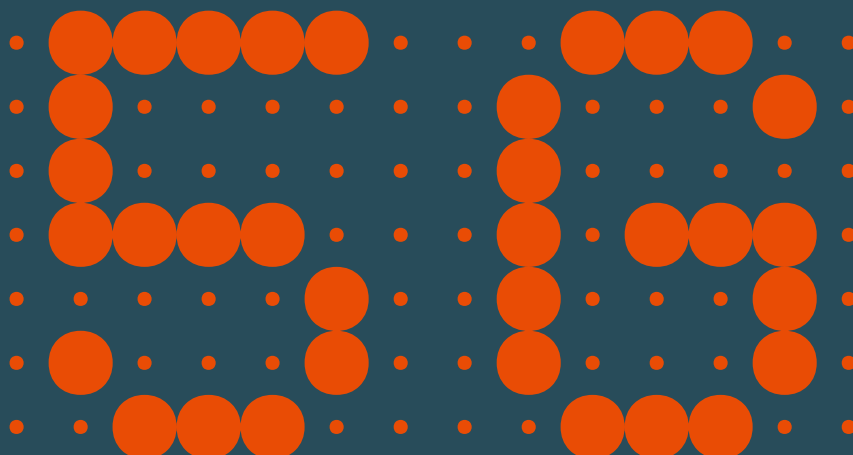


5G Update

Wie weit ist die Revolution?



Studie Nr. 18

2017 HABEN WIR in unserer Studie Erfolgsfaktor 5G – Innovation und Vielfalt für die nächste Stufe der Digitalisierung beschrieben, wie der 5G-Ausbau in Deutschland gelingen kann. Jetzt geht es um die Zukunft, um den Fortschritt des Ausbaus in der neuen Legislaturperiode. Wir prüfen, wie es vier Jahre nach Veröffentlichung unserer Studie um den 5G-Ausbau bestellt ist, und analysieren, was auf politischer Seite zu tun bleibt.

Unsere Untersuchung zeigt, dass wichtige Schritte, die auch wir angeregt hatten, unter der Regierung Merkel/Scholz erfolgt sind. Sie zeigt jedoch auch, dass das Versprechen der damaligen Minister Peter Altmaier und Andreas Scheuer, Deutschland zu einem Leitmarkt für 5G zu entwickeln, noch längst nicht erfüllt wurde.

Die neue Regierung muss den Staffelstab annehmen und noch Einiges tun, damit erstens Deutschland im internationalen Vergleich endlich einen der vorderen Plätze belegen kann und zweitens die 5G-Technologie für die Wirtschaft und VerbraucherInnen verfügbar und attraktiv bleibt – bester Garant dafür ist noch immer wirksamer Wettbewerb.

Diese Ziele sind kein Selbstzweck. Sie zu erreichen ist notwendig, damit Deutschland seinen Platz im internationalen Wettbewerb behaupten kann:

Die nächsten politischen Weichenstellungen bezüglich 5G werden bestimmen, wie gut sich Deutschland im internationalen Wettbewerb durchsetzen kann. Industriezweige wie Maschinenbau, die bislang maßgeblich zum wirtschaftlichen Erfolg unseres Landes beigetragen haben, sind auf 5G angewiesen, um konkurrenzfähig zu bleiben und nicht tatenlos zusehen zu müssen, wie Länder wie Südkorea oder China mit innovativen Produkten ihre Marktmacht ausbauen. 5G ist aber nicht nur Grundlage für den weiteren Erfolg etablierter Unternehmen in der Zukunft, die Technologie stellt auch die Basis für völlig neue Entwicklungen in der Internetwirtschaft dar – so wie LTE/4G viele neue Geschäftsmodelle



**Prof. Dr.
Friedbert Pflüger**

Vorsitzender der
Internet Economy
Foundation



Clark Parsons

Geschäftsführer der
Internet Economy
Foundation

ermöglicht hat, wird auch 5G ganz neue Player und Sektoren entstehen lassen.

Aber nicht nur Unternehmen profitieren von einem schnellen und leistungsfähigen Ausbau: 5G erlaubt auch in ländlichen Regionen erstklassige Gesundheitsversorgung (E-Health). Darüber hinaus lassen sich mithilfe von 5G Arbeitsprozesse optimieren, beispielsweise in der Landwirtschaft, sodass noch umweltschonender gewirtschaftet werden kann. In den Städten ermöglicht 5G die Realisierung von Smart City-Konzepten, die ebenfalls zum Umweltschutz beitragen und die Verkehrssicherheit für alle Menschen in der Stadt steigern.

Die neue Bundesregierung hat die große Chance, diese 5G-Zukunft für die Menschen im Land zeitnah Realität werden zu lassen. Wenn sie die Bedingungen für fairen Wettbewerb beim 5G-Ausbau schafft, dann sichert sie dadurch die soziale und wirtschaftliche Teilhabe aller BürgerInnen und Unternehmen an der fortschreitenden Digitalisierung. Wie genau das gelingen kann, führen wir am Ende unserer Studie in sechs konkreten Handlungsempfehlungen aus, die von Ausbaubeschleunigung durch gezielten Bürokratieabbau bis zu Verpflichtungen auf Betreiberseite, beispielsweise zum lokalen, regionalen und nationalen Roaming sowie zum Infrastruktur-Sharing, reichen.

Unser Dank gilt unserem Co-Autor Dr. Thomas Klugkist für seine kompetente Mitarbeit an dieser Studie. Wir wünschen Ihnen eine anregende Lektüre.

Inhalt

1	WOZU BRAUCHEN WIR »ECHTES« 5G?	Seite 06
2	WAS IST 5G?	Seite 13
3	WAS HAT DIE GROSSE KOALITION GEPLANT – UND WAS ERREICHT?	Seite 17
4	WO STEHEN WIR?	Seite 20
5	WAS BLEIBT ZU TUN?	Seite 27
	Glossar	Seite 31
	Literaturverzeichnis	Seite 32

1 **WOZU BRAUCHEN WIR »ECHTES« 5G?**

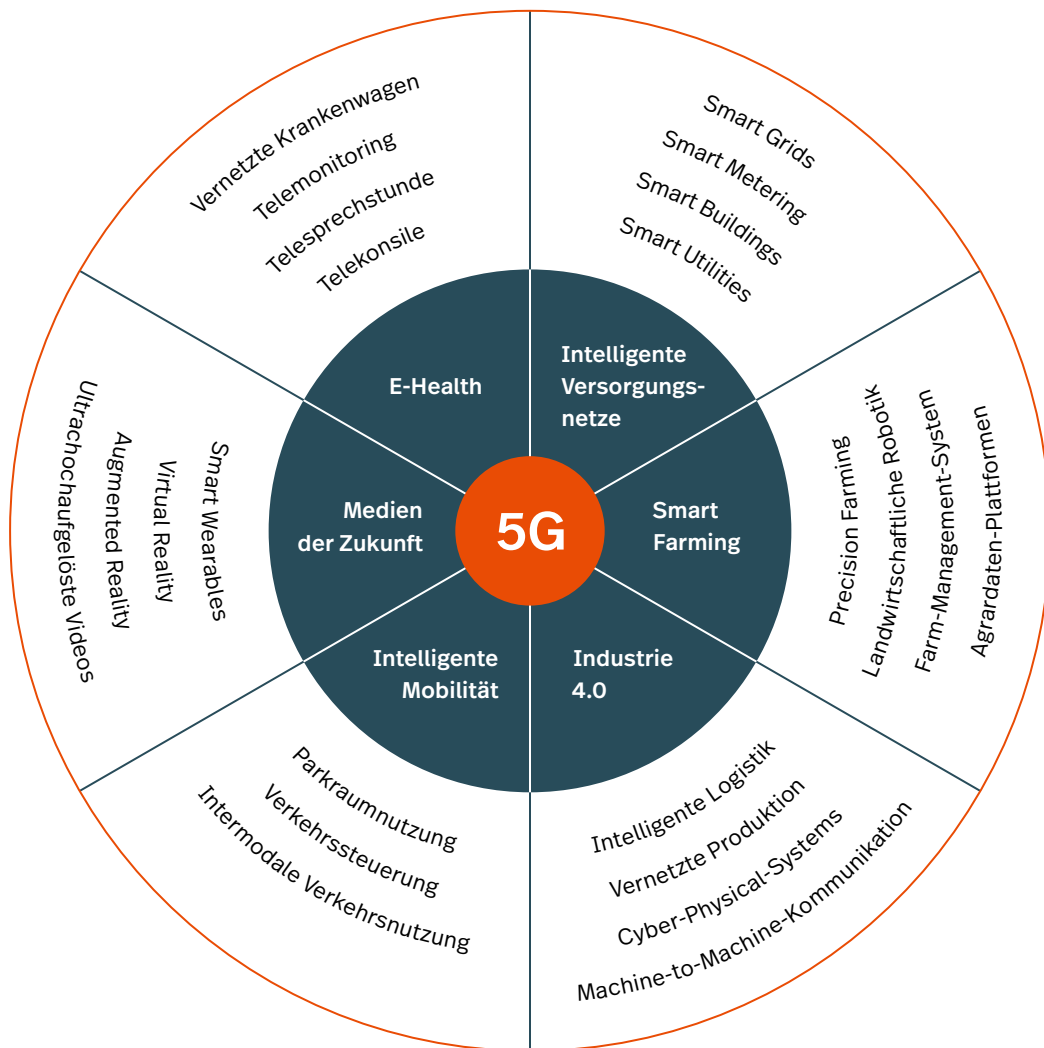
Irgendwo auf dem platten Land funkt der Chip eines Herzrisiko-Patienten. Noch aus dem Rettungswagen finden die Videodaten den Weg ins nächste Krankenhaus, dann sitzt eine Chirurgin ein paar Hundert Kilometer entfernt an ihrer Konsole, steuert den Greifarm des OP-Roboters und ist vollkommen sicher, dass ihr die Netzverbindung während der sensiblen Feinarbeit nicht abreißt. Nach einer langen Schicht setzt sie sich am frühen Abend müde ins Auto, genießt den Blick über die weite Landschaft, übergibt auf der Autobahn endlich die Kontrolle, stellt den Sitz ein wenig zurück, träumt und schließt ab und zu die Augen. Sie greift nicht ein, als der Wagen kurz abbremst, bei immer dichterem Feierabendverkehr wenig später auf die Bundesstraße fährt, die Scheibenwischer bewegt, in eine Parkbucht fährt und anhält. Sie schläft noch eine Viertelstunde zu den Klängen ihres Lieblings-Quartetts, steigt aus und sieht am Rande eines Weizenfeldes den riesigen selbstfahrenden Mähdreschern zu; in der Abendsonne steigen zwischen Schwärmen von Vögeln immer wieder Drohnen auf, die auch die Kühe auf ihrem Weg in den Stall begleiten. Sie fühlt nach ihrem altmodischen Handy in der Hosentasche, weil sie keine Implantate mag, lächelt in das holografische Gesicht ihres Ehemannes, bespricht mit ihm das Abendessen und sagt ihrem Haus Bescheid, dass sie nun nach Hause fahren wird; die Raumtemperatur steigt, der Ofen springt an, und im ersten Stock läuft das Badewasser ein. Manchmal, denkt sie, befremdet einen fast dieses leichte Leben. Aber wenn sie an die kommunizierenden Roboter in den Fabriken denkt, an die Beobachtung und Fernsteuerung ganzer Hallen wie in ihrem eigenen Berufsalltag, dann hat sie das Gefühl, dass die Maschinen weniger Mitarbeiter als vielmehr so etwas wie zusätzliche Gliedmaßen und Prothesen sind. Mehr und bessere Augen, mehr und stärkere Arme, mehr und schnelleres Wissen ... Sie muss ihre virtuelle Sprechstunde morgen etwas früher beenden, fällt ihr dabei ein. Sie hat ihrem Sohn versprochen, das neue VR-Headset mit ihm auszuprobieren, sie wollen als Harry Potter und Hermine Granger die Welt der Zauberer retten, immerhin die Geschichten bleiben gleich ... Sie steigt wieder ein und lässt sich auf kürzestem Weg durch den Stadtverkehr nach Hause lotsen.

Diese Zukunft ist bereits zum Greifen nahe. Sie bietet einen Alltag, in dem, wenn man genau hinsieht, dank eines leistungsfähigen, »echten« 5G-Netzes schon ziemlich viel funktioniert:

- die lückenlose medizinische Versorgung selbst dünn besiedelter Gebiete durch die Fernüberwachung vitaler Körperfunktionen, video-basierte Arztprechstunden oder OP-Roboter (**E-Health/Telemedizin**)
- das sichere, autonome Fahren durch die Vernetzung aller Verkehrsteilnehmer und -Infrastrukturen, Ampelanlagen, Navigations- und Leitsysteme (**Autopiloten**)
- der ressourcen- und umweltschonende Betrieb der Landwirtschaft durch die punktgenaue Verarbeitung von Wetter-, Boden- oder Grundwasserdaten, die digitale Steuerung von Landmaschinen oder die gesundheitliche Überwachung von Nutztieren (**Smart Farming**)
- die energiesparende, mobile Überwachung und Steuerung der gesamten Haushaltstechnik durch die Vernetzung aller Geräte, Lampen, Türen, Fenster, Heizungs-, Strom-, Bewässerungs- oder Alarmanlagen (**Smart Home**)
- die nachfrageorientierte Optimierung ganzer Liefer- und Wertschöpfungsketten durch den zuverlässigen Einsatz vernetzter Sensoren in der Produktion (**Internet of Things, Smart Factory**)
- die bedarfsgerechte Planung und Steuerung der wachsenden Städte und Gemeinden durch die laufende Erhebung des Energie- oder Wasserverbrauchs, die flexible Müllbeseitigung und die Anbindung einzelner Netzwerke in Fahrzeugen, Haushalten oder Fabriken (**Smart City, Smart Country, Network Slicing**)
- und die Entwicklung intelligenter, schneller und bewegungsreicher Online-Spiele durch die extensive Verarbeitung von Umgebungsdaten und die Nutzung leistungsfähiger, dezentraler Edge Server (**Augmented Reality, Virtual Reality, Cloud Computing**).¹

¹ Grafik: www.synchrone-mobilitaet.de/content/dam/ivi/synchrone-mobilitaet/documents/BMVI-dobrindt-5g-strategie.pdf

Anwendungsdomänen der 5G-Netze

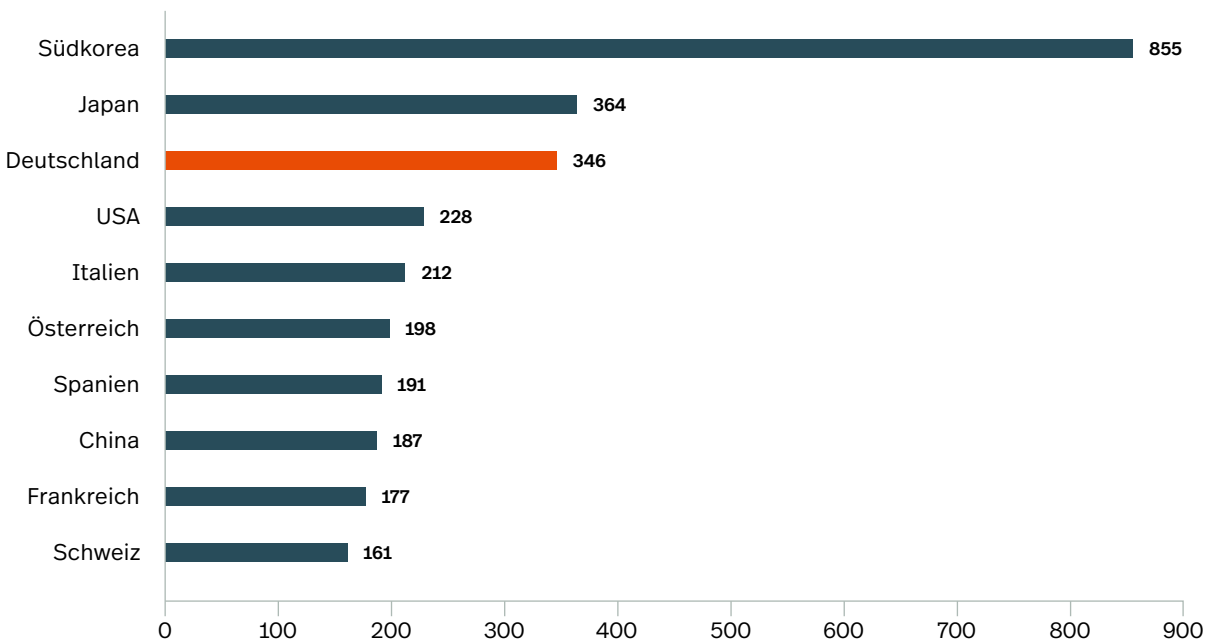


Und all diese neuen technischen Möglichkeiten mischen auch die Karten für die Unternehmen neu. Fabriken, in denen sich zunehmend mobile Roboter, Maschinen, Plattformen und Einrichtungen autonom aussteuern und bei jeder Produktumstellung neu konfigurieren lassen,² liefern

² www.elektrotechnik.vogel.de/meilenstein-der-automation-der-schluesel-zur-smart-factory-a-706275

Robotisierung im Vergleich

Anzahl der Industrieroboter je 10.000 Beschäftigte im Verarbeitenden Gewerbe 2019 (ausgewählte Länder)



Quelle: International Federation of Robotics

den Kunden günstige Maßarbeit – individuelle Produkte in schneller Takung. Von den aktuell rund 50 Milliarden vernetzten Geräten, Fahrzeugen und Maschinen³ befinden sich darum nicht zufällig die meisten in der Produktion. Wer in der Industrie 4.0 nicht mithalten kann, hat schon jetzt das Nachsehen. 5G, als erster industriefähiger Funkstandard, wird zum entscheidenden Wettbewerbsfaktor, im Verbund mit Künstlicher Intelligenz unschlagbar.

Deutschland befindet sich hier in einer starken, aber gefährdeten Ausgangsposition. Sein Erfolgsmodell besteht seit Jahrzehnten in der Technologieführerschaft bei der Herstellung von Autos, Maschinen und Anlagen, in Chemie, Pharmazie, Elektrotechnik, Luft- und Raumfahrt. Der glühende Kern unserer Volkswirtschaft ist laut Weltbank mit einem Anteil von fast 27 % am Bruttoinlandsprodukt noch immer die Industrie; in den USA sind es 18, in Frankreich und Großbritannien nur 17 %. Zudem ist diese Industrie dank unserer weltweit einzigartigen Mittelstandskultur mit mehr als 1000 *hidden champions* noch immer hoch innovativ. Deutsche Firmen zählen bei der Unternehmens-Software zu den Weltmarktführern, einige Maschinenbauer beschäftigen schon heute mehr Informatiker als klassische Ingenieure und betreiben digitale Geschäftsplattformen für 4.0-Lösungen in der Produktion. Die Roboterichte in der Fertigung liegt bei 346 Robotern pro 10.000 Mitarbeitern, dem Dreifachen des europäischen Durchschnitts; einen höheren Automatisierungsgrad erreichen nur noch Japan (364), Südkorea (855) und Singapur (918).⁴

Andererseits ist nicht zu leugnen, dass die Protagonisten der Digitalen Revolution noch immer unverrückbar im Silicon Valley sitzen. Die wertvollsten Unternehmen der Welt waren noch vor zehn Jahren Banken und Ölkonzerne, heute sind es Digitalgiganten wie Apple, Microsoft, Google, Facebook und Amazon.⁵ Apple allein ist so viel wert wie alle 763 bör-

³ IHS Markit rechnet mit 125 Mrd. vernetzten Geräten im Jahr 2030: cdn.ihs.com/www/pdf/IoT_ebook.pdf

⁴ de.statista.com/infografik/13676/roboerichte-in-der-fertigungsindustrie

⁵ paymentandbanking.com/die-wertvollsten-unternehmen-1990-2018

sennotierten deutschen Unternehmen zusammen. Und zu einer echten Bedrohung wird diese eingepreiste Zukunft, wo sie in die angestammten Domänen der deutschen Industrie einbricht – wo Google mit Waymo oder Apple mit Titan an der Entwicklung selbstfahrender Autos arbeiten oder Tesla mit rollenden Computern die deutschen Verbrenner vor sich hertreibt. Der visionäre Newcomer aus Palo Alto wird höher bewertet als Volkswagen, BMW und Daimler zusammen; klar, auf wen die Investoren in diesem Rennen wetten.

Die deutschen Autobauer haben die Herausforderung inzwischen angenommen und machen sowohl in der E-Mobilität als auch in der Digitalisierung Boden gut. Doch was hier in Bewegung kommt, muss in ganz Deutschland Fahrt aufnehmen – über die Automatisierung und Vernetzung jener 85 % aller Anlagen und Maschinen, die heute noch isoliert und unvernetzt betrieben werden,⁶ und über den flächendeckenden Ausbau des Internet of Things, der die *Smart World* erst möglich macht. Über 5G.

Wie weit sind die Mobilfunknetzbetreiber gekommen seit der Versteigerung der 5G-Frequenzen in den 2- und 3,6-Gigahertz-Bereichen am 12. Juni 2019? Entwickelt sich Deutschland, wie von der Bundesregierung versprochen, tatsächlich zu einem weltweiten Leitmarkt? Und: Was genau ist 5G überhaupt? Warum ist diese Technik ein Universalschlüssel für eine schier unabsehbare Fülle neuer Anwendungen, neuer Leistungen der Technik?

⁶ www.vdi-wissensforum.de/news/aus-alt-mach-smart-echte-mehrwerte-durch-vernetzte-industrieanlagen

2 WAS IST 5G?

Das Kürzel 5G bezeichnet einen Mobilfunkstandard, das heißt: eine Auswahl genormter Techniken zur mobilen Datenübertragung. Während die erste Generation dieser Techniken (1G) noch ausschließlich analog und über lokale Vorwahlen funktionierte, vollzieht sich die Übertragung seit GSM (2G) digital. Mit dem GPRS-Standard war erstmals ein digitaler Datentransfer möglich, mit UMTS (3G) feierte das mobile Internet seinen Durchbruch. LTE (4G) erhöhte deutlich die Geschwindigkeit der Datenübertragung, verbesserte den Empfang, reduzierte Störungen. Doch erst 5G bedeutet wieder einen Technologiesprung: Denn 5G ist mit Übertragungsraten von bis zu 10 Gbit/s nicht nur breiter, schneller und zuverlässiger als manche Festnetzverbindung, sondern es springt auch schneller an als jeder Standard vor ihm. Wo LTE für eine Reaktion noch bis zu 40 Millisekunden braucht, immerhin fast ein Wimpernschlag, liegt diese sogenannte Latenzzeit bei 5G unter 20 Millisekunden; technisch möglich sind sogar weniger als eine Millisekunde.⁷ Damit sind wir in der Echtzeitübertragung angekommen. Die Chirurgin in unserem Eingangs-Szenario kann ohne fühlbare Verzögerung operieren und virtuell mit Harry Potter fliegen, ihr Auto alarmiert und bremst schneller, als sie es je könnte, und in der Fabrik nebenan verstehen sich die Dinge, als gäbe es keinen Raum zwischen ihnen.

Zu den Standard-Techniken von 5G gehört die Nutzung höherer Frequenzbereiche. Dabei gilt: Je höher die Frequenz, desto höher das Tempo und desto niedriger die Reichweite. Die ersteigerten »echten 5G-Frequenzbänder« im 3,6-GHz-Bereich, mit denen Gigabit-Geschwindigkeiten überhaupt erst möglich sind, bieten die Provider derzeit allerdings nur vereinzelt in wenigen Städten an; meistens nutzen sie via *Refarming* die langsameren 700-MHz- sowie 2-GHz-Bänder, die ursprünglich für UMTS gebraucht wurden. Auf dem Display der Smartphones erscheint dann zwar »5G«, aber tatsächlich funken ursprünglich für LTE (4G) gebaute und mit einem Software-Update versehene Antennen nicht viel

⁷ https://www.gsma.com/wp-content/uploads/2019/04/The-5G-Guide_GSMA_2019_04_29_compressed.pdf, S. 31.

schneller als zuvor. Im einen wie im anderen Fall fungiert LTE allerdings als Fangnetz: Jedes Handy muss sich zunächst per LTE einbuchen und wird dann gegebenenfalls via DSS (Dynamic Spectrum Sharing) auf den Upgrade-Antennen an 5G übergeben. Das heißt erstens, dass die neuen Endgeräte noch LTE beherrschen müssen. Und das heißt zweitens, dass wir den flächendeckenden Ausbau von LTE nicht überspringen können, sondern ihn bis zur Verbreitung von *Standalone*-Lösungen⁸ mit »echtem 5G« für das flächendeckende Angebot von 5G Upgrade-Lösungen weiterhin benötigen.

In speziell für 5G entwickelten Antennen stecken 64 Mini-Antennen (multiple input multiple output, MIMO), die sich flexibel am Kapazitätsbedarf der gerade eingeloggtten Smartphones ausrichten. Nur so sind Gigabit-Geschwindigkeiten möglich. Zusammen mit vielen dezentralen Rechenzentren (Mobile Edge Computing, MEC) sorgen sie für die Highspeed-Übertragung. Die Verbindung zwischen ihnen stellt bislang allerdings die Basisstation her, die Ausrüster wie Ericsson, Nokia oder Huawei nur im Paket mit den Antennen anbieten. Ein Netzbetreiber, der den Ausrüster wechseln will, muss darum immer gleich große Teile seiner Infrastruktur ersetzen. Diese Abhängigkeit von einzelnen Herstellern sinkt mit Open RAN – einer Technik, die sämtliche Komponenten, ob Geräte oder Software, kompatibel und folglich austauschbar macht. Da zudem insbesondere Huawei von den USA und einigen Staaten in Europa als Sicherheitsrisiko eingeschätzt wird, will die Bundesregierung in die Entwicklung dieses offenen Standards und anderer Kommunikationstechnologien Fördergelder von fast 2 Mrd. Euro geben⁹ – was die Netzbetreiber zusätzlich motiviert, hier zusammenzuarbeiten.¹⁰

⁸ Vodafone ist hier am weitesten: <https://www.vodafone.de/featured/inside-vodafone/europa-premiere-in-frankfurt-vodafone-startet-5g-standalone-fuer-die-echtzeit-kommunikation/#/>

⁹ <https://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/276/1927677.pdf>, S.6.

¹⁰ <https://www.presseportal.de/pm/9077/4816578>

Darüber hinaus investiert der deutsche Staat auch jetzt schon in die nächste Generation mobiler Übertragungsstandards. Rund 700 Mio. Euro fließen bis 2025 in eine Forschungsinitiative für ein 6G-Netz, das schon 2030 bei weiter sinkender Latenz die Geschwindigkeit noch einmal auf das 100fache der 5G-Übertragung steigern soll – auf bis zu ein Terabit pro Sekunde (Tbit/s). Damit werden auch umfangreiche KI-Anwendungen samt des von ihnen benötigten Transports riesiger Datenmengen nahezu unbeschränkt möglich sein.¹¹ Das erklärte Ziel ist auch hier, »die technologische Souveränität Deutschland und Europas« langfristig zu stärken.¹²

¹¹ <https://www.computerweekly.com/de/definition/6G>

¹² <https://www.bmbf.de/de/karliczek-6g-wird-unsere-kommunikation-revolutionieren-rund-700-millionen-euro-fuer-die-14195.html>

3

WAS HAT DIE GROSSE KOALITION GEPLANT – UND WAS ERREICHT?

Laut Bundesregierung soll Deutschland zum Leitmarkt für 5G-Anwendungen werden, bis 2025 soll es als erstes Land ein flächendeckendes 5G-Netz bereitstellen. Die 5G-Technik sieht sie in der »Schlüsselrolle« für die »digitale Transformation von Gesellschaft und Wirtschaft«, eine »Grundlage für weitere Innovationen, die zu ökonomischen, ökologischen und sozialen Entwicklungssprüngen führen können«. ¹³ Um dafür die infrastrukturellen Voraussetzungen zu schaffen, hat sie bereits 2016 Maßnahmen in passenderweise fünf Aktionsfeldern projiziert – Netzrollout, Frequenzen, Branchen, Forschung sowie Städte und Kommunen – und wiederum fünf Meilensteine auf dem Weg zum 5G-Rollout im Jahr 2020 beschrieben. ¹⁴

Die Versteigerung der Frequenzen in den 2- und 3-GHz-Bändern war danach ursprünglich für 2018 geplant, begann nach einigen Verschiebungen am 19. März 2019 und endete fast drei Monate später am 12.06.2019 mit einem Gesamtergebnis von fast 6,6 Mrd. Euro, trotz teilweise heftiger Kritik der Betreiber an diesen hohen Anfangsinvestitionen sowie an der ambitionierten Ausgestaltung des Auflagenkatalogs. ¹⁵ Die Grundgedanken dabei: Die etablierten Netzbetreiber sollten auch Netzlücken in sogenannten weißen Flecken, an Autobahnen oder Schienenstrecken schließen. Und zugunsten des Wettbewerbs sollte auch neuen Bewerbern der Markteintritt ermöglicht werden mit entsprechend geringeren Versorgungsaufgaben. Allerdings: Weil die reichweitenstarken, von den drei etablierten Netzbetreibern genutzten Frequenzen unterhalb des 1-GHz-Bandes nicht neu versteigert wurden, fehlen dem zusätzlichen Marktteilnehmer bisher die technischen Voraussetzungen für eine Versorgung in der Fläche.

¹³ [BMVI-dobrindt-5g-strategie.pdf](#)

¹⁴ www.synchrone-mobilitaet.de/content/dam/ivi/synchrone-mobilitaet/documents/BMVI-dobrindt-5g-strategie.pdf

¹⁵ www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/Mobilfunk/DrahtloserNetzzugang/Mobilfunk2020/20181126_Entscheidungen_III_IV.pdf?__blob=publicationFile&v=3

Am Ende konnten vier Unternehmen Nutzungsrechte an Frequenzen ersteigern, für Preise zwischen 1,07 und 2,8 Mrd. Euro – neben den etablierten Anbietern Deutsche Telekom, Vodafone und Telefónica Germany auch die Drillisch Netz AG als Tochter der I&T AG.

	Drillisch Netz AG	Telefónica Germany GmbH & Co. OHG	Telekom Deutschland GmbH	Vodafone GmbH
2 GHz	2 × 10 MHz	2 × 10 MHz	2 × 20 MHz	2 × 20 MHz
3,6 GHz	50 MHz	70 MHz	90 MHz	90 MHz
Summe	70 MHz	90 MHz	130 MHz	130 MHz

Quelle: Bundesnetzagentur¹⁶

Ob das deutsche Verfahren einem »Leitmarkt« angemessen war, stellt der europäische Vergleich übrigens zumindest zeitlich in Frage – die Versteigerung in Finnland etwa erfolgte bereits im Oktober 2018, die Schweiz schloss das Verfahren im Februar 2019 ab. Immerhin: Seit dem Ausbau-Start im Juli 2019 hat sich einiges getan.

¹⁶ www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Breitband/MobilesBreitband/Frequenzauktion/2019/Auktion2019.html

4 WO STEHEN WIR?

Die 5G-Versorgung kommt gut voran, teilweise sogar schneller voran als von den Providern angekündigt – allerdings mit einer Highspeed-Fokussierung auf wenige städtische Hotspots. Die volle Leistungskraft der Technik kommt so noch nicht zum Tragen. Vodafone hat nach Unternehmensangaben ein erstes 5G Standalone installiert, indem es 1000 Antennen im 3,5-Gigahertz-Bereich an das erste 5G-fähige Rechenzentrum in Frankfurt am Main angebunden hat. Mit weniger als 10 Millisekunden Latenzzeit wird hier das Ziel der Echtzeit-Nutzung erreicht, bis 2023 sollen neun weitere 5G-Rechenzentren folgen.¹⁷ Die Deutsche Telekom betreibt einen ersten Standalone-Standort bei München,¹⁸ Telefónica kündigt den Start seines Standalone-Netzes bis Ende 2021 an,¹⁹ I&I will hingegen von Anfang an ein echtes, selbständiges 5G-Netz aufbauen.²⁰

¹⁷ www.vodafone.de/newsroom/netz/willkommen-in-der-echtzeit

¹⁸ www.telekom.com/de/blog/netz/artikel/5g-standalone-620930

¹⁹ www.telefonica.de/news/corporate/2021/03/5g-fuer-30-prozent-der-bevoelkerung-2021-5g-standalone-in-vorbereitung-telefonica-deutschland-o2-startet-5g-ausbauturbo.html

²⁰ www.1und1-drillisch.de/unser-weg-zu-5g

²¹ www.handelsblatt.com/technik/it-internet/mobilfunk-vodafone-geht-technologisch-naechsten-schritt-beim-5g-ausbau/27080696.html

5G-Ausbau in Deutschland

Vergleich des Netzausbaus der Mobilfunkbetreiber in Deutschland

	Deutsche Telekom	Vodafone	Telefónica	1&1 Drillisch
DSS-Standorte*	rund 17.000	mehr als 3.000	770	k. A.
5G-Standorte (3,6 GHz)	600	330	770	k. A.

*DSS steht für Dynamic Spectrum Sharing und ermöglicht die Nutzung von Frequenzen für 4G und 5G, bietet derzeit aber deutlich geringere Geschwindigkeiten als reine 5G-Lösungen.

Im internationalen Kampf um den Titel »Leitmarkt« hat Deutschland damit noch keine Favoriten-Rolle inne.²² Ende 2020 lag die geschätzte Anzahl der 5G-Mobilfunkanschlüsse wegen des rasanten Ausbaus in Asien und Ozeanien bereits bei rund 33 Milliarden.²³ Laut Cisco-Prognose werden China, Japan und Großbritannien im Jahr 2023 die Länder mit dem größten 5G-Anteil sein.²⁴ Und auch, was die Verbesserung der

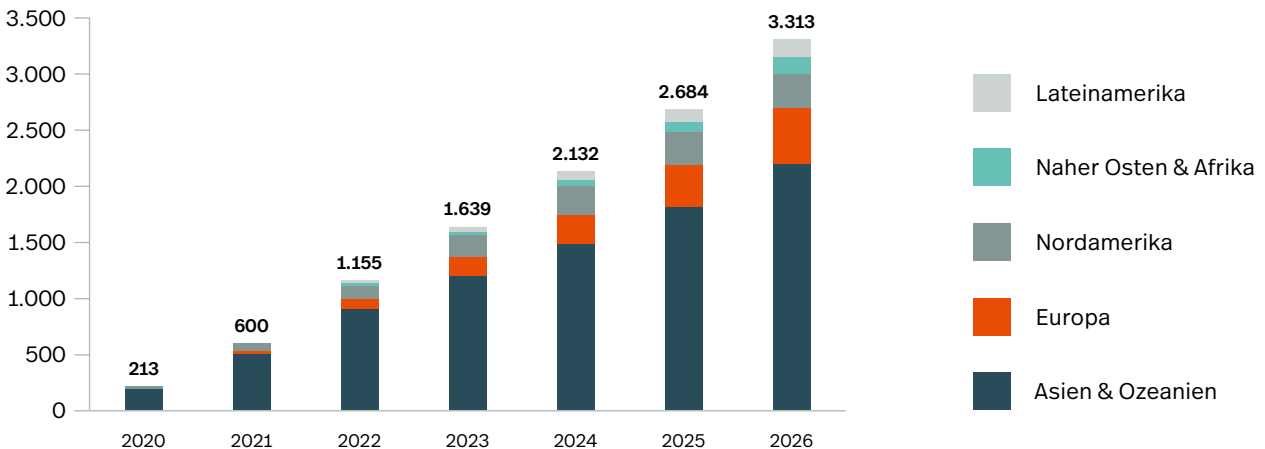
²² Zum gesamten Breitbandausbau – noch ohne 5G-Abbildung – siehe auch den Monitor der Bundesnetzagentur: www.breitband-monitor.de/mobilfunkmonitoring/karte

²³ de.statista.com/infografik/13074/geschaeztzte-anzahl-der-5g-mobilfunkanschluesse-weltweit

²⁴ de.statista.com/infografik/23182/prognose-zum-anteil-von-5g-an-mobilfunkverbindungen-weltweit

Geschätzte Anzahl der 5G-Mobilfunkanschlüsse

in Millionen



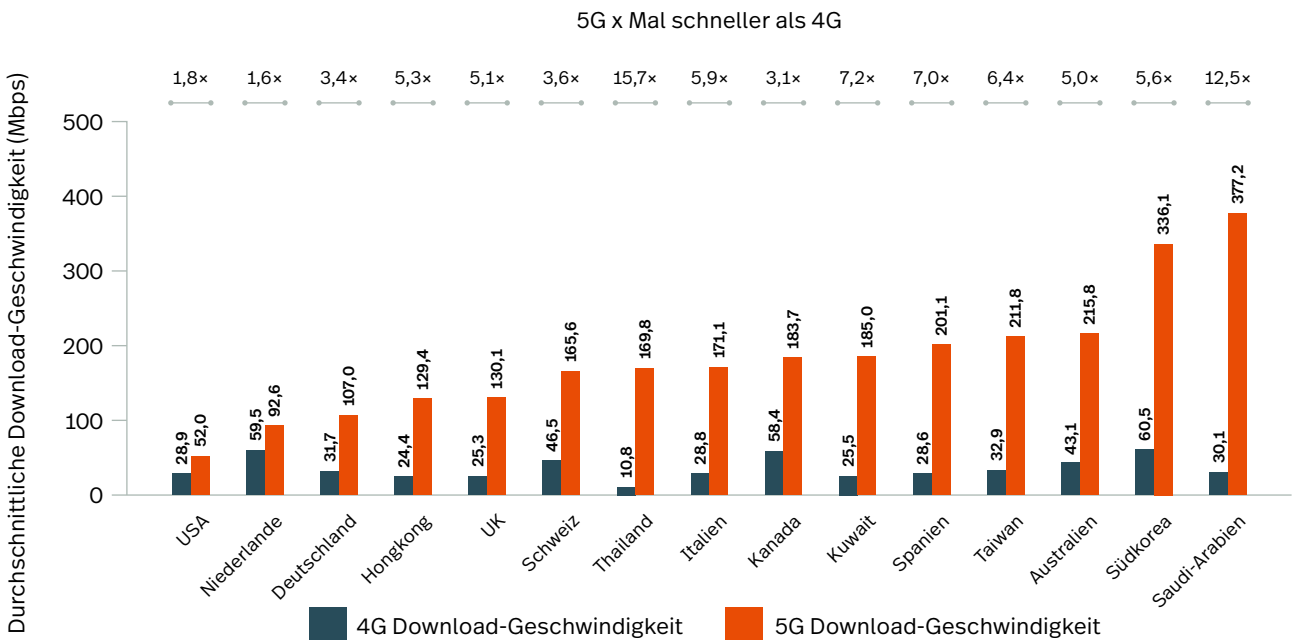
Stand: November 2020, Quelle: Ericsson

durchschnittlichen Download-Geschwindigkeit gegenüber 4G betrifft, liegen Saudi-Arabien und Südkorea laut Messungen von Opensignal mit 377 sowie 336 Mbit/s Ende 2020 weltweit an der Spitze. Deutschland landet hier mit durchschnittlich 107 Mbit/s über 5G und 32 Mbit/s über 4G nur auf dem 13. Platz.²⁵ »Deutschland zieht mit« resümiert entsprechend auch die Bundesregierung eher verhalten ihren internationalen Vergleich.²⁶

²⁵ www.opensignal.com/2020/10/13/benchmarking-the-global-5g-user-experience-october-update

²⁶ www.deutschland-spricht-ueber-5g.de/informieren/wirtschaft/hier-steht-deutschland-beim-5g-netzausbau

In jedem Land ist die tatsächliche Download-Geschwindigkeit bei 5G schneller als bei 4G



Anmerkung: 5G-Angebote wurden in Kanada, Hongkong, Taiwan und Thailand erst 2020 eingeführt.

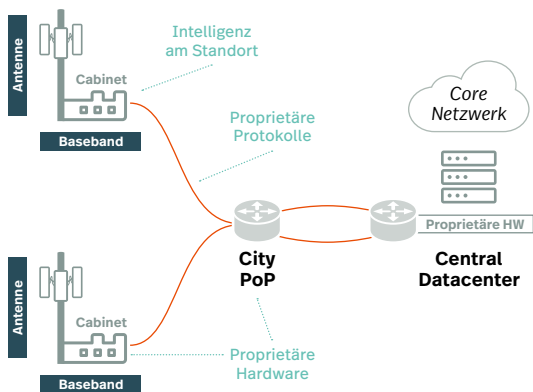
Zeitraum der Erhebung: 01.07.-28.09.2020, Quelle: Opensignal

Zum 5G-Leitmarkt kann jedoch nur werden, wer Innovationen auf Basis der 5G-Infrastruktur ermöglicht, fördert und vor allem mitgestaltet. Das heißt, dass Deutschland und Europa nicht nur zum Absatzmarkt und Einsatzort moderner Technologie werden müssen, sondern zum aktiven Gestalter und Pulsgeber. Die frühzeitige Bereitstellung von Frequenzen, der zügige und konsequente Ausbau der Infrastruktur und die Leistungsparameter der Netze sind wichtige Indikatoren für die Frage, wo ein

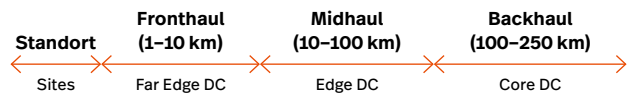
Traditionelle Architektur



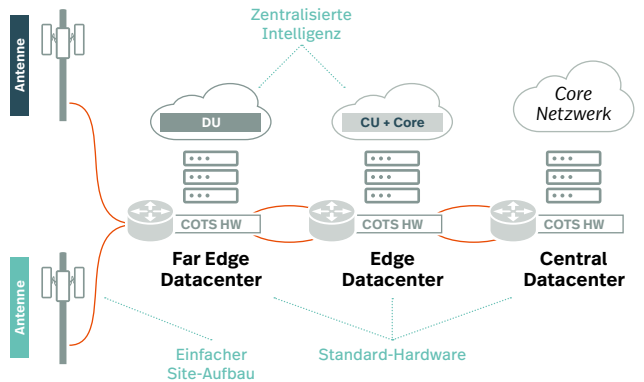
Single Vendor dRAN



Open RAN-Architektur (Bsp. 1&1 Zielarchitektur)



Multi Vendor oRAN: Volle Vendor-Interoperabilität



Intelligenz im Netz → höhere Effizienz durch Pooling von Ressourcen

Anwendungen näher am Endkunden → geringere Latenz

Schlanker Footprint am Antennen-Standort → schnellerer Aufbau, weniger Wartung

D-RAN: Distributed RAN, CU: Centralized Unit, DU: Distributed Unit, oRAN: Open RAN, DC: Datacenter, **Quelle:** 1&1

Wirtschaftsstandort bezüglich 5G im internationalen Vergleich steht. Gerade in der auf Software basierenden 5G-Welt ist es entscheidend, welche Komponenten in welcher Konfiguration und Zusammenstellung die Basis der Infrastruktur bilden. Innovationen werden nicht allein durch das grundsätzliche Vorhandensein einer 5G-Infrastruktur ausgelöst, sondern entscheidend auch durch die Flexibilität und Geschwindigkeit, die Infrastruktur mit weiteren Innovationen Schritt halten zu lassen und sowohl Software als auch Hardware an den Technologiefortschritt und sich ändernde Bedürfnisse der Nutzer anzupassen.

Die Fähigkeit, Leitmarkt zu sein, hängt also neben dem initialen Aufbau der Infrastruktur von der Möglichkeit ab, die 5G-Infrastruktur auch zukünftig frei gestalten zu können. Das wiederum gelingt nur, wenn die Netzbetreiber technologisch unabhängig sind und nicht von bestimmten Netzwerkausrüstern abhängen. Denn bei herkömmlichen, proprietären Netzwerkarchitekturen haben die Netzbetreiber auf technologische Entwicklungszyklen und Innovationsschwerpunkte lediglich eingeschränkten Einfluss.

Selbst wenn Deutschland und Europa noch nicht an allen Stellen des 5G-Ökosystems auch als Technologieanbieter eigene Angebote machen können, können sich Netzbetreiber diese Fähigkeit in einem offenen Ökosystem Stück für Stück sichern. Open RAN und eine modulare, softwarebasierte und auf Standardschnittstellen ausgerichtete Netzarchitektur sind die wesentliche Grundlage dafür. Souveränität bedeutet vor diesem Hintergrund nicht zwingend, auf bestimmte Anbieter zu verzichten – sondern sie frei auswählen und ihre Leistungsbausteine beliebig kombinieren zu können. Ein Netzbetreiber wird dadurch souverän, dass er auf einzelne Anbieter verzichten kann.

Ohne Lock-In und Pfadabhängigkeiten klassischer Netzarchitekturen, durch die sich Netzbetreiber bisher langfristig an einen zentralen Hardware-Lieferanten und dessen Produkt-Roadmap gebunden haben, erlaubt ein Open RAN, auf genau die Lieferanten zu setzen, die zum Zeitpunkt der

jeweiligen Entscheidung und des entsprechenden Bedarfs die leistungsfähigsten oder anderweitig besten Spezialisten sind. Ein so aufgestellter Netzbetreiber hat deutlich mehr Einfluss auf Netzqualität und -funktionalitäten. Zu Recht nehmen daher Förderprogramme der Bundesregierung insbesondere die Entwicklung von Open RAN in den Fokus. Unter den Mobilfunknetzbetreibern setzt der Neueinsteiger I&I von Beginn an auf diese Architektur und plant, gemeinsam mit dem japanischen Unternehmen Rakuten das europaweit erste vollständig virtualisierte Mobilfunknetz auf Basis der neuen Open RAN-Technologie zu errichten.²⁷

²⁷ <https://newsroom.1und1.de/2021/08/04/11-und-rakuten-vereinbaren-weitreichende-partnerschaft/#page-content>

5 WAS BLEIBT ZU TUN?

Bereits 2017 hat unsere Stiftung zusammen mit der Unternehmensberatung Roland Berger politische Erfolgsfaktoren für den 5G-Rollout identifiziert.²⁸ Dazu gehörten die zügige Frequenzvergabe, ambitionierte Ausbauziele und Testfelder auch in ländlichen Gebieten – an diese Punkte können wir angesichts vollzogener Auktion samt Auflagen sowie des mittlerweile ausgebauten 5G-Innovationswettbewerbs des BMVI jetzt Haken setzen.²⁹ Einige Aufgaben sind allerdings noch zu bewältigen:

1. Staatliche Investitionen in die Zugangsnetze. Die Große Koalition hat am 3. Juni 2020 im Rahmen des Corona-Konjunkturprogramms festgehalten, sie wolle das Fördersystem für den Glasfaser-Breitbandausbau »entbürokratisieren und weiterentwickeln«. Zudem sollen der 5G-Ausbau massiv beschleunigt und die notwendigen Finanzmittel dafür in Milliardenhöhe bereitgestellt werden.³⁰ Die Beschlüsse müssen über die bloße Gründung der Mobilfunkinfrastrukturgesellschaft hinaus jetzt mit Konkretion zur Verwendung der Milliardenbeträge gefüllt werden.

2. Lokales, regionales und nationales Roaming sowie Infrastruktur-Sharing. Damit die bestehende Infrastruktur nicht nur in ländlichen Regionen lückenlos ausgelastet und die unwirtschaftliche Vervielfältigung paralleler Infrastrukturen vermieden wird, sollten alle Betreiber zum »Network Sharing« verpflichtet werden: Das eigene Netz wird zur Verfügung gestellt, das fremde im Bedarfsfall genutzt. Ein solches »Network Sharing« sollte – ähnlich wie bereits in anderen Ländern – insbesondere im ländlichen Raum zum Standard werden, denn dort können aufwändige Infrastrukturen oft nicht von einem Provider alleine sinnvoll ausgelastet werden und werden deswegen teilweise erst gar nicht gebaut. Gerade mit Blick auf die

²⁸ www.ie.foundation/content/4-publications/08ief_study_erfolgsfaktor5g_es.pdf

²⁹ www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2021/038-scheuer-5g-innovationswettbewerb.html

³⁰ archiv.cdu.de/system/tdf/media/dokumente/2020_06_03_koalitionsausschuss_0.pdf?file=1

kommenden Frequenzvergaben braucht es hier verbindliche Bedingungen mit entsprechender Planungssicherheit für alle Marktteilnehmer.

- 3. Ausbau in der Fläche durch Frequenzausstattung sicherstellen.** Der politische Wille der Auktion bestand darin, 5G schneller, flexibler und bedarfsgerechter auszurollen und es zugunsten der Verbraucher auch durch einen weiteren Wettbewerber anzubieten. I&T indessen konnte unterhalb der 2-GHz-Bänder bisher keine Frequenzen ersteigern; sie wurden nach den Auktionen 2010 und 2015 den etablierten Providern zugeteilt. Darum sollte der Neueinsteiger bei der nächsten Frequenzvergabe eine realistische Chance darauf erhalten, Frequenzen bei 800 MHz zu erwerben, und damit eine Chance auf den Aus- und Aufbau seines Mobilfunknetzes inner- und außerhalb der Städte und Gebäude.
- 4. Vereinfachung der Genehmigungsverfahren und Verkürzung der Genehmigungsfristen.** Hessen hat mit einer Änderung seiner Bauordnung vorgemacht, wie man auch bundesweit die Aufstellung von Funkmasten beschleunigen kann: Bleiben Sendemast oder -einheiten innerhalb von Ortschaften unter der Marke von 15 Metern, muss der Betreiber künftig keine Baugenehmigung mehr einholen; bislang galten hier 10 Meter als Höchstgrenze. Und: Musste bislang außerhalb von Ortschaften ein Abstand zu Grundstücken und Gebäuden von 40% der Masthöhe eingehalten werden, so genügen jetzt 20%.³¹ In vielen Bundesländern bezieht sich die Erweiterung der Verfahrensfreiheit allerdings allein auf die Errichtung von höheren Antennenmasten im Außenbereich. Um das Potenzial der neuen Mobilfunktechnologie 5G voll auszuschöpfen, muss eine Erweiterung der Verfahrensfreiheit auch für den Innenbereich vorgesehen sein – so, wie es das Land Hessen vorgemacht hat.

³¹ https://www.breitband-in-hessen.de/mm/20201126PK_Mobilfunk_Handout_final.pdf, S. 15.

5. Bereitstellung öffentlicher Liegenschaften. Das neue TKG sieht in § 83 als Aufgabe der zentralen Informationsstelle des Bundes Transparenz über solche Liegenschaften des Bundes, des Landes oder einer Kommune, die zur Vermietung von Sendeanlagen in Frage kommen.³² Auf dem dafür vorgesehenen Datenportal muss der Zugriff auf diese Liegenschaften zügig und einfach erfolgen können, die Liegenschaften selbst müssen kostengünstig bereitgestellt werden.

6. Schnelle Einrichtung von One-Stop-Shops. Gemäß § 127 TKG sollen die Länder eine oder mehrere koordinierende Stellen bestimmen und die zeitgleiche Erteilung der behördlichen Entscheidungen über den Bau von Telekommunikationslinien innerhalb der gesetzten Frist von drei Monaten (§ 150 TKG) sicherstellen. Da die langwierigen und komplizierten Genehmigungsverfahren aktuell die größten Hürden beim Glasfaserausbau darstellen, sollte die Einrichtung möglichst schnell erfolgen.

³² https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BG-BI&start=%2F%2F%2A%5B%40attr_id%27bgbl121s1858.pdf%27%5D#__bg-bl__%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl121s1858.pdf%27%5D__1625488720895

Glossar

BIP	Bruttoinlandsprodukt
DSS	Dynamic Spectrum Sharing
Gbit	Gigabit
GHz	Gigahertz
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
IoT	Internet of Things (Internet der Dinge)
LTE	Long Term Evolution (4G)
Mbit	Megabit
MEC	Mobile Edge Computing
MHz	Megahertz
ms	Millisekunde
MIMO	multiple input multiple output
MVNO	Mobile Virtual Network Operator
Open RAN	Open Radio Access Network
Tbit	Terabit
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System (3G)
VR	Virtual Reality

Literaturverzeichnis

Baumann, J. (2021). Europa-Premiere in Frankfurt: Vodafone startet 5G Standalone für die Echtzeit-Kommunikation. *Vodafone: featured.*

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2021). Pressemitteilung 072/2021. Karliczek: 6G wird unsere Kommunikation revolutionieren – rund 700 Millionen Euro für die Vernetzungstechnologie von übermorgen. BMBF fördert 6G-Kommunikationstechnologie mit Mitteln aus dem Zukunftspaket der Bundesregierung. *Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung.*

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2021). Pressemitteilung. 5G-Innovationswettbewerb des BMVI wird ausgeweitet. Scheuer: Werden Städte und Kreise bei 5G-Anwendungen unterstützen. *BMVI.de.*

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2017). 5G-Strategie für Deutschland. Eine Offensive für die Entwicklung Deutschlands zum Leitmarkt für 5G-Netze und -Anwendungen. *Berlin: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.*

Deutscher Bundestag (2021). Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie (EU) 2018/1972 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über den europäischen Kodex für die elektronische Kommunikation (Neufassung) und zur Modernisierung des Telekommunikationsrechts (Telekommunikationsmodernisierungsgesetz). *Bonn: Bundesgesetzblatt Jahrgang 2021 Teil I Nr. 35.*

Bundesnetzagentur (2018). Entscheidung der Präsidentenkammer der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen vom 26. November 2018 über die Festlegungen und Regeln im Einzelnen (Vergaberegeln) und über die Festlegungen und Regelungen für die Durchführung des Verfahrens (Auktionsregeln) zur Vergabe von Frequenzen in den Bereichen 2 GHz und 3,6 GHz. Aktenzeichen: BK1-17/001. *Bundesnetzagentur.*

Bundesnetzagentur (2019). Frequenzauktion 2019.
Bundesnetzagentur.de.

Bundesnetzagentur (2021).
Mobilfunk-Monitoring: Kartendarstellung. *Bundesnetzagentur.de.*

Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (2021).
Antwort auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Oliver Luksic, Frank Sitta, Bernd Reuther, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP – Drucksache 19/26409. *Deutscher Bundestag, 19. Wahlperiode, Drucksache 19/27677.*

Bundesregierung der Bundesrepublik Deutschland (2020).
5G und Wirtschaft. Hier steht Deutschland beim 5G-Netzausbau.
Deutschland-spricht-über-5G.de.

ComputerWeekly.de (December). Definition: 6G.
ComputerWeekly.de.

Deutsche Telekom, Corporate Communications (2021). Medieninformation: Führende europäische Netzbetreiber verständigen sich auf Offenheit und Vielfalt im Antennen-Zugangsnetz. *Presseportal.*

Deutsche Telekom (2021).
5G Standalone: Das schnellste Netz macht sich selbständig.
Blog.Telekom.

1&1 (2021). Netzaufbau. Unser Weg zum 5G-Netz. *rundr.ag*.

Hessische Staatskanzlei, Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung (2020). Fördern. Bauen. Stärken. *Wiesbaden: Hessische Staatskanzlei, Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung, Pressestelle.*

IHS Markit (2017). The Internet of Things: a movement, not a market. *IHS Markit Technology.*

Koalitionsausschuss (2020). Corona-Folgen bekämpfen, Wohlstand sichern, Zukunftsfähigkeit stärken. *Koalitionsausschuss.*

Knitterscheidt, Kevin (2019). VDMA-Experte Peter Früauf. »Die Digitalisierung in der Industrie kann nicht auf einen Schlag erfolgen«. *Handelsblatt.com.*

Nitsche, N. & Thalhammer, K. (2018). Die wertvollsten Unternehmen (1990–2018). *Payment & Banking.*

Obiodu, E. (2019). The 5G Guide. A Reference for Operators. *GSMA.*

Opensignal (2020). Benchmarking the global 5G user experience – October update. *London: Opensignal.*

Parsons, C. & Styma, F. & Fuest, K. & Krysz, Dr. C. (2017). Erfolgsfaktor 5G. Innovation und Vielfalt für die nächste Stufe der Digitalisierung. *Berlin: Internet Economy Foundation & Roland Berger.*

Pfeiffer, Karin & Lang, H. (Red.) (2018). Meilenstein der Automation: Der Schlüssel zur Smart Factory. *Elektrotechnik Automatisierung.*

Scheuer, S. (2021). Vodafone geht technologisch nächsten Schritt beim 5G-Ausbau. *Handelsblatt.com.*

Statista (2020). Internationale Länderdaten. Anteile der Wirtschaftssektoren am Bruttoinlandsprodukt (BIP) in den wichtigsten Industrie- und Schwellenländern im Jahr 2019. *Hamburg: Statista GmbH.*

Statista (2020). Mobilfunk. Wo der 5G-Ausbau am schnellsten vorangeht. *Hamburg: Statista GmbH.*

Statista (2020). Mobilfunkstandard. 5G breitet sich superschnell aus. *Hamburg: Statista GmbH.*

Statista (2020). Robotisierung. So viele Roboter kommen auf 10.000 Beschäftigte. *Hamburg: Statista GmbH.*

Telefónica (2021). 5G für 30 % der Bevölkerung 2021 – 5G Standalone in Vorbereitung: Telefónica Deutschland. O₂ startet 5G-Ausbauturbo. *Telefónica Deutschland Corporate News.*

Vodafone (2021). 5G-Standalone startet. Willkommen in der Echtzeit. *Vodafone Newsroom.*

Herausgeber

Internet Economy Foundation (IE.F)

Uhlandstraße 175
10719 Berlin
www.ie.foundation

Prof. Dr. Friedbert Pflüger

Vorsitzender

Haftungsausschluss

Diese Studie dient ausschließlich der generellen Orientierung. Der Leser sollte Aktivitäten nicht ausschließlich auf Basis der Inhalte dieser Studie anstoßen, insbesondere nicht ohne vorherige professionelle und individuelle Beratung. Die IE.F ist nicht haftbar für Schäden, die aus Handlungen auf Basis dieser Studie entstehen.

Autoren

Dr. Thomas Klugkist

t.klugkist@textfaktum.de

Clark Parsons

c.parsons@ie.foundation

Lektorin

Jennifer Bode

j.bode@ie.foundation

Kontakt

Clark Parsons
Internet Economy Foundation (IE.F)
c.parsons@ie.foundation
+49 30 8877 429 400

Veröffentlichung

November 2021