	Nokia und Mavenir	USA
	Altiostar, Mavenir, Fujitsu, Intel, Qualcomm, Nokia, VMware, Ciena Blue Planet, Matrixx, Hansen Technologies, DigitalRoute, MTI	USA
Verizon	Ericsson, Samsung, Nokia	USA
Rakuten	Altiostar, Cisco, Nokia, Intel, IBM Red Hat, OKI, Fujitsu, Ciena, NEC/Netcracker, Qualcomm, Mavenir, Quanta Cloud Technology, Sercomm, Tech Mahindra, Allot, Innoeye, Viavi, Robin.io, Radcom, Airspan.	Japan
NTT Docomo	NEC, Samsung, Fujitsu, Nokia	Japan

Quelle: Tecknexus, Unternehmensseiten.

4.1.3 Ausblick Open RAN und 6G

Obwohl es mit dem Mobilfunknetz von Rakuten bereits ein Mobilfunknetz gibt, das der Open RAN Philosophie folgt, befindet sich diese Technologie erst am Anfang der Entwicklung. Aktuell führen Marktteilnehmer aus, dass sich Open RAN (noch) durch einen vergleichsweise hohen Stromverbrauch auszeichnet. Angesichts steigender Strompreise in vielen Ländern Europas, und der steigenden Bedeutung von Nachhaltigkeit, stehen Open-RAN-Lösungen somit vor der Herausforderung, diese Trends zu adressieren. Im Übrigen gibt es durch mehr offene Schnittstellen vermehrt Sicherheitsbedenken.

Insoweit bleibt abzuwarten, ob Open-RAN-Lösungen im Vergleich zu herkömmlichen RAN-Lösungen tatsächlich bis zu 50 Prozent CAPEX und bis zu 35 Prozent OPEX einsparen können.⁹³

4.2 Entwicklungen Edge Cloud

4.2.1 Edge-Cloud-Technologie

Die Grundprinzipien der Cloud, wie wir sie heute kennen, wurden Anfang der 2000er Jahre entwickelt. Nachdem ETSI 2012 unter dem Begriff Network Function Virtualization (NFV) ein umfangreiches Paket von Spezifikationen für die Umstellung von Telekommunikationsnetzen auf softwarebasierte Netze mit cloudbasierter Infrastruktur und virtualisierten Netzfunktionen und -diensten erstellt hat, geht mit der Verbreitung von 5G-Netzen der Trend der Cloudifizierung auch im Mobilfunkbereich einher – ein Trend, der sich mit 6G weiter fortsetzen wird.

Nach Prognosen der GSMA werden die Betreiber zwischen 2021 und 2025 weltweit 900 Milliarden US-Dollar für Investitionen in den Mobilfunk ausgeben, davon fast 80 Prozent für 5G, wobei ein Großteil dieser Ausgaben auf die Cloud-Infrastruktur entfallen könnte.⁹⁴ Dabei spielt bei 5G vermehrt die technologische Entwicklung der Edge Cloud eine Rolle. Daten, die sich näher am Endgerät befinden müssen, können von den großen Cloudservern in die Edge (im Sinne von nah an den Masten als Außenpunkte des Funknetzwerkes) verlagert werden, um die für bestimmte Anwendungen notwendigen geringeren Latenzzeiten zu ermöglichen.⁹⁵ Eine Verteilung der Rechenleistung auf lokale Standorte mit kurzen Übertragungswegen in der Edge Cloud kann somit den Datenverkehr im Gesamtnetz verringern. Nur wenn hohe Rechenleistung für rechenintensive Aufgaben gebraucht wird, wird auf die weiter entfernten Ressourcen einer größeren Cloud zurückgegriffen.⁹⁶ Allerdings ist noch offen, ob es Geschäftsmodelle gibt, die den Aufbau einer weitgehenden Edge-Cloud-Infrastruktur tatsächlich finanzieren. Aktuell gibt es wenig öffentliche Informationen jenseits der Durchführung von Pilotvorhaben über die entsprechende Nachfrage.

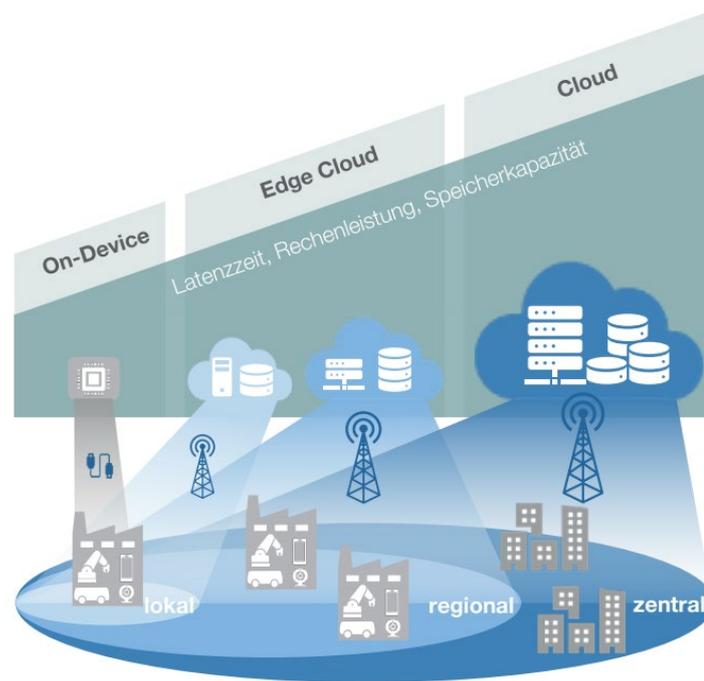
⁹³ Intel Corporation (2021).

⁹⁴ GSMA (2021), S. 22 ff.

⁹⁵ Siehe hierzu Baischew et al. (2021), S. 22 ff.

⁹⁶ Center Connected Industry (2019), S. 9 ff.

Abbildung 13: Edge- und Cloud-Computing



Quelle: Center Connected Industry (2019), S. 9 ff.

4.2.2 Neue Marktakteure und Edge Cloud

Neue Anwendungen und Diensten erfordern ein Edge-Ökosystem, das sich in der Nähe des Endkunden befindet. Zusätzlich ergeben sich neue Geschäftsmöglichkeiten beim Aufbau von 5G-Campusnetzen für Unternehmen, deren Rechenleistung auf dem Campus gehostet wird. Neben Open RAN und der Virtualisierung der Netze hat insbesondere Cloud und potentiell Edge Cloud den Markteintritt großer Technologiekonzerne (sogenannte Hyperscaler) gefördert. Hyperscaler waren die ersten Unternehmen die Anfang der 2000er Cloud-Dienste anboten.⁹⁷ Während anfänglich Telekommunikationsnetzbetreiber ebenfalls Ambitionen in den Markt für Cloud-Dienste hatten, haben sich viele mittlerweile aufgrund hoher notwendiger Investitionsausgaben, die für einen erfolgreichen Wettbewerb erforderlich sind, aus dem Cloud-Markt zurückgezogen. Heute arbeiten deshalb die meisten Telekommunikationsnetzbetreiber eng mit Hyperscalern zusammen (siehe Tabelle 2)

⁹⁷ AWS wurde 2002 gegründet (IaaS), Google führte 2008 die Google App Engine ein (die erste PaaS), Microsoft folgte 2010 mit Microsoft Azure (SaaS).

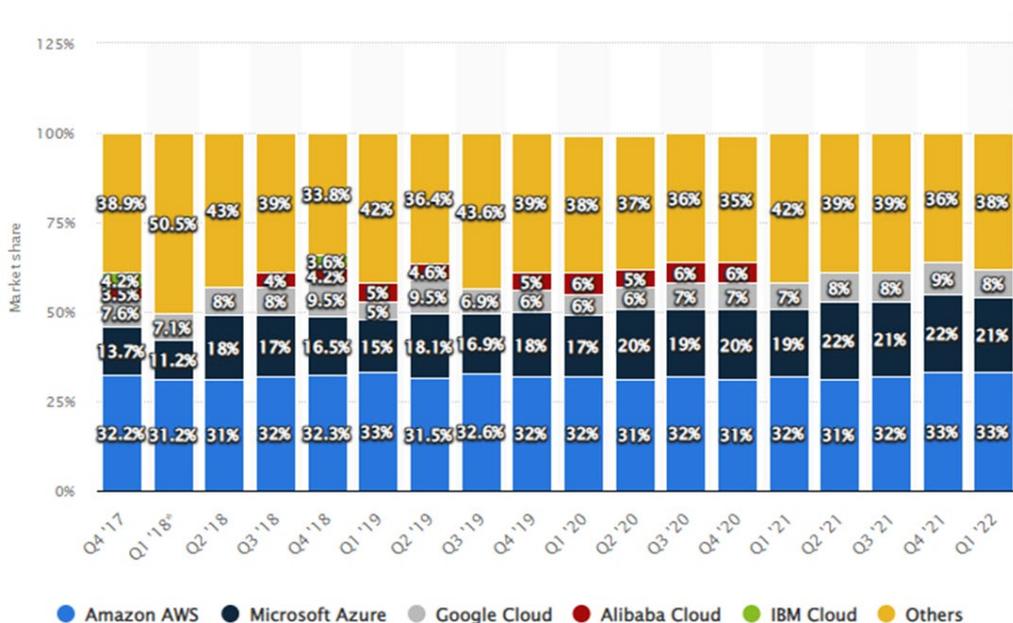
Tabelle 2: Zusammenarbeit zwischen Hyperscaler und Telcos bei Edge

Netzbetreiber	Edge-Cloud-Anbieter	Land
AT&T	Google Cloud, Microsoft Azure	USA
Etisalat	Microsoft Azure	UAE
KDDI	AWS	Japan
Proximus	Microsoft Azure	Belgien
SK Telecom	AWS, Microsoft Azure, Google Cloud	Südkorea
Telecom Italia	Google Cloud	Italien
Telefónica	Google Cloud, Microsoft Azure	Europa
Telstra	Microsoft Azure	Australien
Verizon	AWS	USA
Vodafone	AWS, Microsoft Azure	Europa

Quelle: WIK; Unternehmensseiten.

Im letzten Jahr konnte beobachtet werden, dass Hyperscaler, insbesondere die drei größten – Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure und Google – eine große Rolle in der 5G-Landschaft spielen. Sie stehen an der Spitze des Edge-Computing-Marktes.

Abbildung 14: Marktanteil der Anbieter von Cloud-Infrastrukturdiensten weltweit vom 4. Quartal 2017 bis 1. Quartal 2022



Quelle: Statista (2022): <https://www.statista.com/statistics/967365/worldwide-cloud-infrastructure-services-market-share-vendor/>

Um ihren Weg zu beschleunigen und sich einen größeren Anteil am 5G-Ökosystem zu sichern, haben sie erhebliche Anstrengungen unternommen, darunter die Einführung von Plattformen speziell für Telekommunikationsnetze, Partnerschaften mit Telekommunikationsunternehmen zur Einbettung ihrer Plattformen in deren Infrastruktur, die Übernahme von Produktanbietern und Investitionen in die Infrastruktur von Edge-Rechenzentren. Einige der Trends, die bei Hyperscalern zu beobachten sind, werden im Folgenden erwähnt:

- **Dedizierte Telco-Plattform:** Hyperscaler investieren in die Einführung von Telekommunikationsplattformen. Zu den von Hyperscalern eingeführten dedizierten Cloud-Plattformen gehören Wavelength von AWS⁹⁸, Azure Edge Zones von Microsoft⁹⁹ und Anthos for Telecom von Google Cloud¹⁰⁰.
- **Partnerschaft mit Telekommunikationsunternehmen:** Hyperscaler schließen Partnerschaften mit Telekommunikationsunternehmen (siehe Tabelle 2). So ist beispielsweise Amazon mit seiner AWS-Wavelength-5G-Edge-Computing-Plattform mit unterschiedlichen Telekommunikationsnetzbetreibern wie Verizon, Vodafone, KDDI und SK Telekom eine Partnerschaft für 5G Edge eingegangen.

⁹⁸ <https://aws.amazon.com/de/wavelength/>

⁹⁹ <https://azure.microsoft.com/de-de/>

¹⁰⁰ <https://cloud.google.com/anthos?hl=de>

- **Investitionen in Produkthanbieter von Cloud Komponenten:** Microsoft erwarb Affirmed Networks und fügte damit 5G-Kern- und cloudnative Lösungen für Telekommunikationsnetzbetreiber hinzu, um sein Portfolio zu stärken.¹⁰¹ Ebenfalls erwarb Microsoft den Unified-Communication-Anbieter Metaswitch und erweiterte sein Portfolio in Richtung Sprach-, Daten- und virtualisierte Netzwerksoftwarelösungen.¹⁰²
- **Investitionen in die Rechenzentrumsinfrastruktur:** Zusätzlich zu den Partnerschaften mit Telekommunikationsnetzbetreibern und der Übernahme von Produkthanbietern investieren die Hyperscaler in die Entwicklung von Infrastrukturen am Rande von Rechenzentren. Equinix, einer der weltweit größten Anbieter von Rechenzentren, betreibt weltweit 230 Rechenzentren und arbeitet mit allen großen Cloud-Service-Providern zusammen, darunter Alibaba Cloud, AWS, Google Cloud, IBM Cloud, Microsoft Azure und Oracle Cloud Infrastructure.¹⁰³ Im Jahr 2021 wurde das erste von fünf geplanten xScale-Rechenzentren in Frankfurt gebaut. Insgesamt sind dafür 1,14 Mrd. USD vorgesehen.¹⁰⁴

4.2.3 Ausblick Edge Cloud und 6G

Angetrieben von 5G-Anwendungsfällen mit neuen technischen Anforderungen ist zu erwarten, dass künftig Hyperscaler eine deutlich prominentere Rolle im Mobilfunkmarkt einnehmen werden.

Bislang beinhaltet das Geschäftsmodell der Hyperscaler eine Partnerschaft mit Telekommunikationsbetreibern. Solange der Investitionsbedarf groß und die Rendite unsicher ist, besteht eine gewisse Abhängigkeit zwischen beiden Marktakteuren. Gleichzeitig können Partnerschaften für eine beschleunigte Entwicklung von möglichen Use-Cases sorgen. Bei weiterem Marktwachstum von Anwendungen, die Rechenleistung an der Edge des Netzes erfordern, könnten sich die Strategien der beteiligten Parteien ändern. Seit dem Aufkommen des Cloud-Computing und der Entwicklung des Marktes für digitale Technologien stehen die Telekommunikationsnetzbetreiber in einem harten Wettbewerb mit den Internetakteuren, einschließlich der Hyperscaler, denen es gelungen ist, agil zu bleiben und gleichzeitig einen anhaltenden Appetit auf Innovation und Marktstörung zu entwickeln. Edge-Computing bildet hier keine Ausnahme, und sie sind dabei, den größten Anteil des Edge-Marktes zu definieren und zu besitzen. Für die Telekommunikationsnetzbetreiber spricht die Entwicklung Richtung Endkunde bzw. Endgeräte. Hier haben

¹⁰¹ <https://www.golem.de/news/virtualisierte-netzwerke-microsoft-kauft-5g-netzwerk-startup-affirmed-networks-2003-147525.html>

¹⁰² <https://blogs.microsoft.com/blog/2020/05/14/microsoft-announces-definitive-agreement-to-acquire-metaswitch-networks-expanding-approach-to-empower-operators-and-partner-with-network-equipment-providers-to-deliver-on-promise-of-5g/>

¹⁰³ <https://www.pressebox.de/pressemitteilung/equinix-germany-gmbh/Equinix-eroeffnet-angesichts-wachsenden-Cloud-Bedarfs-sein-erstes-xScale-Rechenzentrum-in-Frankfurt/boxid/1079218>

¹⁰⁴ Weltweit umfasst das xScale-Rechenzentrumsportfolio nach Abschluss und Ausbau insgesamt 32 Rechenzentren mit einem Investitionsvolumen von 6,9 Milliarden US-Dollar. Ebenda.

Telekommunikationsbetreiber gegenüber den Cloud-Anbietern den Vorteil, dass sie über die notwendige Infrastruktur in der Breite verfügen und diese auch managen können.

4.3 Zwischenfazit neue Marktstruktur

Neben etablierten Netzbetreibern sind auf vor- und nachgelagerten Märkten neue Akteure am Aufbau und Betrieb von 5G-Mobilfunknetzen bzw. des Angebots von 5G-unterstützten Anwendungen beteiligt. Die Bedeutung der neuen Akteure wird perspektivisch zunehmen. Wann sich ein neues Open-RAN-Ökosystem neben dem bereits etablierten Ökosystem etabliert, bleibt abzuwarten. Bereits heute zeichnet sich aber ab, dass sich mit der zunehmenden Virtualisierung Zugangsbarrieren zwischen Mobilfunk und anderen Bereichen der Internetwirtschaft verringern. Plattformunternehmen aus der Internetwirtschaft, die Cloud-Infrastrukturen betreiben, haben Anreize sich auf der Wertschöpfungskette vorwärts zu integrieren.

5 Fazit

Während viele 5G-Geschäftsanwendungen noch am Anfang stehen, hat das geopolitische Wettrennen um die Führungsrolle bei der Entwicklung und Forschung zu 6G bereits begonnen, insbesondere weil Mobilfunk als einer der Treiber der digitalen Innovation gilt. Dabei wird der Ausgang des Wettrennens von einer Vielzahl an Strukturvariablen und ihrer Entwicklung bestimmt. Insbesondere strategische Handlungsfelder wie Standards und Patente, Nachhaltigkeit und Cybersicherheit sollten die EU und Deutschland mit Blick auf 6G verstärkt adressieren, um in Zukunft insbesondere Einfluss auf die Standardisierung auszuüben. So wird sich auch entscheiden, ob es weiterhin globale Standards gibt. Zwar haben die Marktteilnehmer sowohl auf der Angebots- als auch Nachfrageseite ein grundsätzliches Interesse an der Entwicklung von globalen Standards, weil so erhebliche Skaleneffekte realisiert werden können. Dem könnten jedoch gerade Sicherheitsaspekte und deren unterschiedliche Umsetzung entgegenstehen.

Auf dem Weg zur Einführung von 6G zeigt die Studie, dass sich nicht nur die Nachfrage nach mobilen Datendiensten verändern wird, sondern ebenso ein Wandel beim Angebot auf dem Mobilfunk vor- und nachgelagerten Märkten zu beobachten ist. Die Virtualisierung im Mobilfunk verringert Markteintrittsbarrieren für neue Anbieter, deren Infrastrukturen und Dienstleistungen durch neue, innovative Geschäftsmodelle benötigt werden. Sofern sich eine solche Entwicklung durchsetzt, könnten Mobilfunknetzbetreiber in ihren Ambitionen, neue Märkte bei Verticals zu erschließen und dort nicht nur ausschließlich Konnektivität anzubieten, vor neuen Herausforderungen stehen. Die Entwicklung könnte aber auch eine Chance sein, sich auf das Kerngeschäft, die Bereitstellung von Konnektivität im Massenmarkt, zu konzentrieren.

Abschließend ist noch zu erwähnen, dass die Innovationsdynamik, wie sie im Bereich Open RAN und in den 6G-Projekten zu beobachten ist, weiterhin sehr hoch sein wird. Daraus resultiert, dass sich die etablierten Marktakteure einem ständigen Anpassungsdruck ausgesetzt sehen.

6 Literaturverzeichnis

- 5G Americas (2020), Mobile Communications beyond 2020. [<https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2020/12/Future-Networks-2020-InDesign-PDF.pdf> zuletzt abgerufen, 11.10.2022]
- 5G IA (2021). European Vision for the 6G Network Ecosystem. [<https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2021/06/WhitePaper-6G-Europe.pdf> zuletzt abgerufen, 10.10.2022]
- AIT Austrian Institute of Technology et al. (2021). 5G Supply Market Trends, Studie für die Europäische Kommission (SMART 2019/0024 Lot 2.) [<https://dtech.ckcest.cn/search/down?path=%2Fupload%2F%2Ffilepath%2Fcover%2F20210825%2F1629887265925885569.pdf> zuletzt abgerufen, 22.11.2022]
- Baischew et al. (2021). Grundzüge von 6G. WIK Diskussionsbeitrag Nr. 479. Bad Honnef.
- Bekkers, R.; Verspagen, B.; Smits, J. (2002): Intellectual Property Rights and standardization: the case of GSM. Telecommunications Policy, 26(3–4), 171–188
- Bräuninger, M., J. Haucap, J., K. Stepping, K. und T. Stühmeier (2012), Cloud Computing als Instrument für effiziente IT-Lösungen: Betriebs- und volkswirtschaftliche Potenziale und Hemmnisse, in: List Forum für Wirtschafts- und Finanzpolitik, Springer Berlin Heidelberg, 38(3), S. 173-203.
- Brockhaus, C. P., T. S. Bischoff, T. S., K. Haverkamp, K., T. Proeger, T. und A. Thonipara (2020), Digitalisierung von kleinen und mittleren Unternehmen in Deutschland – ein Forschungsüberblick (No. 46), Göttinger Beiträge zur Handwerksforschung. [<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/227491/1/1742062555.pdf> zuletzt abgerufen, 4.10.2022]
- BSI (2022), Open-RAN Risikoanalyse 5GRANR [<https://www.bsi.bund.de/DE/Service-Navi/Publikationen/Studien/Open-RAN/Open-RAN.html?nn=520750> zuletzt abgerufen, 4.10.2022]
- Büllingen, F., A. Hillebrand, A., M. Oczko, M. und M. Ritscher (2009), IT-Sicherheit als kritischer Erfolgsfaktor mobiler Geschäftsanwendungen, Datenschutz und Datensicherheit-DuD, 33(10), S. 611-615.
- Center Connected Industry (2019), S. 9 ff. [https://5g.nrw/app/uploads/2020/01/FIR_Whitepaper-5G-Evolution-oder-Revolution.pdf?tracked zuletzt abgerufen, 4.10.2022]
- Choi (2022), Who leads China's 5G technology ecosystem? A network analysis of China's cooperation on association standards (KIEP Research Paper, World Economy Brief 22-05)
- Crespi und Guarascio (2019) The demand-pull effect of public procurement on innovation and industrial renewal, [https://econpapers.repec.org/paper/ssalemwps/2017_2f20.htm zuletzt abgerufen, 4.10.2022]
- Czarnitzki, Hünermund und Moshgbar (2018), Public Procurement as Policy Instrument for Innovation [https://papers.ssrn.com/sol3/Delivery.cfm/SSRN_ID3104492_code586565.pdf?abstractid=3104492&mirid=1 zuletzt abgerufen, 4.10.2022]
- Department of Homeland Security (2021), 5G: The Telecommunications Horizon and Homeland Security. [https://www.dhs.gov/sites/default/files/2022-02/22_0224_st_5G_6G_Horizon%20Scanning%20Report_final_508.pdf zuletzt abgerufen: 03.12.2022]

Eltges et al. (2020), SDN/NFV und ihre Auswirkungen auf die Kosten von Mobilfunk und Festnetz im regulatorischen Kontext. WIK Diskussionsbeitrag. Bad Honnef: März 2020.

Ericsson (2022), Ericsson Mobility Report June 2022, [<https://www.ericsson.com/49d3a0/assets/local/reports-papers/mobility-report/documents/2022/ericsson-mobility-report-june-2022.pdf>] zuletzt abgerufen, 4.10.2022]

Fraunhofer Institut (2020), Relevanz der Normung und Standardisierung für den Wissens- und Technologietransfer. [https://www.imw.fraunhofer.de/content/dam/moez/de/documents/Gruppe_Preis-und_Dienstleistungsmanagement/RZ_Normungsstudie_07122020_online.pdf] zuletzt abgerufen, 05.12.2022]

Gallego et al. (2015), Standardessentielle Patente: Die Rolle von Standardsetzungsorganisationen, Forschungsbericht 2015 - Max-Planck-Institut für Innovation und Wettbewerb. [<https://www.mpg.de/9853703>] zuletzt abgerufen, 4.10.2022]

GSMA (2018), The 5G era in the US [<https://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2018/03/The-5G-era-in-the-US.pdf>] zuletzt abgerufen am 4.11.2022]

GSMA (2021), The Mobile Economy 2021. [https://www.gsma.com/mobileeconomy/wp-content/uploads/2021/07/GSMA_MobileEconomy2021_3.pdf] zuletzt abgerufen, 28.10.2022]

Intel Corporation (2021), Making the Business Case for Open and Virtualized RAN [<https://www.intel.com/content/dam/www/central-libraries/us/en/documents/intel-nt-vran-business-eguide-forintelwebteamonly.pdf>] zuletzt abgerufen am 4.10.2022]

ITU (2014), Understanding patents, competition & standardization in an interconnected world, [https://www.itu.int/en/ITU-T/Documents/Manual_Patents_Final_E.pdf]

ITU (2014), Understanding patents, competition & standardization in an interconnected world

Lee-Makiyama & Forsthuber (2020), [https://ecipe.org/wp-content/uploads/2020/10/ECI_20_PolicyBrief_08_2020_LY03.pdf] zuletzt abgerufen, 13.11.2022]

NIS Cooperation Group (2020), S. 5 ff. [<https://www.politico.eu/wp-content/uploads/2020/01/POLITICO-Cybersecurity-of-5G-networks-EU-Toolbox-January-29-2020.pdf>] zuletzt abgerufen, 10.10.2022]

OECD (2011), Demand Side innovation policies. [<https://www.oecd.org/innovation/inno/demand-sideinnovationpolicies.htm>] zuletzt abgerufen, 4.10.2022]

Pohlmann, T. Blind, K. (2020), Fact finding study on patents declared to 5G standard. [https://www.iplytics.com/wp-content/uploads/2020/02/5G-patent-study_TU-Berlin_IPlytics-2020.pdf] zuletzt abgerufen, 4.10.2022]

Pohlmann, T.; Buggenhagen, M. (2022), Who is leading the 5G patent race? [https://www.iplytics.com/wp-content/uploads/2022/06/5G-patent-race-June-2022_website.pdf] zuletzt abgerufen am 30.10.2022]

Rühlig (2020), Technical standardisation, China and the future international order (Heinrich-Böll Stiftung Brussels), S. 21 [[HBS-Techn_Stand-A4_web-030320-1.pdf](https://www.hbs-techn-stand-a4-web-030320-1.pdf) ([boell.org](https://www.boell.org))] zuletzt abgerufen, 4.10.2022]

- Schmidt, S. (1995), Internationale Standardisierung in der Telekommunikation, in: Part of the Schriftenreihe des Wissenschaftlichen Instituts für Kommunikationsdienste book series (WISS.INSTITUT,volume 17)
- Slavtchev und Wiederhold (2016), Staatliche Nachfrage als Treiber privater Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten [https://www.iwh-halle.de/fileadmin/user_upload/publications/wirtschaft_im_wandel/WiWa_3_2016_FuE.pdf zuletzt abgerufen, 4.10.2022]
- Sörries et al. (2021), Internationale Vorbilder für eine gute Mobilfunkversorgung – Identifizierung von Erfolgsfaktoren. Studie für das BMVI.

- Nr. 472: Saskja Schäfer, Ahmed Elbanna, Werner Neu, Thomas Plückebaum:
Mögliche Einsparungspotentiale beim Ausbau von 5G durch Infrastructure Sharing, Dezember 2020
- Nr. 473: Gabriele Kulenkampff, Martin Ockenfels, Konrad Zoz, Gonzalo Zuloaga:
Kosten von Breitband-Zugangsnetzen, Clusterbildung und Investitionsbedarf unter Berücksichtigung des bestehenden Ausbaus – bottom-up Modellierung und statistische Analyse –, Dezember 2020
- Nr. 474: Lorenz Nett, Bernd Sörries:
Ausgestaltung und Umsetzung eines Universaldienstregimes (insbesondere mit Blick auf die Realisierung einer Versorgung mit schnellem Internet) in anderen Ländern, November 2021
- Nr. 475: Christin-Isabel Gries, Martin Lundborg, Peter Stamm:
Digitale Arbeitswelten im Mittelstand - Auswertung von Studien zu Arbeit 4.0, November 2021
- Nr. 476: Menessa Ricarda Braun, Julian Knips, Christian Wernick:
Analyse der Angebotsentwicklung für leitungsgebundene Breitbanddienste für Privatkunden im deutschen Festnetzmarkt von 2017-2020, Dezember 2021
- Nr. 477: Christian Märkel, Marcus Stronzik, Martin Simons, Matthias Wissner, Martin Lundborg:
Einsatz von Blockchain in KMU: Chancen & Hemmnisse, Dezember 2021
- Nr. 478: Matthias Wissner, Ahmed Elbanna, Bernd Sörries, Thomas Plückebaum:
Open RAN und SDN/NFV: Perspektiven, Optionen, Restriktionen und Herausforderungen, Dezember 2021
- Nr. 479: Dajan Baischew, Ahmed Elbanna, Stefano Lucidi, Bernd Sörries, Thomas Plückebaum:
Die Grundzüge von 6G, Dezember 2021
- Nr. 480: Marie-Christin Papen, Martin Lundborg, Sebastian Tenbrock:
360-Grad-Überblick über den Digitalisierungsstand in KMU, Dezember 2021
- Nr. 481: Nico Steffen, Lukas Wiewiorra, Peter Kroon, unter Mitarbeit von Philipp Thoste:
Wettbewerb und Regulierung in der Plattform- und Datenökonomie, Dezember 2021
- Nr. 482: Dr. Cara Schwarz-Schilling, Dr. Sonia Strube Martins:
Kupfer-Glas-Migration in Frankreich und im Vereinigten Königreich, Juli 2022
- Nr. 483: Dr. Karl-Heinz Neumann; Dr. Cara Schwarz-Schilling, Dr. Sonia Strube Martins:
Übergang von Kupfer- auf Glasfasernetze: Phasen und Prozesse der Migration, November 2022
- Nr. 484: Dr. Andrea Liebe; Martin Lundborg, Pirmin Puhl, Katrin Marques Magalhaes, Mitarbeit: Philipp Thoste:
Chancen digitaler Reifegradmodell für KMU, Dezember 2022
- Nr. 485: Julian Knips, Dr. Christian Wernick, Dr. Sebastian Tenbrock:
Analyse von Angeboten auf gigabitfähigen Infrastrukturen in Europa, Dezember 2022
- Nr. 486: Menessa Ricarda Braun, Dr. Christin Gries, Dr. Christian Wernick:
Politische und regulatorische Ansätze zur Verlängerung der Nutzungsdauer von Smartphones, Dezember 2022
- Nr. 487: Dr. Nico Steffens, Dr. Lukas Wiewiorra:
Device Neutrality – Softwaremarktplätze und mobile Betriebssysteme, Dezember 2022
- Nr. 488: Dr. Lorenz Nett, Dr. Bernd Sörries:
Flexibilisierung der Frequenzregulierung und des Frequenzplans, Dezember 2022
- Nr. 489: Stefano Lucidi, Dajan Baischew, Dr. Bernd Sörries:
Signifikante Entwicklungen hin zu 6G, Dezember 2022

ISSN 1865-8997