

Endlich verständlich

Wie 5G Deutschlands Zukunft prägen wird

Am Dienstag beginnt die Versteigerung der Funkfrequenzen für 5G, den Mobilfunkstandard der Zukunft. Hier erklären wir, wie die Auktion abläuft - und warum 5G für den Digital-Standort Deutschland so wichtig ist.

Von Patrick Beuth, Markus Böhm und Matthias Kremp

15.03.2019, 11.39 Uhr



Foto: Vertigo3d / iStockphoto/ Getty Images

Endlich verständlich: Darum ist der neue Mobilfunkstandard so wichtig

1. Was ist 5G?

5G ist ein neuer Mobilfunkstandard, der die digitale Zukunft Deutschlands entscheidend prägen wird. Mit ihm lassen sich Daten wesentlich schneller drahtlos übertragen - und vor allem mit deutlich geringerer Verzögerung als bisher.

Der Name zeigt, dass es sich um die fünfte Generation von Mobilfunk handelt, wobei die erste noch aus analogen Netzen bestand. Die darauf folgenden bisherigen Standards werden zwar grundsätzlich auch als 2G, 3G und 4G bezeichnet, sind in Deutschland aber eher unter Namen wie GSM (2G), UMTS (3G) und LTE (3.9G, 4G) bekannt. Während zum Beispiel UMTS das mobile Surfen überhaupt erst alltagstauglich machte, brachte LTE deutlich höhere Datenübertragungsraten.

Die Bundesregierung bezeichnet 5G als "Schlüsseltechnologie der digitalen Transformation". Auch Frank Fitzek vom 5G Lab Germany, einem Forscherzusammenschluss an der Technischen Universität Dresden, sieht in 5G das künftige "Rückgrat unserer Industrie" - wenn auch keineswegs einen heiligen Gral: So sei etwa die Annahme falsch, im Zeitalter von 5G würde es in Deutschland keine Funklöcher mehr geben (siehe dazu auch Frage 9).

2. Was unterscheidet 5G von bisherigen Standards?

Viele denken bei 5G an stabilere Videostreams und schnellere Downloads. Tatsächlich kann die Technologie all das ermöglichen. Technisch sind Datenraten von bis zu zehn Gigabit pro Sekunde denkbar. Als Größenordnung: Über private Internetanschlüsse ließen sich in Deutschland im Jahr 2018 Daten **im Schnitt mit 24 Mbit pro Sekunde heruntergeladen**.

Die meisten Experten jedoch halten 5G eher im Kontext von Unternehmen oder Zukunftstechnologien für relevant, beispielsweise zur Steuerung und Vernetzung von Robotern, Maschinen und anderen Geräten, in der Warenlogistik und beim autonomen Fahren. "5G ist mehr als nur ein neuer Mobilfunkstandard, mit dem ich schneller im Internet surfen kann", sagt Bernhard Niemann, Abteilungsleiter Breitband und Rundfunk am Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen (Fraunhofer IIS) in Erlangen.

Große Fortschritte bringt 5G mit Blick auf die sogenannte Latenz, das ist sozusagen die Reaktionszeit des Netzes. Bei 5G sind äußerst kurze Latenzen von unter einer Millisekunde erreichbar - das ist gerade fürs autonome Fahren hilfreich, wenn das Auto Steuerbefehle aus dem Netz empfängt.

5G-Netze kann man auch so aufbauen, dass sie Hunderttausende oder gar Millionen Geräte miteinander verbinden. Anwendungsfälle dafür könnten smarte Städte und Industrieanlagen sein, in denen beispielsweise Sensoren und Steuergeräte miteinander vernetzt werden.

Fraunhofer-Experte Niemann warnt aber davor, zu erwarten, dass ein 5G-Netzwerk in all diesen Bereichen gleichzeitig die bestmögliche Leistung bringt: "Je nach Anwendungsfall muss man sich dann eben entscheiden", sagt er. "Will ich jetzt die zehn Gigabit Durchsatz pro Sekunde haben, oder will ich zehn Jahre Lebensdauer für eine gewöhnliche AAA-Batterie?"

Was am Ende die "Killeranwendung für 5G" sein wird, ist laut Frank Fitzek vom 5G Lab Germany schwer vorherzusagen. Der Experte erinnert an den 3G-Standard, also UMTS: Bei dem sei es anfangs um Videotelefonie gegangen, rückblickend jedoch sei das mobile Internet die wichtigste Anwendung gewesen. "Und bei 2G war es am Ende die SMS", sagt Fitzek. "Jede Technologie hat immer etwas Bestimmtes versprochen, aber etwas anderes war nachher der große Anwendungsfall oder die große Cashcow."

3. Wie und wann bekommt Deutschland 5G-Netze?

Voraussichtlich vier Firmen werden ab dem Jahr 2020 eigene 5G-Funknetze betreiben. Zum einen sind es die etablierten Netzanbieter Telekom, Vodafone und O2 Telefónica, zum anderen nimmt an der Auktion **als Newcomer auch 1&1 Drillisch teil**.

Wer ein 5G-Netz betreiben möchte, muss dafür ab dem 19. März 2019 bei der Bundesnetzagentur (siehe Frage 6) die dafür passenden Frequenzen ersteigern. Im Gegenzug zum Erwerb des Nutzungsrechts verpflichten sich die Mobilfunkanbieter, den Netzausbau voranzutreiben.

In Form einzelner Testprojekte experimentieren die etablierten Netzbetreiber schon seit längerem mit 5G-Technologie. Die Telekom zum Beispiel hat 5G-Projekte in der Berliner Innenstadt sowie im Hamburger Hafen, Vodafone hat in Aldenhoven bei Aachen einen 5G-Mast aufgestellt. Telefónica Deutschland erprobt gemeinsam mit Huawei in München 5G-Anwendungen.

Unabhängig von der Auktion wird die Bundesnetzagentur 2019 noch weitere für 5G geeignete Frequenzen vergeben. Diese Frequenzen sollen beispielsweise Industriebetriebe lokal nutzen können, um eigene Netze am Firmensitz aufzubauen. Bereits Interesse an solchen Frequenzen bekundet haben **zum Beispiel Daimler, Volkswagen und BMW**.

Zugeteilt werden die Frequenzen nicht in Form einer Versteigerung, sondern über ein Antragsverfahren.

Die Netzbetreiber sehen diese zweite Runde der Frequenzvergabe kritisch: Sie warnen zum Beispiel vor einer Fragmentierung oder einer künstlichen Verknappung des für 5G zur Verfügung stehenden Funkspektrums. Hinter der Kritik stecken aber auch Geschäftsinteressen: Am liebsten würden die Mobilfunkanbieter in solchen Fällen natürlich ihre eigenen 5G-Netze zur Verfügung stellen, gegen entsprechende Gebühren. **Sie fürchten den Verlust von Großkunden.**

4. Warum streitet die Politik so heftig über 5G?

Die Mobilfunkbetreiber, die entsprechende Frequenzbereiche ersteigern, bauen die 5G-Netze auf - nach den Vorgaben der Bundesnetzagentur. Die Behörde ist zwar formal unabhängig und nur an europäisches Recht gebunden. Doch die Politik versucht durchaus, Einfluss auf die Regeln für den Netzaufbau zu nehmen, etwa über den parlamentarischen Beirat der Netzagentur und in direkten Gesprächen der Netzagentur mit der Bundesregierung.

Die SPD-Bundestagsabgeordnete Saskia Esken, die im Beirat der Netzagentur sitzt, sagt: "Wenn das Ergebnis schlecht ist, wenn es also wie bei der Versorgung mit LTE 'weiße Flecken' gibt, dann machen die Wähler in erster Linie uns dafür verantwortlich. Nicht die Bundesnetzagentur und auch nicht die Mobilfunkanbieter."

In der politischen Debatte prallen verschiedene Ansichten aufeinander: Manche sind eher wirtschafts-, andere eher verbraucherfreundlich. Gestritten wurde und wird vor allem, ob eine Pflicht zur Komplettabdeckung Deutschlands mit schnellem Internet als Auflage an Betreiber eines 5G-Netzes sinnvoll gewesen wäre.

Gegner dieser Idee betonen, dass sie mit derart hohen Investitionskosten verbunden wäre, dass die Provider im Gegenzug nur wenig für die Frequenzen bieten könnten. Politiker, die möglichst hohe Auflagen für die Provider befürworten, befürchten andererseits, dass ohne entsprechende Ausbaupflichten nur jene Gebiete mit 5G versorgt werden, in denen sich das für die Provider lohnt. Wer schon heute schlecht ans Internet angebunden ist, der würde wohl auch künftig hinterherhinken.

Weitere Streitpunkte, bei denen unternehmens- und verbraucherfreundliche Positionen kollidieren, sind Sanktionen gegen die Mobilfunkbetreiber, wenn sie die Auflagen nicht fristgemäß erfüllen und das sogenannte National Roaming. Das hätte die Provider verpflichtet, Kunden anderer Anbieter ihr Netz im Bedarfsfall mitnutzen zu lassen. So hätte die Abdeckung entlegener Gebiete verbessert und die Kosten für die Anbieter gesenkt werden können. In den finalen Auktionsbedingungen hat die Bundesnetzagentur das National Roaming jedoch nicht zur verpflichtenden Auflage gemacht.

5. Welche Rolle wird Huawei beim 5G-Netzaufbau spielen?

Die praktische Seite des Netzaufbaus ist ein Reizthema - nicht nur in Deutschland, sondern in vielen westlichen Ländern. Gestritten wird auf internationaler Ebene über die Frage, ob es verantwortbar ist, chinesische Firmen - im Speziellen Huawei - am Aufbau des Netzes zu beteiligen. Verwiesen wird dabei meistens auf Chinas "Nationales Geheimdienstgesetz", mit dem die Staatsführung Huawei und andere Firmen zur Kooperation verpflichtet, **auch wenn sie im Ausland tätig sind.**

Vor allem die USA warnen vor möglicher Spionage aus China und drängen ihre Partner, Huawei beim Netzaufbau außen vor zu lassen. US-Botschafter Richard Grenell hatte in einem Brief an Wirtschaftsminister Peter Altmaier sogar damit gedroht, die USA könnten

die Zusammenarbeit mit deutschen Geheimdiensten einschränken, sollte Huawei am Netzaufbau beteiligt werden.

Huawei wehrt sich gegen die Spionagevorwürfe - und auch viele IT-Sicherheitsexperten sind skeptisch, was einen Ausschluss von Huawei vom Netzaufbau angeht. "Huawei hat uns mit 2G-, 3G- und 4G-Technik beglückt", sagt beispielsweise Karsten Nohl, der mit seiner Firma Security Research Labs für Mobilfunk-Hacks bekannt ist. "Warum man jetzt sagen sollte 'Vorsicht, installiert sie nicht in 5G-Netzen', kann ich nicht nachvollziehen".

Bislang hat auch niemand Beweise veröffentlicht, die belegen würden, dass Huawei seine Mobilfunktechnik für Spionagezwecke missbraucht. Walter Haas, der Technologievorstand von Huawei Deutschland, sagt: "Nachdem ja nun auch deutsche Autos und Autoteile zur Bedrohung der nationalen Sicherheit der Vereinigten Staaten erklärt werden, muss auch dem Letzten klar sein, dass es hier nur um brutale Wirtschaftspolitik geht."

Für die Netzbetreiber ist die Technik der chinesischen Firmen interessant, weil sie als fortschrittlich und preisgünstig zugleich gilt. Als Alternative zur Huawei-Technik ließe sich prinzipiell Hardware von Firmen wie Ericsson aus Schweden, Nokia aus Finnland, Samsung aus Südkorea oder auch dem US-Konzern Cisco einsetzen.

Eine finale Entscheidung dazu, ob und unter welchen Bedingungen Huawei in Deutschland am Aufbau des 5G-Netzes beteiligt sein darf, wurde bis Mitte März 2019 noch nicht getroffen.

6. Warum werden die Frequenzen versteigert?

Wer ein 5G-Netz aufbauen will, muss sich dafür passende Funkfrequenzen sichern. In Deutschland ist die Bundesnetzagentur für die Vergabe der Frequenzen zuständig. Die Bonner Behörde sorgt dafür, dass sich verschiedene Drahtlostechnologien, wie sie auch beim Rundfunk oder dem Radar der Flughäfen eingesetzt werden, nicht in die Quere kommen. Würde die Frequenznutzung nicht geregelt, könnte es zum Beispiel passieren, dass Funkkopfhörer manche Garagentoröffner oder den Polizeifunk stören. Mobilfunkfrequenzen werden in Deutschland immer nur für einen bestimmten Zeitraum vergeben. Die für 5G gedachten Frequenzen, die die Bundesnetzagentur ab dem 19. März 2019 versteigern wird, sind zum Teil bislang für UMTS (3G) genutzt worden.

Wer die 5G-Frequenzen nutzen will, muss dafür nicht nur Geld bezahlen, sondern sich auch bestimmten Auflagen unterwerfen (siehe Frage 9). Fiete Wulff von der Bundesnetzagentur sagt, man führe eine Auktion durch, weil die Frequenzen knapp seien und die Nachfrage größer sei als das Angebot.

7. Wie läuft die Versteigerung ab?

Die Versteigerung findet unter hohen Sicherheitsvorkehrungen in Mainz statt - sogar Störsender sollen zum Einsatz kommen.

"Die bietenden Unternehmen sind mit ihren Vertretern vor Ort und befinden sich jeweils in speziell abgesicherten, voneinander getrennten Räumen mit klar geregelten Kommunikationsmöglichkeiten", sagt Fiete Wulff - so seien beispielsweise Kontakte in die Konzernzentrale möglich.

Mitgesteuert werde quasi am PC, sagt Wulff, mit Mindestgeboten und Gebotsschritten. Die vier Teilnehmer - also die Telekom, Vodafone, O2 Telefónica und 1&1 Drillisch - können dabei auf verschiedene Frequenzpakete oder "Blöcke" bieten, wie es die Netzagentur nennt.

Es wird damit gerechnet, dass sich die Frequenzversteigerung über mehrere Wochen zieht. Bei der letzten Auktion im Jahr 2015 gab es insgesamt 180 Gebotsrunden. Jede Runde dauert maximal eine Stunde.

8. Wer bekommt das Geld aus der Versteigerung?

Die Einnahmen aus den Frequenzversteigerungen der Bundesnetzagentur fließen in die Staatskasse. [Laut Koalitionsvertrag](#) will der Bund mit dem Geld aus der 5G-Frequenzauktion einen "Investitionsfonds einrichten, der für den Ausbau der digitalen Infrastruktur zur Verfügung steht", also zum Beispiel für den Glasfaserausbau. Zahlen müssen die Netzbetreiber für ihr Recht zur Nutzung der 5G-Frequenzen erst 2020, da sie die Frequenzen erst dann wirklich verwenden können.

Wie viel Geld die Frequenzauktion einspielen wird, ist unklar. Es werden zwar Einnahmen in Milliardenhöhe erwartet, mit einem Ergebnis in der Größenordnung der UMTS-Lizenzauktion von 2000, bei der umgerechnet rund 50 Milliarden Euro Erlöst wurden, rechnet diesmal aber niemand.

Die UMTS-Auktion von 2000 gilt im Nachhinein zudem als wenig nachhaltiges Unternehmen. Der Staat hat mit der Auktion zwar viel Geld eingenommen, die Netze jedoch wurden im Anschluss längst nicht so gut ausgebaut, wie es sich die Politik und viele Handynutzer erhofft hatten.

9. Welche Auflagen gelten für 5G-Netzbetreiber?

Die Leistungen, die die Bundesnetzagentur im Gegenzug für die Nutzung der 5G-Frequenzen von Netzbetreibern verlangen wird, sind umstritten. Sie werden, je nach Perspektive, als zu lasch oder zu streng kritisiert.

Hier ist ein Auszug aus den finalen Auflagen ([das komplette Regelwerk finden Sie hier](#)):

1. Jeder Netzbetreiber, der 5G-Frequenzen ersteigert, müsste bis Ende 2022 mindestens 98 Prozent der Haushalte in jedem Bundesland mit einer Datengeschwindigkeit von mindestens 100 Mbit pro Sekunde im Download versorgen. Diese Regelung dürfte dazu führen, dass - [je nach Schätzung](#) - 10 oder sogar 20 bis 30 Prozent der Fläche Deutschlands vorerst unversorgt bleiben.
2. Die Telekommunikationsfirmen wären verpflichtet, bis Ende 2022 an Bahnstrecken "mit mehr als 2000 Fahrgästen pro Tag" ein Netz mit mindestens 100 Mbit pro Sekunde bereitzustellen. Dasselbe gilt für alle Autobahnen und die wichtigsten Bundesstraßen.
3. Bis Ende 2024 sollen die übrigen Bundesstraßen mit einem solchen Netz versorgt sein. Auf Landstraßen, Staatsstraßen, Wasserstraßen sowie "allen übrigen Schienenwegen" sollen Daten bis Ende 2024 mit mindestens 50 Mbit pro Sekunde übertragen werden.
4. Auf Bundesautobahnen und Bundesstraßen darf die Latenz 10 Millisekunden nicht überschreiten: Hier müsste also 5G-Technologie zum Einsatz kommen, während dies bei den anderen Zielen nicht klar definiert ist.
5. Jeder Anbieter müsste bis Ende 2022 1000 5G-Basisstationen und 500 Basisstationen mit einer Übertragungsrate von mindestens 100 Mbit pro Sekunde "in weißen Flecken" in Betrieb nehmen - also im ländlichen Raum und in Gegenden, in denen der Netzausbau sonst unwirtschaftlich ist. Die Bundesnetzagentur stellt aber auch klar, dass es auch nach Erfüllung dieser Auflagen weiter Gebiete geben

werde, "in denen noch keine mobile Breitbandversorgung besteht". **Funklöcher werden also weiter zu Deutschland gehören.**

6. Auch wenn es keine rechtliche Verpflichtung für das National Roaming geben soll, legt die Behörde den Netzbetreibern ein "Verhandlungsgebot" auf und will sie so zur Zusammenarbeit zwingen.
7. Neueinsteiger ohne eigene Netzinfrastruktur müssten zunächst geringere Versorgungspflichten erfüllen und zum Beispiel bis Ende 2023 nur ein Viertel der Haushalte erreichen.

10. Hinkt Deutschland bei 5G hinterher?

In der Debatte über 5G warnen Politiker und Wirtschaftsvertreter immer wieder, dass Deutschland in Sachen Digitalisierung "den Anschluss verliere". In manchen Bereichen mag das stimmen, mit Blick auf 5G ist das (noch) nicht unbedingt so.

Ein Blick ins Ausland jedenfalls zeigt, dass es anderswo in Sachen 5G zwar mitunter schneller, aber auch nicht gänzlich anders vorangeht:

1. In Katar brüstet sich der Provider Ooredoo, das **erste kommerzielle 5G-Netz in Betrieb genommen zu haben.** Allerdings nützt das den Menschen dort wenig, solange sie keine 5G-tauglichen Endgeräte kaufen können.
2. In den USA wollen der Provider Verizon und Motorola 2019 das erste 5G-Paket für Konsumenten anbieten, bestehend aus Zusatzhardware für das Smartphone Moto Z3, mobilem 5G-Netz und passendem Vertrag. T-Mobile will 2019 ein 5G-Prepaid-Angebot vorstellen und der Anbieter Sprint kooperiert mit LG, um im ersten Halbjahr 2019 mit 5G starten zu können, zumindest in einigen großen Städten. Die erste 5G-Frequenzauktion in den USA ist im November 2018 gestartet und soll sich über 15 Monate hinziehen.
3. In Südkorea ist man schon weiter: Die dortigen Mobilfunkanbieter wollen ihren Kunden **schon im März 2019** gemeinsam kommerzielle 5G-Netze zugänglich machen.
4. In Europa haben die Regierungschefs von Norwegen, Schweden, Dänemark, Finnland und Island vereinbart, "die weltweit erste und am besten integrierte 5G-Region" zu bilden - **allerdings ohne einen Zeitpunkt zu benennen.**

Während es bei 5G noch zu früh ist, eine Aussage zu treffen, lässt sich konstatieren, dass Deutschland beim klassischen Breitbandausbau in Form von Glasfaseranschlüssen hinterhinkt. Die Statistikexperten von Statista bezeichneten Deutschland erst kürzlich als "Glasfaser-Entwicklungsland". "Fast nirgendwo in den Industriestaaten ist der Glasfaseranteil derartig niedrig", **hieß es im August 2018 zu einer Grafik zum Thema.**

Viele Experten gehen jedoch davon aus, dass der 5G-Ausbau den Glasfaserausbau in Deutschland ein wenig voranbringen könnte. Der Grund ist simpel: Die 5G-Funkmasten sind via Glasfaser an die Netze angebunden, an vielen Straßen und in vielen Gegenden werden daher in nächster Zeit neue Glasfaserkabel verlegt werden.

11. Bedeutet 5G das Ende von 4G?

Nein, 4G wird wegen 5G nicht abgeschaltet. Stattdessen wird die Technologie mitgenutzt, sodass man später auch eine 5G-Dienstleistung über ein 4G-Netzwerk abrufen könnte. Wie das im Alltag aussehen könnte, erklärt Frank Fitzek vom 5G Lab Germany: "Nehmen Sie an, Sie haben zwei 5G-Teilnehmer", sagt er: "Der eine ist Ihr Auto, der andere sind Ihre Kinder im Rückraum, die Netflix gucken. In dem Moment, in dem die Kinder Netflix

anmachen, weiß das 5G-Netz, dass für die Anwendung auch auf 4G noch genug Bandbreite da ist. Dann legt es sie dorthin und alles wird via 4G gestreamt, solange das reicht. Das Auto dagegen wird weiter auf 5G laufen, weil die geringe Latenz benötigt wird." Bernhard Niemann sagt ebenfalls, dass 4G und 5G "auf einige Zeit hinaus" koexistieren werden. Der Fraunhofer-Experte glaubt, dass Nutzer künftig in vielen Situationen gar nicht bemerken werden, ob ihr Gerät nun gerade 4G oder 5G verwendet - sofern es denn überhaupt 5G beherrscht. Denn zunächst einmal werden sich wohl nur Tech-Enthusiasten Smartphones oder Tablets mit 5G-Fähigkeiten anschaffen (siehe Frage 13).

Auch die Telekom sagt, der 4G-Standard werde "integraler Bestandteil von 5G bleiben". Selbst 2G werde "weiter existieren, solange es einen Bedarf dafür gibt. Eine Abschaltung von 3G ist als erstes denkbar, wobei durch gezieltes Endgerätemanagement durch die Mobilfunkunternehmen dafür gesorgt wird, dass Kunden nicht beeinträchtigt werden."

12. Werden durch 5G die Handytarife teurer?

Natürlich wollen die Mobilfunkanbieter das Geld, das sie für die Frequenzen und den Netzausbau ausgeben, wieder einspielen. Wer jedoch kein 5G braucht - und den meisten Privatzählern dürfte im Jahr 2020 noch 4G reichen -, der wird wohl auch in Zukunft nicht mehr als bislang für seinen Smartphone-Tarif ausgeben müssen. Geld verdienen werden die Mobilfunkanbieter mit 5G anfangs eher mit den Firmenkunden. Im Business-Bereich sind durch 5G nämlich viel größere Sprünge möglich als im Alltag normaler Nutzer (siehe Frage 2).

Was genau 5G-Tarife für Privatzähler kosten werden, lässt sich derzeit nicht seriös vorhersagen. Telekom und Telefónica Deutschland wollten sich noch nicht konkret dazu äußern und auch Vodafone betonte lediglich, der Mobilfunk sei in der Vergangenheit auf Dauer immer günstiger geworden: "Entweder, weil die Preise fielen oder weil es für den gleichen Preis immer mehr Leistung gab." Wie sich die Preise bei 5G entwickeln, sei nicht vorauszusagen, man habe jedoch das Ziel, "5G für jeden bezahlbar" zu machen.

13. Gibt es schon 5G-Smartphones?

Auf dem Mobile World Congress, einer in Barcelona stattfindenden Tech-Messe, war 5G Ende Februar 2019 eins der wichtigsten Themen. Zahlreiche Hardware-Anbieter stellten ihre Pläne rund um den neuen Mobilfunkstandard vor. So führte beispielsweise Huawei "das erste 5G-Smartphone mit einem faltbaren Bildschirm" vor: Das Mate X soll Mitte 2019 auf den Markt kommen und wird - vor allem wegen des Bildschirms - **2300 Euro kosten**. Auch fast alle anderen großen Anbieter sind in Barcelona mit 5G-fähigen Geräten vorgeprescht: Xiaomi etwa präsentierte **ein Gerät für rund 600 Euro**. Auch von Samsungs Galaxy S10 ist für den Sommer 2019 bereits eine 5G-Variante namens S10 5G angekündigt. Neue Hardware allein bringt 5G-interessierten Nutzern jedoch wenig. Sie brauchen auch Zugang zu einem 5G-Netz ihres Providers sowie einen passenden Mobilfunktarif. Vor allem echte Datenflatrates dürften künftig gefragt sein, denn angesichts der bisherigen gängigen Datenvolumen könnte theoretisch jedes noch so große Inklusivvolumen binnen Minuten aufgebraucht werden.

Für Konsumenten wird 5G also erst interessant, wenn es ein Ökosystem aus Hardware, Netzwerk, Anwendungen, Tarifen und Inhalten gibt. Man sollte also gut abwägen, ob man bei 5G wirklich zu den Ersten gehören will oder lieber abwartet, bis alle Bausteine ineinandergreifen.

14. Warum braucht es für 5G so viele neue Funkmasten?

Für 5G müssen übers Land verteilt Tausende neue Basisstationen aufgestellt werden - nicht nur wegen der Auflagen der Bundesnetzagentur, sondern auch, weil die 5G-Funkzellen vergleichsweise klein sind. "Von 2G auf 3G auf 4G sind die Zellen immer leistungsfähiger, aber auch immer kleiner geworden", erklärt Frank Fitzek vom 5G Lab Germany, "und das passiert jetzt auch wieder, wenn man in der Frequenz höher geht." Die Frequenzen, die die Netzagentur jetzt für 5G anbietet, liegen in den Bereichen 2 GHz sowie 3,6 GHz, die Behörde spricht von sogenannten *Kapazitätsfrequenzen*. Diese Frequenzen eignen sich gut für sehr hohe Datenraten und hohe Kapazitäten, sie haben aber gleichzeitig nur eine geringe Reichweite. Man braucht also mehr Mobilfunkstationen, um große Flächen zu versorgen. Dadurch unterscheiden sie sich von sogenannten *Flächenfrequenzen*.

Frank Fitzek schätzt, dass der Aufbau von 5G-Netzen auf die Gesamtfläche Deutschlands gesehen ungefähr genauso teuer wird wie der Netzausbau für die vorherigen Mobilfunkstandards. Das Ergebnis sei aber ein anderes: Man habe fortan ein intelligentes Netz, sagt Fitzek, der seit vielen Jahren an der 5G-Technologie forscht. "So wie Gouda auf einer heißen Pizza verschmilzt", würden die Cloud und das Netz miteinander verschmelzen.

Früher hätten die Netzanbieter "eine Art dumme Pipeline betrieben", sagt Fitzek. "Jetzt bekommen sie eine smarte Pipeline, ein Netz, das mitdenkt."

15. Kann 5G ein Gesundheitsrisiko darstellen?

Für die vorgesehenen Frequenzbereiche, die heute schon für den Mobilfunk genutzt werden oder die unmittelbar angrenzen, gilt nach Angaben des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS) der bisherige Forschungsstand zur Belastung durch elektromagnetische Felder. Der besagt: "Bei Einhaltung der Grenzwerte und empfohlenen Begrenzungen nach dem aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand sind keine nachteiligen Gesundheitswirkungen zu erwarten."

Für die höheren Frequenzbereiche gibt es laut BfS ebenfalls "Grenzwerte, die nach dem aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand vor gesundheitlichen Risiken schützen". Zu ihnen jedoch gebe es schlicht noch nicht so viele Studien.

Zu den absehbar zu errichtenden zusätzlichen Mobilfunkmasten heißt es vom BfS, deren Strahlungsleistung sei zwar geringer als die bisheriger Basisstationen, dafür würden sie aber auch näher an den Aufenthaltsorten von Menschen errichtet, etwa entlang der Straßen: "Wie sich die neuen Netzstrukturen darauf auswirken, in welchem Umfang Bürgerinnen und Bürger elektromagnetischen Feldern ausgesetzt sein werden, kann heute noch nicht abschließend beurteilt werden."

Vor allem Menschen, die sich als elektrosensibel bezeichnen, fürchten, dass 5G ein Risiko für sie darstellt: Knapp zwei Prozent der Deutschen geben an, dass sie aufgrund von elektrischen und magnetischen Feldern in ihrer Umwelt unter Schlafstörungen, Kopfschmerzen, Müdigkeit und Konzentrationsstörungen leiden. Doch das BfS verweist auf die Forschungsergebnisse zu dem Phänomen: "Fazit der zahlreichen bisher durchgeführten Studien ist, dass ein ursächlicher Zusammenhang zwischen elektrischen und magnetischen Feldern und den Beschwerden elektrosensibler Personen mit hoher Wahrscheinlichkeit auszuschließen ist."

Sarah Drießen vom Aachener Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit (femu) empfiehlt Menschen, die sich für die Wirkungen elektromagnetischer Felder interessieren, einen Besuch des [EMF-Portals ihrer Hochschule](#).

Das Portal recherchiert wissenschaftliche Forschungsergebnisse zum Thema und fasst sie systematisch zusammen.

16. Was hat es mit dem Network Slicing auf sich?

Ein Fachbegriff, der im Kontext von 5G oft fällt, ist *Network Slicing*. Dahinter verbirgt sich eine Technologie, die erst der neue Mobilfunkstandard bietet. Vereinfacht gesagt erlaubt sie es, in einem physischen Netz mehrere virtuelle Netze aufzuspannen. Diese sogenannten Slices können dann jeweils bestimmte unterschiedliche Merkmale aufweisen, zum Beispiel eine besonders geringe Latenz, eine besonders hohe Datenrate oder die Fähigkeit, Daten von sehr vielen Geräten gleichzeitig zu übertragen. So soll ein und dasselbe Mobilfunknetz gleichzeitig den Bedürfnissen ganz unterschiedlicher Benutzergruppen gerecht werden. Man kann sich das ungefähr vorstellen wie eine Autobahn mit unterschiedlich breiten Fahrspuren. Auf einer davon fahren alle normalen Leute, auf einer anderen, schmaleren Spur rasen Polizei und Feuerwehr zu ihren Einsätzen und auf einer dritten, noch viel schmaleren, werden mit einem überschallschnellen Rohrpostsystem Status- und Warnmeldungen an die Autopiloten der Autos gesendet.

Fraunhofer-Experte Bernhard Niemann erklärt am Beispiel eines Stadions, wieso *Network Slicing* sinnvoll sei. Dort wäre das Netz zunächst darauf ausgelegt, dass die Besucher zum Beispiel Videos posten oder Nachrichten verschicken können. "Käme es jedoch zu einem Notfall, könnte man einen Slice aber auch quasi freiräumen und so mehr Raum für *Critical Communication* schaffen", sagt Niemann, "also dafür, dass die Einsatzkräfte mit möglichst niedriger Latenz miteinander kommunizieren können. Das hieße, die Fans könnten nicht mehr so viel streamen, dafür haben aber die Einsatzkräfte garantiert ihre Ressourcen zur Verfügung."

So sinnvoll das *Network Slicing* zunächst klingt, mit ihm bahnt sich auch ein netzpolitischer Konflikt an: Viele Experten sind skeptisch, ob und wie sich der Einsatz der Technologie [mit dem Prinzip der Netzneutralität vereinbaren lässt](#).

17. Ist autonomes Fahren nur mit 5G möglich?

Geht es um die Frage, ob Deutschland ein zu 100 Prozent flächendeckendes 5G-Netz braucht, wird immer wieder das Thema autonomes Fahren aufgeworfen. In einem Kommentar in der "Bild"-Zeitung war zum Beispiel Anfang November die Rede davon, ohne flächendeckendes 5G werde "kein autonomes Fahren in ganz Deutschland möglich sein". Ganz so simpel ist die Realität nicht, wie Frank Fitzek vom Dresdner 5G Lab Germany erklärt: "Sie können ein Auto komplett autonom ohne Netz fahren lassen", sagt er. Auch im Fall eines Netzausfalls müsse es ja möglich sein, einen Wagen zu bewegen. Ein Auto, das sich in einem solchen Fall ausschließlich auf seine Sensoren oder die lokale Kommunikation mit Autos in der Nähe verlassen müsse, werde aber wohl nicht so schnell fahren können oder dürfen wie eines mit Netzanbindung, meint Fitzek.

"In Bezug auf CO₂-Ausstoß, Effizienz auf der Straße und Sicherheit brauchen Sie 5G", sagt der Experte. "Wenn es das aber gerade nicht gibt, könnte die Technik dem Auto zum Beispiel sagen: Okay, dann fährst du halt nicht 200 auf der Autobahn, sondern 30. Und sobald das 5G-Netz dann wieder verfügbar ist, fährst du wieder schneller."

Frank Fitzek warnt übrigens davor, zu früh mit 5G-Technik in Autos zu rechnen: "Wenn die Autoindustrie heute entscheidet, eine neue Schraube zu machen, dauert es vier Jahre, bis sie wirklich im Auto ist", sagt er. "Das ist mit der Technologie genauso. Bisher wissen die Autobauer noch nicht mal, wohin Sie die Antenne kleben müssen."

Autoren: Patrick Beuth, Markus Böhm und Matthias Kremp

Mitarbeit: Jörg Breithut und Judith Horchert

Produktion: Guido Grigat

<https://www.spiegel.de/netzwelt/netzpolitik/5g-in-deutschland-darum-ist-der-neue-mobilfunkstandard-so-wichtig-a-1240665.html>