



# IW-Report 45/18

## Zukunftsfaktor 5G

Eine ökonomische Perspektive  
Vera Demary, Christian Rusche

Köln, 16.11.2018

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>1</b>
<b>1 Bedeutung von 5G</b>	<b>2</b>
<b>2 Aktueller Stand</b>	<b>3</b>
<b>3 Ökonomische Aspekte der Frequenzvergabe</b>	<b>5</b>
3.1 5G als Industriepolitik	5
3.2 Versorgungsziele	6
3.3 Wettbewerb	9
3.3.1 Wettbewerbssituation im deutschen Mobilfunkmarkt	9
3.3.2 National Roaming	11
3.3.3 Lokales Roaming	12
3.3.4 Lokale und Regionale Netze	12
3.3.5 Diensteanbietersverpflichtung	13
3.4 Externalitäten	14
<b>4 Fazit</b>	<b>15</b>
<b>Literatur</b>	<b>17</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>21</b>

### **JEL-Klassifikation:**

L86 - Information and Internet Services, Computer Software

L96 - Telecommunications

O31 - Innovation and Invention: Processes and Incentives

## 1 Bedeutung von 5G

Der Megatrend Digitalisierung erfasst immer mehr Bereiche von Wirtschaft und Gesellschaft. Laut Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI, 2017, 2) werden beide Bereiche bald vollständig von Informations- und Kommunikationstechnologien durchdrungen sein. Doch diese Verbindung der analogen und digitalen Welt wird nur mit Hilfe einer geeigneten Infrastruktur gelingen. Ein Kernbestandteil ist dabei 5G. Darunter wird die „kommende Mobilfunkgeneration“ verstanden (BMVI, 2017, 2). Doch 5G ist nicht bloß eine Weiterentwicklung von 4G beziehungsweise LTE, dem aktuellen Mobilfunkstandard. 5G führt gegenüber LTE zu einem wesentlich verbesserten mobilen Breitband, ermöglicht eine umfassende Maschine-Maschine-Kommunikation und auch allgemein eine zuverlässige und verzögerungsfreie Kommunikation (Fuest et al., 2018, 20). Des Weiteren geht 5G ebenfalls mit einer hohen Energieeffizienz einher (Andrews et al., 2014) und ermöglicht das sogenannte Network Slicing (Deutsche Telekom, 2018). Network Slicing beschreibt die Eigenschaft, ein Netz in verschiedene Netze aufzusplitten. Diese virtuellen Netze können sogar zu unterschiedlichen Zwecken eingesetzt werden. Zu diesen zählen beispielsweise die Echtzeit-Kommunikation mittels Video-Chat und einer hohen Datenrate oder das Internet der Dinge mittels Sensoren und einer niedrigen Datenrate. Die Aufteilung des Netzes kann zudem schnell variiert werden.

Aufgrund seiner Leistungspotenziale stellt 5G einen bedeutenden Wettbewerbsfaktor sowohl für den internationalen Wettbewerb zwischen Volkswirtschaften als auch für den nationalen Markt dar. Insbesondere unterstützt 5G die Entwicklung von Industrie 4.0 und ist somit ein wichtiger Faktor zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen sowie europäischen Wirtschaft insgesamt. Die Europäische Kommission (2018a) verweist darauf, dass Europa bei der Einführung von 2G-Netzen weltweit führend war. Dadurch wurde beispielsweise der Aufstieg zum führenden Hersteller von Mobilfunktelefonen erleichtert (ctia, 2018, 4). Dieser Erfolg ließ sich in Bezug auf die Folgestandards bis heute nicht wiederholen. Aufgrund von Fragmentierung im Binnenmarkt und Verzögerungen innerhalb der Europäischen Union gewannen die USA das Rennen im Bereich 4G (Ctia, 2018, 4; Europäische Kommission, 2018a), wodurch sie Wettbewerbsvorteile und damit Arbeitsplätze sowie Wertschöpfung steigern konnten. Da 5G im Vergleich zu LTE weit mehr als einen inkrementellen Fortschritt darstellt, ist die Europäische Kommission entschlossen, diesen neuen Kommunikationsstandard zügig für Europa nutzbar zu machen (Europäische Kommission, 2018a).

In diesem Zusammenhang wurde insbesondere die Vergabe von Funkfrequenzen für den neuen Standard als wichtiger Faktor zum Aufbau leistungsfähiger Netze identifiziert. Durch eine leistungsfähige Infrastruktur kann Know-how generiert, die Vorteile der Digitalisierung genutzt und das heimische Potenzial für Innovationen erschlossen werden. Auch die Bundesregierung hat 5G als Zukunftsthema identifiziert. Beispielhaft dafür ist der Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD für die 19. Legislaturperiode vom März 2018. Dort heißt es: „Wir forcieren den Ausbau der Mobilfunkversorgung und entwickeln Deutschland zum Leitmarkt für 5G“ (Koalitionsvertrag, 2018, 38).

Vor diesem Hintergrund analysiert der vorliegende IW-Report die anstehende Vergabe von Frequenzen in Deutschland durch die Bundesnetzagentur aus ökonomischer Perspektive. Kernfrage ist, ob die bis dato (16. November 2018) vorgesehenen Vergabemodalitäten ökonomisch begründbar sind oder aber Anpassungsnotwendigkeiten vorliegen. Zu diesem Zweck wird in Kapitel 2 kurz das Verfahren zur Vergabe von 5G mit den damit verbundenen Auflagen vorgestellt. In Kapitel 3 werden die Vergabebedingungen aus volkswirtschaftlicher Sicht analysiert, bevor Kapitel 4 ein Fazit zieht.

## 2 Aktueller Stand

Bevor das Verfahren zur Frequenzvergabe betrachtet wird, ist es sinnvoll, die zur Vergabe stehenden Frequenzen kurz zu erläutern. Zur Vergabe stehen derzeit (November 2018) einerseits Frequenzen im Bereich 2 GHz (1920 MHz bis 1980 MHz / 2110 MHz bis 2170 MHz) und 3,6 GHz (3.400 MHz bis 3.700 MHz), welche versteigert werden sollen (Bundesnetzagentur, 2018a, 1). Andererseits plant die Bundesnetzagentur, Frequenzen im Bereich 3.700 bis 3.800 MHz zur regionalen und lokalen Nutzung durch ein Antragsverfahren zu vergeben (Bundesnetzagentur, 2018b). Darüber hinaus fand kürzlich eine erste Anhörung zur Vergabe von Frequenzen im Bereich 26-GHz statt (Bundesnetzagentur, 2018c).

Die höhere Hz-Zahl der Frequenzen ermöglicht größere zusammenhängende Frequenzbereiche. Mit der höheren Hz-Zahl sinkt jedoch auch ihre Reichweite, wodurch die Anzahl der benötigten Antennen steigt (Andrews et al., 2014). Die Frequenzen im 3,6-GHz-Bereich haben somit zwar eine höhere Übertragungsrate als jene im 2-GHz-Bereich, aber auch eine geringere Reichweite. Aufgrund dieser Eigenschaften spricht man im oberen GHz-Bereich auch von „Kapazitätsfrequenzen“ und im unteren GHz-Bereich von „Flächenfrequenzen“. Die Bundesnetzagentur versteigert zeitlich befristete Lizenzen von Frequenzblöcken im Rahmen von sogenannten Frequenzauktionen.

Die Vergabe von Frequenzen erfolgt in Deutschland technologieneutral (Bundesnetzagentur, 2018a, 27). Das bedeutet, dass die zur Auktion anstehenden Frequenzen, wie auch die bereits vergebenen Frequenzen, nicht an eine spezielle Technologie wie 4G oder 5G gebunden sind. In der Folge werden auch die bereits vergebenen Frequenzen in Zukunft zur Implementierung und zum Ausbau von 5G eingesetzt werden.

Für die derzeit zur Versteigerung anstehenden Frequenzen hat die Bundesnetzagentur die Möglichkeit, vor der Durchführung des Verfahrens die Vergabebedingungen sowie die Versteigerungsregeln festzulegen (Wissenschaftliche Dienste des Bundestags, 2018, 8). Zu den Vergabebedingungen werden auch Frequenznutzungsbestimmungen, ein zu erreichender Versorgungsgrad und damit verbundene zeitliche Fristen verstanden (§ 61 Abs. 3 S.2 Nr. 4 TKG).

In ihrem Konsultationsentwurf hat die Bundesnetzagentur folgende Nutzungsbestimmungen avisiert (Bundesnetzagentur, 2018a, 2):

„Alle Zuteilungsinhaber sollen verpflichtet werden, bis Ende 2022

- mindestens 98 % der Haushalte mit mindestens 100 Megabit pro Sekunde im Downlink zu versorgen,
- an fahrgaststarken Bahnstrecken mindestens 50 Mbit/s bereitzustellen,
- 500 „5G-Basisstationen“ und
- 500 Basisstationen mit mindestens 100 Mbit/s in „weißen Flecken“ in Betrieb zu nehmen.

An bestimmte Frequenzblöcke soll die Verpflichtung geknüpft werden, Bundesautobahnen und Bundesstraßen bis Ende 2022 vollständig mit 100 Mbit/s zu versorgen.“

Des Weiteren wird als zusätzliche Auflage über die Einführung eines sogenannten National Roaming diskutiert. Darunter wird im Allgemeinen verstanden, dass die Kunden eines Netzbetreibers bundesweit auch auf die Netze der Wettbewerber zugreifen können, wenn das eigene Netz nicht verfügbar ist. National Roaming soll jedoch nicht verpflichtend sein, sondern es soll ein „Verhandlungsgebot bzw. Diskriminierungsverbot“ geben (Bundesnetzagentur, 2018a, 4).

Im Rahmen der Vergabe der UMTS-Lizenzen in den Jahren 2000 und 2010 wurde den Netzbetreibern aufgrund von Marktmacht eine so genannte Diensteanbieterverpflichtung auferlegt (Coppik, 2017, 2). In diesem Rahmen wurden die Netzbetreiber dazu verpflichtet, Anbietern ohne eigenes Netz Zugang zum eigenen Netz zu gewähren. Ihre Marktmacht hätte ansonsten Wettbewerb auf Ebene der Anbieter verringert oder verhindert. In der aktuellen Konsultation der Bundesnetzagentur ist für die Versteigerung der 5G-Lizenzen keine Diensteanbieterverpflichtung vorgesehen. Jedoch wird eine Diensteanbieterregelung diskutiert: „Die Diensteanbieterregelung ist nicht mit einer Zugangsverpflichtung gleichzusetzen. Ziel der Diensteanbieterregelung ist es, die Privatautonomie der Vertragsparteien zu erhalten und gleichzeitig Anreize für diskriminierungsfreie Verhandlungen zwischen Zuteilungsinhabern und geeigneten Diensteanbietern zu schaffen.“ (Bundesnetzagentur, 2018a, 53). Damit wird die Ermöglichung des Zugangs von Diensteanbietern ohne eigenes Netz zu den Netzen nicht ausgeschlossen, aber auch nicht verpflichtend vorgesehen. Die Bundesnetzagentur weist in diesem Zusammenhang explizit darauf hin, dass sie die gesamten Auflagen als die Grenze des wirtschaftlich Abbildbaren ansieht (Bundeskartellamt, 2018a, 2).

Die endgültigen Vergabebedingungen sollen dem Beirat der Bundesnetzagentur am 26. November 2018 zur Veröffentlichung und Umsetzung empfohlen werden. Im Rahmen des aktuell vorliegenden Konsultationsentwurfs wird von politischer Seite eine weitere Verschärfung der Bedingungen für die Vergabe der Frequenzen diskutiert. So plant die Bundesregierung laut Medienberichten (zum Beispiel Handelsblatt, 2018):

- Kein nationales Roaming, aber ein lokales Roaming, wenn nur so ein „Funkloch“ für einen Netzbetreiber geschlossen werden kann.
- Bis Ende 2022 eine Versorgung von dreimal so vielen Schienenwegen mit Datenmengen von 100 Megabit in der Sekunde (Mbit/s) wie geplant.

- Die sukzessive Versorgung von circa 15.000 Kilometern Schienennetz mit 100 Mbit/s, auf denen weniger als 2.000 Fahrgäste pro Tag transportiert werden, ebenso für Wasserstraßen und Seehäfen.
- Eine Versorgung von 5.000 Kilometern Bundesstraßen mit 100 Mbit/s bis Ende 2022 (sowie der restlichen Bundesstraßen bis Ende 2024).
- Eine Versorgung der gesamten 80.000 Kilometer Landstraßen mit 50 Mbit/s.

Im Folgenden werden vor diesem Hintergrund die ökonomischen Aspekte des Vorgehens der Bundesnetzagentur sowie der Vergabemodalitäten genauer betrachtet.

## 3 Ökonomische Aspekte der Frequenzvergabe

### 3.1 5G als Industriepolitik

Die Besonderheiten von 5G bestehen in der sehr niedrigen Latenzzeit, die eine verzögerungsfreie Vernetzung von Geräten ermöglicht, sowie der hohen spektralen Effizienz, die umfangreichere Datenübertragungen pro Zeiteinheit erlaubt. Mit diesen Eigenschaften ist der Anwendungsbereich von 5G aus der heutigen Perspektive zunächst einmal die Industrie. Denkbar sind Anwendungen im Bereich von Industrie 4.0, Internet of Things oder auch Diensten, die im Zusammenhang mit dem autonomen Fahren stehen. Diese erfordern Schnelligkeit und Genauigkeit in der Datenübertragung, wie sie 5G gewährleisten kann. Damit wird 5G zu einer entscheidenden Technologie für die Wettbewerbsfähigkeit des Industriestandorts Deutschland. Letztlich ist es darüber hinaus auch die Funktionsfähigkeit des Geschäftsmodells Deutschland, die mithilfe von 5G gewährleistet werden muss. Die starke deutsche Industrie steht im Rahmen der digitalen Transformation vor großen Umwälzungen. Hier wird 5G einen wichtigen Beitrag leisten, um diesen Prozess erfolgreich zu bewältigen. Um den in Deutschland ansässigen Unternehmen die Basisinfrastruktur für die digitale Transformation bereitzustellen, ist 5G unerlässlich.

Im Umkehrschluss sind die derzeitigen Anwendungsfälle für 5G im privaten Bereich überschaubar. Die bestehende Infrastruktur, die die Mehrzahl der Haushalte mit mindestens 50 Mbit/s versorgen kann (Berger/Koppel, 2017), ist für die übliche Nutzung in Bezug auf Video-, Audio- und sonstigen Content ausreichend (CHIP.de, 2016). Hier stellt sich lediglich die Frage, wie die Schließung bestehender Lücken im Netzausbau, vor allem im ländlichen Raum, gestaltet werden kann (z. B. Beznoska et al., 2018). Dies stellt zwar eine wichtige Weiche auch für die weitere Entwicklung ländlicher Regionen, ist aber nicht primär im Zusammenhang mit der 5G-Technologie zu sehen. Stattdessen fällt auf, dass die privaten Haushalte die vorhandenen Breitband-Möglichkeiten nicht vollumfänglich nutzen. Laut dem Digital Scoreboard der EU-Kommission waren im Juni 2017 nur rund 40 Prozent der Festnetz-Breitbandanschlüsse in Deutschland dem Geschwindigkeitsbereich von mindestens 30 Mbit/s im Download zuzuordnen (Europäische Kommission, 2018b). Damit liegen die deutschen Haushalte noch unter dem Durchschnitt der EU-

28-Länder von rund 44 Prozent. Auch vor diesem Hintergrund erscheint eine umfassende Implementierung von 5G mit dem Ziel der Versorgung von Privathaushalten in Deutschland derzeit nicht zielführend. Die Entwicklung von 5G-Anwendungen für Privatpersonen kann dies zukünftig zwar durchaus ändern. Zunächst ist 5G als Kapazitätsstandard primär eine Industrielösung und hat nicht den Charakter einer flächendeckenden Daseinsvorsorge.

Im Zusammenhang mit seiner Bedeutung für die Industrie spielt die Verfügbarkeit von 5G auch eine wichtige Rolle im internationalen Wettbewerb verschiedenster Industriezweige (vgl. auch Abschnitt 1). Kann die Technologie in Deutschland schnell implementiert werden, haben deutsche Unternehmen einen Wettbewerbsvorteil, weil sie vor Unternehmen in anderen Ländern in die Lage versetzt werden, auf 5G basierende Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln. Daraus folgt, dass die Geschwindigkeit der Frequenzvergabe ebenfalls zu einem Wettbewerbsfaktor wird. Generell verläuft die Gestaltung und Organisation eines Frequenzvergabeverfahrens entlang eines von der Bundesnetzagentur als zuständiger Regulierungsbehörde festgelegten Prozesses (Bundesnetzagentur, 2018g). Das verwendete Konsultationsverfahren dient dazu, Informationen aufzunehmen und die Vergabebedingungen mit den Marktteilnehmern zu diskutieren (Bundesnetzagentur, 2018d). Die sich daran anschließenden politischen Diskussionen (vgl. auch Abschnitt 1) bergen das Risiko, die Vergabe unnötig in die Länge zu ziehen, wenn sie die Auktion selber verzögern oder gerichtliche Verfahren nach sich ziehen, sollte die rechtliche Grundlage für bestimmte Vergabebedingungen nicht eindeutig sein. Es ist dringend geboten, die Frequenzvergabe zügig und ressourceneffizient durchzuführen, um den „Leitmarkt für 5G“, der im Koalitionsvertrag angestrebt wird (Koalitionsvertrag, 2018, 38), auch realisieren zu können.

### 3.2 Versorgungsziele

Die Ausgestaltung des Auktionsverfahrens hat umfassende Auswirkungen auf die Anreize der Bieter und damit den Verlauf des Verfahrens. Jede Frequenz besitzt auf der einen Seite einen bestimmten Wert, der grundsätzlich bei den Netzbetreibern Anreize dafür schafft, in einer Auktion für diese Frequenz positive Gebote abzugeben. Versorgungsaufgaben auf der anderen Seite sind dagegen mit Kosten für die Zuschlagsinhaber verbunden, welche die Auflagen erfüllen müssen. Je höher diese Kosten ausfallen, umso geringer wird der Wert der Frequenz abzüglich dieser Kosten und desto unattraktiver wird eine Frequenz. In der Folge sinkt das maximale Gebot eines Netzbetreibers für diese Frequenz:

$$\text{Maximalgebot} = \text{Wert der Frequenz} - \text{Kosten für die Erfüllung der Versorgungsaufgaben}$$

Theoretisch ist in einem solchen Szenario auch denkbar, dass die Kosten für die Versorgungsaufgaben den Wert einer Lizenz übersteigen. Handeln die Netzbetreiber nach betriebswirtschaftlichen Kriterien, dürften in einem solchen Fall bei einer Auktion keine Gebote abgegeben werden. Im Gegenteil: Es wären unter Umständen negative Gebote, also Zahlungen an die Netzbetreiber, notwendig, um eine Frequenz mit den damit verbundenen Versorgungsaufgaben zu vergeben. Um dies zu vermeiden, ist auszuschließen, dass die Kosten für die Auflagen den Wert der nun zu versteigernden Frequenzen übersteigen. Dies bewertet auch die Bundesnetzagentur so,

selbst unter Einbeziehung des Wertes bereits in der Vergangenheit vergebener Frequenzen (Bundesnetzagentur, 2018e, 3f.).

Dabei basieren die im Konsultationsentwurf der Bundesnetzagentur vorgesehenen Auflagen auf einer abgeschwächten Version einer Empfehlung des Beirats der Bundesnetzagentur vom 25.06.2018. Die Stellungnahmen der drei gegenwärtigen Netzbetreiber Telekom, Vodafone und Telefónica zu dieser Empfehlung geben Kostenschätzungen zwischen 19 und 76 Milliarden Euro für eine entsprechende Versorgung an (Bundesnetzagentur, 2018e, 4). Diesen Angaben folgt die Bundesnetzagentur auf Basis einer Analyse des WIK (ebenda). Der Wert der gesamten Frequenzen wird ebenfalls im zweistelligen Milliardenbereich angesiedelt (Koalitionsvertrag, 2018, 38; Bundesnetzagentur, 2018a, 9). Es ist derzeit unklar, ob der Wert der Frequenzen die Kosten für den Ausbau der Versorgung übersteigt oder ob die Versorgungsaufgaben prohibitiv hoch sind.

Generell lässt sich allerdings festhalten, dass die Versorgungsaufgaben, die der Konsultationsentwurf der Bundesnetzagentur spezifiziert, ambitioniert sind. Dies betrifft verschiedene Bestandteile der derzeit vorgesehenen und diskutierten Auflagen:

#### ■ Flächendeckender Ausbau der Netzinfrastruktur mit sogenannten Kapazitätsfrequenzen

Die den Auflagen zugrundeliegenden Anforderungen an die Versorgung mit 5G sind umfassend. So ist zum einen ein sehr hoher Anteil der Bevölkerung mit Download-Raten von mindestens 100 Mbit/s zu versorgen. Zum anderen sind so genannte „weiße Flecken“ fehlender Netzabdeckung abzubauen. Beides erfordert einen im Wesentlichen flächendeckenden Ausbau der 5G-Infrastruktur. Die in der kommenden Auktion zu versteigernden Frequenzen sind so genannte Kapazitätsfrequenzen, die – im Unterschied zu Flächenfrequenzen niedrigerer Frequenzbereiche – nur eine geringe Reichweite haben (Bundesnetzagentur, 2018e, 1). Dies ist gleichbedeutend mit einem sehr teuren Ausbau, weil für eine solche Abdeckung eine große Anzahl an Sendemasten erforderlich ist (ebenda, 5).

Dieser Umstand bringt neben dem damit verbundenen notwendigen hohen Investitionsvolumen weitere Herausforderungen mit sich. So ist die Errichtung von Masten und Sendestationen im Allgemeinen mit umfangreichen Genehmigungs- und zum Teil Bürgerbeteiligungsverfahren verbunden (z. B. Ministerium für Energie, Infrastruktur und Digitalisierung Mecklenburg-Vorpommern, 2003; Melzer, 2012). Dazu können gerade bei einer Vielzahl an Bauvorhaben in kurzer Zeit Engpässe in Bauverfahren und Fachkräfteverfügbarkeit kommen, wie sie im Bereich der Verkehrsinfrastruktur bereits bekannt sind (Puls/Koppel, 2016). Die Umsetzung der Vorgaben ist damit jenseits der finanziellen Frage mit umfassenden Risiken verbunden.

Die Reduktion weißer Flecken in der Netzabdeckung basiert darüber hinaus auf der Grundvorstellung gleicher Lebensverhältnisse und des dazu in Bezug stehenden Zugangs zu digitaler Infrastruktur (Bundesnetzagentur, 2018f, 1). Wie bereits in Abschnitt 3.1 erläutert, ist 5G als Teil der Daseinsvorsorge derzeit aber noch fehlspezifiziert.

## ■ Umfassende Versorgungsaufgaben für 5G entlang von Straßen, Schienen und Wasserwegen

Hintergrund der umfassenden Aufgaben für die Verfügbarkeit von 5G entlang von Straßen ist die Technologie des autonomen Fahrens, die zukünftig eine weitreichende Konnektivität auf dem Straßennetz erforderlich macht (Bundesnetzagentur, 2018f, 2 f.). Allerdings lassen sich die Anwendungen des autonomen Fahrens auch mit den bereits vergebenen Frequenzen realisieren und erfordern kein 5G-Netz (ebenda, 2018e, 1). Die in den Fahrzeugen und gegebenenfalls der Straßeninfrastruktur verbaute Hardware benötigt keine flächendeckende Infrastruktur (ebenda). Die vorgesehenen Versorgungsaufgaben sind vor diesem Hintergrund als ein Versuch zu werten, die in Teilen verbesserungswürdige Verfügbarkeit von 2G, 3G und 4G entlang der Straßen zu korrigieren (ebenda, 2018f, 2 ff.). Dabei wird insbesondere die mangelnde Verfügbarkeit auf den unteren Straßenkategorien und damit im ländlichen Raum bemängelt (ebenda, 6). Der Zusammenhang zwischen dem Auf- und Ausbau von 5G und den Aufgaben und ihrem angegebenen Ziel ist somit keinesfalls eindeutig.

5G hätte auch entlang von Straßen, Schienen und Wasserwegen Vorteile, die etwa in der Bereitstellung noch zu entwickelnder Dienste im Zusammenhang mit dem autonomen Fahren oder des Schienen- oder Wasserverkehrs liegen könnten. Es ist derzeit noch zu früh, abzuschätzen, welche Dienste dies im konkreten Fall sein könnten, für welche Nutzergruppen sie angedacht wären und welchen Nutzwert sie haben könnten.

Des Weiteren sind die für Investitionen zur Verfügung stehenden Mittel der Netzbetreiber sowie die Kapazitäten der Bauwirtschaft begrenzt. Durch eine sehr strenge Versorgungsaufgabe besteht dadurch die Gefahr einer Fehlallokation von Investitionen. Diese tritt auf, wenn volks- und/oder betriebswirtschaftlich sinnvolle Investitionen unterbleiben oder verschoben werden, um weniger sinnvolle Projekte im Rahmen der Aufgaben zu erfüllen. Dies würde insbesondere zu einer Verschlechterung der Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands in der Zukunft führen. Dazu kommt, dass nach dem Telekommunikationsgesetz (TKG) ungenutzte Frequenzen zurückgerufen werden können (§ 63 (1) TKG). Dies setzt die Zuschlagsinhaber bezüglich ihrer Investitionen zeitlich unter Druck und stellt damit ein Risiko dar. Vor diesem Hintergrund ist eine so weitreichende Versorgungsvorgabe, wie sie derzeit politisch diskutiert wird, unter Berücksichtigung der dadurch entstehenden Kosten, der Geschwindigkeit des Ausbaus und möglichen negativen Anreize für die Frequenzauktion fragwürdig.

Jede Auflage für den Zuschlagsinhaber der Frequenzauktion erhöht dessen Kosten und verringert die Anreize für die Teilnahme an der Versteigerung beziehungsweise die Höhe der Gebote. Die Erlöse aus der Auktion sollen laut Koalitionsvertrag im Rahmen eines „Gigabitinvestitionsfonds“ für den Glasfaserausbau bereitgestellt werden (Koalitionsvertrag, 2018, 38). Um hier die angestrebten Milliarden Erlöse zu erreichen, müssen die Versorgungsaufgaben sorgsam geprüft und nicht funktionsangemessene Vorgaben vermieden werden.

### 3.3 Wettbewerb

Im Hinblick auf die Marktsituation im deutschen Mobilfunkmarkt werden fehlender Wettbewerb und dadurch auch mangelnde Innovationen kritisiert (Bundeskartellamt, 2018). Aus diesem Grund würde das Bundeskartellamt im Rahmen der derzeitigen Frequenzvergabe den Marktzutritt eines vierten Netzbetreibers begrüßen (ebenda). Dieser neue Netzbetreiber müsste jedoch zu Beginn seiner Aktivitäten zunächst einmal ein eigenes Netz aufbauen und könnte nicht auf eine Infrastruktur aus vergangenen Frequenzzuteilungen zurückgreifen. Damit ein solches Vorgehen überhaupt möglich ist und dieser Netzbetreiber Kunden anziehen könnte, wäre es notwendig, dass diese in Gebieten mangelnder Netzabdeckung auf die Netze der bestehenden Netzbetreiber zugreifen können (National Roaming). Anderenfalls wäre es für einen solchen weiteren Netzbetreiber nicht möglich, überhaupt ein konkurrenzfähiges Produkt anzubieten, und es käme gar nicht zu einem Marktzutritt. National Roaming wurde darüber hinaus jedoch auch unabhängig vom Markteintritt eines weiteren Anbieters als ein Element bei den Vergabebedingungen diskutiert (vgl. Kapitel 2).

Vor diesem Hintergrund wird in diesem Abschnitt zunächst die Wettbewerbssituation auf dem deutschen Mobilfunkmarkt untersucht. Anschließend werden die volkswirtschaftlichen Effekte von nationalem sowie lokalem Roaming analysiert. In diesem Rahmen erfolgt auch eine Würdigung der Vergabe von lokalen und regionalen Frequenzen durch das Bundeskartellamt.

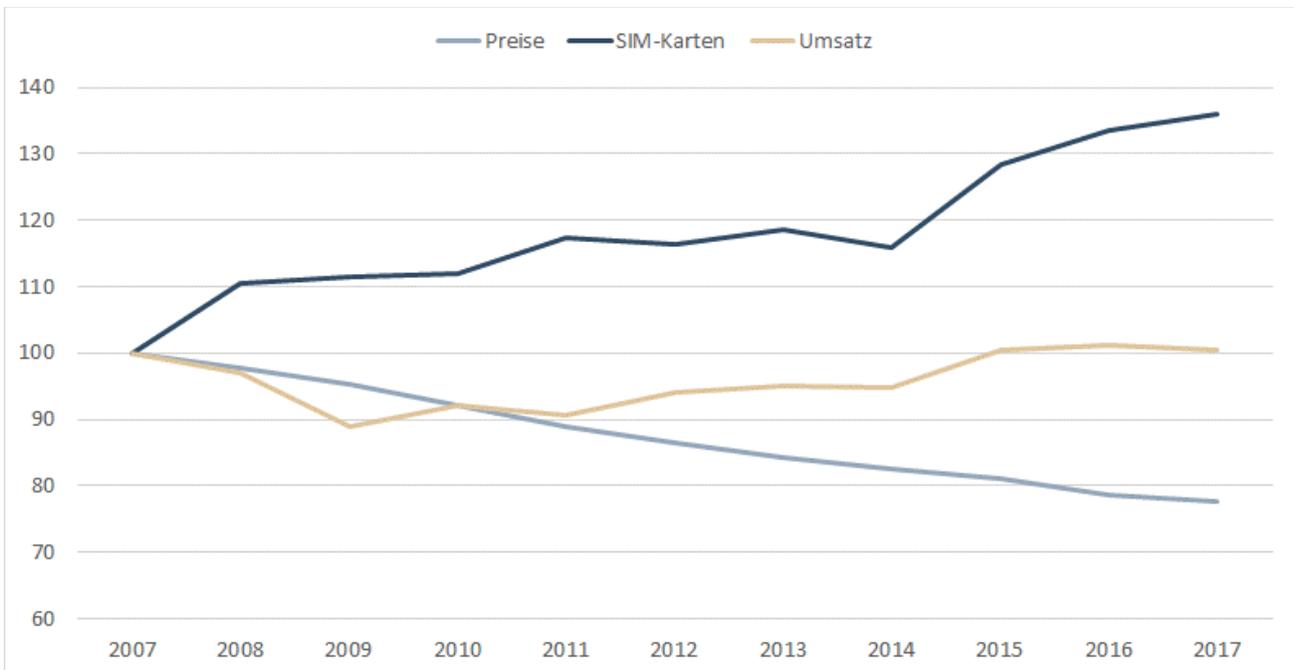
#### 3.3.1 Wettbewerbssituation im deutschen Mobilfunkmarkt

Anders als im Festnetzbereich ist der deutsche Mobilfunkmarkt von jeher nicht durch monopolistische Strukturen geprägt, sondern durch den Wettbewerb mehrerer Anbieter (Coppik, 2017). Dass der Wettbewerb zwischen den Betreibern funktioniert, zeigt ein Blick auf die Entwicklung des Gesamtumsatzes im Mobilfunkmarkt, der Anzahl der aktivierten SIM-Karten sowie des Preisindizes für den Mobilfunk des Statistischen Bundesamts seit 2007 (Abbildung 3-1). Es wird deutlich, dass in den vergangenen zehn Jahren die Preise im Mobilfunkmarkt um rund 22 Prozent gesunken sind. Die Anzahl der aktivierten SIM-Karten hingegen ist im gleichen Zeitraum um rund 36 Prozent gestiegen. Der Gesamtumsatz liegt im Jahr 2017 ungefähr auf dem Niveau von 2007. Der deutsche Mobilfunkmarkt, der derzeit neben den drei Netzbetreibern Telekom, Vodafone und Telefónica weitere Diensteanbieter ohne eigenes Netz enthält, ist somit durch fallende Preise bei einer gleichzeitigen Nachfragesteigerung geprägt. Diese Entwicklung lässt zumindest keinen unmittelbaren Schluss auf fehlenden Wettbewerb zu.

Eine Analyse der Marktanteile im deutschen Mobilfunkmarkt (Abbildung 3-2) offenbart, dass ein virtueller vierter Anbieter in Form der netzunabhängigen Anbieter quasi bereits existiert. Diese konnten ihren Marktanteil, vermutlich auch im Rahmen der Auflagen der E-Plus/O2-Übernahme, von circa 20 Prozent im Jahr 2007 auf rund 22 Prozent im Jahr 2018 steigern. Mit Ausnahme der Vodafone, die seit 2014 einen rückläufigen Marktanteil verzeichnet, konnten die Netzbetreiber ihre Marktanteile konstant halten.

**Abbildung 3-1 Entwicklung der Preise, des Gesamtumsatzes und der aktivierten SIM-Karten im Deutschen Mobilfunkmarkt 2007 bis 2017**

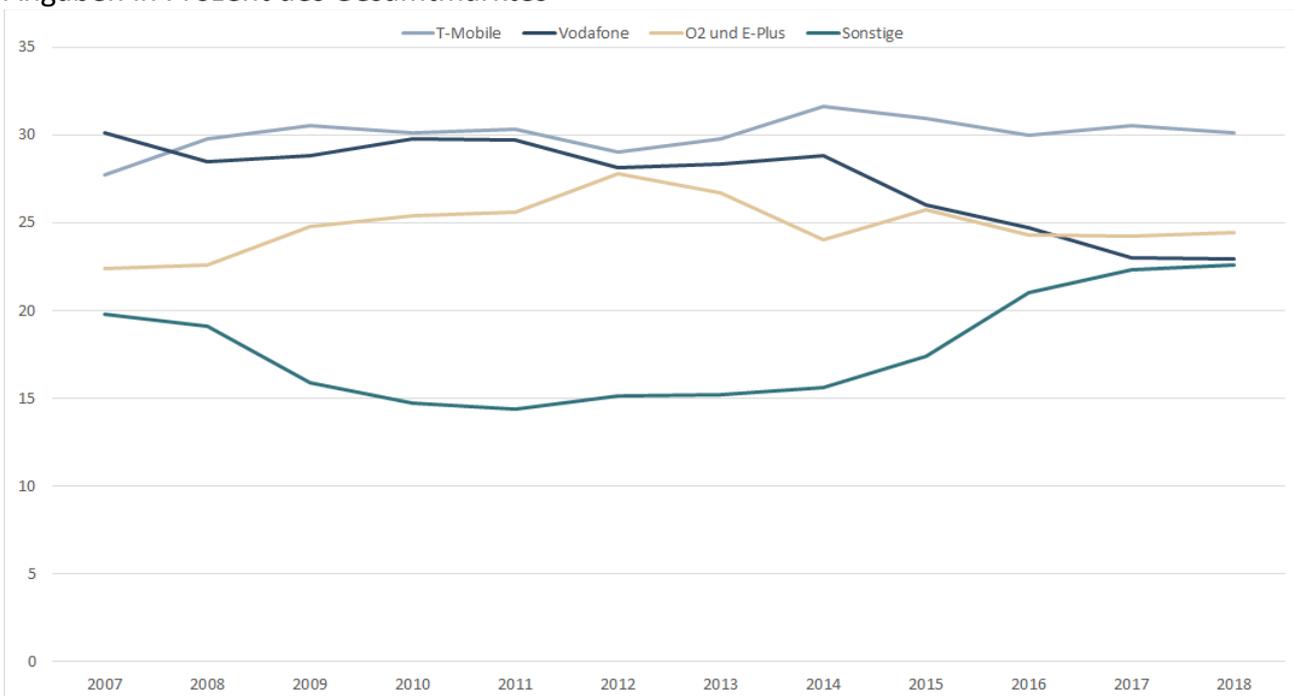
2007=100



Quelle: Dialog Consult / VATM, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018; Statistisches Bundesamt, 2018; eigene Berechnung

**Abbildung 3-2: Marktanteile im deutschen Mobilfunkmarkt 2007 bis 2018\***

Angaben in Prozent des Gesamtmarktes



\* Angaben geschätzt, mit Ausnahme von 2014, 2015, 2016, 2017

Quelle: Dialog Consult / VATM 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018; eigene Darstellung

### 3.3.2 National Roaming

Die Ergebnisse des vorigen Abschnitts 3.3.1 zeigen auf, dass der Mobilfunkmarkt – ähnlich wie der Betrieb der Netze selbst – in Deutschland oligopolistischen Strukturen folgt. Dies gilt unabhängig von einem möglichen vierten Netzbetreiber, der den Wettbewerb auf Ebene der Netze zwar erhöhen könnte, aber kaum in der Lage wäre, die Marktstruktur wesentlich zu ändern. Der Eintritt eines solchen vierten Netzbetreibers, eventuell auch aus den Reihen der bisher unabhängigen Anbieter, in einen Markt mit fallenden Preisen und stagnierendem Gesamtumsatz würde allerdings den Preisdruck weiter verstärken. Um den Markteintritt überhaupt zu ermöglichen und zur Erbringung attraktiver Leistungen wäre der Neueinsteiger in der Anfangszeit zudem auf die Netze der übrigen Netzbetreiber angewiesen. Er müsste seine eigene Netzinfrastruktur nach und nach aufbauen. Um in dieser Übergangsphase attraktiv für Kunden zu sein, ist eine entgeltliche Nutzung der Netze der anderen Netzbetreiber dort denkbar, wo im eigenen Netz (noch) Versorgungslücken bestehen. Zwar sieht der aktuelle Konsultationsentwurf dieses National Roaming nicht als verpflichtende Auflagen vor. In der derzeitigen politischen Diskussion spielt das Instrument des National Roaming dennoch eine Rolle – obwohl es für dessen Implementierung an einer gesetzlichen Grundlage fehlen könnte (Landtag Sachsen-Anhalt, 2018).

Die Einführung des National Roaming hätte unter Umständen Auswirkungen auf die Investitionsanreize der bestehenden Netzbetreiber. Dies gilt insbesondere für den Fall, dass der neue Netzbetreiber den eigenen Ausbau nur sehr langsam vorantreibt. Sollten die Entgelte für das National Roaming nicht angemessen sein, könnte die Regelung die Anreize zur Investition in den Infrastrukturausbau verringern. Dies gilt sowohl für einen neuen als auch für die etablierten Netzbetreiber. Investitionen würden dort zunächst vorangetrieben, wo sie besonders lohnenswert sind. Für die Erbringung von Leistungen in anderen Regionen würde dann auf das Netz anderer Anbieter zugegriffen. Handeln alle Netzbetreiber derart, kann es für einzelne Regionen dazu kommen, dass keine Anreize zum Ausbau der Infrastruktur bestehen und ein Marktversagen vorliegt.

National Roaming hätte des Weiteren auch die Folge, dass Netzbetreibern das Netz als Differenzierungsmerkmal genommen würde. Ein Netzbetreiber könnte somit nicht mehr mit den Eigenschaften seines Netzes, wie etwa einer sehr guten Abdeckung der Fläche, Kunden anziehen. Aus theoretischer Sicht wäre eine solche Homogenisierung der Dienstleistung Mobilfunk durchaus vorteilhaft. Die Leistungen der unterschiedlichen Mobilfunkanbieter mit und ohne eigenes Netz wären so besser vergleichbar und es käme zu einem Wettbewerb ausschließlich über den Preis. Insbesondere in Märkten mit hohen Fixkosten beziehungsweise Anfangsinvestitionen kann dies jedoch auch zu Lasten der Qualität gehen, weil Kosten gesenkt werden müssen und – wie im vorangehenden Abschnitt erläutert – Investitionsanreize zurückgehen.

Diese Argumente machen klar, dass National Roaming ein Potenzial dafür aufweist, die Anreize auf der Ebene der Netzbetreiber zu verändern. Es stellt sich dann die Frage, ob ein lokal begrenztes Roaming eine bessere Anreizkompatibilität bieten könnte.

### 3.3.3 Lokales Roaming

Die Grundidee des lokalen Roaming ist mit der des National Roaming identisch: Zur Schließung eigener Funklöcher können Netzbetreiber auf das Netz der Wettbewerber zugreifen. Allerdings würde sich diese Verpflichtung zum Teilen der eigenen Infrastruktur beim lokalen Roaming auf lokal begrenzte Gebiete beschränken. Dies könnte neben der Schaffung von Anreizen für den Marktzutritt eines weiteren Netzbetreibers unter anderem auch deshalb sinnvoll sein, weil sich aus volkswirtschaftlicher Sicht nicht in allen Regionen Deutschlands aufgrund fehlender Nachfrage drei parallel existierende Netze rechnen.

Von einer Verpflichtung zum lokalen Roaming sollte jedoch abgesehen werden, weil hier auf ein betriebswirtschaftliches Motiv vertraut werden kann. Im Kern können sowohl der Netzbetreiber mit als auch der ohne Funkloch in einer bestimmten lokal begrenzten Region von lokalem Roaming profitieren. Der bereits aktive Netzbetreiber kann sein eigenes Netz besser auslasten und erhält im Gegenzug eventuell Zugang zu Netzen des Wettbewerbers in anderen Regionen. Der nachfragende Netzbetreiber kann sein Funkloch schließen und Investitionen in anderen Regionen verstärken, die sich durch die zusätzliche Versorgung anderer Kunden wieder mehr lohnen. Auf dieser Basis könnten volkswirtschaftlich sinnvolle, wechselseitig vorteilhafte Verträge geschlossen werden. Dabei wird ein Freeriding über Zahlungen in geeigneter Höhe für die Nutzung des Netzes eines anderen Netzbetreibers vermieden.

Eine Zugangsverpflichtung von Wettbewerbern zum eigenen Netz sollte es nur bei einer Diskriminierung oder einer ungerechtfertigten Weigerung zur Zugangsgewährung geben. Ansonsten würde der bereits investierte Netzbetreiber in seiner Verhandlungsposition geschwächt und sein Risiko aus der Investition erhöht, so dass er von weiteren Investitionen Abstand nehmen würde.

### 3.3.4 Lokale und Regionale Netze

Die Bundesnetzagentur erwägt auch, Frequenzen im Bereich 3.700 bis 3.800 MHz für die lokale beziehungsweise regionale Nutzung freizugeben (Bundesnetzagentur, 2018b). Die lokale Nutzung umfasst dabei die Vergabe von Frequenzen für den Aufbau eines Netzes auf einem Betriebsgelände oder innerhalb eines Gebäudes. Regionale Nutzung geht jedoch über ein Grundstück hinaus. Die Bundesnetzagentur gedenkt dabei, eine Leistungsbeschränkung auf der Grenze des Zuteilungsgebietes festzulegen, damit angrenzende Netze nicht gestört werden. Die angesprochenen Frequenzen sollen insbesondere zur Implementierung von Industrie-4.0-Anwendungen dienen (Bundesnetzagentur, 2018b). Die hohen Frequenzen eignen sich aufgrund ihrer Ausbreitungseigenschaften besonders für den Aufbau leistungsfähiger lokaler und/oder regionaler Netze. Antragsbefugt für lokale Netze sind Eigentümer oder Nutzer (wie z. B. Mieter, Pächter) des Gebäudes oder Grundstücks (Bundesnetzagentur, 2018b, 2). Für regionale Frequenzzuteilungen kommen jedoch nur Antragssteller in Betracht, die keine Frequenzen zwischen 700 MHz und 3,6 GHz zugeteilt bekommen haben (also keine Inhaber national gültiger Frequenzen).

Aus volkswirtschaftlicher Sicht sind insbesondere lokale Frequenzzuteilungen sinnvoll, da Unternehmen so in die Lage versetzt werden, störungsfrei auf dem eigenen Betriebsgelände beispielsweise eine Industrie-4.0-Anwendung zu implementieren. Bei der Umsetzung des lokalen Netzes können die Unternehmen Kooperationspartner zudem frei wählen und sind nicht auf den Netzbetreiber angewiesen, der im jeweiligen Bereich ein Netz betreibt. Mit diesem sind über den Zuteilungsbereich eines lokalen Netzes hinaus Kooperationen denkbar, um die Konnektivität des jeweiligen lokalen Netzes mit weiteren Gebieten zu gewährleisten.

Regionale Anwendungen, die sich auf größere Gebiete wie etwa Landkreise oder Städteregionen beziehen, sind insbesondere in der Anfangszeit des Aufbaus von 5G-Netzen sinnvoll. Mit ihrer Hilfe werden mehr Investitionen getätigt und so die zur Verfügung stehenden 5G-Kapazitäten erhöht. So können zum Beispiel Stadtwerke in kleineren Städten selbst ein leistungsfähiges 5G-Netz etablieren. Es besteht jedoch die Gefahr, dass auch Netze in lukrativen Märkten aufgebaut werden. Dadurch könnten den Netzbetreibern tendenziell Einnahmen entgehen, die eigentlich zur Erfüllung der Versorgungsaufgaben genutzt werden sollten. Dieser Problematik lässt sich durch die Auswahl geeigneter Regionen für die Zuteilung von regionalen 5G-Frequenzen begegnen. Diese sollten ein regionales 5G-Netz wirtschaftlich möglich machen, ohne dass sämtliche lukrativen Gebiete aus dem nationalen Netz auf diese Weise zusätzlichem Wettbewerb geöffnet würden.

### 3.3.5 Diensteanbieterverpflichtung

Bereits bei der Vergabe der UMTS-Lizenzen in den Jahren 2000 und 2010 wurde eine so genannte Diensteanbieterverpflichtung getroffen. Diese sollte den Wettbewerb erhöhen und die Marktmacht der Netzbetreiber eindämmen, indem Mobilfunkanbietern ohne eigenes Netz gegen ein Entgelt der Zugang zu den Netzen der Netzbetreiber gewährt wird. Eine solche generelle Verpflichtung bei der jetzigen Vergabe ist juristisch jedoch fragwürdig. Laut Fetzer (2018) ist eine Diensteanbieterverpflichtung im Zuge der Neuvergabe von Frequenzen derzeit in Ermangelung einer ausreichenden Ermächtigungsgrundlage im TKG fraglich.

Generell muss bei den Diensteanbietern zwischen Mobile Virtual Network Operatoren (MVNO) und Anbietern von Mehrwertdiensten unterschieden werden. Letztere umfassen beispielsweise Dienste wie WhatsApp oder Skype, die auf Basis der Netzwerkverbindung des Kunden Dienstleistungen anbieten. Wettbewerbsprobleme zwischen diesen Anbietern und den Netzbetreibern sind zurzeit eher zu vernachlässigen, da die Kunden selbst entscheiden, wofür sie ihre Datenverbindung anwenden.

MVNOs hingegen sind Anbieter von Mobilfunkdienstleistungen ohne eigenes Netz, welche bereits namhaft zum Wettbewerb auf dem deutschen Mobilfunkmarkt beitragen (vgl. Abbildung 3-2). Statt auch für die 5G-Frequenzen einen verpflichtenden Zugang dieser Anbieter zu den Netzen vorzuschreiben, sollte zunächst auf freiwillige Verträge gesetzt werden, welche auch in dieser Konstellation möglich sind. Der Netzbetreiber kann durch eine Kooperation eventuell die Auslastung seines Netzes steigern und wird finanziell kompensiert. Der unabhängige Anbieter ist auf das Netz angewiesen, kann aber durch die Nutzung eines oder mehrerer Netze gleichzeitig neue Dienstleistungen anbieten, wovon die Konsumenten profitieren.

Im Rahmen von Vertragslösungen muss jedoch verhindert werden, dass es beispielsweise zu Diskriminierung oder ungerechtfertigten Ausschlüssen kommt. In diesem Zusammenhang liegen dem Bundeskartellamt Beschwerden vor, die das Fehlen eines effektiven Zugangs zum Mobilfunknetz bemängeln (Bundeskartellamt, 2018). Eine Regulierung sollte jedoch erst dann in Betracht kommen, wenn weder durch marktwirtschaftliche Mechanismen noch durch Eingriffe des Bundeskartellamts das Funktionieren des Wettbewerbs garantiert werden kann.

### 3.4 Externalitäten

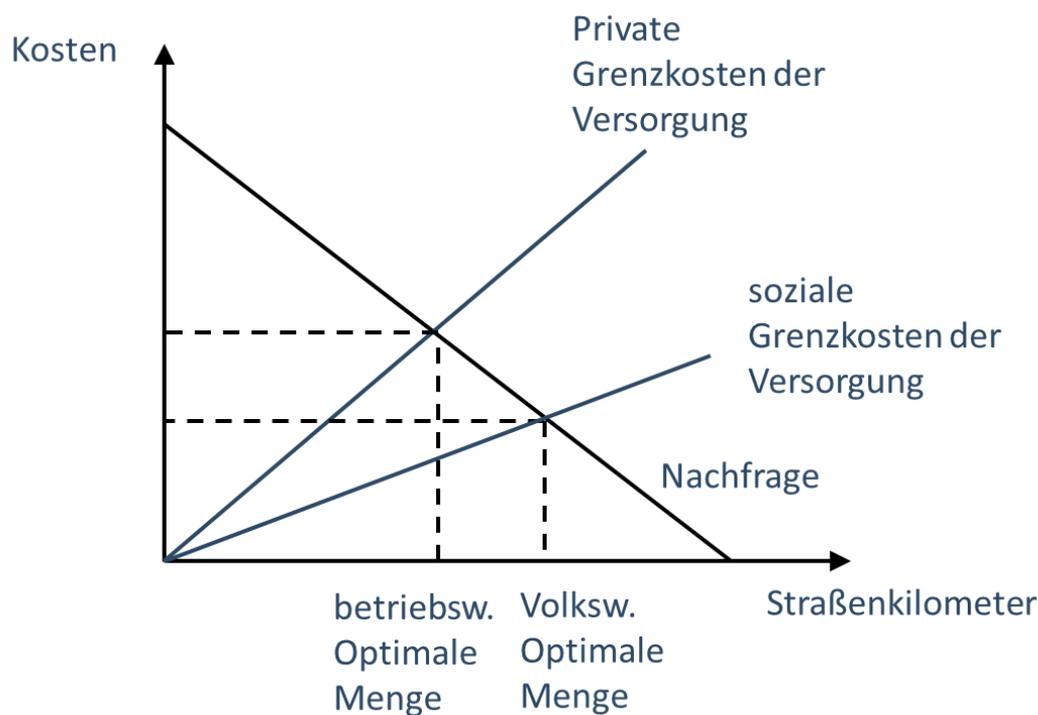
Wie bereits in Abschnitt 3.2 diskutiert, stellt insbesondere die Vorgabe der Versorgung von Straßen auch im ländlichen Raum eine große Investition für die Zuschlagsinhaber der 5G-Frequenzen dar. Diese kann sich als betriebswirtschaftlich nicht rentabel erweisen: Bei Autobahnen, Bundesstraßen und (wie politisch gefordert) Landstraßen geht es in Summe um die Versorgung von insgesamt knapp 148.800 km Straßennetz, von denen 72,5 Prozent unbesiedelt sind (Bundesnetzagentur, 2018f, 3 ff.). Die nun zu vergebenden Frequenzen sind wie bereits angesprochen Kapazitätsfrequenzen, die sich für einen flächendeckenden Ausbau des 5G-Netzes nur bedingt eignen, weil sehr viele Mobilfunkstationen notwendig sind. In Zusammenhang mit dem doch erheblichen Ausmaß des Straßennetzes und der Lage besonders vieler Landstraßen im ländlichen, auch bisher schwächer versorgten Raum, ist dies betriebswirtschaftlich für die Netzbetreiber möglicherweise nicht darstellbar. Allein die Kosten der Ausstattung der rund 87.500 km Landstraßen mit LTE, die weitere Kosten der 5G-Aufrüstung noch gar nicht enthalten, liegen je nach Netzbetreiber zwischen 895 Millionen und 3 Milliarden Euro (Sörries/Queder, o. J., 3). Die fehlende betriebswirtschaftliche Darstellbarkeit gilt insbesondere dann, wenn die Nutzung des Netzes entlang der Straßen für das autonome Fahren zweifelhaft ist (Bundesnetzagentur, 2018e, 1).

Gleichwohl kann es volkswirtschaftlich gewünscht sein, einen solchen Ausbau voranzutreiben. Hauptgrund dafür ist, dass mit dieser digitalen Infrastruktur positive Externalitäten einhergehen, solange die Nicht-Rivalität im Konsum gewährleistet bleibt, das Netz also nicht überlastet ist. Dies stellt Abbildung 3-3 dar. Die Grenzkosten der Versorgung von weiteren Straßenkilometern mit 5G steigen an. Dabei liegen die privaten Kosten (also die der Netzbetreiber) über den sozialen Kosten der Versorgung, weil es positive externe Effekte gibt, welche die sozialen Kosten reduzieren. Die Nachfrage nach 5G verläuft fallend. Daraus ergibt sich im Schnittpunkt der Nachfrage mit den Grenzkosten eine volkswirtschaftlich höhere optimale Versorgungsmenge in Bezug auf die Straßenkilometer als aus privater (Netzbetreiber-) Sicht.

Dieser Umstand liefert die Begründung für einen staatlichen Eingriff. Externe Effekte sind Teil eines Marktversagens, wenn aufgrund ihres Vorliegens nicht die volkswirtschaftlich optimale Menge bereitgestellt wird. Zwar stellt die Verpflichtung der Netzbetreiber zum Ausbau bis zu dieser Menge einen Weg dar, dieses Marktversagen zu beheben. Überfordert dies die Zuschlagsinhaber jedoch finanziell und verzerrt die Anreize, spricht dies für einen staatlichen Eingriff in Form einer finanziellen Unterstützung für den Ausbau, ähnlich etwa der Unterstützung für den Glasfaserausbau in ländlichen Gebieten.

Eine solche Vorgehensweise könnte die Zuschlagsinhaber entlasten, Fehlanreize vermeiden und gleichzeitig das volkswirtschaftlich wünschenswerte Ziel ermöglichen. Die in diesem Zusammenhang möglicherweise höheren Auktionserlöse (vgl. Abschnitt 3.2) ließen sich auch für eine solche staatliche Unterstützung direkt einsetzen. Derzeit ist vorgesehen, den Glasfaserausbau damit voranzutreiben (Koalitionsvertrag, 2018, 38).

**Abbildung 3-3: Positive Externalitäten im Zusammenhang mit dem Netzausbau entlang von Straßen**



Quelle: Eigene Darstellung

## 4 Fazit

Die 5G-Mobilfunkfrequenzen stellen die Weichen für die Zukunft des Wirtschafts- und Industriestandortes Deutschland. Sie ermöglichen die verzögerungsfreie Übertragung großer Datenmengen bei hoher Verfügbarkeit und unterstützen damit insbesondere industrielle Anwendungen wie Industrie 4.0, das Internet of Things oder Dienste im Zusammenhang mit dem autonomen Fahren. Aber die 5G-Frequenzen sind kein Allheilmittel. So sind zum Beispiel die Reichweiten der Frequenzen abhängig von der Frequenzhöhe, was einen flächendeckenden Ausbau von 5G auf Basis der aktuell zur Versteigerung anstehenden Frequenzen sehr kostenintensiv macht. Vor diesem Hintergrund ist 5G dezidiert als Industrielösung zu sehen, deren flächendeckender Ausbau nicht mit Argumenten der Daseinsvorsorge begründbar ist.

Um den Anschluss an andere Nationen nicht zu verlieren und einen „5G-Leitmarkt“ in Deutschland tatsächlich zu realisieren, sind Handlungsfähigkeit und -geschwindigkeit erforderlich. Diese versetzen Unternehmen in die Lage, auf Basis von 5G Innovationen zu entwickeln, welche die Zukunftsfähigkeit der deutschen Industrie und des Standorts Deutschland vor dem Hintergrund der digitalen Transformation nachhaltig absichern können. Um 5G als Zukunftstechnologie für den Standort Deutschland schnell nutzbar zu machen, sind daher die folgenden Schritte erforderlich:

- Zügige und effiziente Festlegung der Rahmenbedingungen für die Frequenzvergabe sowie Durchführung der Vergabe
- Realistische Vorgaben für die Versorgung mit 5G; insbesondere in Bezug auf die unteren Straßenkategorien
- Kooperation im Rahmen von lokalem Roaming, um den flächendeckenden Ausbau zu beschleunigen
- Unterstützung volkswirtschaftlich sinnvoller Investitionen, die sich betriebswirtschaftlich nicht rechnen, durch staatliche Zuschüsse

## Literatur

Andrews et al., 2014, What Will 5G Be?, in: IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Jg. 32, Nr. 6, S. 1065-1082

Berger, Sarah / Koppel, Oliver, 2017, Breitband-Internet. Ländliche Regionen holen zu langsam auf, IW-Kurzbericht, Nr. 82, Köln

Beznoska, Martin et al., 2018, Wirtschaftsstandort Hessen. Bestandsaufnahme und Handlungsempfehlungen, Gutachten für die Vereinigung der Hessischen Unternehmerverbände, Köln

Bundeskartellamt, 2018, Frequenzvergabe im Mobilfunk – Innovationen fördern – Stellungnahme des Bundeskartellamtes, [https://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Meldung/DE/Pressemitteilungen/2018/24\\_08\\_2018\\_SN\\_Frequenzen.html;jsessionid=7FEDFE41C3F4D3901A182152F06440F5.2\\_cid387?nn=3591568](https://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Meldung/DE/Pressemitteilungen/2018/24_08_2018_SN_Frequenzen.html;jsessionid=7FEDFE41C3F4D3901A182152F06440F5.2_cid387?nn=3591568) [15.11.2018]

BMVI – 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

Bundesnetzagentur, 2018a, Konsultationsentwurf einer Entscheidung der Präsidentenkammer der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen 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, Az.: BK1-17/001, [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/Mobilfunk/DrahtloserNetzzugang/Mobilfunk2020/20180924\\_Entscheidungsentwurf\\_III\\_IV\\_pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/Mobilfunk/DrahtloserNetzzugang/Mobilfunk2020/20180924_Entscheidungsentwurf_III_IV_pdf?__blob=publicationFile&v=1) [14.11.2018]

Bundesnetzagentur, 2018b, Anhörung zur lokalen und regionalen Bereitstellung des Frequenzbereichs 3.700 MHz bis 3.800 MHz für den drahtlosen Netzzugang, [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/RegionaleNetze/Entwurf%20Antragsverfahren%203,7%20-%203,8%20GHz.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/RegionaleNetze/Entwurf%20Antragsverfahren%203,7%20-%203,8%20GHz.pdf?__blob=publicationFile&v=2) [14.11.2018]

Bundesnetzagentur, 2018c, Anhörung zu ersten Erwägungen für die zukünftige Nutzung des 26-GHz-Bandes (24,25 - 27,5 GHz), [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/RegionaleNetze/ErwägungenAntragsverfahren26GHz.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OffentlicheNetze/RegionaleNetze/ErwägungenAntragsverfahren26GHz.pdf?__blob=publicationFile&v=1) [14.11.2018]

Bundesnetzagentur, 2018d, Bundesnetzagentur legt Entwurf für 5G-Frequenzauktion vor, Pressemitteilung vom 17.09.2018, Bonn

Bundesnetzagentur, 2018e, Bundesnetzagentur versteigert Frequenzen für den Weg in die Gigabit-Gesellschaft, [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Allgemeines/Presse/Reden/5G.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Allgemeines/Presse/Reden/5G.pdf?__blob=publicationFile&v=1)

Bundesnetzagentur, 2018f, Beschluss des Beirates bei der Bundesnetzagentur vom 25.06.2018, Bonn

Bundesnetzagentur, 2018g, Mobilfunknetze. Mobiles Breitband – Frequenzen für 5G, [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Frequenzen/OeffentlicheNetze/Mobilfunknetze/mobilfunknetze-node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/OeffentlicheNetze/Mobilfunknetze/mobilfunknetze-node.html) [15.11.2018]

Bundesrat, 2016, Unterrichtung durch die Europäische Kommission, Drucksache 538/16

CHIP.de, 2016, Lohnt sich 100Mbit-Internet?, [https://praxistipps.chip.de/lohnt-sich-100-mbit-internet\\_38584](https://praxistipps.chip.de/lohnt-sich-100-mbit-internet_38584) [15.11.2018]

Coppik, Jürgen, 2017, Auswirkungen einer allgemeinen Diensteanbieterverpflichtung im Mobilfunk, in: Dice Ordnungspolitische Perspektiven, Nr. 92, Düsseldorf

CTIA – The Wireless Association, 2018, The Global Race to 5G, <https://api.ctia.org/wp-content/uploads/2018/04/Race-to-5G-Report.pdf> [15.10.2018]

Deutsche Telekom, 2018, Einfach erklärt - Network Slicing, <https://www.telekom.com/de/konzern/details/network-slicing-485774> [14.11.2018]

Dialog Consult / VATM - Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten, 2007, Der deutsche Telekommunikationsmarkt – Zehn Jahre Liberalisierung im Festnetzmarkt, Köln

Dialog Consult / VATM, 2008, Zehnte gemeinsame Marktanalyse 2008, Berlin

Dialog Consult / VATM, 2009, 11. Gemeinsame Marktanalyse 2009, Frankfurt

Dialog Consult / VATM, 2010, 12. Gemeinsame TK-Marktanalyse 2010, Köln

Dialog Consult / VATM, 2011, 13. TK-Marktanalyse Deutschland 2011, Berlin

Dialog Consult / VATM, 2012, 14. TK-Marktanalyse Deutschland 2012, Köln

Dialog Consult / VATM, 2013, 15. TK-Marktanalyse Deutschland 2013, Berlin

Dialog Consult / VATM, 2014, 16. TK-Marktanalyse Deutschland 2014, Düsseldorf

Dialog Consult / VATM, 2015, 17. TK-Marktanalyse Deutschland 2015, Düsseldorf

Dialog Consult / VATM, 2016, 18. TK-Marktanalyse Deutschland 2016, Berlin

Dialog Consult / VATM, 2017, 19. TK-Marktanalyse Deutschland 2017, Düsseldorf

Dialog Consult / VATM, 2018, 20. TK-Marktanalyse Deutschland 2018, Berlin

Europäische Kommission, 2015, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, COM(2015) 192 final, Brussels

Europäische Kommission, 2016a, COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT IMPACT ASSESSMENT Accompanying the document Proposals for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing the European Electronic Communications Code (Recast) and a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing the Body of European Regulators for Electronic Communications, SWD/2016/0303 final/2 - Part 1/3, Brussels

Europäische Kommission, 2016b, Identification and quantification of key socio-economic data to support strategic planning for the introduction of 5G in Europe, SMART 2014/0008, Luxembourg

Europäische Kommission, 2018a, Spectrum in the European Union, Factsheet, <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/spectrum-european-union> [15.10.2018]

Europäische Kommission, 2018b, Digital Economy & Society. Fixed broadband subscriptions, <https://digital-agenda-data.eu/charts/analyse-one-indicator-and-compare-countries> [14.11.2018]

Fetzer, Thomas, 2018, Diensteanbieterpflichtung für Mobilfunknetzbetreiber, in: MultiMedia und Recht, Nr. 2, S. 63 – 68

Fuest, Klaus / Krys, Christian / Parsons, Clark / Styma, Felix, 2018, Erfolgsfaktor 5G, Innovation und Vielfalt für die nächste Stufe der Digitalisierung, <https://www.rolandberger.com/de/press/Neuer-Mobilfunkstandard-5G-Schlüsseltechnologie-für-den-Standort-Deutschland---.html> [14.11.2018]

Giust et al., 2018, MEC Deployments in 4G and Evolution Towards 5G, ETSI White Paper, Nr. 24, First Edition – Februar 2018, Sophia Antipolis

Handelsblatt, 2018, Mobilfunger sollen nun doch strengere Auflagen erfüllen, <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/5g-frequenzen-mobilfunger-sollen-nun-doch-strengere-auflagen-erfuellen/23585080.html> [12.11.2018]

Koalitionsvertrag, 2018, Ein neuer Aufbruch für Europa Eine neue Dynamik für Deutschland Ein neuer Zusammenhalt für unser Land, [https://www.cdu.de/system/tdf/media/dokumente/koalitionsvertrag\\_2018.pdf?file=1](https://www.cdu.de/system/tdf/media/dokumente/koalitionsvertrag_2018.pdf?file=1) [13.11.2018]

Landtag Sachsen-Anhalt, 2018, Landtag unterstützt nationales Roaming, <https://www.landtag.sachsen-anhalt.de/landtag-unterstuetzt-nationales-roaming/> [16.11.18]

Melzer, Hansjürgen, 2012, Bürgerinitiative „Risiko Mobilfunk“ drängt auf Mobilfunkkonzept, General-Anzeiger, [www.general-anzeiger-bonn.de/region/Bürgerinitiative-Risiko-Mobilfunk-drängt-auf-Mobilfunkkonzept-article610192.html](http://www.general-anzeiger-bonn.de/region/Bürgerinitiative-Risiko-Mobilfunk-drängt-auf-Mobilfunkkonzept-article610192.html) [15.11.2018]

Ministerium für Energie, Infrastruktur und Digitalisierung Mecklenburg-Vorpommern, 2003, Hinweise zur baurechtlichen Beurteilung von Mobilfunkanlagen, [http://www.mv-regierung.de/wm/arbim/pages/BO\\_Baur\\_Beur\\_CMS.htm](http://www.mv-regierung.de/wm/arbim/pages/BO_Baur_Beur_CMS.htm) [15.11.2018]

Puls, Thomas / Koppel, Oliver, 2016, Engpassfaktor Planungsingenieure. Wie der aktuelle Fachkräftemangel notwendige Investitionen behindert, in: Internationales Verkehrswesen, 68. Jg., Nr. 4, S. 12–15

Sörries, Bernd / Queder, Fabian, o. J., Versorgungsaufgaben und Investitionen in den Netzaufbau (LTE/5G), WIK Consult, Bad Honnef

Statistisches Bundesamt, 2018, Preisindex für Telekommunikationsdienstleistungen, [https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Preise/Verbraucherpreisindizes/Tabellen\\_/Telekommunikationspreise.html?cms\\_gtp=146542\\_slot%253D2%2526146544\\_list%253D2](https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Preise/Verbraucherpreisindizes/Tabellen_/Telekommunikationspreise.html?cms_gtp=146542_slot%253D2%2526146544_list%253D2) [15.11.2018]

Wissenschaftliche Dienste des Bundestags, 2018, Rechtliche Vorgaben für die telekommunikationsrechtlichen Verfahren zur Vergabe und Zuteilung von Mobilfunkfrequenzen, Az.: WD 5 – 3000 – 112/18

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1 Entwicklung der Preise, des Gesamtumsatzes und der aktivierten SIM-Karten im Deutschen Mobilfunkmarkt 2007 bis 2017 .....	10
Abbildung 3-2: Marktanteile im deutschen Mobilfunkmarkt 2007 bis 2018* .....	10
Abbildung 3-3: Positive Externalitäten im Zusammenhang mit dem Netzausbau entlang von Straßen.....	15