

Internationale Vorbilder für eine gute Mobilfunkver- sorgung – Identifizierung von Erfolgsfaktoren

Nicht vertrauliche Version

Autoren:
Dr. Bernd Sörries
Matthias Franken
Stefano Lucidi
Dajan Baischew
Matthias Wissner

WIK-Consult GmbH
Rhöndorfer Str. 68
53604 Bad Honnef

Bad Honnef, 18. November 2021

Impressum

WIK-Consult GmbH
Rhöndorfer Str. 68
53604 Bad Honnef
Deutschland
Tel.: +49 2224 9225-0
Fax: +49 2224 9225-63
E-Mail: info@wik-consult.com
www.wik-consult.com

Vertretungs- und zeichnungsberechtigte Personen

Geschäftsführerin	Dr. Cara Schwarz-Schilling
Direktor	Alex Kalevi Dieke
Direktor Abteilungsleiter Netze und Kosten	Dr. Thomas Plückebaum
Direktor Abteilungsleiter Regulierung und Wettbewerb	Dr. Bernd Sörries
Leiter der Verwaltung	Karl-Hubert Strüver
Vorsitzende des Aufsichtsrates	Dr. Daniela Brönstrup
Handelsregister	Amtsgericht Siegburg, HRB 7043
Steuer-Nr.	222/5751/0926
Umsatzsteueridentifikations-Nr.	DE 123 383 795

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungen	II
Tabellen	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
1 Management Summary	1
2 Ausgangslage	6
3 Vorgehensweise und Methode	8
4 Länderauswahl	10
5 Grundlegende Überlegungen zur Mobilfunkversorgung und Planung	11
6 Mobilfunkversorgung in Deutschland im internationalen Vergleich	14
6.1 4G-Mobilfunkversorgung	14
6.2 4G-Versorgung der Haushalte bzw. Bevölkerung, der Fläche und von Verkehrswegen	23
6.3 Mobilfunkstandorte und Basisstationen	27
6.4 5G-Mobilfunkversorgung	28
6.5 Bewertung anhand eines Punktesystems	34
6.6 Zwischenfazit	38
7 Länderspezifische Kennzahlen und Vergleich der Mobilfunkmärkte	38
7.1 Bevölkerungsdichte	38
7.2 Anzahl der Mobilfunknetzbetreiber und Marktanteile	39
7.3 Staatsbeteiligung an Mobilfunknetzbetreibern	44
7.4 Durchschnittliche Umsätze pro Monat und Teilnehmer (ARPU)	47
7.5 Tarifvergleich	49
7.6 Datennutzung	52
7.7 Festnetz	53
7.8 Investition in den Mobilfunkmarkt	56
7.9 Zwischenfazit	63
8 Regulatorische und politische Rahmenbedingungen	64
8.1 Vergabeverfahren	64
8.2 Frequenzkosten und Preis/MHz/POP	66

8.3	Versorgungsaufgaben	69
8.4	Auflagen im Rahmen von Fusionen	72
8.5	Kooperationen (Infrastruktur-Sharing)	74
8.6	Genehmigungsverfahren	75
8.7	Lokale Frequenznutzungsrechte	76
8.8	Zwischenfazit	77
9	Vergleichsanalyse und Handlungsempfehlungen	79
9.1	Vergleichsanalyse	79
9.2	Zusammenfassendes Ergebnis	86
9.3	Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen	87
	Literaturverzeichnis	93

Abbildungen

Abbildung 3-1:	Übersicht der Analyseschritte und Indikatoren	8
Abbildung 6-1:	4G-Verfügbarkeit Q1 2020 (% der Zeit)	15
Abbildung 6-2:	Entwicklung 4G-Verfügbarkeit mit prozentualer Veränderung (2019-2020, jeweils Q1)	16
Abbildung 6-3:	Spanne der 4G-Verfügbarkeit der Mobilfunknetzbetreiber Q4 2020 / Q1 2021 (in Prozent)	17
Abbildung 6-4:	Steigerungsraten 4G-Verfügbarkeit 2020/2021 im Vergleich zum Vorjahresquartal der Mobilfunknetzbetreiber	18
Abbildung 6-5:	Erlebnis der Download-Geschwindigkeit (Mbit/s), Stand Q1 2019/2020	19
Abbildung 6-6:	Spanne der 4G-Download-Geschwindigkeit der Mobilfunknetzbetreiber Q4 2020 / Q1 2021 (in Mbit/s)	20
Abbildung 6-7:	Einwohner pro Mobilfunkstandort	28
Abbildung 6-8:	5G-Verfügbarkeit 2020 (in Prozent der Zeit, Stand Q3)	29
Abbildung 6-9:	5G-Download-Geschwindigkeit 2020 (Mbit/s, Stand Q3)	30
Abbildung 6-10:	„5G readiness indicator“, März 2020	32
Abbildung 7-1:	Umsätze (in Mrd. Euro), EBITDA (in Mrd. Euro) und EBITDA-Marge (Geschäftsjahr 2020)	42

Abbildung 7-2:	Durchschnittliche EBITDA-Marge (2011-2020) ausgewählter Unternehmen	43
Abbildung 7-3:	Durchschnittliche EBITDA-Marge (2011-2020) und 4G-Verfügbarkeit (in Prozent der Zeit, 2020)	44
Abbildung 7-4:	Anteil Staatsbeteiligung und Summe der Ränge	47
Abbildung 7-5:	Spanne der ARPU der Mobilfunknetzbetreiber (in Euro KKP)	48
Abbildung 7-6:	Durchschnittlicher ARPU (in KKP Euro, Geschäftsjahre 2019 oder 2020) der Länder und 4G-Verfügbarkeit (in Prozent der Zeit, Q1 2020)	49
Abbildung 7-7:	Mobilfunktarifvergleich, „High usage voice and data“ 2019 (in KKP Euro)	50
Abbildung 7-8:	Durchschnittspreis pro Gigabyte (in KKP in Euro) 2021	51
Abbildung 7-9:	Mobilfunktarif „high usage voice and data“ (2019) und 4G-Verfügbarkeit (Q1 2020)	52
Abbildung 7-10:	Datennutzung Mobilfunk pro Teilnehmer/Monat 2019 (in Gigabyte)	53
Abbildung 7-11:	Festnetz-Breitbandanschlüsse pro 100 Einwohner	54
Abbildung 7-12:	Festnetz-Download-Geschwindigkeit, Speedtest.net, August 2021	54
Abbildung 7-13:	Glasfaser-Abdeckung und Take-up-Rate	55
Abbildung 7-14:	Spanne Investitionsquoten der Mobilfunknetzbetreiber (insgesamt)	57
Abbildung 7-15:	Spanne Investitionsquoten Mobilfunknetzbetreiber (nur Mobilfunk)	58
Abbildung 7-16:	Telekommunikationsinvestitionen pro Kopf 2010-2018 (KKP Euro)	59
Abbildung 7-17:	Durchschnittliche Telekommunikationsinvestitionen pro Kopf/Jahr zwischen 2010 – 2018 (KKP Euro)	60
Abbildung 7-18:	Durchschnittliche Pro-Kopf-Investitionen in den Mobilfunkmarkt (2010-2018 in KKP Euro) und 4G-Verfügbarkeit (in Prozent der Zeit, Q1 2020)	61
Abbildung 7-19:	Durchschnittliche Investitionsquote der Mobilfunknetzbetreiber (2015 – 2020)	62
Abbildung 8-1:	Preise pro MHz pro Einwohner in Euro vergangener Frequenzvergaben (seit 2010)	67
Abbildung 8-2:	Gesamte Frequenzausgaben (Preis/MHz/Kopf, in Euro) und Preis Mobilfunktarif „high usage voice and data“ (in KKP Euro, 2019)	69

Tabellen

Tabelle 4-1:	Übersicht Länderkennzahlen	11
Tabelle 6-1:	Bewertungsübersicht Qualitätsparameter Mobilfunkversorgung (Q1 2020)	21
Tabelle 6-2:	Übersicht der Indikatoren Mobilfunkversorgung nach Mobilfunknetzbetreibern (nach 4G-Verfügbarkeit), Q3/Q4 2020	22
Tabelle 6-3:	„5G Readiness Index 2019“, Länderauswahl	31
Tabelle 6-4:	Ländervergleich mit Ranking	35
Tabelle 6-5:	Mobilfunknetzbetreiberranking	37
Tabelle 7-1:	Anzahl Mobilfunknetzbetreiber und Marktanteile	39
Tabelle 7-2:	Staatsbeteiligungen an Mobilfunknetzbetreibern	45
Tabelle 9-1:	Parameter und ihre Wirkungsweise	79

Abkürzungsverzeichnis

1G bis 5G	Mobilfunkstandard der 1. bis 5. Generation
3GPP	3rd Generation Partnership Project
ARPU	Average Revenue per User
BuG	Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse
CBRS	Citizens Broadband Radio Service
dBm	Dezibel Milliwatt
DESI	The Digital Economy and Society Index
Docsis	Data Over Cable Service Interface Specification
DOJ	Department of Justice
EBITDA	Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization
FTTH/B/P	Fibre to the Home/Building/Premise
GAA	General Authorized Access
GB	Gigabyte
GHz	Gigahertz
GSM	Global System for Mobile Communications
IoT	Internet der Dinge (Internet of Things)
KKP	Kaufkraftparität
km ²	Quadratkilometer
LTE	Long Term Evolution
M2M	Maschine-zu-Maschine
Mbit/s	Megabit pro Sekunde
MHz	Megahertz
MOCN	Multi Operator Core Network
MORAN	Mobile Operator Radio Access Network
MVNO	Mobile Virtual Network Operator
NSA	Non-Stand-Alone
OTT	Over the top
PAL	Priority Access Licenses
PTS	The Swedish Post and Telecom Authority
Q1 bis Q4	1. Quartal bis 4. Quartal
QoS	Quality of Service
RAN	Radio Access Network
RSRP	Reference Signal Received Power
SA	Stand-Alone
SAS	Spectrum Access System
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line

1 Management Summary

Die vorliegende Studie verfolgt die Fragestellung, ob aus den Erfahrungen anderer Länder hinsichtlich der Versorgung mit öffentlichen Mobilfunkdiensten Handlungsempfehlungen für Deutschland abgeleitet werden können. Die Analyse vergleicht deshalb zunächst die Mobilfunkversorgung in Deutschland mit der Mobilfunkversorgung in den Niederlanden, Österreich, Südkorea, Schweden, USA, Kanada, Australien, Schweiz, und Japan. Diese Ländern sind in der Regel in internationalen Vergleichen hinsichtlich der Mobilfunkversorgung besser positioniert als Deutschland. Der Vergleich umfasst aber mit Frankreich auch ein Land, das bei der Mobilfunkversorgung nicht besser als Deutschland abschneidet, jedoch hinsichtlich seiner Größe und Bevölkerungsstruktur mit Deutschland gut verglichen werden kann.

Der Ländervergleich umfasst neben Deutschland somit fünf europäische Länder, in denen mit der Ausnahme der Schweiz überwiegend der gleiche Rechtsrahmen für Kommunikationsdienste und -netze besteht sowie fünf außereuropäische Länder, die für diesen Vergleich angesichts ihrer geographischen Größe und/oder der erreichten Mobilfunkversorgung von besonderem Interesse sind und in denen ähnliche politische Verhältnisse und Strukturen vorliegen.

Des Weiteren werden Kennzahlen der Mobilfunkmärkte und die jeweiligen politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen analysiert. Ziel ist es hier, den jeweiligen Grad der Mobilfunkversorgung im relevanten regulatorischen und politischen Kontext zu betrachten, um nachfolgend Handlungsoptionen und Maßnahmen zur Verbesserung der Mobilfunkversorgung in Deutschland abzuleiten.

Bei der Analyse von verschiedenen Qualitätskriterien der Mobilfunkversorgung belegen die Niederlande unter den hier betrachteten Ländern Rang 1, Deutschland belegt Rang 7, Frankreich liegt auf dem letzten Platz. Dies ist aber nur eine Momentaufnahme, weil insbesondere Deutschland und Frankreich durch weitgehende Ausbaumaßnahmen, die teils auf Vereinbarungen mit dem Staat oder auf Vergabeverfahren zurückgehen, gegenüber den Spitzenreitern aufholen werden. So ist zu erwarten, dass Deutschland nach der Erfüllung von Versorgungsaufgaben und der Umsetzung von Förderprogrammen zu den Spitzenländern dieses Vergleichs aufschließen wird.

Sofern die in den Vergleichsländern tätigen Mobilfunknetzbetreiber hinsichtlich der Qualität der Mobilfunkversorgung betrachtet werden, zeigt sich, dass die führenden Mobilfunknetzbetreiber aus den Niederlanden, Japan, Südkorea, Österreich und der Schweiz kommen. Der beste deutsche Anbieter belegt im Ranking, das die 4G-Verfügbarkeit, das Erlebnis der 4G-Netzabdeckung, das Erlebnis der Download- und Upload-Geschwindigkeit sowie weitere Indikatoren umfasst, Platz 12 von 35.

Der internationale Vergleich zeigt, dass die untersuchten Länder teilweise sehr unterschiedliche Strategien hinsichtlich einer aus Sicht der Endkunden möglichst optimalen Mobilfunkversorgung gewählt haben.

Länder wie die USA (Platz 8 im Ranking), Kanada (Platz 4), Japan (Platz 3) und Australien (Platz 5) haben primär auf einen wettbewerblich geprägten Ansatz gesetzt. In diesen Ländern gab und gibt es einen intensiven Infrastrukturwettbewerb, der maßgeblich die Mobilfunkversorgung beeinflusst. Dass es in diesen Ländern aufgrund des seit Jahrzehnten bestehenden Infrastrukturwettbewerbs keiner detaillierten Versorgungsaufgaben bedarf (z. B. Datenraten in Funkzellen) zeigen die Qualitätsmessungen. Es gibt somit auch keine Vorgaben, die auf eine nahezu flächendeckende Versorgung mit 4G oder 5G hinauslaufen. Mobilfunknetzbetreiber in diesen Ländern zeichnen sich durch vergleichsweise hohe durchschnittliche Umsätze pro Kunde aus. In Kanada fallen die Preise so hoch aus, dass mit regulatorischen Ansätzen versucht wird, den Wettbewerb zu forcieren, um Endkundenpreise zu senken. Aktives Infrastruktur-Sharing, das insbesondere in ländlichen Gebieten die Ausbaurkosten pro Mobilfunknetzbetreiber an den Mobilfunkstandorten senken kann, besteht in diesen Ländern nicht. Es gibt diesbezüglich im Rahmen der Frequenzregulierung keine Vorgaben der Regulierungsbehörden. In diesen Ländern werden bis auf Japan in der Regel Frequenznutzungsrechte im Wege von Versteigerungen vergeben.

Daneben gibt es Länder, die mit teilweise sehr ambitionierten Versorgungsaufgaben ganz maßgeblich die Versorgungsqualität beeinflussen. Hier bestätigt die Studie, dass die Länder, die sehr frühzeitig, d. h. bereits mit der Einführung von UMTS, weitreichende Versorgungsaufgaben gemacht haben, hinsichtlich der Versorgung heute deutlich bessere Ergebnisse erzielen. So belegten die Niederlande Rang 1 und Südkorea Rang 2 im Vergleich der Mobilfunkqualität. Länder, die zwar bei UMTS auch Versorgungsaufgaben erlassen haben, jedoch auch den Infrastrukturwettbewerb beleben wollten, haben in den letzten Jahren durch ambitionierte Versorgungsaufgaben auf Defizite der Versorgung vor allem in ländlichen Räumen und entlang von Verkehrswegen reagiert. Die Versorgungsaufgaben in Deutschland fallen dabei hinsichtlich der vom Endkunden erfahrbaren Versorgungsqualität („user experience“) im Vergleich zu den Niederlanden und Österreich de facto zurück, weil in diesen Ländern Datenraten in einer realen Nutzungssituation gemessen werden. Die Vorgaben in den Versorgungsaufgaben (Datenrate pro Sektorantenne vs. Datenrate am Endgerät in den Niederlanden) fordern in Deutschland indirekt eine geringere Versorgungsqualität. Während in Deutschland die Versorgungsaufgaben aus den letzten beiden Frequenzvergaben zu einem deutlichen Ausbau an Sendestandorten führen, fällt der Neubau aufgrund der Auflagen in den Niederlanden oder Österreich deutlich geringer aus. Hier ist zudem zu beachten, dass die Versorgung der Niederlande deutlich weniger kostenintensiv ist und in Österreich das Geschäftsmodell der Fixed-Mobile-Substitution besteht, womit die österreichischen Mobilfunknetzbetreiber deutlich mehr Datenverkehr pro Kunde als die deutschen Anbieter abwickeln müssen und insoweit deutlich dichtere Mobilfunknetze aufgebaut haben.

Hinsichtlich der vom öffentlichen Mobilfunk abzudeckenden Fläche hat Deutschland im Vergleich sehr umfassende Vorgaben erlassen. In den anderen Vergleichsländern spielt die Frage der von Versorgungsaufgaben induzierten Ausbaurkosten und deren rechtliche Verhältnismäßigkeit keine Rolle.

In den Ländern, in denen in den letzten Jahren Versorgungsaufgaben ganz maßgeblich neue Impulse beim Ausbau der Funknetze gesetzt haben, fallen die Erlöse pro Kunde und die Investitionen pro Kopf für Mobilfunkdienste geringer aus.

Für beide Gruppen zeigt sich, dass staatliche Stellen bestrebt sind, mehr Transparenz über die Mobilfunkversorgung für Endkunden zu schaffen, um damit auch den Wettbewerb unter den Anbietern zu intensivieren.

Für beide Gruppen von Ländern finden sich keine empirischen Belege, wonach sich Frequenzkosten nachhaltig negativ auf Investitionen der Mobilfunknetzbetreiber auswirken. Interessant ist, dass in 4 von den 11 Ländern Infrastruktur-Sharing eine bedeutsame Rolle einnimmt, also Mobilfunknetzbetreiber gerade in ländlichen Räumen beim Netzausbau kooperieren. Eine Förderung des Mobilfunkausbaus im Sinne staatlicher Beihilfen gibt es in einzelnen Ländern nur sehr punktuell. In Österreich wurde die Versorgung von weißen Flecken im Rahmen einer Negativauktion mit einer Frequenzversteigerung kombiniert. Somit versorgt der Markt Gemeinden, die ohne die Kombination mit dem Frequenzvergabeverfahren voraussichtlich nicht versorgt worden wären. Eine Verbesserung des Mobilfunkausbaus gerade entlang von Schienenverkehrswegen wurde insbesondere unter operativer Beteiligung von Schienenverkehrsunternehmen erreicht.

Insgesamt zeigt der Vergleich, dass eine Optimierung der Mobilfunkversorgung im Sinne einer möglichst hohen Flächenversorgung mit hohen Datenraten (im Downlink) bei gleichzeitig niedrigen Preisen bzw. Erlösen pro Kunden kaum möglich erscheint. So zeigt sich, dass bis auf die Ausnahme der Niederlande die Länder mit einer besseren Mobilfunkversorgung als Deutschland auch über höhere Endkundenerlöse verfügen.

Hinsichtlich der künftigen Frequenzpolitik in Deutschland ist Folgendes festzuhalten:

Deutschland wird im internationalen Vergleich zu den Spitzenreitern insbesondere durch die Erfüllung von Versorgungsaufgaben und der Umsetzung von Förderprogramme aufschließen. Ende des Jahres 2024 wird die Versorgung gerade in der Fläche deutlich besser sein als in den meisten anderen hier betrachteten Ländern. Dies ist auf Versorgungsaufgaben und Fördermaßnahmen zurückzuführen. Sofern der Infrastrukturwettbewerb jenseits der Erfüllung von Versorgungsaufgaben in Deutschland noch eine Wirkung entfalten soll, wäre zu hinterfragen, ob es weiterhin symmetrische Versorgungsaufgaben geben sollte. Der vorliegende Vergleich zeigt, dass sich mit noch ambitionierten Versorgungsaufgaben über alle Flächenkategorien hinweg, die mit einem deutlichen Aufbau vier zusätzlicher, paralleler Netzinfrastrukturen verbunden wäre

(Netzverdichtung), das Risiko bestünde, dass sich bei steigenden Investitionen und unveränderten Erlösen das Preisniveau zu Lasten gerade der preissensitiven Endkunden verändern würde. Ob dann noch jedes Kundensegment ein aus seiner Sicht adäquates Angebot bekäme, wäre zu bezweifeln. Eine Differenzierung der Geschäftsmodelle bezüglich der Kundensegmente sollte weiterhin möglich sein.

Angesichts stabiler oder sinkender Umsätze bei den Anbietern in Deutschland und einer weiterhin nicht gesättigten Nachfrage nach mobilen Datendiensten können weitergehende Kooperationen unter den Anbietern ein Instrument sein, dem steigenden Kostendruck unter Beibehaltung der Profitabilität zu entsprechen. Hier zeigen die ausländischen Beispiele, dass aus dem Markt heraus Interesse an Kooperationen bestehen sollte. Durch externe Anreize, beispielsweise im Rahmen der Vergabe von Frequenznutzungsrechten (Abschläge auf Frequenzgebühren bei der Realisierung von Kooperationen), könnte diese Entwicklung verstärkt werden. Kooperationen könnten gerade in weniger dicht besiedelten Flächen dazu führen, dass sich dort die Versorgung (bzw. die „user experience“) von urbanen und suburbanen Flächen nicht unterscheidet.

Alternativ wäre zu prüfen, inwieweit Anreize für einzelne Mobilfunknetzbetreiber geschaffen werden können, die Mobilfunkversorgung überall dort, wo es eine Nachfrage gibt, über die bereits bestehende (Basis-)Versorgung qualitativ weiter auszubauen. Soweit beispielsweise ein Anbieter diese Strategie wählt, sollten dann diese Flächen, in denen nur ein Mobilfunknetzbetreiber „überdurchschnittliche“ Mobilfunkangebote vertreibt, nicht als Infrastrukturproblem angesehen werden. Sofern Anbieter diesen Weg wählen, könnten freiwillige Vereinbarungen mit dem Staat über die Versorgung getroffen werden, die dann in Vergabeverfahren berücksichtigt würden. Eine weitere Option zur Stärkung des Wettbewerbs könnte darin bestehen, Anreize für Kooperationen im Bereich der Mitnutzung von bestehenden Infrastrukturen zu setzen, auch im Umfeld des nicht öffentlichen Mobilfunks, beispielsweise im Bereich der Netzverdichtung entlang von Schienenverkehrsstrecken.

In den Spitzenländern sind heute häufig aktuell nur 3 Mobilfunknetzbetreiber bzw. 3 Mobilfunkinfrastrukturen aktiv. Die Analyse zeigt, dass dann die Mobilfunknetzbetreiber über mehr Spektrum verfügen, sodass sie die technischen Möglichkeiten haben, die Leistungsfähigkeit beispielsweise von 5G voll auszureizen. Deutschland fällt hier zurück, es sei denn, die Anbieter kooperieren auch bei der Frequenznutzung. Von besonderer Bedeutung ist hier das Flächenspektrum (Frequenzen im Bereich 700 MHz, 800 MHz und 900 MHz). In den Spitzenländern zeigt sich, dass Kapazitätsfrequenzen (Frequenzen bei 1,8 GHz, 2,1 GHz) das Rückgrat der Versorgung sind. Es sollte deshalb geprüft werden, wie die diesbezügliche Entwicklung in Deutschland in den ländlichen Flächen ist. Sofern auch dort die Nachfrage dazu führt, dass verstärkt Kapazitätsfrequenzen eingesetzt werden (müssen), relativiert sich die Bedeutung des Flächenspektrums. Eine Option wäre hier beispielsweise, Versorgungsaufgaben an die Nutzung bestimmter Frequenzbereiche zu koppeln. Um hier eine Entscheidung treffen zu können, bedarf es detaillierter Analysen.

Da es angesichts der weiter steigenden Nachfrage nach mobilen Datendiensten auch in Deutschland zu einer Netzverdichtung kommen wird, stellt sich die Frage, wie dieser Prozess gerade in den ländlichen Regionen, die wirtschaftlich weniger attraktiv sind, ablaufen wird. In den urbanen und suburbanen Gebieten werden die Anbieter aus eigenem Antrieb heraus entsprechende Angebote unterbreiten. Die internationalen Erfahrungen zeigen, dass der Wettbewerb zu einer sehr guten Versorgung führen kann. Dann bedarf es dazu klarer Anreize.

2 Ausgangslage

Nach der Einführung des digitalen, zellularen Mobilfunks vor 30 Jahre ist die wirtschaftliche und gesellschaftspolitische Bedeutung des Mobilfunks so angestiegen, dass seit einigen Jahren durchaus kontrovers über die Leistungsfähigkeit und Verfügbarkeit mobiler Datendienste in Deutschland diskutiert wird.¹

Mit der Einführung der 5. Mobilfunkgeneration (5G) werden nicht nur höherwertige Massenmarktanwendungen möglich. In den Fokus rücken vor allem Anwendungen von sogenannten Verticals, gewerblichen Anwendern aus verschiedensten Sektoren, die ihre Wertschöpfungsprozesse mittels Mobilfunktechnologien digitalisieren wollen. 5G hat die technischen Fähigkeiten, eine Schlüsseltechnologie für die intelligente Vernetzung oder bei der Realisierung von Echtzeit-Anwendungen in Produktions- oder Logistikprozessen zu werden.²

5G wird dabei auf die bisher am Markt verfügbaren Mobilfunktechnologien und hier insbesondere auf die 4. Mobilfunkgeneration (4G)³ aufbauen. Nach der bereits verkündeten Abschaltung von UMTS, einer Mobilfunktechnologie der dritten Generation (3G), wird LTE im Zusammenspiel mit GSM (2. Mobilfunkgeneration) die Kundenerfahrungen für die Mehrzahl der Kunden prägen. Eine möglichst flächendeckende Verfügbarkeit von LTE und später 5G wird von Wirtschaft, privaten Endkunden und der Bundesregierung erwartet bzw. gefordert.⁴ Vor diesem Hintergrund hat in Deutschland bereits ein Wettlauf einzelner Anbieter hinsichtlich der regionalen Verfügbarkeit von 5G begonnen.

Die im Rahmen der Frequenzvergabe des Jahres 2019 den etablierten Mobilfunknetzbetreibern auferlegten Versorgungsverpflichtungen werden dazu führen, dass bis spätestens Ende des Jahres 2024 über alle Mobilfunknetze hinweg mehr als 99,7 Prozent der Haushalte und 95 Prozent der Fläche Deutschlands mit leistungsfähigen Mobilfunknetzen abgedeckt sein werden.⁵ Die restlichen Lücken sollen in den kommenden Jahren mithilfe des jüngst gestarteten Mobilfunkförderprogramms des Bundes geschlossen werden.

Das ist ein großer Schritt zur fast vollständigen Flächendeckung und legt den Grundstein für 5G-Netze.

¹ Vgl. dazu u.a. Beschlüsse des Beirats bei der Bundesnetzagentur, [Bundesnetzagentur - Beschlüsse](#), zuletzt abgerufen am 26.8.2021.

² Vgl. WIK-Diskussionsbeitrag Nr. 451, [Nr. 451: Entwicklung der funkbasierten Digitalisierung in der Industrie, Energiewirtschaft und Landwirtschaft und spezifische Frequenzbedarfe \(wik.org\)](#), zuletzt abgerufen am 26.8.2021; BEREC BoR (18) 23.

³ Dazu zählen im Rahmen dieser Studie Long Term Evolution (LTE) und LTE-Advanced.

⁴ So zum Beispiel die Mobilfunkstrategie der Bundesregierung, siehe <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Mobilfunk/Mobilfunkstrategie/mobilfunkstrategie.html>, zuletzt abgerufen am 24.6.2021.

⁵ Vgl. Versorgungs- und Kostenstudie des BMVI (<https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/Digitales/versorgungs-und-kostenstudie-mobilfunk.html>), zuletzt abgerufen am 24.6.2021.

Vor dem Hintergrund der obigen Ausführungen verfolgt die vorliegende Studie die grundlegende Fragestellung, ob aus den Erfahrungen anderer Länder Handlungsempfehlungen für Deutschland abgeleitet werden können, mit denen sich künftig eine kontinuierliche qualitative Verbesserung der Mobilfunkversorgung sicherstellen lässt. Die Analyse vergleicht deshalb zunächst die Mobilfunkversorgung in Deutschland mit der Mobilfunkversorgung in anderen, in der Regel in internationalen Vergleichen besser positionierten Ländern. Der Vergleich umfasst mit Frankreich aber auch ein Land, das in den Vergleichen nicht besser als Deutschland abschneidet, jedoch angesichts der Topographie, Größe und Bevölkerungsstruktur mit Deutschland verglichen werden kann.

Des Weiteren werden ökonomische Kennzahlen der Mobilfunkmärkte ebenso wie politische und regulatorische Rahmenbedingungen analysiert. Ziel ist es hier, den jeweiligen Grad der Mobilfunkversorgung im relevanten regulatorischen und politischen Kontext zu betrachten, um Handlungsoptionen und Maßnahmen zur Verbesserung der Mobilfunkversorgung in Deutschland abzuleiten.

Insoweit wird der Frage nachgegangen, ob Deutschland bei der künftigen Ausgestaltung der Frequenzpolitik und Frequenzregulierung von den Erfahrungen in anderen Ländern profitieren kann. Lassen sich Best-Practice-Ansätze identifizieren, die sich die relevanten Akteure in Deutschland beispielsweise bei der anstehenden Vergabe von Frequenznutzungsrechten oder sonstigen Verwaltungsmaßnahmen zu Eigen machen können?

Die Studie gliedert sich wie folgt: In Kapitel 3 werden die Vorgehensweise und die Methoden zur Erhebung relevanter Daten dargestellt. Im nachfolgenden Kapitel 4 wird die Länderauswahl dieser internationalen Vergleichsstudie erläutert. Die empirische Erhebung berücksichtigt Parameter, die die Mobilfunkversorgung beeinflussen. Einzelne Ergebnisse von vergleichbaren Untersuchungen werden in Kapitel 5 erläutert. Hier werden auch die Grundprinzipien der Funkplanung kurz skizziert. In Kapitel 6 wird die Mobilfunkversorgung in Deutschland mit der Versorgung in den anderen Ländern verglichen. Im nachfolgenden Kapitel 7 werden die nationalen Mobilfunkmärkte mit länderspezifischen Daten verglichen. In Kapitel 8 werden die regulatorischen und politischen Rahmenbedingungen erläutert. Hier stehen die Vergabeverfahren, Versorgungsaufgaben und Kooperationen (Infrastruktur-Sharing) im Fokus der Analyse. Die Studie schließt mit einer Vergleichsanalyse und Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Versorgungssituation in Deutschland.

Im Anhang zu dieser Studie finden sich die ausführlichen Daten zu den jeweiligen Ländern bzw. nationalen Mobilfunkmärkten.

3 Vorgehensweise und Methode

Studien, die sich mit der Mobilfunkversorgung befassen⁶, zeigen auf, welche Indikatoren oder Parameter die Mobilfunkversorgung in einem Land beeinflussen. Diese Indikatoren wurden auch in dieser Studie herangezogen, um einen möglichst ganzheitlichen Vergleich der jeweiligen Länder und Mobilfunkmärkte durchzuführen.⁷ Die Schritte in der Analyse zeigt Abbildung 3-1.

Abbildung 3-1: Übersicht der Analyseschritte und Indikatoren



Quelle: WIK-Consult.

Im ersten Analyseschritt wird die Mobilfunkversorgung in Deutschland im internationalen Vergleich betrachtet. Dazu wird der Ist-Zustand und die bisherige Entwicklung in den letzten Jahren in Bezug auf die Mobilfunkverfügbarkeit, differenziert nach Haushalten und Verkehrswegen, Technologien (4G/5G) und Mobilfunknetzbetreibern dargestellt. Gleichzeitig wird auch die Qualität der Mobilfunkversorgung verglichen.

Um eine möglichst einheitliche und vergleichbare Datenbasis zu verwenden, wird bei der Mobilfunkversorgung auf Crowddaten von Opensignal⁸ zurückgegriffen. Die Soft-

⁶ Sörries et al. (2020); Abate et al. (2020).

⁷ Siehe dazu Kapitel 4.

⁸ Opensignal ist ein Unternehmen, das Mobilfunkanalysen durchführt. Laut eigener Auskunft ist Opensignal „der globale Standard für die Analyse und Berichterstattung über die realen Erfahrungen der Verbraucher mit Mobilfunknetzen im größten Umfang und in der größten Häufigkeit in der Mobilfunkbranche: nach Betreiber, nach Land, regional und weltweit. Ihre Erkenntnisse aus der Mobilfunkanalyse werden branchenweit von Betreibern, Telekom-Regulierungsbehörden und Analysten genutzt.“

ware von Opensignal ist über eine eigene App sowie Apps von Partnern auf über 100 Millionen Geräten weltweit installiert.⁹ Angaben von Opensignal zufolge werden die Partner in den jeweiligen Ländern strategisch ausgesucht, um eine große Spannweite von Nutzern und Geräten abzubilden. Die Auswahl der Stichproben zielt somit darauf ab, den Querschnitt der Gesamtbevölkerung eines jeden Landes so genau wie möglich darzustellen.¹⁰ Im Unterschied zu einer Vielzahl von theoretischen Angaben über die Mobilfunkverfügbarkeit misst Opensignal die tatsächliche Mobilfunkqualität über das Erlebnis der Nutzer und bietet somit realistischere Daten als die ansonsten publizierten Planungsdaten der Mobilfunknetzbetreiber.

Für die Ländervergleiche in dieser Studie werden 2 Arten von Opensignal-Veröffentlichungen herangezogen. Zum einen hat Opensignal im Jahr 2020 einen Ländervergleich mit Daten, die in allen Ländern zwischen dem 1. Januar und dem 30. März jeweils für die Jahre 2019 und 2020 erhoben wurden, veröffentlicht. Eine Aufschlüsselung der einzelnen Mobilfunknetzbetreiber wird darin nicht vorgenommen.¹¹ Zum anderen gibt es halbjährlich veröffentlichte Länderstudien, in denen nach Mobilfunknetzbetreibern unterschieden wird, die in den jeweiligen Ländern aktiv sind. Die Beobachtungszeiträume in den Länderstudien sind für die Länder jedoch unterschiedlich (1. und 3. Quartal beziehungsweise 2. und 4. Quartal).¹² In den Auswertungen dieser Studie wird an den entsprechenden Stellen genau darauf verwiesen, welche Beobachtungszeiträume verglichen werden.

Die Definition der erhobenen Indikatoren wird in Kapitel 6.1 näher erläutert und abgegrenzt. Die dargestellte Mobilfunkversorgung ist Grundlage für die Analyse einer Vielzahl von weiteren Indikatoren, die als mögliche Erklärungsfaktoren für Unterschiede in der Versorgung zwischen den Ländern dienen.

Der zweite Schwerpunkt der Analyse umfasst eine Betrachtung der Mobilfunkmärkte in den ausgewählten Ländern. Dabei stehen jeweils die landesweit aktiven Mobilfunknetzbetreiber im Fokus. Die Indikatoren umfassen folgende Parameter:

- Bevölkerungsdichte,
- Anzahl an Mobilfunknetzbetreibern,
- Investitionsquoten,
- Frequenzkosten,
- durchschnittlicher monatlicher Umsatz pro Kunde (ARPU),
- Endkundenpreise,

⁹ Z. B. greift Opensignal in ein Länderstudie zu den USA aus dem Jahr 2018 auf Daten von 385.679 Nutzern zurück (Opensignal, 2018a) und im gleichen Jahr zu einer Studie von Deutschland auf Daten von 68.968 Nutzern (Opensignal, 2018b).

¹⁰ Opensignal (2021c).

¹¹ Siehe Opensignal (2020).

¹² Siehe Opensignal (2021a).

- Verhältnis von Mobilfunkverkehr und leitungsgebundenem Datenverkehr.

Um die Vergleichbarkeit verwendeter Finanzkennzahlen zu gewährleisten, wurden diese mit der jeweiligen Kaufkraft (KKP) im Land gewichtet sowie entsprechende Wechselkurse berücksichtigt.¹³

Der dritte Schwerpunkt der Analyse betrifft eine Reihe von regulatorischen und politischen Fragestellungen. So werden die Frequenzvergaben der letzten 10 Jahre sowie entsprechende Erlöse daraus, die Frequenzausstattung der Mobilfunknetzbetreiber und Versorgungsaufgaben verglichen. Darüber hinaus wird untersucht, inwiefern die Genehmigungspraxis von Mobilfunkstandorten einen Einfluss auf den Mobilfunkausbau und somit auf die Qualität hat. Ebenso wird auf Kooperationen von Mobilfunknetzbetreibern (z. B. Infrastruktur-Sharing) eingegangen.

Schlussendlich umfasst der vierte Analyseschritt eine Gesamtbetrachtung aller zuvor erhobenen und analysierten Indikatoren. Es werden Schlussfolgerungen aus den vorherigen Analysen gezogen und Erfolgsfaktoren identifiziert, die eine gute Mobilfunkversorgung begünstigen können. Somit wird dargestellt, welche Indikatoren sich eindeutig positiv auf die Mobilfunkversorgung auswirken.

Auf dieser Basis werden grundsätzliche und konkrete Handlungsempfehlungen für Deutschland abgeleitet. Damit wird auch die Frage beantwortet, ob Deutschland von Erfolgen in anderen Ländern durch die Anwendung vergleichbarer Ansätze oder Instrumente profitieren kann.

Um einen umfassenden Einblick in die jeweiligen Mobilfunkmärkte zu erhalten, wurden in allen Ländern zahlreiche Expertengespräche mit Regulierungsbehörden und/oder Ministerien sowie weiteren Marktteilnehmern geführt. Ebenso wurde relevante Literatur für die Studie ausgewertet.

4 Länderauswahl

Für die vorliegende Studie wurden neben Deutschland 10 weitere Länder hinsichtlich ihrer Mobilfunkversorgung bzw. Mobilfunkmärkte analysiert und miteinander verglichen. Um eine möglichst umfassende quantitative Datenbasis nutzen zu können, wurden Länder ausgewählt, für die die OECD Daten publiziert. Als weitere Basis dienen die Crowddaten, die durch Opensignal für alle hier analysierten Länder veröffentlicht werden.

Vor dem Hintergrund der obigen Auswahlkriterien finden sich die Vergleichsländer mit ihren jeweiligen Kennziffern in Tabelle 4-1. Neben 6 Ländern aus Europa (Deutschland,

¹³ Siehe dazu OECD-Daten: Kaufkraftparitäten (KKP) = Purchasing power parities (PPP) und Exchange rates, abrufbar unter: [Conversion rates - Purchasing power parities \(PPP\) - OECD Data](#)

Frankreich, Niederlande, Österreich, Schweden und Schweiz) sind 2 Länder vom amerikanischen Kontinent (USA und Kanada), 2 Länder aus Asien (Japan und Südkorea) sowie Australien vertreten. Mit Schweden, Frankreich, USA, Kanada und Australien enthält der Vergleich eine Reihe von sehr unterschiedlich strukturierten Flächenstaaten. Ebenso unterscheidet sich die Topographie in den Ländern. Diese Unterschiede können einen Einfluss auf den Ausbau des Mobilfunks haben, da Mobilfunknetzbetreiber Märkte mit einer geringen Landesfläche, einer dichten Besiedelung oder einem niedrigen Höhenprofil deutlich leichter versorgen können. Ein Paradebeispiel dieser Kombination stellen die Niederlande dar.

Um die Länderkennzahlen im weiteren Verlauf der Analyse leichter vergleichen zu können, wird in Tabelle 4-1 in Klammern jeweils der Rang im Ländervergleich angegeben. Die USA verfügen in der Länderauswahl demnach über die größte Bevölkerung, Kanada über die größte Fläche, Südkorea über die höchste Bevölkerungsdichte und die Niederlande über die niedrigste mittlere Höhe über dem Meeresspiegel.

Tabelle 4-1: Übersicht Länderkennzahlen

Länderauswahl	Bevölkerung	Fläche (km ²)	Bevölkerungsdichte	Topografie (m)
Australien	24.992.747 [7]	7.741.220 [3]	3,24 [11]	277 [7]
Deutschland	82.792.351 [3]	357.022 [7]	234,34 [4]	263 [8]
Frankreich	66.918.941 [4]	643.801 [4]	105,57 [7]	612 [3]
Japan	126.706.210 [2]	377.975 [6]	338,51 [3]	388 [5]
Kanada	36.963.854 [6]	9.984.670 [1]	4,13 [10]	463 [4]
Niederlande	17.181.084 [8]	41.543 [10]	502,55 [2]	10 [11]
Österreich	8.822.267 [10]	83.871 [9]	106,91 [6]	950 [2]
Schweden	10.120.242 [9]	450.295 [5]	24,85 [9]	315 [6]
Schweiz	8.484.130 [11]	41.277 [11]	212,85 [5]	1308 [1]
Südkorea	51.606.633 [5]	99.720 [8]	519,15 [1]	257 [9]
USA	325.732.103 [1]	9.525.067 [2]	35,66 [8]	186 [10]

Quelle: Für Bevölkerung und Bevölkerungsdichte, siehe OECD (2021); für Fläche, siehe The World Fact Book (2021); für Topografie, siehe <https://www.atlasbig.com/en-us/countries-average-elevation>, zuletzt abgerufen am: 12.05.2021.

5 Grundlegende Überlegungen zur Mobilfunkversorgung und Planung

In der Literatur finden sich nur vereinzelt empirische Studien, die Erklärungen für die Qualität der Mobilfunkversorgung liefern.¹⁴ Damit liegen erste Erkenntnisse darüber

¹⁴ Z. B. Sörries et al. (2020); Abate et al. (2020).

vor, welche Indikatoren in welchem Umfang die Mobilfunkversorgung beeinflussen können:

- Bevölkerungsdichte,
- Bruttoinlandsprodukt pro Kopf,
- Umsätze bzw. Mobilfunkumsätze pro Kopf,
- Investitionen,
- Endkundenpreise,
- Versorgungsauflagen,
- Kosten für die Erlangung von Frequenznutzungsrechten (z. B. Frequenzkosten pro Kopf, Zahlungsmodalitäten),
- Jahr der Bereitstellung von Frequenznutzungsrechten,
- Anzahl der Mobilfunknetzbetreiber und Investitionen,
- Ausstattung der Mobilfunknetzbetreiber mit Frequenzen,
- Wettbewerbspositionierung.

Wissenschaftliche Analysen, ob und wie die oben genannten Parameter sich wechselseitig beeinflussen und dann isoliert die Versorgung mit Mobilfunkdiensten determinieren, gibt es nur vereinzelt. Die vorliegenden Analysen umfassen auch nicht sämtliche Parameter. Eine Herausforderung bei der empirischen Analyse von Wirkungszusammenhängen ist, dass der Umfang von Daten (insbesondere Zeitreihen für alle Länder und Mobilfunknetzbetreiber) häufig zu gering ausfällt, um gesicherte Aussagen zu treffen. Einzelne Studie deuten aber Zusammenhänge an, die im Rahmen dieser Analyse berücksichtigt werden.

So vertritt die Studie von Abate et al. (2020) auf Basis einer ökonometrischen Analyse die These, dass die Anzahl der Mobilfunknetzbetreiber sich auf die getätigten Investitionen und damit die Versorgungsqualität auswirkt. In Märkten mit 3 Mobilfunknetzbetreibern können demnach die Marktakteure besser Skaleneffekte erzielen und beispielsweise Spektrum effizienter nutzen.¹⁵ Zudem verfügen die Mobilfunknetzbetreiber in diesen Märkten häufiger über mehr Spektrum als Mobilfunknetzbetreiber in Märkten, in denen mehr als 3 Mobilfunknetzbetreiber aktiv sind. Die Studie von Sörries et al. (2020) zeigt, dass eine Korrelation von Versorgungsauflagen und der Mobilfunkversorgung besteht. Diese Untersuchung zeigt empirisch, dass je früher die für Spektrumsvergaben zuständigen Behörden ambitionierte Versorgungsaufgaben implementiert haben, desto besser ist die Mobilfunkversorgung von Haushalten.¹⁶

¹⁵ Abate et al. (2020).

¹⁶ Siehe Sörries et al. (2020), S. IV.

Bevor im Weiteren die analysierten Märkte näher betrachtet werden, soll noch dargelegt werden, wie die Planungen der Mobilfunknetzbetreiber grundsätzlich verlaufen.

In die Grundprinzipien der Mobilfunknetzplanung finden sowohl Erreichbarkeits- bzw. Abdeckungsziele als auch Kapazitätsziele Eingang. Hierbei wird zunächst eine statistische abdeckungsorientierte Planung durchgeführt, im Zuge derer die benötigte Anzahl an Basisstationen für eine flächendeckende Erreichbarkeit von Endgeräten bestimmt wird. Der Fokus der Planung liegt also darauf, wo sich Endgeräte in einem relevanten Umfang befinden können. In öffentlichen Netzen erfolgt dies unter Berücksichtigung eines Indoor-Abdeckungsziels. Hierbei wird betrachtet, welche Frequenzen der jeweilige Mobilfunknetzbetreiber für die abdeckungsorientierte Planung einsetzen kann. Grundsätzlich eignet sich hier das sogenannte Flächenspektrum unter 1 GHz. Verfügt ein Mobilfunknetzbetreiber nicht über Flächenspektrum, muss die Abdeckung mit Kapazitätsfrequenzen oberhalb von 1 GHz realisiert werden. Das bedeutet eine höhere Anzahl von Basisstationen und ggf. eine geringere Indoor-Abdeckung. Damit muss ein Mobilfunknetzbetreiber bereits frühzeitig entscheiden, welche Flächen er überhaupt aus betriebswirtschaftlicher Sicht versorgen will.

Ausgehend von der abdeckungsorientierten Planung kann eine Netzverdichtung erfolgen, um beispielsweise eine bessere Indoor-Versorgung zu erreichen. Hieran schließt sich die kapazitätsorientierte Netzplanung an. Im Rahmen dieses zweiten Schrittes kann entweder eine erforderliche Verdichtung mit zusätzlichen Basisstationen abgeleitet oder die notwendige Bandbreite unter Berücksichtigung des bereits bestehenden abdeckungsorientierten Mengengerüsts von Basisstationen kalkuliert werden. Steigt die Nachfrage nach mobilen Datendiensten an, werden in der Regel an bestehenden Standorten zusätzliche Frequenzen eingesetzt oder neue Standorte errichtet. In öffentlichen Mobilfunknetzen erfolgt die kapazitätsorientierte Netzplanung in der Regel auf Basis des Endkonsumentenverkehrs.

Durch die zunehmende Nutzung von Mobilfunkdiensten durch Verticals können sich künftig die Eingangsparameter für die Planung ändern, weil die Nachfrage der Verticals sich insbesondere hinsichtlich der notwendigen Upload-Geschwindigkeiten und Latenz von privaten Endkunden unterscheidet.¹⁷

Als Ergebnis kann es zu einer weiteren Verdichtung kommen oder es können Kapazitätsreserven entstehen, wenn die Dimensionierung im vorherigen Schritt bereits eine ausreichende Höhe erreicht hat. Sofern Versorgungsaufgaben höhere Datenübertragungsdaten (z. B. am Endgerät) vorgeben, verringert sich durch den Einsatz von Kapazitätsfrequenzen mit geringeren physikalischen Reichweiten in der Regel die von einer Basisstation abgedeckte Fläche, sodass zur Herstellung einer Flächendeckung eine Verdichtung von Sendeanlagen notwendig wird. Zeigen Analysen, dass in einzelnen

¹⁷ Vgl. Fraunhofer FOKUS (2016).

Ländern sehr hohe Datenraten an Endgeräten erzielt werden, so deutet dies an, dass der jeweilige Anbieter Kapazitätsfrequenzen einsetzt. Sofern also hohe Übertragungsgeschwindigkeiten erzielt werden sollen, die beispielsweise mit VDSL-Vectoring-Anschlüssen (im Downlink 50 Mbit/s, 100 Mbit/s) vergleichbar sind, ist der Einsatz von Frequenzen oberhalb von 1 GHz aus technischen Gründen notwendig.

6 Mobilfunkversorgung in Deutschland im internationalen Vergleich

In diesem Kapitel wird die Mobilfunkversorgung in Deutschland direkt mit der Mobilfunkversorgung in den ausgewählten Ländern verglichen.

6.1 4G-Mobilfunkversorgung

Die Mobilfunkversorgung mit 4G wird im Folgenden mittels verschiedener Parameter verglichen¹⁸:

- durchschnittliche Zeit, in der ein Mobilfunknutzer mit einem 4G-fähigen Endgerät das 4G-Netz seines Mobilfunknetzbetreibers nutzen kann,
- Videoqualität,
- Gaming-Erlebnis,
- Sprachqualität,
- 4G-Netzabdeckungserlebnis, welches den Umfang der abgedeckten Orte als auch die relative Bedeutung dieser Orte entsprechend der Bevölkerung, die dort Zeit verbringt, betrachtet,
- Download-Geschwindigkeit,
- Upload-Geschwindigkeit.

Die Daten wurden von Opensignal erhoben und publiziert. Es handelt sich um Crowddaten zu technischen Werten für die verschiedenen Parameter, die über eine appintegrierte Software auf den Geräten von Millionen von Mobilfunknutzern erhoben und gespeichert werden.

Abbildung 6-1 zeigt die 4G-Verfügbarkeit im Jahr 2020. Die 4G-Verfügbarkeit entspricht der durchschnittlichen Zeit, in der ein Mobilfunknutzer mit einem 4G-Vertrag das 4G-Netz seines Mobilfunknetzbetreibers nutzen kann.¹⁹ Somit ist die 4G-Verfügbarkeit kein Maß für die Abdeckung oder die geografische Reichweite eines Netzes, sondern sie misst, zu welchem Anteil der Zeit 4G-Kunden tatsächlich eine 4G-Netzwerkverbindung

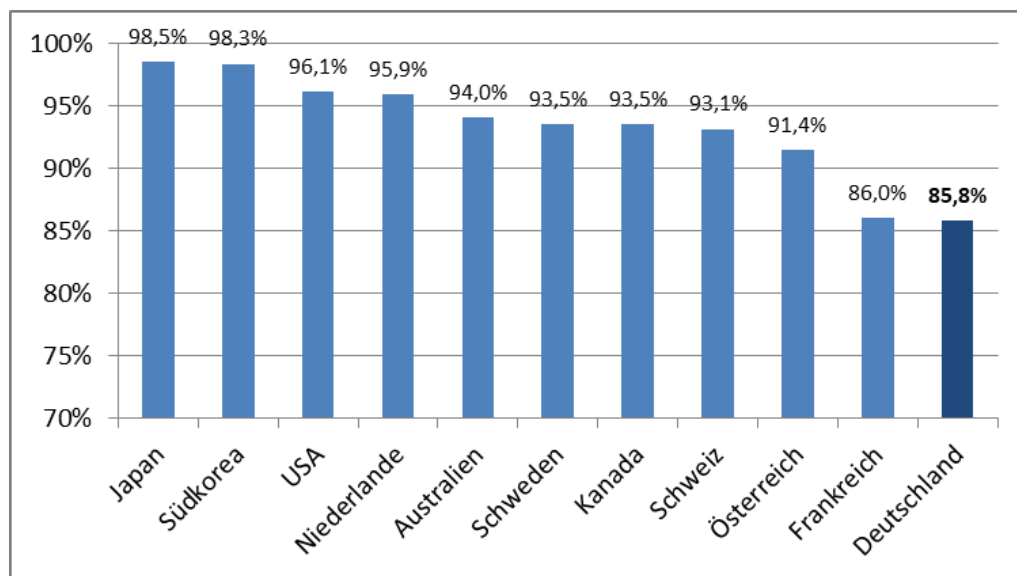
¹⁸ Für ausführliche Definition der Parameter siehe Opensignal (2021c).

¹⁹ Voraussetzung ist, dass der Endkunde über ein 4G-fähiges Endgerät verfügt.

haben. Einzelne Mobilfunknetzbetreiber verfolgen beispielsweise das Ziel, die Kundenzufriedenheit dadurch zu gewährleisten, dass Kunden nur ausnahmsweise Telekommunikationsdienste auf Basis älterer Mobilfunktechnologien nutzen.

Die Daten umfassen dabei alle Nutzerdaten im jeweiligen Land, unabhängig vom Mobilfunknetzbetreiber. In Deutschland war es für Mobilfunknutzer im 3. Quartal 2020 zu knapp 86 Prozent der Zeit möglich auf das 4G-Netz zuzugreifen, während dies Mobilfunknutzer in Japan zu 98,5 Prozent der Zeit konnten. Demnach waren in Japan, genauso wie in Südkorea, die 4G-Kunden fast ausschließlich in die 4G-Netze eingebucht. Im Gegensatz dazu fielen Nutzer in Frankreich und Deutschland häufiger auf ältere Mobilfunktechnologien zurück, weil kein Zugang zum jeweiligen LTE-Netz bestand. Mit der bereits durchgeführten Abschaltung der UMTS-Netze und der Verwendung der vormals für UMTS genutzten Frequenzen für LTE oder 5G verbessert sich die Verfügbarkeit von 4G bzw. 5G in Deutschland weiter.

Abbildung 6-1: 4G-Verfügbarkeit Q1 2020 (% der Zeit)

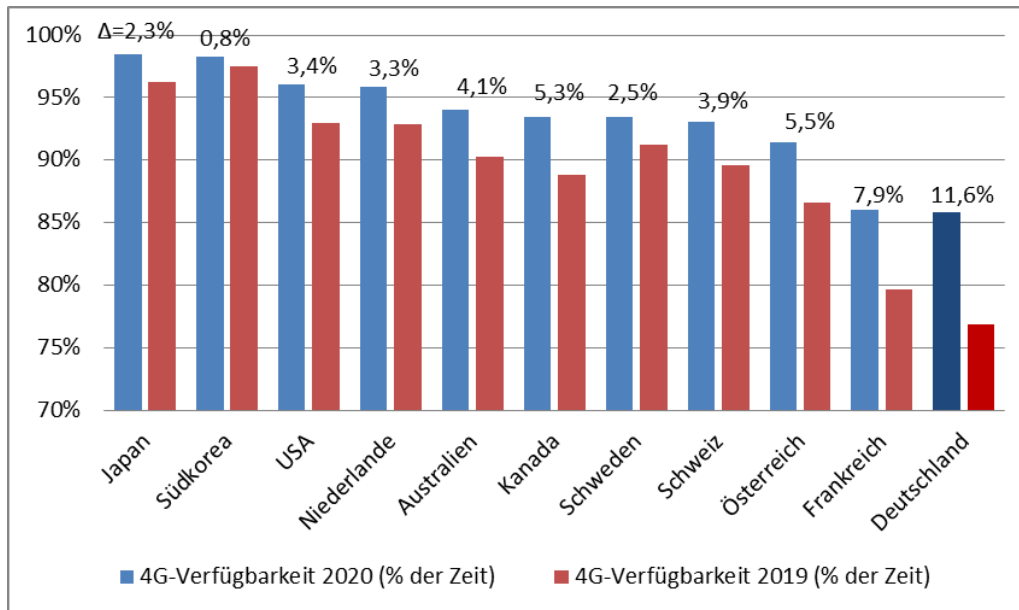


Quelle: Opensignal (2020). Beobachtungszeitraum 1. Januar bis 30. März 2020.

Dass bereits ein Aufholprozess hinsichtlich der Verfügbarkeit von LTE in Deutschland eingesetzt hat, zeigt Abbildung 6-2. Ende des Jahres 2020 lag die 4G-Verfügbarkeit gegenüber dem Vorjahreswert in Deutschland um 8,8 Prozentpunkte höher. In Frankreich waren es für denselben Zeitraum 6 Prozentpunkte mehr. In beiden Ländern sind die Verbesserungen auf die Umsetzung von Versorgungsaufgaben bzw. vertraglichen Vereinbarungen mit dem Staat zurückzuführen. In den anderen, bereits besser ausgebauten Ländern fällt der Anstieg geringer aus, was mit dem bereits sehr hohen Ausgangsniveau aus dem Vorjahr zusammenhängt. So lag die 4G-Verfügbarkeit in Japan

im Jahr 2019 bereits bei 96 Prozent, in Südkorea sogar bei 98 Prozent. Höhere Wachstumsraten hatten also die Länder, die ein niedrigeres Versorgungsniveau im Vorjahr hatten.

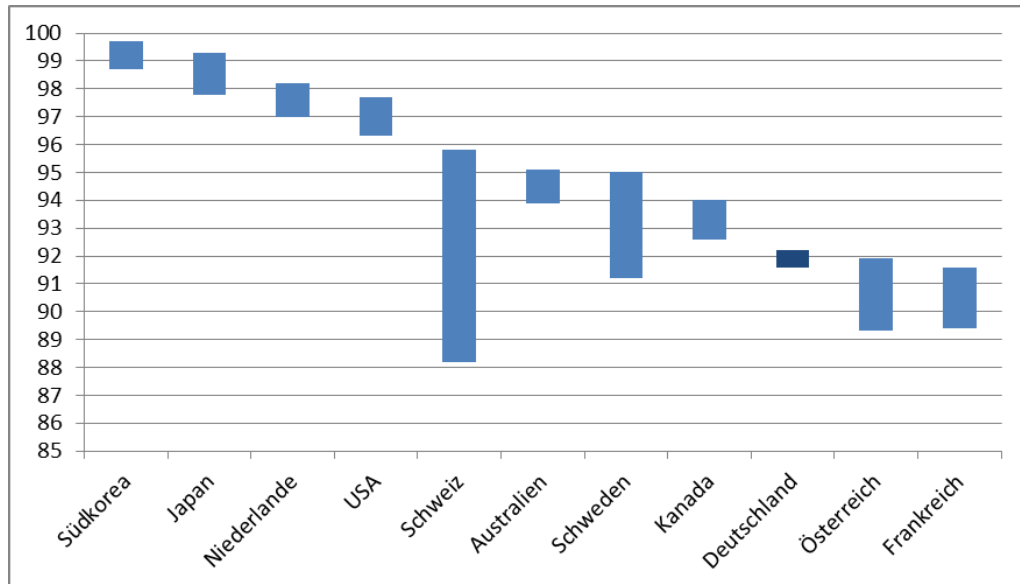
Abbildung 6-2: Entwicklung 4G-Verfügbarkeit mit prozentualer Veränderung (2019-2020, jeweils Q1)



Quelle: Opensignal (2020). Delta beschreibt die prozentuale Veränderung von 2019 zu 2020. Beobachtungszeitraum 1. Januar bis 30. März 2019/2020.

In Abbildung 6-3 ist die Spanne zwischen dem im jeweiligen Land aktiven Mobilfunknetzbetreiber mit der höchsten und der niedrigsten 4G-Verfügbarkeit dargestellt. Die Daten beziehen sich auf den letzten Stand der Länderreports des jeweiligen Landes und sind im Zeitraum Ende 2020 bis Anfang 2021 erhoben worden. Eine detaillierte Darstellung der Mobilfunkversorgung in den Ländern und nach Mobilfunknetzbetreibern findet sich im Anhang dieser Studie.

Abbildung 6-3: Spanne der 4G-Verfügbarkeit der Mobilfunknetzbetreiber Q4 2020 / Q1 2021 (in Prozent)



Quelle: Opensignal (2021a). Die Daten werden von Opensignal halbjährlich veröffentlicht, die Beobachtungszeiträume sind für die Länder jedoch unterschiedlich (Q1 und Q3 bzw. Q2 und Q4). Für Australien, Österreich, Frankreich, Deutschland, Japan, Schweden und die Schweiz werden hier die Daten aus Q1 2021 herangezogen, für Kanada, die Niederlande und die USA die Daten aus Q4 2020.

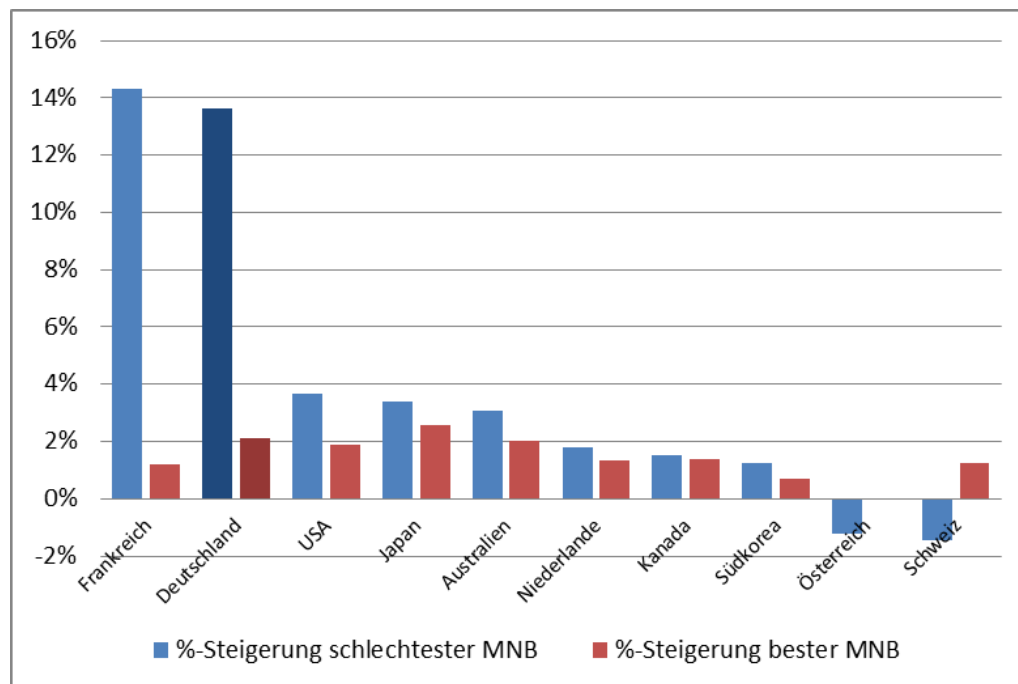
Die Daten zeigen, dass der Mobilfunknetzbetreiber mit der geringsten 4G-Verfügbarkeit in Deutschland seinen Kunden eine höhere Verfügbarkeit anbietet als die Mobilfunknetzbetreiber, die in Österreich, Frankreich, Schweden und der Schweiz den jeweils niedrigsten 4G-Verfügbarkeitswert aufweisen. Sofern der Anbieter betrachtet wird, der in Deutschland die höchste 4G-Verfügbarkeit hat, zeigt sich, dass diese Verfügbarkeit höher ist als der Vergleichswert von Anbietern in Frankreich und Österreich.

Zweitens verdeutlichen die Daten, dass die Spanne, d. h. der Unterschied zwischen dem besten und schlechtesten Mobilfunknetzbetreiber, in der Regel recht gering ausfällt. Eine Ausnahme stellt hier die Schweiz da. Dort hat die Swisscom mit knapp 96 Prozent 4G-Verfügbarkeit eine deutlich bessere Versorgung als Salt mit nur knapp 89 Prozent. Ansonsten liegen die Unterschiede der 4G-Verfügbarkeit zwischen den Mobilfunknetzbetreibern in den Ländern innerhalb weniger Prozentpunkte. Dies legt die These nahe, dass sowohl symmetrische und ambitionierte Versorgungsaufgaben als auch ein funktionierender Infrastrukturwettbewerb zu einem Angleichungsprozess der gemessenen Qualitätsparameter der jeweiligen Mobilfunknetzbetreiber führen. Während beispielsweise die Länderstudie für Deutschland zeigt, dass Versorgungsaufgaben ganz maßgeblich den Ausbau der Mobilfunknetze beeinflusst haben, gilt für die

Schweiz, USA und Kanada, dass der Infrastrukturwettbewerb Anreize liefert, ihre Dienste in vergleichbarer Qualität anzubieten.

In Abbildung 6-4 werden die Veränderung bei der 4G-Verfügbarkeit in Prozent der Mobilfunknetzbetreiber mit der besten bzw. schwächsten 4G-Verfügbarkeit Ende 2020 oder Anfang 2021 gegenüber dem jeweiligen Vorjahresquartal dargestellt. Auffällig sind die enormen Steigerungsraten des jeweils schwächsten Mobilfunknetzbetreibers in Frankreich und Deutschland (Steigerungsraten ca. 14 Prozent). Diese Anbieter scheinen insbesondere den Ausbau ihrer 4G-Infrastruktur verbessert zu haben. Wieso sich die Vergleichswerte in der Schweiz und Österreich leicht verschlechtert haben, ließ sich im Rahmen der Studie nicht eruieren.

Abbildung 6-4: Steigerungsraten 4G-Verfügbarkeit 2020/2021 im Vergleich zum Vorjahresquartal der Mobilfunknetzbetreiber

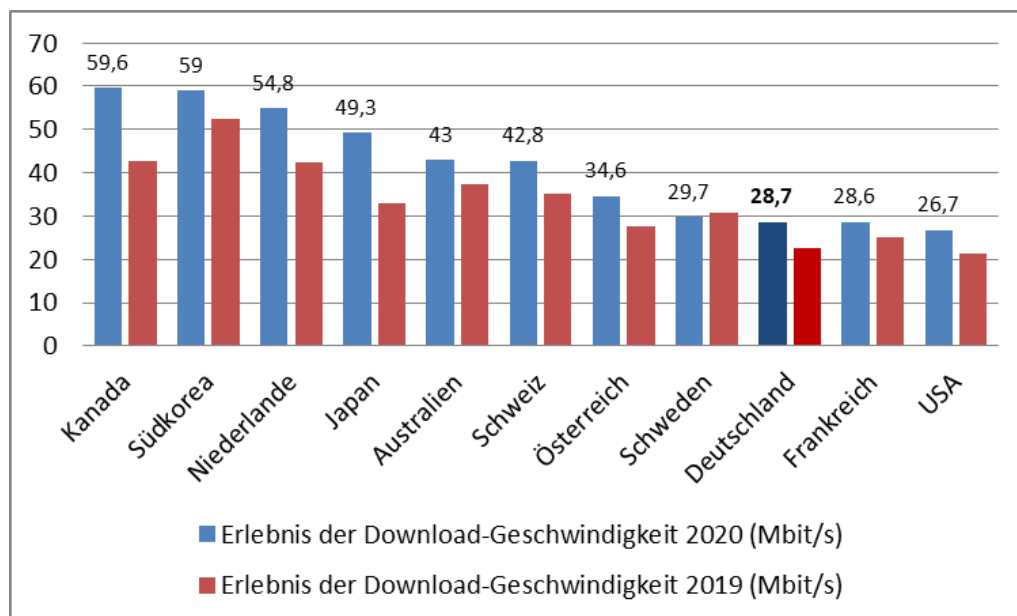


Quelle: Opensignal (2021a). Nicht enthalten ist Schweden, für das es erst seit 2021 Angaben über die Mobilfunknetzbetreiber gibt, sodass ein Vergleich mit dem Vorjahreswert nicht möglich ist. Die Daten werden von Opensignal halbjährlich veröffentlicht, die Beobachtungszeiträume sind für die Länder jedoch unterschiedlich (Q1 und Q3 bzw. Q2 und Q4). Für Australien, Österreich, Frankreich, Deutschland, Japan, Schweden und die Schweiz werden hier die Daten aus Q1 2021 zusammen mit Daten aus Q1 2020 herangezogen und verglichen, für Kanada, die Niederlande und die USA werden hier die Daten aus Q4 2020 zusammen mit Daten aus Q4 2019 herangezogen und verglichen.

Unter einer „guten Mobilfunkversorgung“ ist jedoch nicht nur eine hohe 4G-Verfügbarkeit zu verstehen, sondern ebenso Parameter wie eine hohe Download- und

Upload-Geschwindigkeit sowie eine gute Video- und Sprachqualität. Abbildung 6-5 zeigt die durchschnittlichen Download-Geschwindigkeiten in 4G-Netzen, wie sie von den Nutzern erlebt werden. Hierbei bestehen nach wie vor deutliche Unterschiede zwischen den Ländern. Der Stand des Ländervergleichs ist von Anfang 2020. Während in Kanada und Südkorea Nutzer, deren Daten Opensignal auswertete, im Jahr 2020 durchschnittlich knapp 60 Mbit/s erzielten, lag die Geschwindigkeit in Schweden, Deutschland, Frankreich und den USA jeweils bei knapp unter 30 Mbit/s. Da keine Daten darüber vorliegen, welche Datenraten die Kunden auf Basis ihres Mobilfunkvertrags nutzen können, lassen sich keine Aussagen darüber treffen, ob diese Unterschiede auf vertraglich fixierte Datenraten zurückgehen. Betrachtet man jedoch die von den Mobilfunknetzbetreibern gewählten Ausbaustrategien und die dabei eingesetzten Frequenzen, so decken sich die von Opensignal gemessenen Datenraten mit technischen Randbedingungen der Frequenznutzung. So sind durchschnittliche Datenraten von über 30 Mbit/s mit dem alleinigen Einsatz von Frequenzen unterhalb von 1 GHz in der Regel nicht darstellbar.

Abbildung 6-5: Erlebnis der Download-Geschwindigkeit (Mbit/s), Stand Q1 2019/2020



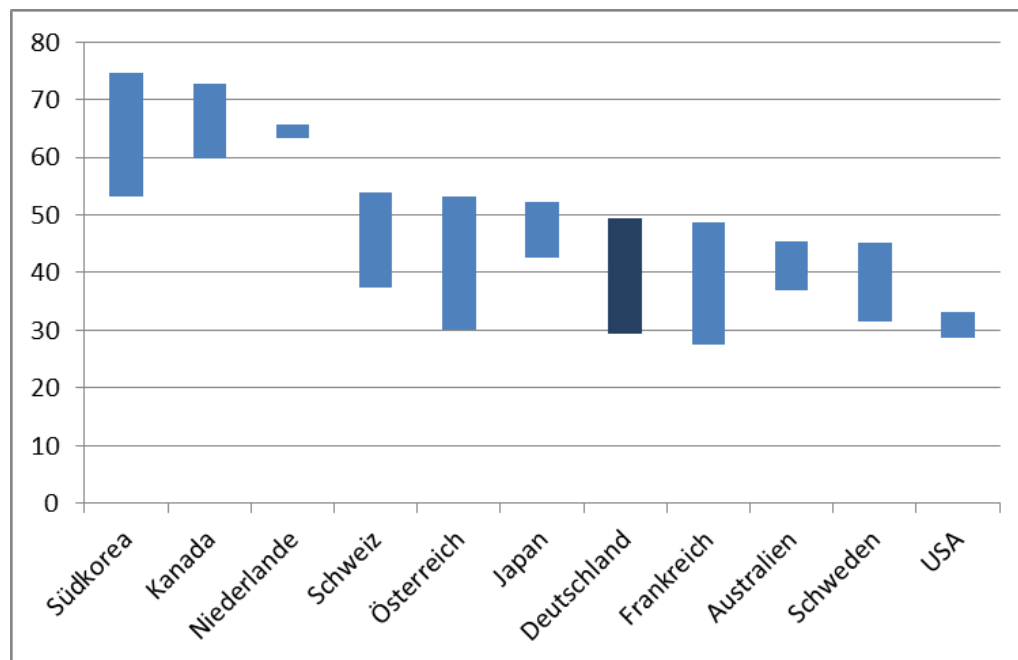
Quelle: Opensignal (2020). Die Download-Geschwindigkeit der Länder wird durch Opensignal gewichtet (Länderdurchschnitt). Beobachtungszeitraum 1. Januar bis 30. März 2019/2020.

Im Unterschied zur 4G-Verfügbarkeit ist die Differenz der gemessenen Download-Geschwindigkeiten (der höchste und niedrigste Wert) unter den Mobilfunknetzbetreibern größer (siehe Abbildung 6-6). So liegt diese in Deutschland etwa zwischen 50 Mbit/s und 30 Mbit/s. Die Differenzierung der 4G-Download-Geschwindigkeit bestätigt

die Vorreiterrolle von Südkorea, Kanada und den Niederlanden mit Geschwindigkeiten von bis zu 75 Mbit/s. Die danach folgenden Länder liegen mit Geschwindigkeiten in etwa zwischen 50 Mbit/s und 30 Mbit/s dicht beieinander. In Bezug auf die Qualität der Mobilfunkversorgung zeigt sich hier bereits die Verbesserung der Mobilfunknetzbetreiber in Deutschland. Die Telekom DE liegt bei der 4G-Download-Geschwindigkeit auf Platz 13 der 37 ausgewerteten Anbieter. Auffällig ist hingegen der große Abstand der US-amerikanischen Mobilfunknetzbetreiber bei diesem Qualitätsparameter. Diese kommen insgesamt nur knapp über 30 Mbit/s. Eine Erklärung dafür liegt darin, dass in den USA zur 4G-Flächenabdeckung insbesondere Frequenzen im 600-MHz-Bereich eingesetzt werden, die zwar vergleichsweise sehr große Flächen abdecken können, aber aufgrund weniger Ressourcenblöcke nur geringere Download-Geschwindigkeiten ermöglichen.

Im Vergleich zu den Daten für die Jahre 2019 und 2020 hat sich die Versorgungssituation in Deutschland bei der Betrachtung der Mobilfunknetzbetreiber bereits deutlich verbessert. Der beste Mobilfunknetzbetreiber in Deutschland konnte Mobilfunknetzbetreiber in Frankreich, Australien, Schweden und den USA überflügeln.

Abbildung 6-6: Spanne der 4G-Download-Geschwindigkeit der Mobilfunknetzbetreiber Q4 2020 / Q1 2021 (in Mbit/s)



Quelle: Opensignal (2021a). Die Daten werden von Opensignal halbjährlich veröffentlicht, die Beobachtungszeiträume sind für die Länder jedoch unterschiedlich (Q1 und Q3 bzw. Q2 und Q4). Für Australien, Österreich, Frankreich, Deutschland, Japan, Schweden und die Schweiz werden hier die Daten aus Q1 2021 herangezogen, für Kanada, die Niederlande und die USA die Daten aus Q4 2020.

Die unterschiedlichen Qualitätsparameter innerhalb der Länder werden in Tabelle 6-1 verdeutlicht. Die USA schneiden bei der 4G-Verfügbarkeit relativ gut ab, belegen allerdings die letzten Plätze bei allen anderen Qualitätsparametern. Bei Japan fällt trotz der hohen 4G-Verfügbarkeit auf, dass die Download-Datenraten niedriger als in den Niederlanden ausfallen. Bei Südkorea liegt der Wert beim Video- und Gaming-Erlebnis nicht ganz auf dem Niveau der Niederlande. Die Tabelle 6-1 sortiert die Länder nach der 4G-Verfügbarkeit.

Tabelle 6-1: Bewertungübersicht Qualitätsparameter Mobilfunkversorgung (Q1 2020)²⁰

Land	4G-Verfügbarkeit	Erlebnis Download-Geschwindigkeit (in Mbit/s)	Erlebnis Upload-Geschwindigkeit (in Mbit/s)	Video-Erlebnis (0-100 Punkte)	Gaming-Erlebnis (0-100 Punkte)	Sprachqualitäts-erlebnis (0-100 Punkte)
Japan	98,5%	49,3	9,6	77,6	85,0	83,8
Südkorea	98,3%	59	16,1	74,2	82,5	84,0
USA	96,1%	26,7	7,5	56	70,9	79,4
Niederlande	95,9%	54,8	14,5	78,8	85,2	83,4
Australien	94,0%	43	9,4	75,6	80,2	81,1
Kanada	93,5%	59,6	12,0	74,8	75,3	80,9
Schweden	93,5%	29,7	10,7	75,8	80,1	81,4
Schweiz	93,1%	42,8	16,2	77	85,0	81,8
Österreich	91,4%	34,6	10,2	78,6	85,0	82,4
Frankreich	86,0%	28,6	7,2	68,8	72,5	79,4
Deutschland	85,8%	28,7	9,6	74	81,8	80,8

Quelle: Darstellung: WIK-Consult, Daten: Opensignal (2020). Beobachtungszeitraum 1. Januar bis 30. März 2019 / 2020. Farbliche Abstufung wird auf Basis der zugrundeliegenden Verteilung berechnet. Anzahl der Farbtöne (Abstufungen) kann sich aufgrund der Verteilung für die einzelnen Faktoren unterscheiden. Qualitätsreihenfolge der Farben (d. h. die höchste Verfügbarkeit, Geschwindigkeit oder Punktezahl): dunkelgrün, grün, hellgrün, gelb, orange, rot, dunkelrot.

In der folgenden Übersicht werden die von Opensignal erhobenen Versorgungs- und Qualitätsparameter für jeden Mobilfunknetzbetreiber der betrachteten Länder ausgegeben. Die Liste ist nach 4G-Verfügbarkeit (% der Zeit) geordnet.

²⁰ Definition weiterer Qualitätsparameter: 1: Erlebnis Upload-Geschwindigkeit (in Mbit/s) misst das durchschnittliche Videoerlebnis u. a. anhand der Bildqualität, der Ladezeit von Videos und der Abbruchrate. Ab einem Wert von 75 wird von einer exzellenten Qualität gesprochen. 2: Gaming-Erlebnis berücksichtigt das Multiplayer-Spielerlebnis anhand der Latenz, Paketverlust und Jitter. 3: Sprachqualitäts-erlebnis für OTT-Sprachdienste auf Basis technischer Parameter und Verbindungsqualität. Für weitere Details, siehe: [Methodology Overview | Opensignal](#), zuletzt abgerufen am: 15.06.2021.

Tabelle 6-2: Übersicht der Indikatoren Mobilfunkversorgung nach Mobilfunknetzbetreibern (nach 4G-Verfügbarkeit), Q3/Q4 2020

Land	Mobilfunknetzbetreiber	4G-Verfügbarkeit (% der Zeit)	Erlebnis der 4G-Netzabdeckung (Skala von 0-10)	Erlebnis der Download-Geschwindigkeit (in Mbit/s)	Erlebnis der Upload-Geschwindigkeit (in Mbit/s)	Video-Erlebnis (Von 0-100 Punkte)	Gaming-Erlebnis (Von 0-100 Punkte)	Sprachqualitäts-Erlebnis (Von 0-100 Punkte)
KR	LG U+	99,7	9,6	56	16,4	73,7	79,8	83,3
KR	SK telecom	99,4	9,9	74,5	14,5	75,8	79,4	82,9
JP	KDDI au	99,3	n.a.	48,8	8,3	75,9	83,3	82
JP	NTT DoCoMo	98,8	n.a.	52,3	9,5	77,2	84,6	82,1
JP	Rakuten	98,7	n.a.	21,6	11,8	64,9	81,8	82
KR	KT	98,7	9,8	53,1	12,3	74,5	77,6	82,8
NL	T-Mobile NL	98,2	9,8	65,6	15,7	79,5	84,5	83,2
NL	VodafoneZiggo	98,1	9,8	63,2	14,6	78,7	85,3	83,5
JP	SoftBank	97,8	n.a.	42,7	9,9	79,1	84,9	82,9
US	T-Mobile US	97,7	9,1	28,8	9,9	53,8	68,2	79,5
US	Verizon	97,7	9,8	28,9	7,7	57,5	68,1	78,8
NL	KPN	97	9,9	65,1	16,3	78,4	84,3	83,1
US	AT&T	96,3	9,6	33,2	5,7	52,1	66,8	78,3
CH	Swisscom	95,8	9,9	54	17,5	78,4	82,2	81,8
AU	Optus	95,1	9,1	36,9	8	73,1	74,3	79,9
SE	Telia	95	9,3	45,1	12,3	75,8	75	81,5
SE	Tele2	94,6	8,6	33,5	9,8	75,4	76,1	82,5
AU	Telstra	94,1	9,7	45,3	9,6	74,1	75	80,5
CA	Rogers	94	8,5	59,8	10,4	68,5	72,7	79,8
AU	Vodafone	93,9	7,9	37,6	9,7	74,4	74,7	79,7
CA	Telus	93,9	9,7	72,8	11,2	74,5	73,2	80,3
CH	Sunrise	93,9	9,6	37,3	13,1	73,7	73,4	80,2
CA	Bell	92,6	9,7	69,3	10,5	72,1	72,3	79,9
DE	Telekom DE	92,2	9,7	49,5	13,1	76,8	77,6	80,5
DE	Telefónica DE	92	9,4	29,3	10,4	73,3	76,4	80,5
AT	Hutchison Drei	91,9	9	31,6	9,9	77,4	75,5	81,5
DE	Vodafone DE	91,6	9,6	37,4	9,6	74,8	76,9	81,5
FR	Bouygues	91,6	8,4	27,5	7,8	72,1	63,5	78,3
FR	SFR	91,5	8,6	30,8	7,7	71,2	64	78,7
SE	Hutchison 3	91,2	6,7	41,3	10,1	77,7	74,3	81,7
SE	Telenor	91,2	8,5	31,4	9,8	75,5	71,5	81,5
AT	Magenta	90,6	9,4	30	9	76,3	79,1	82,6
FR	Orange	89,4	8,8	48,6	9,8	76,3	70,1	80,3
AT	A1	89,3	9,6	53,2	12,6	79,4	80,7	82,8
CH	Salt	88,2	9,3	37,8	13,2	76,2	79,1	81,7
FR	FreeMobile	81,3	7,5	30,4	6	67,6	62,7	78

Daten: Opensignal (2021a). Die Daten werden von Opensignal halbjährlich veröffentlicht, die Beobachtungszeiträume sind für die Länder jedoch unterschiedlich (Q1 und Q3 bzw. Q2 und Q4). Für Australien, Österreich, Frankreich, Deutschland, Japan, Schweden und die Schweiz werden hier die Daten aus Q3 2020 herangezogen, für Kanada, die Niederlande und die USA die Daten aus Q4 2020. Die farbliche Abstufung wurde auf Basis der zugrundeliegenden Verteilung berechnet. Die Anzahl der Farbtöne (Abstufungen) kann sich aufgrund der Verteilung für die einzelnen Faktoren unterscheiden. Für japanische Betreiber wurde das „Erlebnis der 4G-Netzabdeckung“ nicht erhoben. Qualitätsreihenfolge der Farben (d. h. die höchste Verfügbarkeit, Geschwindigkeit oder Punktezahl): dunkelgrün, grün, hellgrün, gelb, orange, rot, dunkelrot).

6.2 4G-Versorgung der Haushalte bzw. Bevölkerung, der Fläche und von Verkehrswegen

Neben den obigen Daten, die die Nutzung des Mobilfunks im täglichen Alltag widerspiegeln, können Daten über die Versorgung von Haushalten, Verkehrswegen oder der Fläche weitere Erkenntnisse über die Qualität der Mobilfunkversorgung in den betrachteten Märkten liefern. Diese Daten beruhen dabei auf Angaben der Mobilfunknetzbetreiber bzw. Messungen der zuständigen staatlichen Stellen. Somit kann es immer Abweichungen zu Crowddaten geben.

In vielen der hier betrachteten Ländern wird die 4G-Verfügbarkeit mit nahezu 100 Prozent der Haushalte angegeben.²¹ Bei der Einordnung dieser Angaben ist zu beachten, dass die Erhebung bzw. Berechnung der Daten in den Ländern und von den Mobilfunknetzbetreibern nicht einheitlich erfolgt bzw. genaue Eingangsdaten für die Berechnung nicht transparent sind. So werden die Versorgungsdaten bei 4G in der Regel auf Basis eines Werts für die „Reference Signal Received Power“ (RSRP)²² berechnet. In Deutschland gibt es beispielsweise verschiedene Veröffentlichungen, die auf verschiedenen RSRP-Werten beruhen und nicht in jedem Fall diesen Wert auch transparent darstellen. Aus diesem Grund sind die Daten nur eingeschränkt miteinander vergleichbar.

Zur Erfüllung der Versorgungsaufgaben aus der Frequenzauktion des Jahres 2015 in Deutschland wurden die Mobilfunknetzbetreiber verpflichtet, bundesweit 98 Prozent aller Haushalte sowie 100 Prozent der Hauptverkehrswege (Bundesautobahnen und ICE-Strecken) mit mindestens 50 Mbit/s pro Antennensektor im Downlink zu versorgen (in der Regel 10 Mbit/s am Endgerät). Der entsprechende RSRP-Wert zur Überprüfung der Einhaltung der Auflage beträgt beim Einsatz von 2 x 10 MHz -104 dBm.

Laut Angaben der Mobilfunknetzbetreiber in Deutschland liegt die entsprechende Versorgung mittlerweile bei über 98 Prozent der Haushalte.²³ In Australien sind zwischen 96,9 und 98 Prozent der Haushalte versorgt.²⁴ Schweden war eines der ersten Länder in Europa, das eine nahezu flächendeckende Versorgung von Haushalten mit 4G erreicht hat.²⁵ Bereits Ende des Jahres 2018 wurde die 4G-Abdeckung der Haushalte mit 99,99 Prozent angegeben. In ländlichen Gebieten lag diese bei 99,86 Prozent.²⁶ In Frankreich und den USA beträgt die Abdeckung der Bevölkerung je nach Mobilfunk-

²¹ Siehe dazu auch ITU (2019).

²² Die ‚Reference Signal Received Power‘ (RSRP) ist die anhand von LTE-Referenzsignalen ermittelte Empfangsleistung. Da der RSRP nur die Leistung eines i. d. R. kleinen Anteils des vollständigen LTE-Signals erfasst, sind die Werte im Vergleich zur gesamten Empfangsleistung gering. Der Wertebereich des RSRP liegt zwischen -140 dBm und -50 dBm.

²³ Siehe Anhang, Kapitel 2.

²⁴ Siehe Anhang, Kapitel 10.

²⁵ European Commission Digital Agenda Scoreboard.

²⁶ Siehe Anhang, Kapitel 5.

netzbetreiber zwischen 98 und 99 Prozent²⁷, in Kanada 99,5 Prozent und in der Schweiz 100 Prozent.²⁸

Obwohl diese Angaben eine nahezu vollständige Abdeckung vermuten lassen, gibt es auch in den Ländern mit einer insgesamt sehr hohen Abdeckung nach wie vor große regionale Unterschiede. Dies betrifft auch die Möglichkeit für Endkunden unter mehreren Mobilfunknetzbetreibern auszuwählen. Ein Beispiel dafür ist Kanada. Hinsichtlich der Verfügbarkeit von mehreren Mobilfunknetzen gibt es deutlich regionale Unterschiede. So gibt es Regionen, in denen die Bevölkerungsabdeckung mit mindestens 2 oder mehr Netzen unterhalb von 50 Prozent liegt. Für das gesamte Land betrachtet, liegt die Abdeckung bei 2 oder mehr Netzen bei 96,4 Prozent und bei 3 oder mehr Netzen bei 79,5 Prozent.²⁹ Auch in den USA gibt es nach wie vor Bereiche ohne Mobilfunkversorgung.

Für Japan ist hervorzuheben, dass es dort keine offizielle Erhebung zur Versorgung gibt. Aus Expertengesprächen zum japanischen Mobilfunkmarkt ging hervor, dass offizielle Erhebungen bisher nicht notwendig waren, da es bisher keine Beschwerden zur Verfügbarkeit von 4G gab.

Daten über die 4G-Abdeckung der Landesfläche werden nur teilweise durch die hier analysierten Länder erhoben. Ebenso gibt es keine historischen Daten zur Flächenabdeckung, da die Diskussion um die Versorgung der Fläche vergleichsweise neu ist. In Deutschland werden laut Mobilfunkmonitoring der Bundesnetzagentur 96 Prozent der Fläche Deutschlands von mindestens einem Mobilfunknetzbetreiber mit 4G abgedeckt (Stand April 2021).³⁰ In Frankreich liegt die Flächenabdeckung zwischen 89 Prozent und 93 Prozent je nach Mobilfunknetzbetreiber³¹, in der Schweiz insgesamt bei 88 Prozent.³² Im Jahr 2020 erreichte die 4G-Abdeckung in Schweden außerhalb von Gebäuden rund 92 Prozent und 84 Prozent innerhalb von Gebäuden.³³ Dabei ist anzumerken, dass in ruralen Gebieten oft nur ein Mobilfunknetzbetreiber mit einer Infrastruktur vertreten ist. So deckt in Schweden ein Anbieter lediglich 40 Prozent der Fläche ab. Zudem wird in ländlichen Regionen Schwedens häufig lediglich eine Basisversorgung mit LTE (in einer Größenordnung von maximal 10 Mbit/s Downlink im Sektor) angeboten.

²⁷ Siehe Anhang, Kapitel 8.

²⁸ Siehe Anhang, Kapitel 7 (Schweiz) und Kapitel 9 (Kanada).

²⁹ Siehe Anhang, Kapitel 9.

³⁰ Siehe Anhang, Kapitel 2.

³¹ Siehe Anhang, Kapitel 3.

³² Die 4G-Verfügbarkeit, die zuvor diskutiert wurde, lässt keine Rückschlüsse auf die Flächenversorgung zu, da bei der 4G-Verfügbarkeit nur die Zeit, die ein Endkunde im LTE-Netz ist, angegeben wird. Weicht die Flächenversorgung von der 4G-Verfügbarkeit nach unten ab, so deutet dies an, dass sich in den nicht versorgten Gebieten kaum oder keine Mobilfunknutzer aufhalten.

³³ Siehe Anhang, Kapitel 5.

Insgesamt wird aber deutlich, dass die prozentuale Abdeckung der Fläche mit 4G insbesondere durch die Topographie und die Bevölkerungsverteilung im Land beeinflusst wird. In Australien konzentriert sich Mobilfunkversorgung auf die dichter besiedelten Küstenregionen. Viele Bereiche im Landesinneren sind nicht mit Mobilfunk abgedeckt. Experten schätzen die Abdeckung auf etwa einem Drittel der Landesfläche. In den USA beträgt die Abdeckung je nach Mobilfunknetzbetreiber zwischen 63 und 72 Prozent der Fläche.³⁴ Eine flächendeckende Mobilfunkversorgung wird dort von den Marktteilnehmern als unrealistisch eingeschätzt. Diese Einschätzung ist auch in Kanada anzutreffen. Gerade in Flächenländern gibt es viele Bereiche, in denen aufgrund der Topographie und Landnutzung eine Mobilfunkabdeckung nicht für erforderlich angesehen wird. In den vom Mobilfunk nicht erschlossenen Gebieten werden dann beispielsweise für Notrufe Satellitenangebote genutzt.

Die prozentuale Flächenabdeckung als Vergleichsmaßstab ist somit wenig geeignet. In Ländern wie Österreich, der Schweiz, Australien oder Kanada ist die Stromversorgung (in gebirgigen Flächen) eine besondere Herausforderung. Eine Versorgung dieser Flächen würde zu erheblich höheren Kosten pro Standort führen, weil die Stromversorgung erst errichtet werden müsste. In Kanada könnte sie vielfach nur über Dieseldgeneratoren gewährleistet werden. Somit ist in der Regel die Wirtschaftlichkeit der Versorgung solcher Flächen nicht gegeben.

Im Unterschied zur Betrachtung der Fläche insgesamt gibt es bei Verkehrswegen, wie Autobahnen oder Bahnstrecken, mehr Angaben zur Abdeckung. Die Schwierigkeit hierbei liegt in der unterschiedlichen Definition und Kategorisierung von Verkehrswegen. In Deutschland gibt es mit den Frequenzvergabeverfahren der Jahre 2015 und 2019 detaillierte Vorgaben. Zum Stand der Erfüllung gibt es öffentlich verfügbare Daten. Die Versorgung von Bundesautobahnen wurde Anfang des Jahres 2020 mit fast 98 Prozent, die der Schienenwege mit 96 Prozent angegeben.³⁵ In Frankreich sind Autobahnen zwischen 92 und 96 Prozent versorgt, Bahnstrecken zwischen 69 und 81 Prozent und U-Bahnen zwischen 85 und 88 Prozent.³⁶ In Kanada sind insgesamt 89 Prozent der Hauptverkehrswege und Autobahnen mit 4G versorgt.³⁷ In den USA liegt die Versorgung der Verkehrswege zwischen 85 und 91 Prozent. Die Netzbetreiber in Japan haben gezielt an Verkehrswegen wie Autobahnen und Zugstrecken ihr 4G-Netz ausgebaut. Diese sind laut Expertenangaben seit dem Jahr 2010 fast vollständig versorgt. Detaildaten sind hier nicht verfügbar, weil sie nicht erhoben werden. In Schweden gibt es nach Angaben der Regulierungsbehörde PTS keine durchgehende Abdeckung von Straßen. Das gilt sowohl für Autobahnen (E-Straßen) als auch für Landstraßen. Detailangaben sind auch hier nicht verfügbar.

³⁴ Siehe Anhang, Kapitel 8.

³⁵ Siehe Anhang, Kapitel 2.

³⁶ Siehe Anhang, Kapitel 3.

³⁷ Siehe Anhang, Kapitel 9.

In Österreich sind Autobahnen und Schnellstraßen größtenteils mit 4G versorgt. Dies gilt jedoch nicht für Bundes- und Landesstraßen, weshalb dort auch Versorgungsaufgaben implementiert wurden. Eine vollständige Versorgung der Verkehrswege ist laut Expertengesprächen nicht zu erwarten.

In einer Studie zur Mobilfunkversorgung in der Schweiz, Österreich und Deutschland, die Bahn- und Straßenverbindungen miteinbezieht, haben die Schweizer Mobilfunknetzbetreiber durchweg am besten abgeschnitten. Hinsichtlich der Datenübertragung liegen die deutschen Mobilfunknetzbetreiber deutlich zurück. Bei Bahnverbindungen werden in der Schweiz über 90 Prozent der zu erreichenden Punkte erzielt, in Österreich um 85 Prozent der Punkte, in Deutschland jedoch nur gut 70 Prozent der Punkte.³⁸ Die bessere Versorgung von Schienenwegen hängt maßgeblich von der Mitwirkung der Schienenverkehrsgesellschaften ab. Ebenso haben die Niederlande die Interferenzproblematik bei 900 MHz früher als Deutschland durch Filter gelöst.³⁹ In Deutschland wird ein unbeschränkter Einsatz der 900-MHz-Frequenzen für LTE Ende 2022 erwartet. Für die Versorgung der Schienenverkehrswege ist es essentiell, Standorte entlang der Strecken zu errichten. Hier unterstützen die Schienenverkehrsgesellschaften in der Schweiz und in Österreich gezielt die Errichtung von Mobilfunkstandorten, während die Bereitschaft, Liegenschaften in Deutschland zur Verfügung zu stellen, im internationalen Vergleich in der Vergangenheit geringer ausgeprägt war. Jüngste Entwicklungen zeigen, dass Mobilfunknetzbetreiber und die Deutsche Bahn bei der Errichtung zusätzlicher Mobilfunkstandorte an den Schienenverkehrswegen künftig stärker kooperativ vorgehen wollen. Die internationalen Erfahrungen belegen, je früher Mobilfunknetzbetreiber und Schienenverkehrsgesellschaften kooperieren, desto besser fällt die aktuelle Versorgungssituation in Zügen aus.

Aus dem Ländervergleich lassen sich drei zentrale Erkenntnisse ableiten:

Erstens unterscheidet sich die 4G-Abdeckung der Verkehrswege in den Ländern zum Teil deutlich. Ein Grund kann in der unterschiedlichen Kategorisierung von Verkehrswegen und der Erhebungsmethode liegen.

Zweitens spielt die Topographie und Besiedlungsdichte eine entscheidende Rolle bei der Versorgung. Dies wird am Beispiel der Niederlande deutlich. Die Versorgung von Verkehrswegen mit 4G in den Niederlanden ist aufgrund der hohen Besiedlungsdichte relativ unproblematisch. Durch die dichte Besiedlung befinden sich Mobilfunkstandorte nicht nur nahe an Haushalten, sondern in der Regel auch in der Nähe von Verkehrswegen. Das gilt auch für Bahntrassen, die in den meisten Fällen auch entlang besiedelter

³⁸ Siehe Anhang, Kapitel 2 (Deutschland) und Kapitel 6 (Österreich).

³⁹ Durch den staatlich finanzierten Austausch der sogenannten CAB-Radios (störfeste GSM-R Empfänger in den Zügen) wird sich die Situation in Deutschland verbessern. Der Austausch soll voraussichtlich Ende des Jahres 2022 abgeschlossen sein.

Gebiete verlaufen. Zudem sind die Schienenverkehrsunternehmen in den Niederlanden bestrebt, ihren Kunden eine gute Mobilfunkversorgung zu ermöglichen.

Drittens zeigen die Expertengespräche, dass außer in Deutschland alle untersuchten Länder eine vollständige Versorgung sämtlicher Verkehrswege aus wirtschaftlichen Gründen nicht anstreben.

6.3 Mobilfunkstandorte und Basisstationen

Über eine Auswertung von Daten über Mobilfunkstandorte können ebenfalls Rückschlüsse auf die Qualität der Mobilfunkversorgung in den Ländern getroffen werden. Für sämtliche Mobilfunknetzbetreiber in den hier betrachteten Ländern liegen keine öffentlich verfügbaren Daten vor. In einzelnen Ländern werden diese Daten als Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse eingestuft. Zudem ist es weder möglich, vollständige Zeitreihen zu erstellen, noch die Mobilfunkstandorte nach den im Mobilfunk üblichen Gebietskategorien (urban, suburban, rural) darzustellen.

Die Anzahl der Mobilfunkstandorte und damit die Dichte, verteilt auf Bevölkerung und Fläche, unterscheidet sich zwischen den Ländern deutlich. Mit Abstand die meisten Mobilfunkstandorte gibt es in Südkorea und Japan.

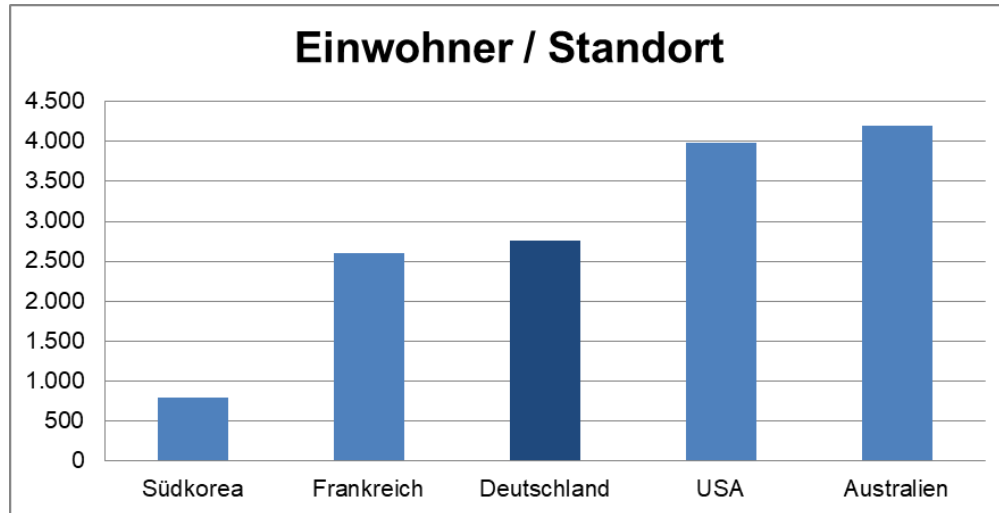
Die statistische Auswertung zeigt, dass im Durchschnitt in Deutschland je Mobilfunkstandort von der Telekom Deutschland fast 3000 Einwohner versorgt werden.⁴⁰ Dieser Wert findet sich sowohl in urbanen als auch in suburbanen und ländlichen Regionen.⁴¹ Der niedrigste Wert im Vergleich findet sich in Südkorea. Öffentlich verfügbare Daten gibt es nicht in allen betrachteten Ländern. Die öffentlichen Angaben spiegeln dabei die oben genannten Qualitätsmerkmale gut wider.

Betrachtet man die durchschnittliche Fläche, die von einem Mobilfunkstandort abgedeckt wird, so zeigt sich, dass in Frankreich ca. 25 km², in Deutschland ca. 12 km² und in Südkorea 1,5 km² versorgt werden.

⁴⁰ Für die anderen Mobilfunknetzbetreiber liegen keine Daten vor.

⁴¹ Vgl. Lüders/Sörries (2021).

Abbildung 6-7: Einwohner pro Mobilfunkstandort



Quelle: WIK-Consult.

Wenig überraschend ist in diesem Vergleich, dass die drei größten Flächenländer, USA, Australien und Kanada, hier schlechter abschneiden. Dies liegt daran, dass in diesen Ländern eine vollständige Versorgung der Fläche wirtschaftlich nicht darstellbar ist und auch von keinem Marktakteur oder den Staaten selbst angestrebt wird. Die Mobilfunkversorgung konzentriert sich im Wesentlichen auf die am dichtesten besiedelten Flächen, touristische Flächen und Hauptverkehrswege.

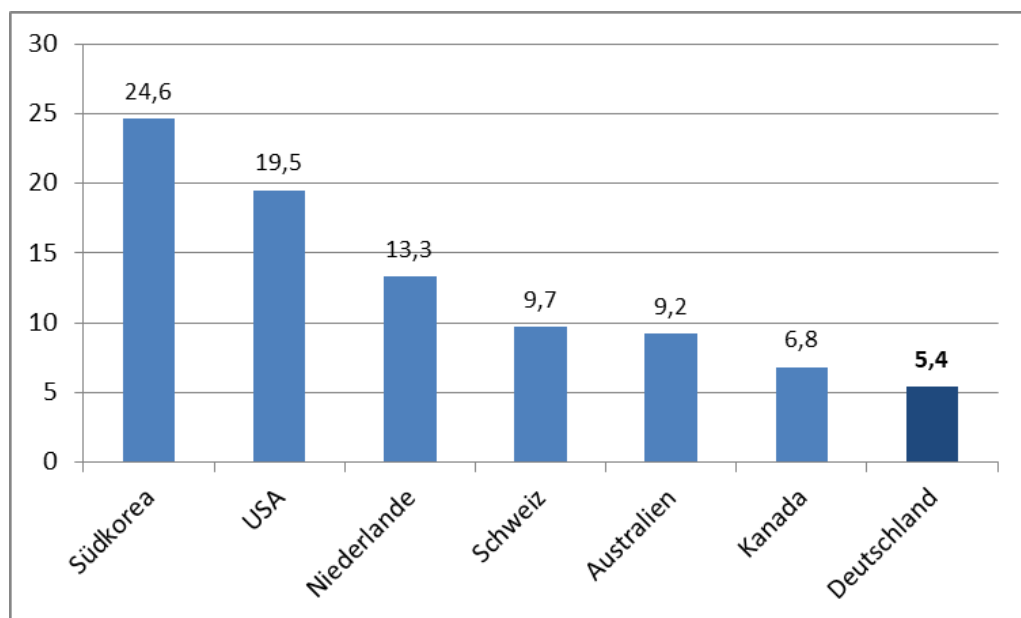
Die Analyse zeigt, dass die Dichte der Mobilfunkstandorte in Verbindung mit dem eingesetzten Spektrum ganz maßgeblich die Kundenerfahrungen beeinflusst und somit auch für die oben dargestellte Qualität der Mobilfunkversorgung mitverantwortlich ist.

6.4 5G-Mobilfunkversorgung

Der Fokus der vorliegenden Studie liegt auf dem Vergleich der Mobilfunkversorgung in Bezug auf 4G. Die bisherige Entwicklung der Mobilfunkgenerationen von 2G, 3G bis 4G hat jedoch eine gewisse Pfadabhängigkeit bei der Versorgung gezeigt. Länder, die bereits eine vergleichsweise hohe Dichte an Mobilfunkstandorten im Zuge der Einführung von UMTS erzielten, konnten auch bei LTE eine hohe Verfügbarkeit erzielen. Es zeichnet sich also ab, dass der infrastrukturelle Vorteil einer hohen Stationsdichte bei 5G erneut zum Tragen kommt.

In Bezug auf 5G gibt es von Opensignal bislang erst für wenige Länder spezifische Auswertungen und Ländervergleiche. Dennoch zeigt sich auch an den bisherigen Veröffentlichungen, welche Länder eine Vorreiterrolle beim 5G-Ausbau einnehmen. In Abbildung 6-8 ist die 5G-Verfügbarkeit für 7 von 11 Ländern dargestellt. Südkorea liegt dabei mit knapp 25 Prozent 5G-Verfügbarkeit deutlich vorne. Deutschland liegt auf Platz 7 dieser Länderauswahl. Jedoch ist die Datengrundlage nach wie vor gering, weshalb eine fundierte Einordnung erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen kann. Mit Japan fehlt zudem ein Land in der Darstellung, welches ebenso für einen bereits fortgeschrittenen 5G-Ausbau bekannt ist.

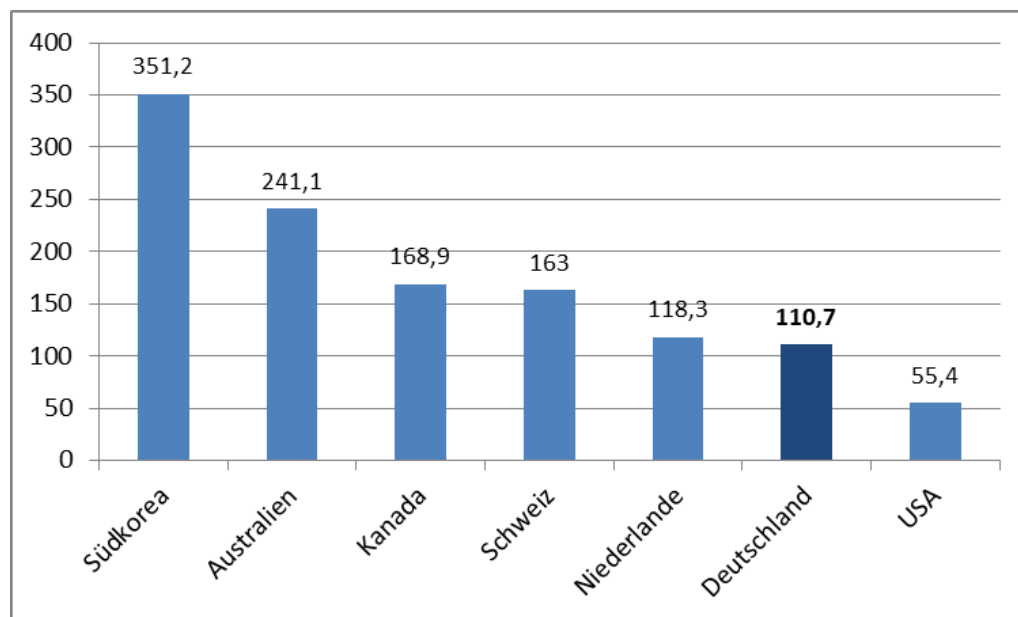
Abbildung 6-8: 5G-Verfügbarkeit 2020 (in Prozent der Zeit, Stand Q3)



Quelle: Opensignal (2021b). Beobachtungszeitraum 1. September bis 29. November 2020.

Abbildung 6-9 zur 5G-Download-Geschwindigkeit liefert ein vergleichbares Bild. Auffällig ist jedoch wieder der vergleichsweise niedrige Wert der USA, die bei der 5G-Verfügbarkeit gleichwohl eine Vorreiterrolle einnehmen. In den USA werden je nach Mobilfunknetzbetreiber unterschiedliche Frequenzen für 5G eingesetzt. Während in urbanen Gebieten mit Small Cells und Frequenzen im Millimeterband (26 GHz, 28 GHz) gearbeitet wird, wird 5G in anderen Regionen über Frequenzen unterhalb von 1 GHz realisiert. Da dort weniger Frequenzen (Ressourcenblöcke) zur Verfügung stehen, sind auch nur geringere Datenraten möglich.

Abbildung 6-9: 5G-Download-Geschwindigkeit 2020 (Mbit/s, Stand Q3)



Quelle: Opensignal (2021b). Beobachtungszeitraum 1. September bis 29. November 2020.

Die Daten von Opensignal zeigen, dass außereuropäische Länder beim Ausbau von 5G vorne liegen.

Wie sieht demnach die Situation in Europa aus?

Laut dem „5G Readiness Index“ von incITES⁴² aus dem Jahr 2019 (siehe Tabelle 6-3) liegt Deutschland bei der Einführung und Entwicklung von 5G im europäischen Vergleich auf Platz 3 von insgesamt 30 bewerteten Ländern. In den Index einbezogen wurden unter anderem Infrastruktur und Technologie, Regulierung und Politik sowie Innovationslandschaft.⁴³

⁴² https://www.incites.eu/incites-map/Europe_5G_Readiness_Index_Report.pdf, S. 4, zuletzt abgerufen am 14.10.2021.

⁴³ Das führende Land in dieser Auswertung ist Finnland.

Tabelle 6-3: „5G Readiness Index 2019“, Länderauswahl

Land	Rang im europäischen Vergleich	Score
Schweiz	2	69
Deutschland	3	66,68
Schweden	5	65,91
Niederlande	7	65,24
Österreich	10	62,61
Frankreich	13	59,38

Quelle: inCITES (2020).

Ein weiterer 5G-Indikator ist der von DESI ausgewiesene „5G readiness indicator“.⁴⁴ Dieser Index reflektiert, wie weit die jeweiligen Länder hinsichtlich der Bereitstellung von zusätzlichen Frequenzen, die heute bereits von 5G-Technik genutzt werden, vorangeschritten sind. Deutschland liegt zusammen mit Finnland an 1. Stelle des Rankings, Österreich liegt an 9. und Schweden an 13. Stelle. Die Punktzahl wird auf der Grundlage des Anteils des zugewiesenen Spektrums in jedem 5G-Pionierband im Vergleich zum maximal möglichen Frequenzspektrum ermittelt. In die Betrachtung sind folgende Frequenzbänder eingegangen:

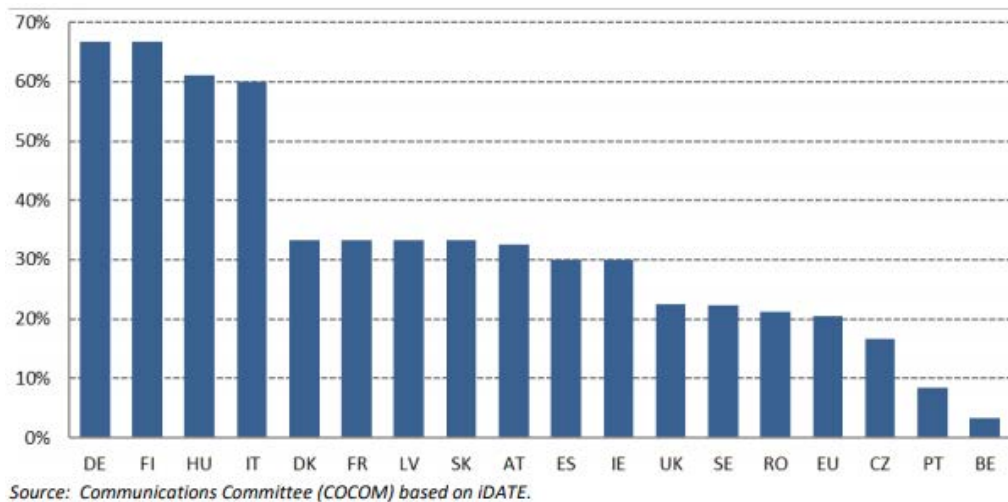
- 700-MHz-Band: 60 MHz (703 – 733 & 758 – 788 MHz)
- 3,6-GHz-Band: 400 MHz (3.400 – 3.800 MHz)
- 26-GHz-Band: 1000 MHz (24.250 – 27.500 MHz)

Alle drei Frequenzbänder werden gleich gewichtet, sodass die maximal mögliche Menge an zugewiesenen Frequenzen pro Frequenzband zu einer maximalen Punktzahl von 33,3 Prozent führt, d. h. ein Drittel der maximalen Gesamtpunktzahl.

Die Daten beziehen sich auf Vergabeverfahren, die bis März 2020 durchgeführt wurden. Länder wie die Niederlande sind nicht enthalten, weil dort noch Frequenzvergabeverfahren mit den oben genannten Frequenzen anstehen.

⁴⁴ https://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=67086, S. 34 f, zuletzt abgerufen am 13.08.2021.

Abbildung 6-10: „5G readiness indicator“, März 2020



Quelle: DESI (2020).

In einem weiteren weltweiten 5G-Vergleich von OMDIA liegen Südkorea und die Schweiz vor den anderen hier betrachteten Ländern. Der Vergleich berücksichtigt die Netzabdeckung, die Teilnehmer, die Verfügbarkeit von 5G-Spektrum sowie regulatorische Voraussetzungen. Aus der Länderauswahl dieser Studie liegen die USA auf Platz 4, Japan liegt auf Platz 9 vor Deutschland. Darauf folgen Australien auf Platz 13, Kanada auf Platz 15 und Frankreich auf Platz 18.⁴⁵

Worin liegen die Gründe für den Erfolg insbesondere der asiatischen Länder beim 5G-Ausbau? Dazu lohnt beispielsweise ein Blick auf die 5G-Entwicklungen in Südkorea und Japan als Vorreiter beim Einsatz dieser Technologie.

Zum Ende des Jahres 2020 war Südkorea das am weitesten fortgeschrittene Land bezüglich der Nutzung von 5G mit 11,8 Millionen 5G-Abonnements (22,7 Prozent der Bevölkerung). Die drei südkoreanischen Telekommunikationsanbieter haben 166.250 5G-Basisstationen installiert, was etwa 19 Prozent der 870.000 4G-Basisstationen des Landes entspricht.⁴⁶ Die drei Anbieter des Landes bieten derzeit noch 5G-Dienste über nicht eigenständige („non-standalone“) 5G-Netze an.⁴⁷ Alle drei Anbieter bereiten sich auf die Kommerzialisierung neuer Technologien vor, wie z. B. von Stand-Alone-

⁴⁵ [OMDIA ranks South Korea as top global 5G market \(prnewswire.co.uk\)](https://www.prnewswire.co.uk), zuletzt abgerufen am 03.05.2021.

⁴⁶ Opensignal (2021) Understanding where and when users can experience 5G in South Korea

⁴⁷ <https://www.rcwireless.com/2021/03/01/5g/south-korea-reaches-almost-13-million-5g-subscribers-january>, zuletzt abgerufen am 14.05.2021.

Versionen der 5G-Netze und 5G-Millimeterwellen.⁴⁸ Im Juli 2020 kündigten die drei koreanischen Mobilfunkbetreiber SK Telecom, KT und LG Uplus an, bis zum Jahr 2022 insgesamt 18,8 Milliarden Euro zu investieren, um die 5G-Infrastruktur im ganzen Land auszubauen.⁴⁹

In Japan wird erwartet, dass die vier japanischen Mobilfunknetzbetreiber in den kommenden Jahren zusammen mehr als 10,44 Milliarden Euro für Basisstationen, Server und Glasfaserkabel investieren werden, um ihre 5G-Netze auszubauen.⁵⁰ Der Mobilfunknetzbetreiber NTT DoCoMo plant, mehr als 5,22 Milliarden Euro zu investieren, um sein 5G-Netz bis 2025 auf 97 Prozent der besiedelten Gebiete des Landes auszuweiten und 8.001 Basisstationen in den Frequenzbändern 3,7 GHz und 4,5 GHz sowie 5.001 Basisstationen im 28-GHz-Band zu installieren.⁵¹ KDDI plant bis 2025, mehr als 2,98 Milliarden Euro zu investieren, um sein Netzwerk auf etwa 93 Prozent der besiedelten Gebiete des Landes auszuweiten sowie 30.107 Basisstationen im 3,7-GHz- und 4,5-GHz-Spektrumband und 12.756 Basisstationen im 28-GHz-Band zu installieren.⁵² Basierend auf den Geschäftsplänen der 4 Mobilfunkanbieter würden bis April 2024 etwa 98 Prozent der Fläche mit 5G-Basisstationen abgedeckt werden. Bei diesen 5G-Diensten handelt es sich derzeit um Non-Stand-Alone-Dienste (NSA). Die 5G-Lizenznehmer planen jedoch, ihre Dienste in den nächsten Jahren auf den Stand-Alone (SA)-Standard umzustellen. NTT DOCOMO, SoftBank und KDDI/Okinawa Cellular planen, SA-5G-Dienste bis Ende 2021 zu implementieren.⁵³

Zusammenfassend lässt sich aus den Länderstudien für Südkorea und Japan zum 5G-Ausbau eine deutliche Pfadabhängigkeit aus der bereits sehr guten 4G-Abdeckung ablesen. Aufgrund des sehr dichten Netzes mit einer enorm hohen Anzahl an Mobilfunkstandorten können die Leistungsmerkmale von 5G mittels des Einsatzes von 3,6-GHz-Frequenzen oder Frequenzen im Millimeterbereich deutlich schneller und einfacher angeboten werden. In anderen Ländern (z. B. Deutschland) wird 5G aktuell mehr in den Frequenzbereichen bei 700 MHz und bei 2 GHz realisiert, wobei sich dann die mit 5G antizipierten Datenübertragungsraten aufgrund der geringeren Frequenzressourcen nicht einstellen. Ebenso setzen einige Anbieter auf die Technologie „dynamic

48 <https://www.rcrwireless.com/20210301/5g/south-korea-reaches-almost-13-million-5g-subscribers-january>, zuletzt abgerufen am 14.05.2021.

49 <https://www.rcrwireless.com/20210301/5g/south-korea-reaches-almost-13-million-5g-subscribers-january>, zuletzt abgerufen am 14.05.2021.

50 <https://www.rcrwireless.com/20210301/5g/south-korea-reaches-almost-13-million-5g-subscribers-january>, zuletzt abgerufen am 14.05.2021.

51 <https://www.rcrwireless.com/20210301/5g/south-korea-reaches-almost-13-million-5g-subscribers-january> und <https://5gobservatory.eu/japan-assigns-5g-spectrum-to-four-operators/>, zuletzt abgerufen am 14.05.2021.

52 <https://www.rcrwireless.com/20210316/5g/where-does-japan-stand-in-deploying-5g> und <https://5gobservatory.eu/japan-assigns-5g-spectrum-to-four-operators/>, zuletzt abgerufen am 14.05.2021.

53 <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-5g-regulation-and-law/japan>, zuletzt abgerufen am 14.05.2021.

spectrum sharing“, womit Datenübertragungsraten erzielt werden können, die denen von 4G ähneln.

6.5 Bewertung anhand eines Punktesystems

Mit den in diesem Kapitel betrachteten Daten zeigt sich bereits, dass insbesondere die Mobilfunkversorgung in Nordamerika und in Japan und Südkorea bei der Mehrzahl der betrachteten Parameter qualitativ am besten ausfällt.

Nachfolgend wird ein Ranking der Länder und Mobilfunknetzbetreiber abgebildet. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass gerade in Ländern wie Frankreich und Deutschland aktuell massive Ausbauanstrengungen unternommen werden, deren Auswirkungen sich in den Opensignal-Daten noch nicht gänzlich widerspiegeln.

Tabelle 6-4 zeigt das Länderranking, welches sich aus der unterschiedlichen Gewichtung der in diesem Kapitel beschriebenen Parameter zusammensetzt. Grundlage der Bewertung ist die Reihenfolge der jeweiligen Länder innerhalb der Parameter. Die Summe des Ranges eines Landes über die fünf Parameter hinweg bildet einen Score ab, welcher zwischen dem theoretischen Wert von 5 (ein Land liegt überall auf Rang 1) und 55 (ein Land liegt überall auf Rang 11) liegt. Unter dem Parameter QoS („quality of service“) werden die Parameter Erlebnis Down- und Upload-Geschwindigkeit, Video-, Gaming- und Sprachqualitätserlebnis zu dem Parameter „QoS“ zusammengefasst (siehe dazu auch Tabelle 6-1). Diese Daten beziehen sich auf den Beobachtungszeitraum 1. Januar bis 30. März 2020 für alle Länder.⁵⁴ Je Parameter werden die Länder in Reihenfolge (1 bis 11, bestes Ergebnis bis schlechtes Ergebnis) untereinander verglichen. Der Abstand innerhalb der Parameter wird nicht beachtet. Die Gesamtbewertung wird ebenso stark durch die unterschiedliche Gewichtung der Parameter beeinflusst. Daten zu Mobilfunkstandorten und dem 5G-Ausbau fließen in das Ranking nicht ein, da diese nicht vollständig vergleichbar sind und nur lückenhaft vorliegen.

Neben dem Qualitätsparameter QoS wird bei dem abgebildeten Länderranking ebenso gesondert auf die 4G-Verfügbarkeit des besten Betreibers innerhalb eines Landes geachtet als auch auf die Spanne der 4G-Verfügbarkeit über alle Betreiber eines Landes hinweg (siehe Abbildung 6-3). Diese Daten beziehen sich für Australien, Österreich, Frankreich, Deutschland, Japan, Schweden und die Schweiz auf Q1 2021, für Kanada, die Niederlande und die USA auf Q4 2020.⁵⁵ Länder, die eine hohe Spanne aufweisen, werden schlechter bewertet als Länder, in denen sich die Netzbetreiber nicht stark hinsichtlich der 4G-Verfügbarkeit unterscheiden. Bei der Spanne zwischen den Betreibern schneidet Deutschland besonders gut ab. Österreich, Schweden und die Schweiz haben besonders differenzierte Netzbetreiber.

⁵⁴ Siehe Opensignal (2020).

⁵⁵ Siehe Opensignal (2021a).

Außerdem wird die Download-Geschwindigkeit des besten Betreibers eines Landes sowie die Spanne der Download-Geschwindigkeit über alle Betreiber eines Landes hinweg bewertet. Die einfache Reihenfolge der Länder bildet auch hier das Ranking ab. Bei der Download-Geschwindigkeit führen Südkorea, Kanada und die Niederlande das Länderranking an. Bemerkenswert hier ist, dass Australien relativ zur 4G-Verfügbarkeit bei der Download-Geschwindigkeit schlecht abschneidet. Ebenso bemerkenswert ist, dass Südkorea über seine drei Betreiber hinweg mit Österreich zusammen das Schlusslicht hinsichtlich der Spanne an Download-Geschwindigkeiten bildet.

Insgesamt schließen die Niederlande in diesem Ländervergleich beim Gesamtscore am besten ab, dicht gefolgt von Südkorea und Japan, die sich alle drei meist die Top-Plätze in den Unterkategorien teilen. Deutschland liegt im unteren Mittelfeld auf Platz 7 von 11. Schweden, Österreich und Frankreich liegen auf den letzten Plätzen.

Tabelle 6-4: Ländervergleich mit Ranking

Rang im gesamten Vergleich	Land	Summe aller Ränge	Rang QoS	Rang 4G-Verfügbarkeit bester Betreiber	Rang 4G-Verfügbarkeit Spanne aller Betreiber	Rang Download-Geschwindigkeit bester Betreiber	Rang Spanne Download-Geschwindigkeit
1	Niederlande	12	1	3	4	3	1
2	Südkorea	16	2	1	2	1	10
3	Japan	19	2	2	7	4	4
4	Kanada	26	6	8	5	2	5
5	Australien	29	8	6	3	9	3
6	Schweiz	30	2	5	11	5	7
7	Deutschland	34	9	9	1	7	8
8	USA	34	11	4	6	11	2
9	Schweden	40	7	7	10	10	6
10	Österreich	41	5	10	9	6	11
11	Frankreich	46	10	11	8	8	9

Quelle: Opensignal (2020, 2021a). Die farbliche Abstufung wurde auf Basis der zugrundeliegenden Verteilung berechnet. Qualitätsreihenfolge der Farben (höchster Rang / Summe der Ränge): dunkelgrün, grün, hellgrün, gelb, orange, rot, dunkelrot.

Eine ähnliche Analyse wie für die Länder wurde für die einzelnen Mobilfunknetzbetreiber durchgeführt (siehe Tabelle 6-5). Auch hier können Daten zu Mobilfunkstandorten und dem 5G-Ausbau nicht miteinfließen, da diese nicht vollständig vergleichbar sind und nur lückenhaft vorliegen. Da für die japanischen Netzbetreiber das „Erlebnis der 4G-Netzabdeckung“ nicht miterhoben wurde, fließt dieser Faktor nicht in die Gesamtsumme mit ein.

Wie zuvor wird der Rang der Mobilfunknetzbetreiber (Reihenfolge der Mobilfunknetzbetreiber, vom Besten zum Schlechtesten) innerhalb der einzelnen Kategorien aufsummiert und bildet den Endwert. Das Ranking bildet nicht die Abstände innerhalb der einzelnen Werte ab, wie sie zum Vergleich in Tabelle 6-2 dargestellt sind. Bezüglich der Gewichtung der einzelnen Faktoren werden hier alle gleich gewichtet. Bei einer höheren Gewichtung der 4G-Verfügbarkeit, Netzabdeckung und Download-Geschwindigkeit würde zum Beispiel der koreanischen Betreiber SK telecom besser abschneiden. Da SK telecom bei Video und Gaming nur im Mittelfeld liegt, gewinnen die drei niederländischen Betreiber T-Mobile (NL), Vodafone (NL) und KPN das Ranking. Die Deutsche Telekom als bester deutscher Mobilfunknetzbetreiber liegt am Ende des ersten Drittels, Vodafone (DE) und O2 liegen eher im Mittelfeld. Die schlechtesten Betreiber sind diejenigen aus den USA und Frankreich.

Tabelle 6-5: Mobilfunknetzbetreiberranking

Position			Rang							
	Mobilfunknetzbetreiber	Land	Summe Ränge (ohne Netzabdeckung)	4G-Verfügbarkeit (% der Zeit)	Erlebnis der 4G-Netzabdeckung (Skala 0-10)	Erlebnis der Download-Geschwindigkeit (in Mbit/s)	Erlebnis der Upload-Geschwindigkeit (in Mbit/s)	Video-Erlebnis (0-100 Punkte)	Gaming-Erlebnis (0-100 Punkte)	Sprachqualität
1	T-Mobile NL	NL	23	7	5	4	4	1	4	3
2	Vodafone-Ziggo	NL	25	8	6	6	5	4	1	1
3	KPN	NL	35	12	2	5	3	6	5	4
4	SK telecom	KR	41	2	1	1	6	15	11	6
5	LG U+	KR	47	1	12	8	2	24	10	2
6	Swisscom	CH	50	14	3	9	1	5	7	14
7	SoftBank	JP	56	9	n.a.	18	19	3	2	5
8	NTT DoCoMo	JP	67	4	n.a.	12	28	9	3	11
9	KT	KR	70	5	4	11	11	20	15	8
10	A1	AT	72	34	16	10	10	2	9	7
11	KDDI au	JP	79	3	n.a.	14	30	14	6	12
12	Telekom DE	DE	90	24	11	13	8	10	14	21
13	Telia	SE	100	16	19	17	12	16	20	19
14	Salt	CH	103	35	20	20	7	13	13	15
15	Telus	CA	107	20	9	2	14	21	26	24
16	Rakuten	JP	109	6	n.a.	36	13	33	8	13
17	Tele2	SE	111	17	25	25	23	18	18	10
18	Hutchison 3	SE	114	31	32	19	18	7	23	16
19	Hutchison Drei	AT	118	26	23	27	20	8	19	18
20	Bell	CA	125	23	10	3	15	28	28	28
21	Magenta	AT	125	32	18	31	29	12	12	9
22	Telstra	AU	127	18	8	16	26	23	21	23
23	Vodafone DE	DE	128	27	15	22	27	19	16	17
24	Rogers	CA	129	19	27	7	16	31	27	29
25	Sunrise	CH	129	21	14	23	9	25	25	26
26	Orange	FR	136	33	24	15	22	11	30	25
27	Telefónica DE	DE	139	25	17	32	17	26	17	22
28	Vodafone	AU	142	22	30	21	25	22	22	30
29	Optus	AU	148	15	22	24	31	27	24	27
30	Telenor	SE	148	30	28	28	24	17	29	20
31	T-Mobile US	US	163	11	21	34	21	35	31	31
32	Verizon	US	175	10	7	33	34	34	32	32
33	AT&T	US	178	13	13	26	36	36	33	34
34	SFR	FR	188	29	26	29	33	30	34	33
35	Bouygues	FR	194	28	29	35	32	29	35	35
36	Free Mobile	FR	205	36	31	30	35	32	36	36

Quelle: Opensignal (2021a). Die Daten werden von Opensignal halbjährlich veröffentlicht, die Beobachtungszeiträume sind für die Länder jedoch unterschiedlich (Q1 und Q3 bzw. Q2 und Q4). Für Australien, Österreich, Frankreich, Deutschland, Japan, Schweden und die Schweiz werden hier die Daten aus Q1 2021 herangezogen, für Kanada, die Niederlande und die USA die Daten aus Q4 2020. Die farbliche Abstufung wurde auf Basis der zugrundeliegenden Verteilung berechnet. Für japanische Betreiber wurde „Erlebnis der 4G-Netzabdeckung“ nicht erhoben und fließt somit nicht

in die Gesamtsumme mit ein. Qualitätsreihenfolge der Farben (d. h. die höchste Verfügbarkeit, Geschwindigkeit oder Punktezahl): dunkelgrün, grün, hellgrün, gelb, orange, rot, dunkelrot).

6.6 Zwischenfazit

Der internationale Vergleich zeigt, dass bei der Mobilfunkversorgung die führenden Länder die Niederlande, Südkorea und Japan sind. Deutschland nimmt im Vergleich der 11 Länder Platz 7 ein.

Die Anbieter in den führenden Ländern belegen auch die Spitzenpositionen im Ranking der Mobilfunknetzbetreiber. Der beste deutsche Mobilfunknetzbetreiber liegt auf Rang 12.

Auffällig ist, dass sich in der Mehrzahl der Länder die Qualität der Telekommunikationsdienste der einzelnen Mobilfunknetzbetreiber angleicht.

Fraglich ist somit, auf welche Parameter der Erfolg dieser Länder zurückzuführen ist. Sind wettbewerblich geprägte Regulierungsansätze der Erfolgsfaktor oder sind Versorgungsaufgaben für eine gute Mobilfunkversorgung maßgeblich?

7 Länderspezifische Kennzahlen und Vergleich der Mobilfunkmärkte

In diesem Kapitel werden die Mobilfunkmärkte anhand der Parameter miteinander verglichen, die den Aufbau und Betrieb von Mobilfunknetzen beeinflussen können.⁵⁶

7.1 Bevölkerungsdichte

Aus Tabelle 4-1 geht hervor, dass sich die Vergleichsländer bei der Anzahl der Bevölkerung und der Bevölkerungsdichte sehr stark unterscheiden. Mit den USA, Kanada und Australien werden Länder betrachtet, die sich durch sehr große Flächen auszeichnen, sodass die Bevölkerungsdichte in diesen Ländern vergleichsweise sehr gering ausfällt. Dies gilt in Europa beispielsweise auch für Schweden.

Hinsichtlich des Ausbaus von Mobilfunknetzen ist die Bevölkerungsverteilung relevanter als die Bevölkerungsdichte. Sofern der Urbanisierungsgrad, d. h. der Anteil der Bevölkerung, die in Städten lebt, betrachtet wird, zeigt sich, dass die alleinige Betrachtung der Bevölkerungsdichte zu Fehlinterpretationen führen kann.

⁵⁶ Siehe dazu auch Kapitel 5.

So liegt der Urbanisierungsgrad in Kanada bei 81 Prozent (Stand 2019)⁵⁷. Ca. 90 Prozent der Bevölkerung leben dabei im Süden Kanadas, entlang der Grenze zu den USA. Dies sind nach Expertenschätzungen ca. 10 Prozent der Fläche. In Deutschland lebten im Jahr 2019 78 Prozent der Bevölkerung in Städten, kleinen Städten und Vorstädten. In Schweden lag der Vergleichswert bei 80 Prozent. Hinsichtlich der Versorgung der Bevölkerung bedeutet dies, dass der Großteil der Bevölkerung in den hier untersuchten Ländern nur auf einer vergleichsweise geringen Fläche lebt. Damit stehen die Mobilfunknetzbetreiber in allen Vergleichsländern bei der Versorgung von urbanen und suburbanen Regionen vor vergleichbaren Herausforderungen. Die Bevölkerungsdichte reicht somit als Parameter zur Erklärung der Mobilfunkqualität nicht aus.

Da der Markt in der Regel nur dort eine Mobilfunkversorgung anbietet, wo diese in ausreichendem Umfang nachgefragt wird und sie dann noch betriebswirtschaftlich darstellbar ist, wird deutlich, dass sich eine Versorgung der Fläche, wie sie in Deutschland nach Erfüllung von Versorgungsaufgaben vorhanden sein wird, in Ländern wie den USA, Kanada, Australien und Schweden nicht über den Markt einstellt. Eine nahezu flächendeckende Versorgung könnte nur über staatliche Maßnahmen (z. B. Förderung) oder über Versorgungsaufgaben erzielt werden.

7.2 Anzahl der Mobilfunknetzbetreiber und Marktanteile

In der Literatur⁵⁸ wird die These vertreten, dass sich die Anzahl der Mobilfunknetzbetreiber bzw. die Anzahl paralleler Netzinfrastrukturen auf die Versorgungsqualität auswirkt. Tabelle 7-1 zeigt, dass sich die Länder hinsichtlich der Anzahl der Mobilfunknetzbetreiber sowie deren Marktanteilen unterscheiden. Es wird deutlich, dass während sich in einzelnen Ländern die Anzahl der landesweiten Anbieter im Zeitverlauf verringert hat, sie sich in anderen Ländern dagegen (wieder) erhöht hat. Einzelne Mobilfunkmärkte sind demnach für Neueinsteiger trotz der zum Zeitpunkt bereits vorhandenen Penetration von Mobilfunkteilnehmern attraktiv.

Tabelle 7-1: Anzahl Mobilfunknetzbetreiber und Marktanteile

	AU	DE*	FR	JP	CA	NL	AT	CH	SE	KR	US
Anzahl Mobilfunknetzbetreiber	3	3 + 1 New-comer	3 + 1 New-comer	3 + 1 New-comer	3	3 Konsolidierung	3 Konsolidierung (4>3)	3	4	3	3 Konsolidierung 4>3
Marktanteile (Teilnehmer)	17 % bis 42 %	30 % bis 38 %	19 % bis 31 %	25 % bis 44 %	29 % bis 31 %	20 % bis 35 %	24 % bis 39 %	17 % bis 59 %	14 % bis 35 %	24 % bis 45 %	30 % bis 35 %

⁵⁷ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/170276/umfrage/urbanisierung-in-kanada/>, zuletzt abgerufen am 22.6.2021.

⁵⁸ Siehe Kapitel 5.

Quelle: WIK-Consult.

Zusammenschlüsse: In DE wurde im Jahr 2014 E-Plus von Telefónica DE übernommen; in den NL wurde im Jahr 2019 Tele2 von T-Mobile NL übernommen; in AT wurde im Jahr 2012 Orange Austria von Hutchison Drei Austria („3“) übernommen; in den US wurde im Jahr 2020 Sprint von T-Mobile US übernommen.

Newcomer: 1&1 Drillisch AG, 2019 in DE (noch ohne eigenes Netz); Iliad SA („Free Mobile“) hat seit 2012 ein eigenes Netz in FR; Rakuten hat seit 2020 ein eigenes Netz in JP.

In den meisten Ländern, die Teil der vorliegenden Analyse sind, sind drei Mobilfunknetzbetreiber landesweit aktiv. In einzelnen dieser Länder gab es bereits vor Jahren eine Konsolidierung (z. B. in den Niederlanden oder in Österreich). Von den im Zuge der Lizenzierung von UMTS in den Markt eingetretenen Unternehmen⁵⁹ sind die überwiegende Anzahl an Unternehmen wieder aus dem Markt ausgetreten. Erfolgreich war dagegen das Unternehmen CK Hutchison, das mit einem Tochterunternehmen in Österreich und Schweden in dieser Analyse vertreten ist. Das Unternehmen verfolgte von Beginn an einen vergleichsweise disruptiven Marktansatz. Das Scheitern von anderen Neueinsteigern wird in der Literatur u. a. auf First-Mover-Vorteile der etablierten Anbieter zurückgeführt.⁶⁰

Zuletzt hat es mit der Fusion von T-Mobile und Sprint in den USA eine Verringerung der Anzahl von landesweit aktiven Mobilfunknetzbetreibern gegeben. In 7 von 11 Ländern sind somit 3 Mobilfunknetzbetreiber landesweit aktiv.

In Deutschland und Japan sind mit der 1&1 Drillisch AG und Rakuten erst kürzlich zwei Neueinsteiger in den Markt getreten. Damit hat sich die Marktkonsolidierung, d. h. die Verringerung der Anzahl der öffentlichen Mobilfunknetzbetreiber, in Deutschland wiederum umgekehrt.

Zum Zeitpunkt dieser Untersuchung gab es nur in Frankreich und Schweden vier etablierte Mobilfunknetzbetreiber, wobei in beiden Ländern nicht überall vier parallele Netzinfrastrukturen bestehen. Um wettbewerbliche Probleme zu beheben, hatte sich Frankreich Ende der 2000er Jahre entschlossen, eine 4. Mobilfunklizenz zu vergeben. Zum Zeitpunkt der Vergabe lag die Mobilfunkpenetration in Frankreich unter dem EU-Durchschnitt und die Endkundepreise waren vergleichsweise hoch.⁶¹ Zudem war damals Frankreich eines der wenigen Länder in der EU mit nur drei Mobilfunknetzbetreibern. Der 4. Mobilfunknetzbetreiber, Iliad/Free Mobile, bot als Mobilfunknetzbetreiber erstmals im Januar 2012 Mobilfunkdienste an. Davor war Iliad den Endkunden bereits als Festnetzanbieter bekannt.

Während es in den USA vor der Konsolidierung mit Verizon und AT&T zwei große und mit T-Mobile und Sprint zwei kleinere landesweit aktive Mobilfunknetzbetreiber gegeben hat, hat die Fusion von T-Mobile und Sprint dazu geführt, dass sich die Teilnehmer-

⁵⁹ Curwen und Whalley (2015) geben 46 neue Marktteilnehmer im Zuge der Lizenzierung von UMTS an.

⁶⁰ Siehe dazu Berne et al. (2019), S. 263ff.

⁶¹ Berne et al. (2019), S. 266.

marktanteile der nationalen Anbieter angeglichen haben. In Deutschland bleibt abzuwarten, wie sich die Marktanteile nach dem Markteintritt von 1&1 Drillisch verändern werden. Aktuell verfügen die drei etablierten Mobilfunknetzbetreiber Telekom Deutschland, Vodafone und Telefónica über die folgenden Teilnehmermarktanteile: 32 Prozent, 38 Prozent und 30 Prozent.⁶²

Der internationale Vergleich von Teilnehmermarktanteilen zeigt, dass in der Schweiz, Südkorea, Japan und Australien der führende Anbieter mit Marktanteilen von deutlich über 30 Prozent einen signifikant höheren Marktanteil als den „fair market share“ hat. In einem Markt mit drei Mobilfunknetzbetreibern läge dieser bei 33 Prozent.

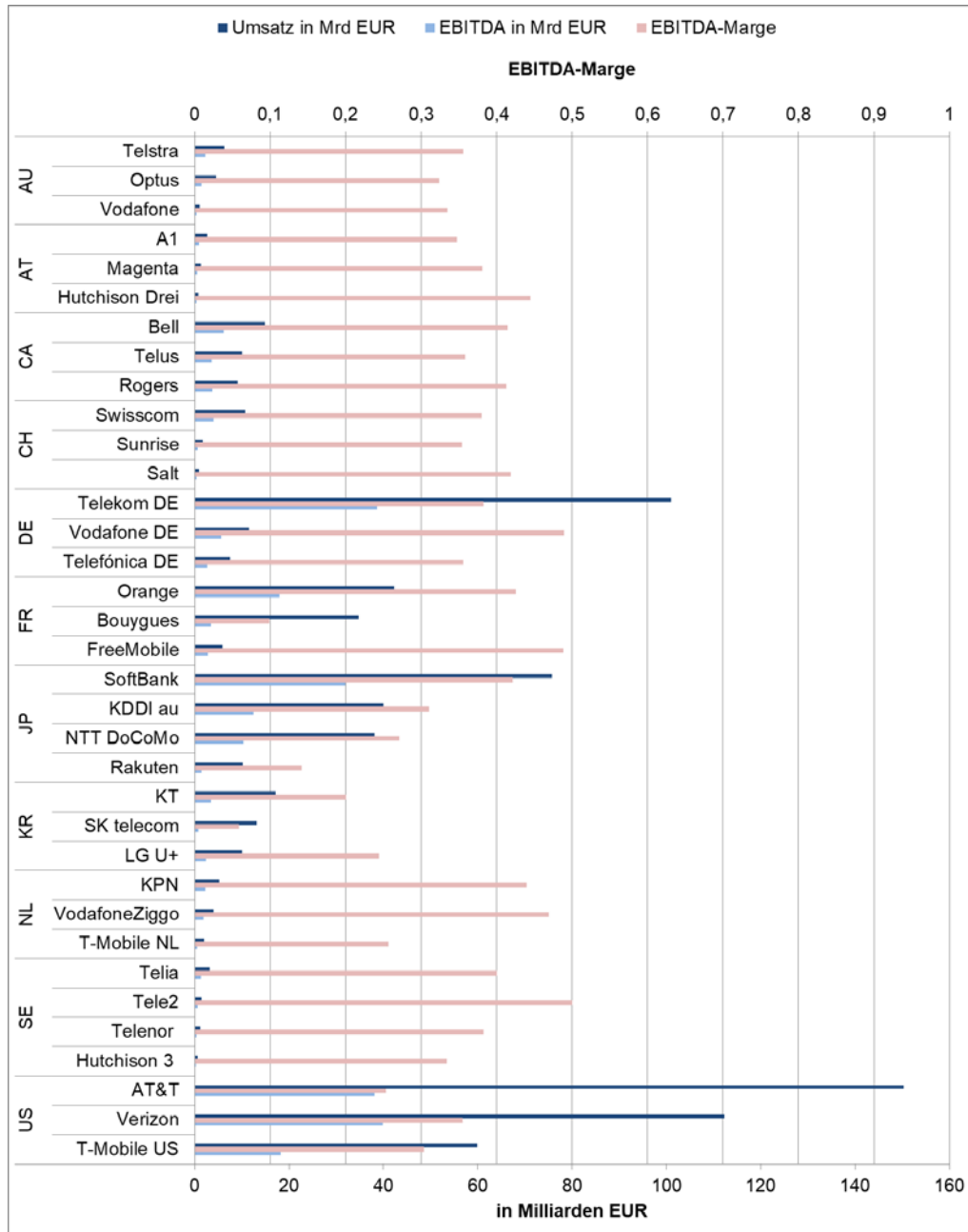
Eine besondere Stellung der Incumbents bei der EBITDA-Marge, die eine wesentliche Kenngröße zur Bewertung von Unternehmen ist, lässt sich dagegen nicht feststellen. Die Umsätze und EBITDA (Gewinn vor Zinsen, Steuern, Abschreibungen auf Sachanlagen und immateriellen Vermögensgegenständen) sowie die EBITDA-Marge (EBITDA/Umsatz) der einzelnen Mobilfunknetzbetreiber aus dem Geschäftsjahr 2020 werden nach Ländern sortiert in Abbildung 7-1 gezeigt. Dabei wird jeweils das gesamte Unternehmen betrachtet, da gerade EBITDA-Daten selten oder nie für das Mobilfunksegment ausgewiesen werden.

Es lässt sich erkennen, dass der überwiegende Anteil, genauer 20 von den hier dargestellten 35 Unternehmen, eine EBITDA-Marge zwischen 20 Prozent und 40 Prozent für das Jahr 2020 aufweisen. 12 der aufgelisteten Unternehmen erzielten im Geschäftsjahr 2020 eine EBITDA-Marge von über 40 Prozent. Der Spitzenreiter ist hier Tele2 in Schweden (EBITDA-Marge von 50 Prozent).

Die durchschnittlichen EBITDA-Margen der letzten 10 Jahre im Zeitraum von 2011 bis 2020, die allein für börsennotierte Unternehmen vorliegen, werden in Abbildung 7-2 gezeigt.

⁶² Umsatzmarktanteile lassen sich in der Regel nicht vergleichen, weil Unternehmen häufig, wenn sie sowohl auf dem Festnetz- als auch Mobilfunkmarkt aktiv sind, keine eigenständige Betrachtung von reinen Mobilfunkumsätzen ermöglichen.

Abbildung 7-1: Umsätze (in Mrd. Euro), EBITDA (in Mrd. Euro) und EBITDA-Marge (Geschäftsjahr 2020)

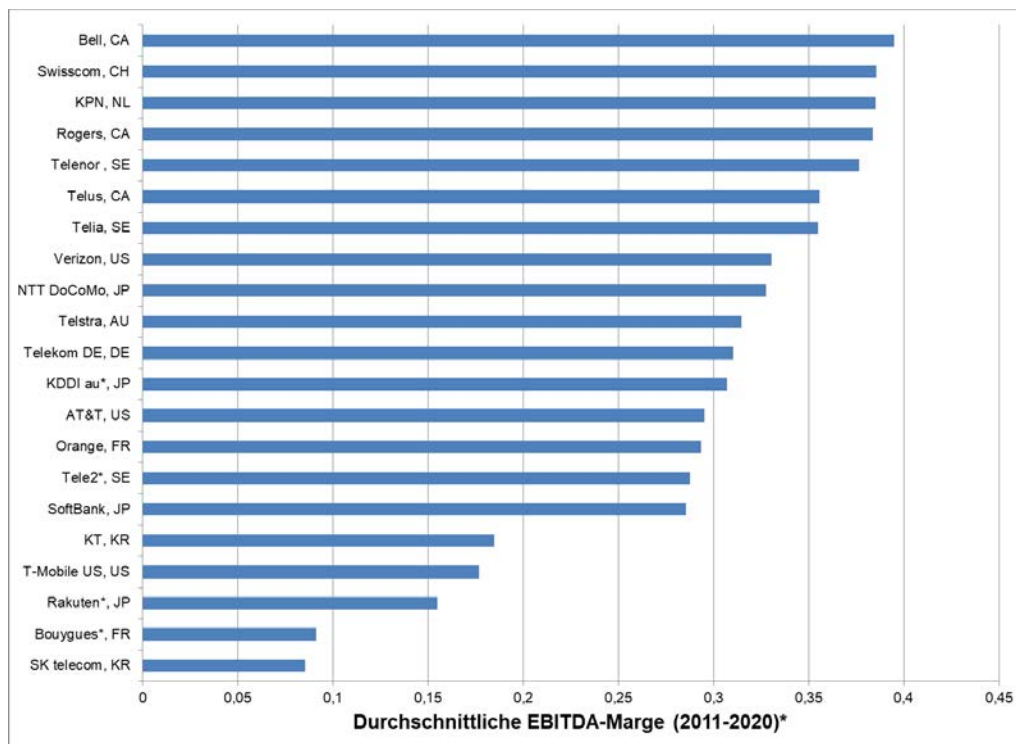


Quelle: Geschäftsberichte der Mobilfunknetzbetreiber bzw. der Mutterkonzerne. Für SFR in Frankreich liegen keine Daten vor.

Zwischen 2011 und 2020 lag die durchschnittliche EBITDA-Marge bei den börsennotierten Unternehmen zwischen 9 Prozent (SK telecom aus Südkorea) und 39 Prozent (Bell aus Kanada). Der Großteil der EBITDA-Margen liegt zwischen 20 und 40 Prozent (16

von 21 Unternehmen). Die durchschnittliche Marge über diesen Zeitraum liegt bei keinem Unternehmen über 40 Prozent.

Abbildung 7-2: Durchschnittliche EBITDA-Marge (2011-2020) ausgewählter Unternehmen



* Für Rakuten liegen Daten nur ab 2016 vor, für KDDI au, Tele2 und Bouygues nur ab 2015.

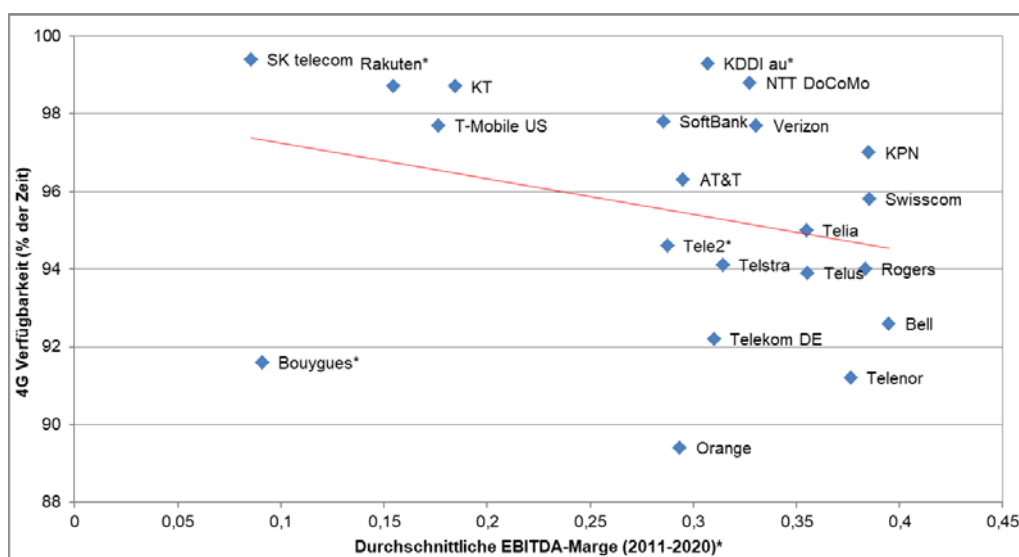
Quelle: Geschäftsberichte der Mobilfunknetzbetreiber bzw. der Mutterkonzerne. Auswahl basiert darauf, ob ein Unternehmen oder dessen Mutterkonzern ein börsennotiertes Unternehmen ist.

Ein Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen EBITDA-Marge der Jahre 2011 bis 2020 und der 4G-Verfügbarkeit aus dem Jahr 2020 wird in Abbildung 7-3 aufgezeigt. In dem dort dargestellten Punktdiagramm werden beide Variablen gegenübergestellt, sodass eine negative Korrelation zwischen der 4G-Verfügbarkeit und der durchschnittlichen EBITDA-Marge deutlich wird (dargestellt durch die rote Trendlinie). Eine mögliche Erklärung für diese negative Korrelation, d. h. eine höhere 4G-Verfügbarkeit geht mit einer geringeren EBITDA-Marge aus der Vergangenheit einher, könnte sein, dass Unternehmen weniger profitabel waren, weil sie in Relation zu anderen Unternehmen mehr in 4G investiert haben. Die Telekom Deutschland, Tele2, Telia und Telenor (Schweden) weisen, verglichen mit den anderen Unternehmen, eine hohe EBITDA-Marge auf, haben aber im Vergleich eine unterdurchschnittlich niedrige 4G-Verfügbarkeit. Dieser Befund stimmt mit der Beobachtung überein, dass in Deutschland

erst deutlich später als in den Vergleichsländern eine 4G-Verfügbarkeit von über 80 Prozent erreicht wurde.

Im Gegensatz dazu haben z. B. SK telecom und KT (Südkorea) sowie Rakuten (Japan), die eine niedrigere EBITDA-Marge in der Vergangenheit hatten, im Jahr 2020 eine besonders hohe 4G-Verfügbarkeit.

Abbildung 7-3: Durchschnittliche EBITDA-Marge (2011-2020) und 4G-Verfügbarkeit (in Prozent der Zeit, 2020)



* Für Rakuten liegen Daten nur ab 2016 vor, für KDDI au, Tele2 und Bouygues nur ab 2015. Die Auswahl basiert darauf, ob ein Unternehmen oder dessen Mutterkonzern ein börsennotiertes Unternehmen ist. Die Trendlinie zeigt den linearen Zusammenhang.

Quelle: Geschäftsberichte der Mobilfunknetzbetreiber bzw. der Mutterkonzerne.

Sofern sich ein Mobilfunknetzbetreiber darauf konzentriert, seine Profitabilität zu behalten bzw. für internationale Investoren und den Kapitalmarkt attraktiv zu sein, deutet die obige Abbildung darauf hin, dass Spielräume zum Ausbau von LTE (z. B. die zeitliche Streckung von Investitionen) genutzt wurden und werden, sofern dies die Intensität des Wettbewerbs bzw. die Erfüllung von Versorgungsaufgaben ermöglichen.

7.3 Staatsbeteiligung an Mobilfunknetzbetreibern

In 7 von 11 Ländern ist der Staat an Mobilfunknetzbetreibern beteiligt. Die Ausgestaltung und Höhe der Staatsbeteiligungen finden sich in Tabelle 7-2. Ein eindeutiger Einfluss auf die Mobilfunkqualität lässt sich aus einer Staatsbeteiligung nicht ableiten. So gibt es sowohl Länder wie die Schweiz mit einer sehr guten Mobilfunkversorgung und

einer Staatsbeteiligung als auch Länder wie Deutschland, wo die Versorgung im internationalen Vergleich bisher keine Spitzenplätze erringen konnte. Auch in Japan wurde auch ohne eine staatliche Beteiligung am Marktführer eine sehr gute Versorgung erzielt.

Tabelle 7-2: Staatsbeteiligungen an Mobilfunknetzbetreibern

Land	Staatsbeteiligung (Ja/Nein)	Erläuterung
AU	Nein	-
DE	Ja	Insgesamt hält der Bund 31,9 Prozent der Anteile an der Deutschen Telekom AG. Davon entfallen 17,4 Prozent auf die bundeseigene Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). ⁶³
FR	JA	Der französische Staat hält 22,95 Prozent der Anteile an Orange S.A., welche ursprünglich als Tochtergesellschaft aus der France Télécom S.A. hervorgegangen ist. ⁶⁴
JP	Nein	-
CA	(Ja)	Saskatchewan Telecommunications Holding Corporation „SaskTel“ ist ein staatliches Telekommunikationsunternehmen der gleichnamigen Provinz. ⁶⁵ Landesweit aktive Mobilfunknetzbetreiber sind ohne staatliche Beteiligung.
NL	Nein	-
AT	Ja	Die Österreichische Beteiligungs AG, vor 2019 Österreichische Bundes- und Industriebeteiligungen GmbH, hält zum Stand 2020 28,42 Prozent der Anteile an der Telekom Austria AG. ⁶⁶
CH	Ja	Seit der letzten Kapitalherabsetzung im Jahre 2009 weist die Eidgenossenschaft eine Beteiligung an der Swisscom von 51,8 Millionen Aktien auf. Dies entspricht einem Anteil von 51 Prozent. ⁶⁷
SE	Ja	Nach der Fusion von Telia und Sonera im Jahr 2002 besaß der schwedische Staat 46 Prozent an der neuen TeliaSonera und der finnische Staat etwas mehr als 19 Prozent. Seitdem haben beide Staaten ihre Anteile an dem Unternehmen reduziert. Heute befinden sich die meisten Telia-Aktien im Besitz verschiedener Aktionäre, und das Unternehmen ist der größte nordische und baltische Mobilfunkbetreiber, sowohl was den Umsatz als auch den Kundenstamm betrifft. ⁶⁸
KR	Ja	KT Corporation entsprang aus dem ehemals vollständig in Staatsbesitz befindlichen Unternehmen Korean Telecom und wurde 2002 privatisiert. ⁶⁹ Aktuell ist der größte Anteilseigner des Unternehmens der staatliche National Pension Service, welcher zum Ende des Geschäftsjahres 2020 11,68 Prozent der Anteile am Unternehmen hält ⁷⁰ , allerdings ohne Verwaltungsrechte ⁷¹ .
US	Nein	-

Quelle: WIK-Consult.

⁶³ <https://www.telekom.com/de/investor-relations/unternehmen/aktionaersstruktur>, zuletzt abgerufen am: 20.04.2021.

⁶⁴ [Share and consensus | Orange Com](#), zuletzt abgerufen am: 05.05.2021.

⁶⁵ [SaskTel AnnualReport 2019 20 Final.pdf](#), zuletzt abgerufen am: 18.05.2021.

⁶⁶ [Aktionärsstruktur | A1 Telekom Austria Group](#), zuletzt abgerufen am: 30.04.2021.

⁶⁷ [Aktie Stammdaten, Konsensus, Investment Case | Swisscom](#), zuletzt abgerufen am: 22.04.2021.

⁶⁸ <https://www.connect-testlab.com/sweden-2017-results-1>

⁶⁹ WSJ 05.08.1998: „South Korean Government Announces Privatization Plans“. Online verfügbar unter <https://www.wsj.com/articles/SB902203662794636500>, zuletzt abgerufen am: 14.05.2021.

⁷⁰ KT Business Report, Geschäftsjahr 2020. Online verfügbar unter <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/892450/000119312521142666/d73875d20f.htm#rom7387533>, zuletzt abgerufen am: 14.05.2021.

⁷¹ Kim, Sung (2009).

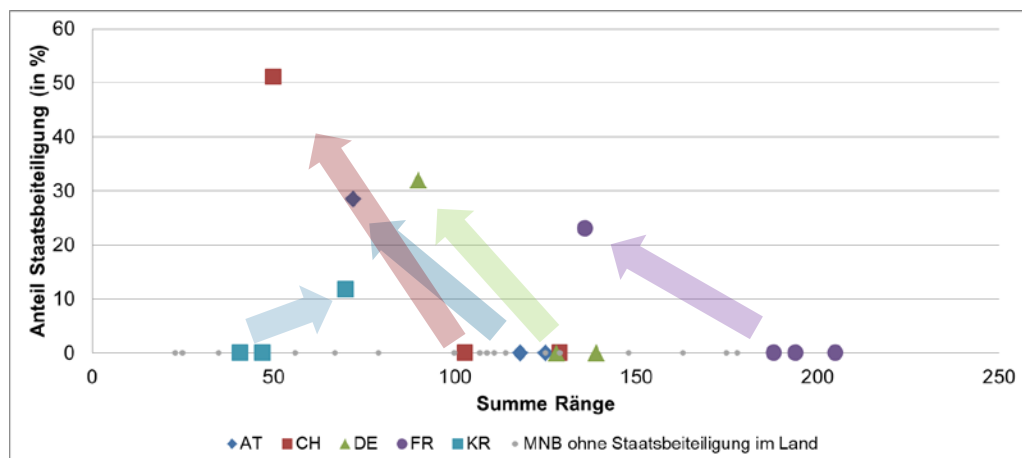
In Abbildung 7-4 wird die Staatsbeteiligung an Mobilfunknetzbetreibern dem Gesamtranking der Mobilfunknetzbetreiber (Tabelle 6-5) gegenübergestellt. Die Länder, in denen der Staat an mindestens einem Mobilfunknetzbetreiber beteiligt ist, wurden gesondert betrachtet. Dabei gilt wie in Kapitel 6.5 erläutert, je geringer die Summe der Ränge ist, desto besser schneidet ein Mobilfunknetzbetreiber über alle betrachteten Kriterien hinweg ab.

Das folgende Punktdiagramm zeigt, dass die Mobilfunknetzbetreiber mit Staatsbeteiligung in Österreich, der Schweiz, Deutschland und Frankreich jeweils im Land hinsichtlich der hier betrachteten Parameter am besten abschneiden. Der Mobilfunknetzbetreiber KT aus Südkorea, an dem der Staat 11,68 Prozent im Jahr 2020 hielt, bricht den Trend. Dieser Mobilfunknetzbetreiber belegt, verglichen mit den anderen im Land aktiven Mobilfunknetzbetreibern, den letzten Platz.

Innerhalb dieser Stichprobe lässt sich also erkennen, dass die Mobilfunknetzbetreiber mit Staatsbeteiligung meist besser gegenüber den privaten Mitbewerbern im gleichen Land abschneiden. Die Ausnahme ist KT in Südkorea.

Des Weiteren scheint ein Zusammenhang zwischen der Höhe der Staatsbeteiligung und des Rankings des jeweiligen Mobilfunknetzbetreibers zu bestehen: je höher die Beteiligung, desto besser der Anbieter. Allgemeine Schlussfolgerungen können jedoch daraus nicht gezogen werden, weil die Stichprobe für die Generalisierung der Aussage zu klein ist. Außerdem lässt sich kein klarer Trend dahingehend erkennen, dass die Länder, in denen sich der Staat an einem Betreiber beteiligt, auch im internationalen Vergleich besser abschneiden, da die Länder mit Beteiligung fast über das gesamte Spektrum des Rankings verteilt sind.

Abbildung 7-4: Anteil Staatsbeteiligung und Summe der Ränge



Quelle: Basierend auf Opensignal (2021a) und WIK-Consult (siehe Tabelle 7-2). Die Summe der Ränge ergibt sich aus dem jeweiligen Rang für beste 4G-Verfügbarkeit (% der Zeit), Erlebnis Download- und Uploadgeschwindigkeit, Video- und Gaming-Erlebnis sowie Sprachqualität (siehe Tabelle 6-5). Eine geringere Summe bedeutet somit einen besseren Rang über alle Kriterien hinweg. Die eingezeichneten Pfeile verdeutlichen, dass die Mobilfunknetzbetreiber mit Staatsbeteiligung in den Ländern, an denen der Staat an mindestens einem Mobilfunknetzbetreiber beteiligt ist, besser abschneiden (4 der 5 Pfeile gehen von rechts nach links, der beste Mobilfunknetzbetreiber ist in 4 von 5 Fällen demnach derjenige mit Staatsbeteiligung).

7.4 Durchschnittliche Umsätze pro Monat und Teilnehmer (ARPU)

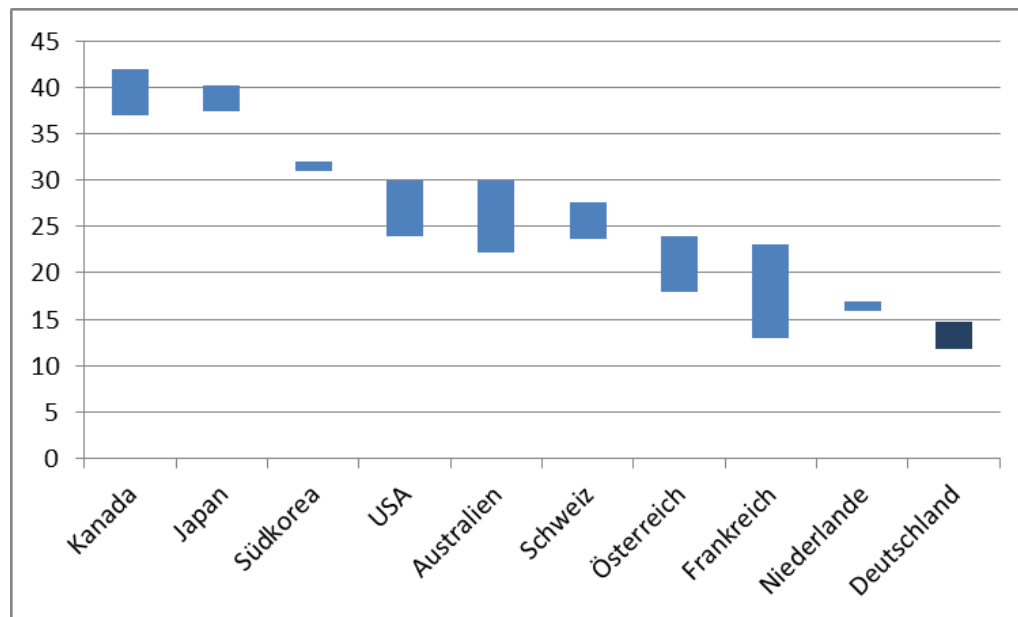
Die durchschnittlichen monatlichen Umsätze pro Mobilfunkkunde (ARPU) unterscheiden sich zwischen den Ländern und Mobilfunknetzbetreibern beträchtlich.

Abbildung 7-5 zeigt die Spanne der ARPU für jedes Land zwischen jenem Mobilfunknetzbetreiber mit dem höchsten und jenem mit dem niedrigsten ARPU. Unter Berücksichtigung der Kaufkraft liegt der ARPU in Kanada bei über 40 Euro KKP. Im Vergleich zu Kanada fällt auf, dass in Deutschland fast nur ein Drittel des durchschnittlichen Erlöses pro aktivem Mobilfunkkunden erzielt wird.⁷²

Die Rangfolge der Länder in Abbildung 7-1 ist bis auf eine Ausnahme (Niederlande) mit der Rangfolge der Länder bei der 4G-Versorgung vergleichbar.

⁷² Maschine-zu-Maschine (M2M)-SIM-Karten werden bei der Berechnung des ARPU nicht berücksichtigt.

Abbildung 7-5: Spanne der ARPU der Mobilfunknetzbetreiber (in Euro KKP)

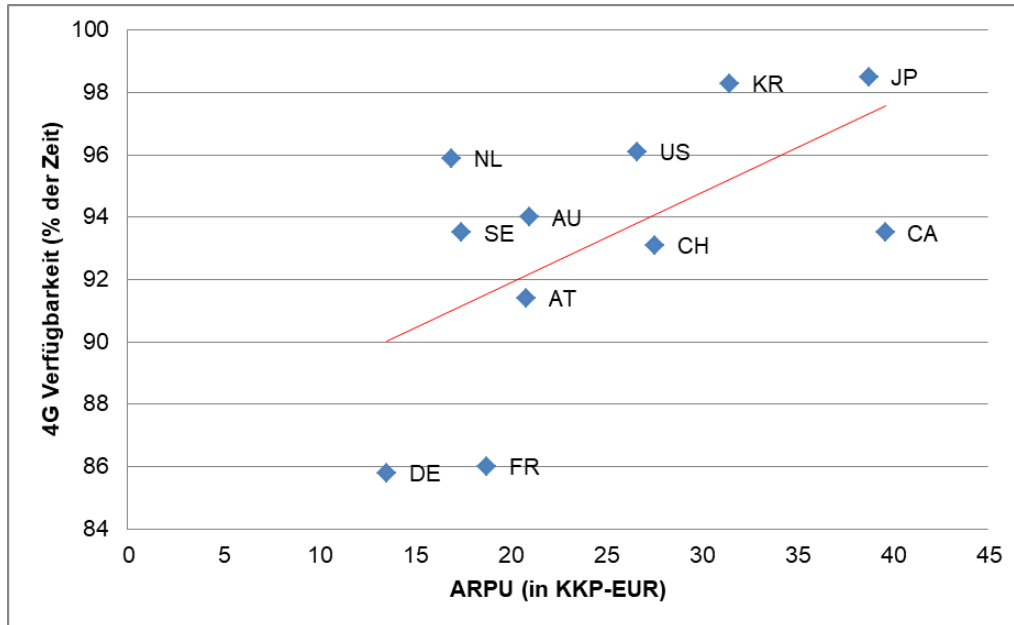


Quelle: WIK-Consult, basierend auf Geschäftsberichten der einzelnen Mobilfunknetzbetreiber innerhalb der Länder. ARPU berechnen sich aus der Anzahl der aktiven Kunden, sodass M2M-SIM-Karten nicht miteinfließen.

Es zeigt sich, dass die Mobilfunknetzbetreiber in den fünf außereuropäischen Ländern die mit Abstand höchsten ARPU erzielen. Dahinter findet sich die Schweiz, erst danach kommen die Länder der EU. Inwieweit der europäische Rechtsrahmen und seine Anwendung hier einen Einfluss haben, weil beispielsweise Vorleistungsentgelte und Endkundenentgelte reguliert wurden, kann hier nicht beantwortet werden. Ebenso wenig kann beantwortet werden, ob in den Ländern, in denen es einen höheren ARPU gibt, die generelle Zahlungsbereitschaft der Endkunden für Telekommunikationsdienste höher ausfällt.

Die Daten zeigen, dass die Mobilfunknetzbetreiber in den beiden Ländern mit der vergleichsweise niedrigsten Mobilfunkqualität (Frankreich und Deutschland) beim ARPU mit den anderen Ländern nicht mithalten können. Dieser Zusammenhang wird in Abbildung 7-6 noch einmal verdeutlicht: Bei steigendem ARPU ist eine bessere 4G-Verfügbarkeit beobachtbar. Es ist jedoch zu beachten, dass es sich nur um eine kleine Stichprobe handelt.

Abbildung 7-6: Durchschnittlicher ARPU (in KKP Euro, Geschäftsjahre 2019 oder 2020) der Länder und 4G-Verfügbarkeit (in Prozent der Zeit, Q1 2020)



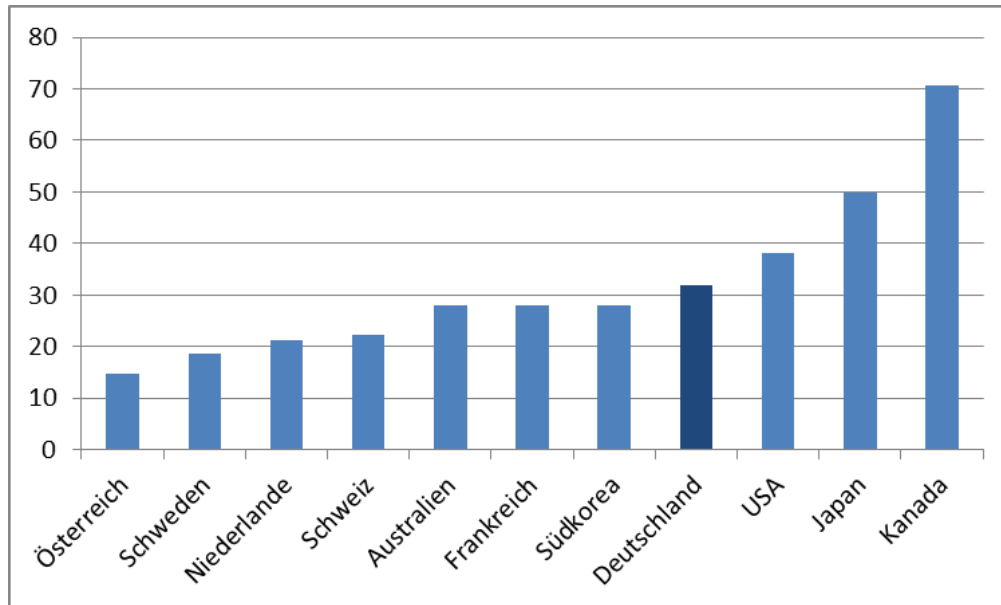
Quelle: Opensignal (2020) und Geschäftsberichte der Mobilfunknetzbetreiber der Länder (siehe Länderstudien im Anhang).
Trendlinie zeigt den linearen Zusammenhang.

7.5 Tarifvergleich

Während der durchschnittliche monatliche Umsatz pro Kunde (ARPU) in Deutschland zum Teil deutlich hinter den Vergleichswerten anderer Mobilfunknetzbetreiber zurückbleibt, werden doch vielfach die hohen Endkundenpreise, insbesondere der Preis pro Gigabyte, kritisiert. Hierbei ist anzuführen, dass mit der Einführung von „Zero-Rating-Diensten“ nicht transparent ist, wie viele Daten Endkunden tatsächlich mit ihrem mobilen Endgerät vertraglich nutzen. Der Vergleich von Daten-Inklusivvolumina bzw. die darauf folgende Berechnung von Preis pro GB liefert somit nur eingeschränkt nutzbare Informationen.

Unabhängig von den Randbedingungen eines Tarifvergleichs wird in Abbildung 7-7 ein einheitliches Mobilfunkbündel verglichen und, als validierender Faktor, in Abbildung 7-8 der durchschnittliche Preis pro Gigabyte betrachtet.

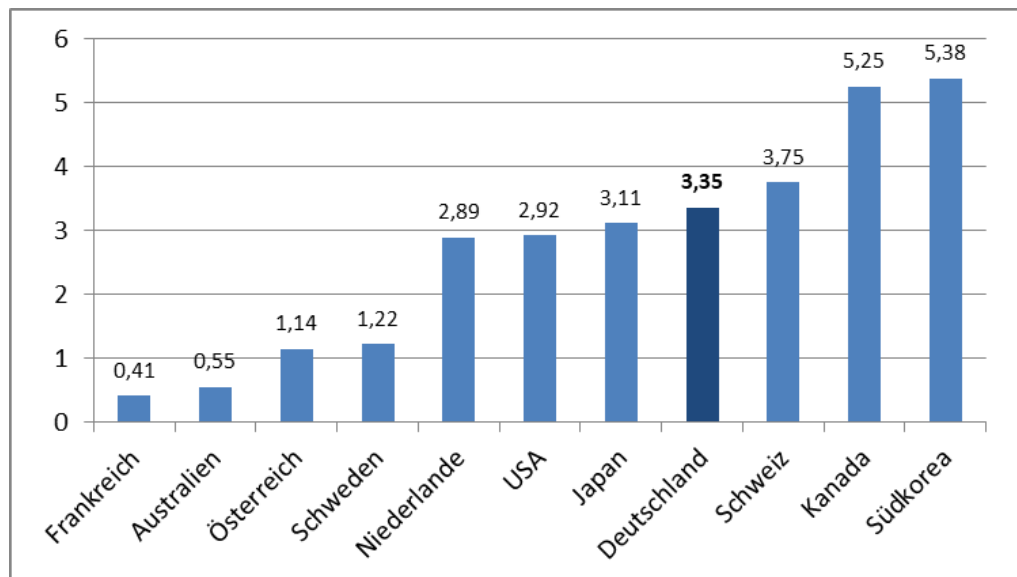
Abbildung 7-7: Mobilfunktarifvergleich, „High usage voice and data“⁷³ 2019 (in KKP Euro)



Quelle: ITU (2021).

⁷³ Die Daten beziehen sich auf ein Daten- und Sprachpaket mit hohem Verbrauch und ein monatliches Kontingent von 140 Minuten, 70 SMS und 1,5 GB.

Abbildung 7-8: Durchschnittspreis pro Gigabyte (in KKP in Euro) 2021



Quelle: cable.co.uk (2021).

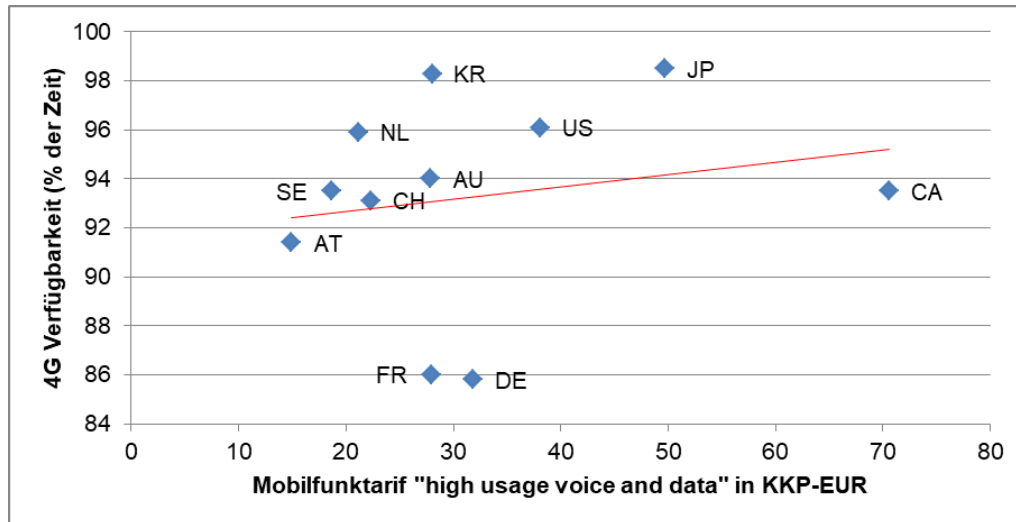
Generell könnte man davon ausgehen, dass höhere Tarifpreise einen höheren ARPU bedingen. Tatsächlich hat Kanada als Land, in dem die Mobilfunknetzbetreiber die höchsten Erlöse pro Kunde erzielen, auch die höchsten Mobilfunkpreise sowie die zweithöchsten Preise pro Gigabyte. Aus diesem Grund sehen die staatlichen Stellen in Kanada ein wettbewerbliches Problem und versuchen deshalb mit Zugangsverpflichtungen („national roaming“) Anreize für den Markteintritt von regionalen Anbietern zu schaffen.

Auch Japan, die USA und Südkorea bestätigen diesen Zusammenhang. Deutschland hingegen hat im Mobilfunktarifvergleich ebenfalls höhere Preise, auch der Preis pro Gigabyte liegt mit 3,35 Euro an vierthöchster Stelle. Frankreich dagegen hat ein besseres Preis-Leistungs-Verhältnis als Deutschland. Hier hat sich die disruptive Marktstrategie von Free Mobile positiv auf die Endkundenpreise ausgewirkt.⁷⁴

In Abbildung 7-9 werden die Tarifpreise der 4G-Verfügbarkeit gegenübergestellt. Dabei lässt sich eine positive Korrelation erkennen. Je höher die Tarifpreise sind, desto besser war auch die 4G-Verfügbarkeit im Jahr 2020. Ähnliche Zusammenhänge können auch mit unterschiedlichen Tarifkörben (1 GB, 300 Minuten, 80 SMS oder 20 GB, Ruf- und SMS-Flat) gefunden werden, sind hier jedoch nicht dargestellt.

⁷⁴ Siehe dazu auch Berne et al. (2019), S. 275. Berne et al. führen dabei an, dass Free Mobile von günstigen regulatorischen Rahmenbedingungen profitierte (z. B. geringe Lizenzkosten).

Abbildung 7-9: Mobilfunktarif „high usage voice and data“ (2019) und 4G-Verfügbarkeit (Q1 2020)



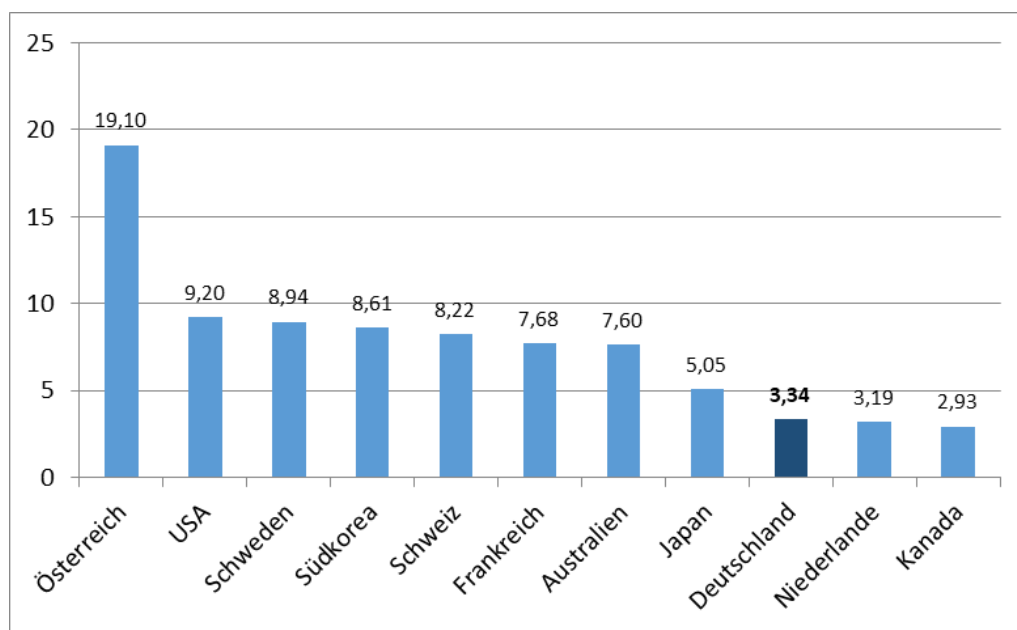
Quelle: Opensignal (2020) und ITU (2019).

Dass sich aus internationaler Perspektive in Deutschland die hohen Endkundenpreise für bestimmte Mobilfunkangebote bzw. die hohen Preise pro Gigabyte nicht in den Umsätzen pro Kunde widerspiegeln, liegt daran, dass die tatsächlichen Erlöse auf Basis der gebuchten Tarife beruhen. Daher liegt die Vermutung nahe, dass in Deutschland im internationalen Vergleich eher kleinere Mobilfunkpakete gebucht werden als dies in anderen Ländern der Fall ist. Diese sind relativ zu anderen Ländern zwar teurer, die absoluten Erlöse sind hingegen geringer.

7.6 Datennutzung

Die Datennutzung spiegelt das Nutzungsverhalten der Mobilfunkendkunden im jeweiligen Land wider. In Deutschland wird, ähnlich wie in den Niederlanden und Kanada, deutlich weniger Datenvolumen pro Nutzer verbraucht. Daher kann davon ausgegangen werden, dass Nutzer auch tendenziell Tarife mit geringerem inkludierten Datenvolumen buchen, die, relativ zu den anderen Ländern gesehen, teurer sind.

Abbildung 7-10: Datennutzung Mobilfunk pro Teilnehmer/Monat 2019 (in Gigabyte)



Quelle: OECD (2020a).⁷⁵

Mit Abstand am höchsten ist in der Länderauswahl die Datennutzung in Österreich. Dort wurden im Jahr 2019 pro Monat knapp 20 Gigabyte pro Teilnehmer verbraucht. Dies schließt zudem keine reinen Datentarife mit ein, sondern ausschließlich Smartphone-Tarife. Im Vergleich zu Deutschland liegt die mobile Datennutzung in Österreich damit sechsmal so hoch. Österreich ist ein Land, in dem der Mobilfunk von vielen Kunden als Substitut für das Festnetz angesehen wird.⁷⁶

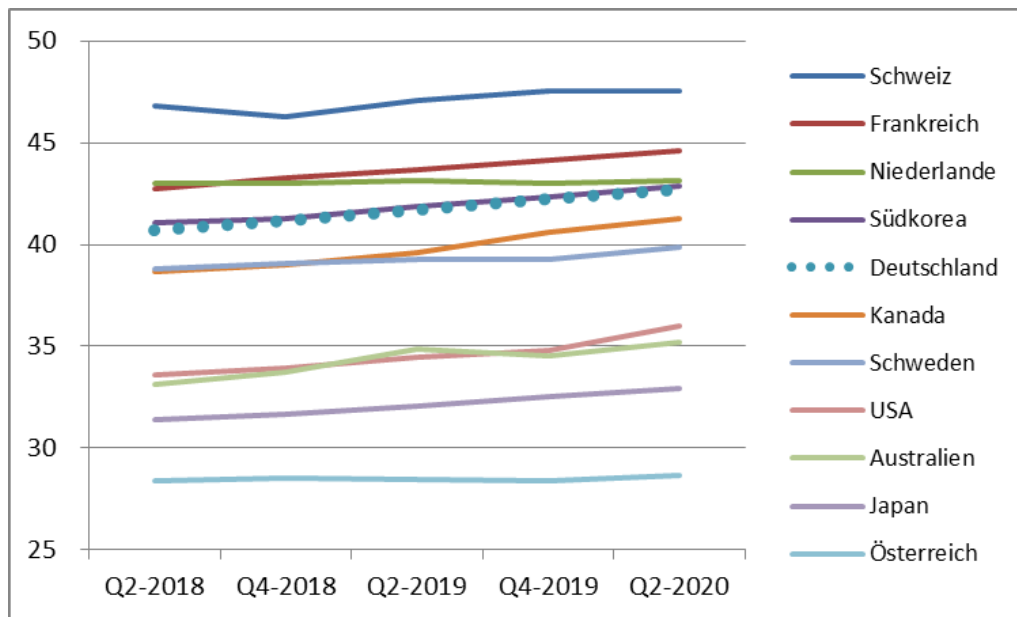
7.7 Festnetz

Abbildung 7-11 zeigt die Anzahl der Breitbandanschlüsse in den verschiedenen Ländern. Es wird deutlich, dass die Anzahl der Anschlüsse in dicht besiedelten Ländern höher ist als in großen Flächenstaaten. Eine Ausnahme bildet Österreich, wo eine starke Fixed-Mobile-Substitution stattfindet. Mit dem Glasfaserausbau hat der Markt für leitungsgebundene Breitbandanschlüsse in Österreich jedoch eine neue Dynamik erhalten.

⁷⁵ Datenquelle USA: FCC (2020).

⁷⁶ Das mobile Datenvolumen pro aktivem mobilen Datentarif (fixes und nicht fixes monatliches Entgelt) beträgt im Jahr 2019 75 GB (siehe RTR (2021)).

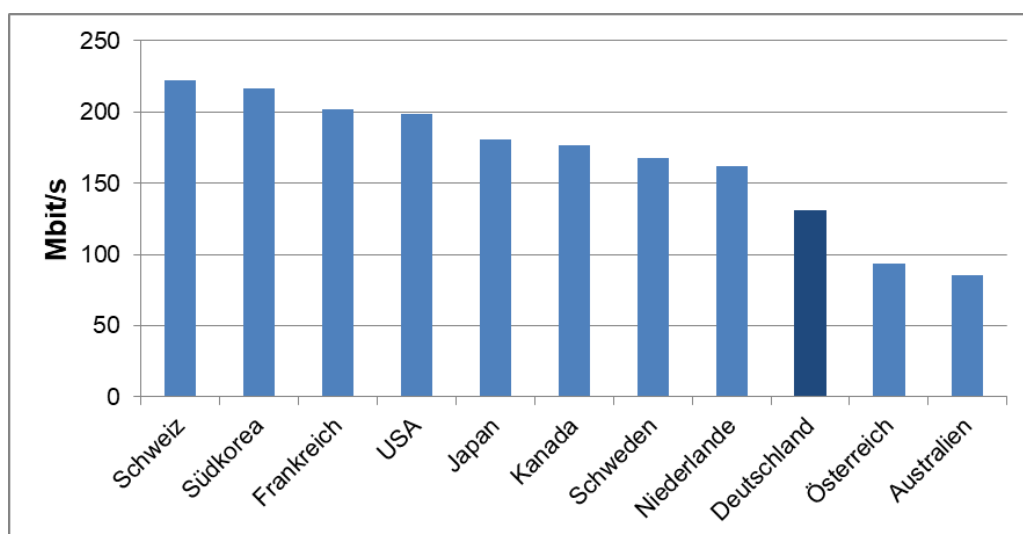
Abbildung 7-11: Festnetz-Breitbandanschlüsse pro 100 Einwohner



Quelle: OECD (2020a).

Abbildung 7-12 zeigt die Festnetz-Download-Geschwindigkeiten in den Vergleichsländern. Die Schweiz und Südkorea sind hier die führenden Länder.

Abbildung 7-12: Festnetz-Download-Geschwindigkeit, Speedtest.net, August 2021



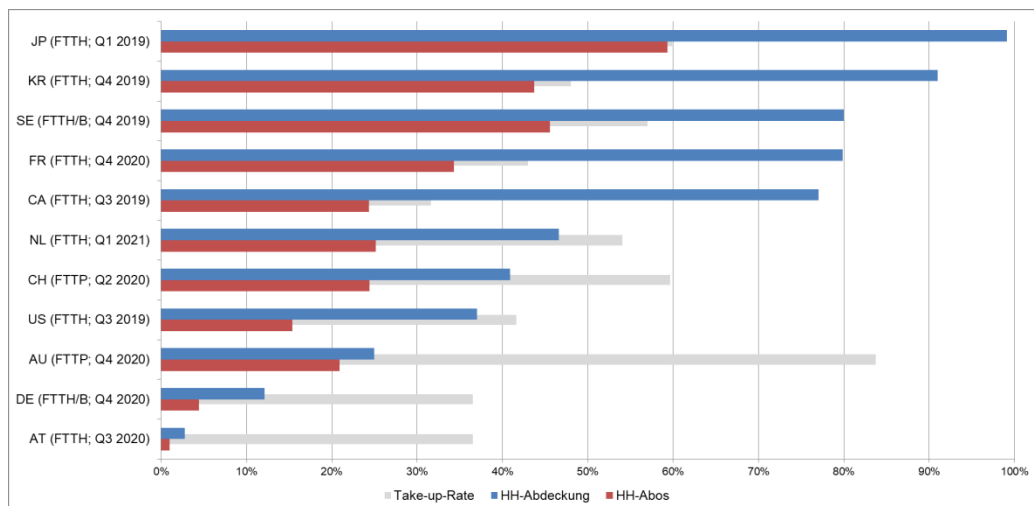
Quelle: Speedtest.net (2021), Stand August 2021. Eigene Darstellung.

In Abbildung 7-13 werden FTTH- bzw. FTTH/FTTB-Abdeckungen der Länder dargestellt. Im Bereich der Glasfaseranschlüsse liegen die asiatischen Staaten Südkorea und Japan vor den meisten anderen Ländern. Ausnahmen bilden Schweden, Frankreich und Kanada. In Schweden wird Glasfaser zumeist von Städten und Gemeinden bzw. den Stadtwerken mit dem Geschäftsmodell „Wholesale only“ ausgerollt.⁷⁷ Auf den passiven Infrastrukturen kann dann Wettbewerb stattfinden, was die Attraktivität erhöht sowie zu niedrigeren Preisen beiträgt.⁷⁸

Frankreich konnte besonders im Jahr 2020 beim FTTH-Ausbau aufholen, die Wachstumsrate der verfügbaren Anschlüsse lag, verglichen zum Vorjahr, bei 31 Prozent. Ähnliches gilt für Kanada, wo Daten jedoch nur für das Jahr 2019 vorliegen. Dort konnte eine Wachstumsrate, verglichen mit dem Jahr 2018, von 36 Prozent verbucht werden.

Deutschland (12 Prozent FTTH/B-Abdeckung, 36 Prozent Take-up-Rate⁷⁹) und Österreich (2,8 Prozent FTTH-Abdeckung und 36 Prozent Take-up-Rate) bilden das Schlusslicht der Länderauswahl. In beiden Ländern ist der Anteil von Docsis 3.0/3.1 besonders hoch.

Abbildung 7-13: Glasfaser-Abdeckung und Take-up-Rate



Hinweis: Definitionen von FTTH, FTTB und FTTP unterscheiden sich zwischen den Ländern. Jeweilige Technologieausweisung in Klammern sowie Zeitpunkt der Erhebung. HH-Abos entspricht der Anzahl der abgenommenen FTTH/P-Anschlüsse im Verhältnis zu allen Festnetz-Breitbandanschlüssen

⁷⁷ Vgl. dazu Sörries (2020).

⁷⁸ Beckert (2017).

⁷⁹ Die Take-up-Rate beschreibt den Anteil der Haushalte, die innerhalb eines Erschließungsgebiets den Dienst (Anschluss) tatsächlich beziehen.

(z. B. VDSL2, DOCSIS 3.0/3.1). Es ist kein einheitlicher Erhebungszeitraum verfügbar, es werden jedoch Wachstumsraten sowie die Einzelnachweise in den Länderstudien im Anhang angegeben.

Eine interessante Entwicklung zeichnet sich in Australien ab, wo die Mobilfunkanbieter durch den glasfaserbasierten Ausbau ihrer 5G-Netze zunehmend auch in den Wettbewerb mit traditionellen Festnetzanbietern treten.

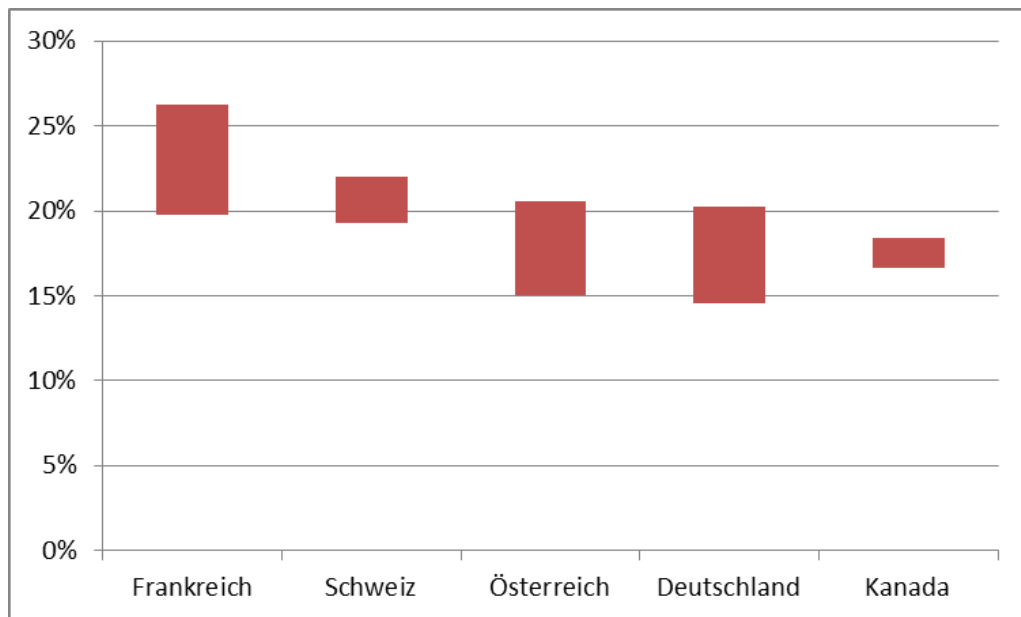
In Österreich tritt der Ausbau von 5G in bisher unversorgten Gemeinden (Katastralgemeinden) in einem gewissen Umfang ebenfalls in Wettbewerb mit dem geförderten FTTH-Ausbau, sofern die Kommunen entsprechende Projekte aufsetzen. Die Realisierung einer 5G-Versorgung kann hier zeitliche Vorteile haben, weil insbesondere die Tiefbauarbeiten weniger umfassend ausfallen (nur zu den Sendestandorten und nicht zu allen unversorgten Haushalten).

7.8 Investition in den Mobilfunkmarkt

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen die Spannen der Investitionsquoten zwischen den Mobilfunknetzbetreibern in den jeweiligen Ländern. Zum Teil werden jedoch in den Ländern nur Angaben über die Investitionsquoten über alle Geschäftsbereiche (d. h. auch Festnetz) veröffentlicht, teilweise nur die Investitionsquoten im Mobilfunkbereich des Betreibers. Für Kanada liegen beide Werte vor. Bei den Investitionsquoten wurde jeweils der letzte Stand, in der Regel das Jahr 2019 oder 2020, berücksichtigt.

Auf das gesamte Unternehmen bezogen, liegen die Investitionsquoten, über die Länder betrachtet, zwischen 15 und 25 Prozent. In Frankreich hat Free Mobile als relativ neuer Mobilfunknetzbetreiber im Markt eine deutlich höhere Investitionsquote als die anderen Mobilfunknetzbetreiber.

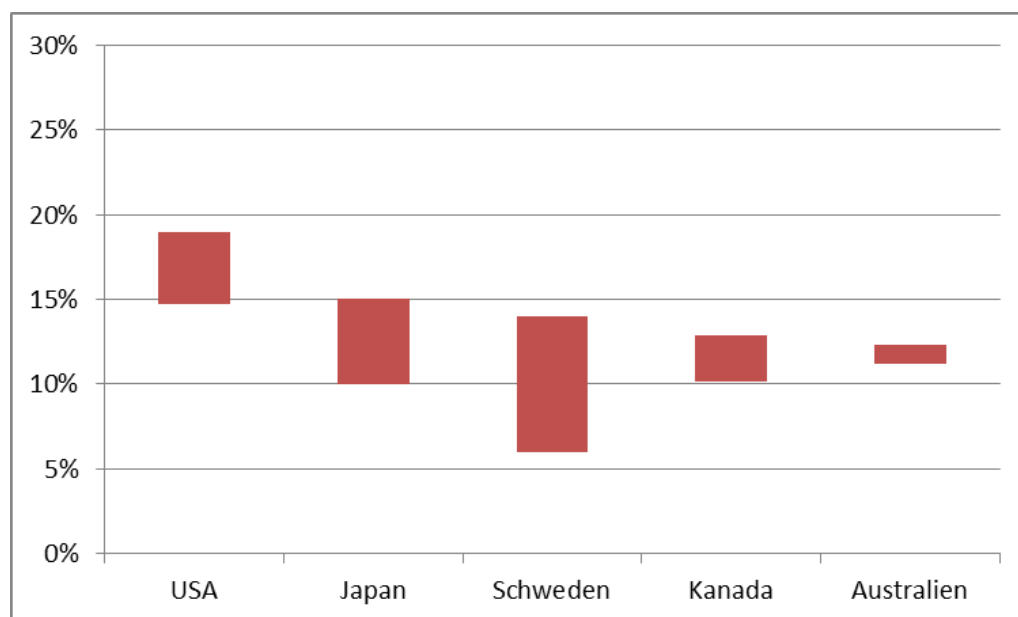
Abbildung 7-14: Spanne Investitionsquoten der Mobilfunknetzbetreiber (insgesamt)



Quelle: WIK-Consult.

Für Kanada liegen sowohl Investitionsquoten zu allen Geschäftsfeldern insgesamt als auch nur auf den Mobilfunk bezogen vor. Insgesamt liegen die Investitionsquoten dort zwischen 17 und 18 Prozent. Im Mobilfunk ist diese Quote mit 10 bis 13 Prozent niedriger. Dies bestätigen auch die weiteren Angaben zur Mobilfunk-Investitionsquote der anderen Länder. Abgesehen von den USA, wo die Mobilfunknetzbetreiber höhere Investitionsquoten haben, liegen alle Mobilfunknetzbetreiber in den Ländern unter 15 Prozent. Diese Diskrepanz der Investitionsquoten im Festnetz ist schlüssig, da Investitionen in Mobilfunkstandorte vermutlich niedriger sind als jene in den Glasfaserausbau, bei denen der Tiefbau ein ganz maßgeblicher Kostentreiber ist und die Anbindung von Mobilfunksendeanlagen mit Glasfaser bei synergetischer Erschließung mit deutlich geringeren Investitionen verbunden ist.

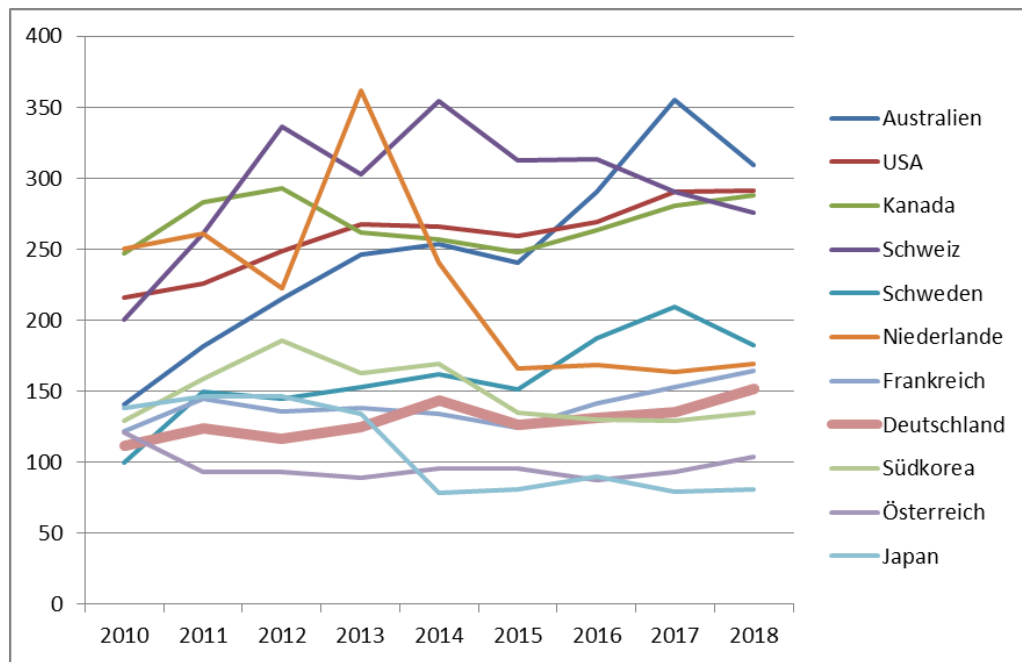
Abbildung 7-15: Spanne Investitionsquoten Mobilfunknetzbetreiber (nur Mobilfunk)



Quelle: WIK-Consult.

Abbildung 7-16 zeigt die Investitionen aller Mobilfunknetzbetreiber innerhalb eines Landes in KKP Euro pro Kopf und umgerechnet für den Zeitraum vom Jahr 2010 bis zum Jahr 2018. Besonders hohe Pro-Kopf-Investitionen werden in Australien, USA, Schweiz und Kanada getätigt, die sich im Jahr 2018 von den restlichen 7 Ländern abheben. Bemerkenswert ist zudem das kontinuierliche Wachstum der Pro-Kopf-Investitionen in Australien zwischen den Jahren 2010 und 2018 und das starke Schrumpfen der Pro-Kopf-Investitionen in den Niederlanden. Japan, Österreich und Südkorea hatten im Jahr 2018 die geringsten Pro-Kopf-Investitionen, Deutschland lag in diesem Jahr auf Platz 7 von 11. Für Österreich fielen die Investitionen im gesamten Zeitraum von 2010 bis 2018 relativ gering aus, während sich ein negativer Trend bei Japan und Südkorea erst ab dem Jahr 2013 bzw. 2014 abzeichnet.

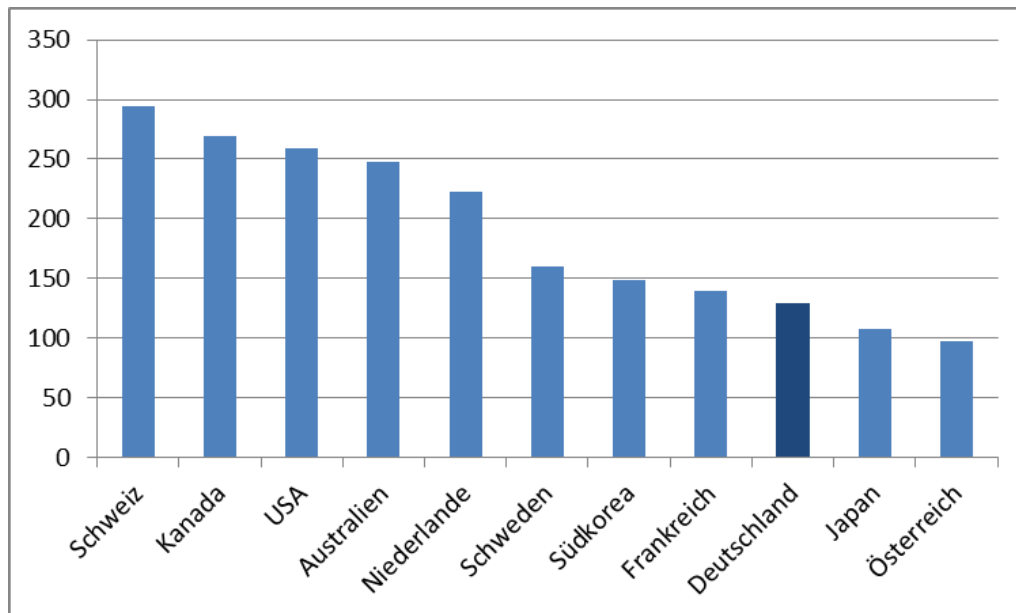
Abbildung 7-16: Telekommunikationsinvestitionen pro Kopf 2010-2018 (KKP Euro)



Quelle: OECD (2020b).

Abbildung 7-17 hingegen zeigt die durchschnittlichen Pro-Kopf-Investitionen über den gesamten Zeitraum von 2010 bis 2018. Dies verdeutlicht noch einmal die relativ geringen durchschnittlichen Pro-Kopf-Investitionen in Südkorea, Frankreich, Deutschland, Japan und Österreich. Bemerkenswert ist, dass, abgesehen von der Schweiz, die das Ranking anführt, die Pro-Kopf-Investitionen in den Flächenländern Kanada, USA und Australien besonders hoch ausfallen. Die Relationen der unterschiedlichen Pro-Kopf-Investitionen sind ebenso beachtlich. So hatten Schweizer Mobilfunknetzbetreiber fast dreimal höhere Pro-Kopf-Investitionen zwischen den Jahren 2010 und 2018 getätigt als die Mobilfunknetzbetreiber im Nachbarland Österreich.

Abbildung 7-17: Durchschnittliche Telekommunikationsinvestitionen pro Kopf/Jahr zwischen 2010 – 2018 (KKP Euro)

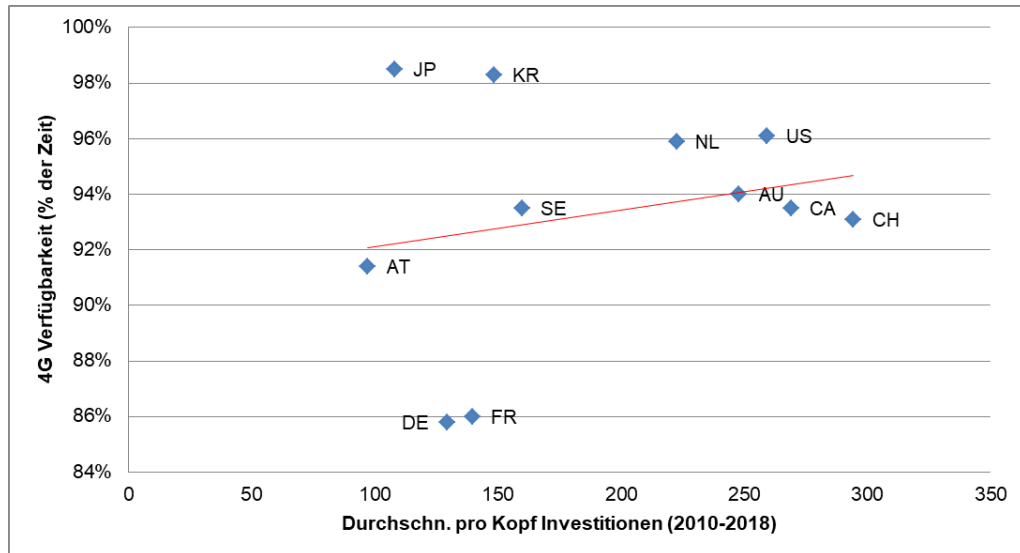


Quelle: OECD (2020b).

Der Zusammenhang zwischen hohen Pro-Kopf-Investitionen und einer hohen 4G-Verfügbarkeit wird in Abbildung 7-18 verdeutlicht. Südkorea und Japan weisen zwar trotz relativ geringer Investitionen in den Mobilfunkmarkt eine sehr hohe 4G-Verfügbarkeit im Jahr 2020 aus. Gerade Südkorea profitierte davon, dass bereits mit der Einführung von UMTS eine sehr hohe Dichte an Mobilfunkstandorten errichtet werden musste. Diese Anzahl von Standorten wurde mit der Einführung von LTE nochmals erhöht. Damit mussten zum Zeitpunkt der Qualitätsmessung kaum noch Investitionen getätigt werden. Ähnlich geringe Pro-Kopf-Investitionen der vergangenen Jahre sind in Deutschland und Frankreich zu erkennen, jedoch ist dort, entsprechend dem Trend, auch eine niedrigere 4G-Verfügbarkeit im Jahr 2020 zu beobachten. Dies deutet an, dass, wie oben ausgeführt, Investitionen zeitlich später getätigt wurden, um beispielsweise die bestehende Profitabilität beizubehalten. Dagegen wurden höhere Investitionen für die Schweiz und die Niederlande ausgewiesen. Daraus erklärt sich zum Beispiel, dass in den Niederlanden angesichts einer bereits hohen Dichte an Mobilfunksendeanlagen pro Mobilfunknetzbetreiber vergleichsweise wenige Standorte zusätzlich gebaut werden müssen, um jüngst formulierte Versorgungsaufgaben zu erfüllen.

Für Deutschland bleibt somit festzuhalten, dass unterdurchschnittlich niedrige Investitionen pro Kopf zwischen den Jahren 2011 und 2018 zu einer niedrigen 4G-Verfügbarkeit geführt haben können.

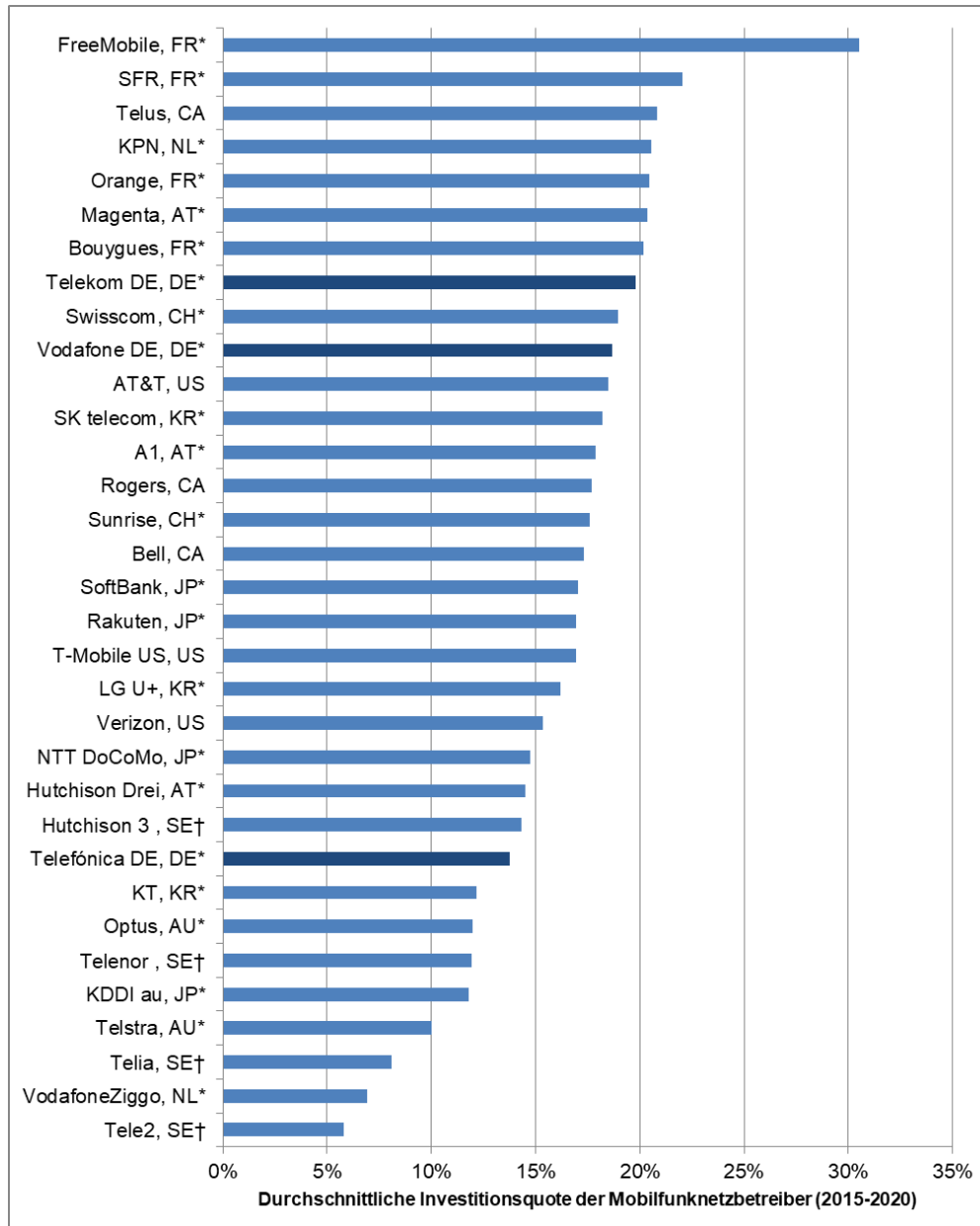
Abbildung 7-18: Durchschnittliche Pro-Kopf-Investitionen in den Mobilfunkmarkt (2010-2018 in KKP Euro) und 4G-Verfügbarkeit (in Prozent der Zeit, Q1 2020)



Quelle: OECD (2020b) und Opensignal (2020). Trendlinie zeigt den linearen Zusammenhang.

Die durchschnittlichen Investitionsquoten der Mobilfunknetzbetreiber zwischen den Jahren 2015 bis 2020 sind in Abbildung 7-19 dargestellt. Dabei sei zu beachten, dass die Mobilfunknetzbetreiber selten die Investitionen explizit für das Mobilfunksegment ausweisen. Die Quote bildet sich dann dort aus den Investitionen und Umsätzen des gesamten Unternehmens. Telekom Deutschland und Vodafone liegen mit durchschnittlichen Investitionsquoten von 19,8 Prozent und 18,7 Prozent im vorderen Drittel der Verteilung. Telefónica hat eine deutlich niedrigere Quote.

Abbildung 7-19: Durchschnittliche Investitionsquote der Mobilfunknetzbetreiber (2015 – 2020)



Hinweis: *Investitionsquote bezieht sich auf das gesamte Unternehmen und beinhaltet somit auch Investitionen in andere Segmente. † Investitionsquote bezieht sich nur auf die Endkundenumsätze. Somit liegen die Investitionsquoten der Mobilfunknetzbetreiber rein im Mobilfunksegment nur für kanadische und amerikanische Mobilfunknetzbetreiber vor. Für Vodafone AU, Salt (CH) und T-Mobile NL liegen keine Daten vor. Daten über alle 6 Jahre liegen nicht bei allen Unternehmen vor.

Quelle: Geschäftsberichte der Mobilfunknetzbetreiber; FCC (2020) für Mobilfunknetzbetreiber in den US; Newstreet für Mobilfunknetzbetreiber in SE.

7.9 Zwischenfazit

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse aus Kapitel 6 zeigt sich, dass die First Mover, in der Regel Unternehmen, die mit dem Incumbent im Festnetz gesellschaftsrechtlich verbunden sind, die beste Qualität anbieten. Eine Ausnahme stellt T-Mobile in den Niederlanden dar.

Hinsichtlich der Marktanteile zeigt sich, dass gerade die First Mover deutlich höhere Teilnehmermarktanteile als den „fair market share“ aufweisen. Die Marktführer können dann offensichtlich auch höhere Preise im Markt durchsetzen. In einzelnen Ländern wie Kanada wird dies als wettbewerbliches Problem eingestuft, sodass Zugangsverpflichtungen im Bereich National Roaming verfasst wurden.

In einer Reihe von Ländern sind die hinsichtlich der angebotenen Qualität führenden Mobilfunknetzbetreiber auch diejenigen, die frühzeitig auf eine Anbindung der Mobilfunkstandorte mit Glasfaser gesetzt haben.

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse aus Kapitel 6 wird deutlich, dass die führenden Länder und Mobilfunknetzbetreiber im Übrigen folgende Eckdaten aufweisen:

- Sie verfügen über überdurchschnittliche Erlöse pro Kunde.
- Sie sind in Märkten mit 3 Mobilfunknetzbetreibern bzw. 3 oder weniger flächendeckenden Netzinfrastrukturen tätig.
- Es hat in einigen der führenden Länder eine Konsolidierung unter den landesweiten Anbietern stattgefunden (Ausnahme ist hier Japan).
- Sie konzentrieren sich auf die Flächenkategorien bei der Versorgung, in denen es eine ausreichend große Nachfrage gibt, die aus betriebswirtschaftlichen Gründen bedient werden kann.
- Die Länder zeichnen sich durch höhere Investitionen pro Kopf aus.

Im Rahmen dieser Studie kann nicht analysiert werden, inwieweit sich geringe Erlöse pro Kunde auf das Investitionsverhalten auswirken. Die Daten über ARPU, Marktanteile und Investitionen deuten aber an, dass bei der Option einer wettbewerblichen Differenzierung ein Anreiz für die Mobilfunknetzbetreiber besteht, eine höhere Qualität bei der Mobilfunkversorgung anzubieten. Als Beispiele sind hier die Mobilfunknetzbetreiber in der Schweiz, Australien, USA, Japan und Kanada zu nennen.

Die Analyse bestätigt die Aussagen in der Literatur, dass sich durch den Markteintritt eines neuen Marktteilnehmers das Preis-Leistungs-Verhältnis für Endkunden verbessert. In Frankreich hat Free Mobile den Markt nachhaltig in diese Richtung verändert. Jedoch zeigt sich auch, dass in Frankreich die Qualitätsparameter unterdurchschnittlich ausfallen. Auf der anderen Seite zeigen Märkte mit weniger Anbietern, dass dort zwar

eine überdurchschnittliche Qualität angeboten wird, jedoch die Endkundenpreise vergleichsweise hoch sind. Es deutet sich an, dass eine parallele Optimierung von Preis-Leistungs-Verhältnis und Qualität der Versorgung nicht möglich ist. Offen ist, ob das Wechselverhältnis durch externe Vorgaben so verändert werden kann, dass nur die Qualität sich verbessert, also das Preis-Leistungs-Verhältnis gleich bleibt.

Abschließend fällt noch auf, dass die Länder, die über eine hohe FTTH-Quote verfügen, ebenfalls die Länder sind, die sich durch eine gute Mobilfunkversorgung auszeichnen. Die Leistungsfähigkeit von 5G und auch Konzepten wie Open RAN, in dem verschiedene Netzkomponenten im Zugangsnetz mit Glasfaser vernetzt sind, wird insbesondere dann ausgeschöpft, wenn es eine flächendeckende Verfügbarkeit mit Glasfaser gibt.

8 Regulatorische und politische Rahmenbedingungen

In diesem Kapitel werden die wesentlichen Ergebnisse aus dem Vergleich der regulatorischen und politischen Rahmenbedingungen dargestellt. Die jeweiligen Länderstudien im Anhang zu dieser Studie enthalten die entsprechenden Details. Damit werden auch Thesen seitens der Marktteilnehmer aufgegriffen, wonach die Art und Weise der Vergabeverfahren die Mobilfunkversorgung beeinflusst. Ebenfalls wird die These geprüft, ob sich hohe Frequenzkosten negativ auf die Ausbauaktivitäten und damit die Versorgungsqualität auswirken.

8.1 Vergabeverfahren

Bis auf Japan haben die Länder grundsätzlich auf Versteigerungen von Frequenznutzungsrechten als primäres Vergabeinstrument gesetzt. In Japan gab es Ausschreibungsverfahren, bei denen die Bewerber um Frequenznutzungsrechte freiwillige Angebote, beispielsweise für die zu erzielende Versorgung gemacht haben, die nach Zuteilung von Frequenznutzungsrechten bindend wurden.

Bei der Durchführung von Versteigerungen haben die zuständigen staatlichen Stellen unterschiedliche Formate ausgewählt. Hierbei zeigt sich, dass die Wahl des Auktionsformats durchaus Einfluss auf die Frequenzkosten hat. Ein besonderes Beispiel war hier die „combinatorial clock auction“ in Österreich.⁸⁰ Das Verfahren zeichnete sich dadurch aus, dass die Bieter nur sehr eingeschränkt Informationen über das Bietverhalten hatten. Der Ausgang des Verfahrens war für die Bieter intransparent, sodass Anreize bestanden, möglichst hohe Gebote abzugeben.

Grundsätzlich zeigt sich, dass die Akzeptanz der Versteigerung als geeignetes Verfahren insbesondere dann besteht, wenn im Sinne des Coase-Theorems möglichst viele

⁸⁰ Bichler et al. (2014).

Informationen in der Versteigerung bereitgestellt wurden, sie somit vergleichsweise transparent ist.⁸¹

Einfluss auf die Versteigerungserlöse hatten ebenso die Anzahl der Bieter in der Versteigerung, der Umfang des angebotenen Frequenzspektrums, die aus technischer Sicht optimale Frequenzausstattung in einem spezifischen Frequenzbereich und die individuelle Bietstrategie.

Um infrastrukturelle Defizite bei der Versorgung schnellstmöglich zu adressieren, haben Frankreich und Österreich teilweise neue Wege bei den Vergabeverfahren beschritten. In Frankreich wurden Frequenznutzungsrechte verlängert. Die Mobilfunknetzbetreiber mussten sich dazu verpflichten, jeweils 5.000 neue Standorte zu errichten. Die französische Regierung verfolgte hierbei das Ziel, Investitionsmittel im Markt zu belassen, um den Ausbau in ländlichen Regionen zu verbessern. Mit einer Versteigerung von Frequenznutzungsrechten hätten solche Mittel teilweise abgeschöpft werden können. Im Jahr 2020 hat man in einem Vergabeverfahren das Instrument einer Versteigerung mit freiwilligen Verpflichtungen kombiniert. Dass die Mobilfunknetzbetreiber dieses institutionelle Arrangement akzeptierten, hatte mit der Anerkennung der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bedeutung von 5G zu tun. Ebenso sollten dadurch hohe Versteigerungserlöse vermieden werden.

In Österreich wurde im letzten Vergabeverfahren die Vergabe von Frequenzen mit der gezielten Versorgung von mit Mobilfunk unterversorgten (Katastral-)Gemeinden kombiniert. Durch die Kombination einer Frequenzversteigerung mit einer Negativauktion hinsichtlich der Versorgung von unterversorgten (Katastral-)Gemeinden wurden die Versteigerungserlöse aus Sicht einzelner Marktteilnehmer auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau gehalten. So konnten die Bieter die für Frequenzen zu zahlenden Gebote mittels der Versorgung weißer Flecken mit 5G minimieren. Der Versteigerungserlös wurde auch dadurch vergleichsweise niedrig gehalten, dass nicht alle Bieter Gebote für sämtliche Frequenzen abgegeben haben.

Insgesamt zeigt sich, dass je transparenter die Vergabeverfahren sind, desto höher ist die Akzeptanz des Ergebnisses der Auktion. Es zeigt sich zudem, dass die Verfahren mehrdimensionaler werden und einzelne europäische Ländern von einer einfachen Vergabe von Frequenzen abweichen.⁸² So sieht man in Frankreich, dass ein Basispaket an Frequenzen nicht Gegenstand der Versteigerung war. In Österreich wurde eine Frequenzvergabe mit einer Negativauktion zur Versorgung weißer Flecken kombiniert. Die mit Vergabeverfahren verfolgten Zielsetzungen variieren zunehmend. Eine möglichst optimale Versorgung der Bevölkerung und Nutzungsflächen mit modernster Mo-

⁸¹ Vgl. [Sinnvolle Prinzipien bei der Ausgestaltung eines Frequenzauktionsdesigns - PDF Kostenfreier Download \(docplayer.org\)](#), zuletzt abgerufen am 20.8.2021.

⁸² Die USA mit der Incentive Auction sind hier auch zu erwähnen.

bilfunktechnologie ist hier der gemeinsame Nenner und Ursache bzw. Motivation der Maßnahmen.

8.2 Frequenzkosten und Preis/MHz/POP

Es gibt eine kontroverse Debatte, inwiefern sich hohe Frequenzkosten⁸³ auf das Investitionsverhalten in Mobilfunknetze auswirken. Eine Studie der GSMA sieht Hinweise dafür, dass hohe Frequenzkosten die Investitionsmöglichkeiten ins Netz einschränken können.⁸⁴ Die mikroökonomische Theorie sieht hingegen keine Belege für diese These. Aus Sicht der Unternehmen handelt es sich bei Frequenzkosten (Auktionsausgaben) um irreversible Kosten („sunk costs“).⁸⁵ Nach Auffassung der Monopolkommission beeinflussen die Ausgaben für Frequenznutzungsrechte Investitionen nur insofern, als die Unternehmen eine Präferenz für die Finanzierung von Investitionen durch einbehaltenen Gewinne gegenüber Fremdkapital haben.⁸⁶ Die in dieser Studie aufgeführten 12 Länder lassen keine eindeutige Aussage darüber zu, welchen Einfluss höhere Frequenzkosten auf die Investitionstätigkeit hat.

Die Erlöse aus Frequenzvergabeverfahren werden in den untersuchten Ländern grundsätzlich im allgemeinen Haushalt gebucht. Eine sektorspezifische Verwendung wie sie zuletzt bei den Vergabeverfahren in den Jahren 2015 und 2019 in Deutschland stattfand, verfolgen die anderen Länder bis auf Österreich explizit nicht, auch wenn einzelne Länder Förderprogramme für den funk- und leitungsgebundenen Breitbandausbau verabschiedet haben.

Die Frequenzkosten pro Megahertz und pro Einwohner je nach Frequenzvergabe unterscheiden sich zwischen den Ländern deutlich (siehe Abbildung 8-1). Berücksichtigt wurden für die Darstellung nur Frequenzvergaben zum Low- und Mid-Band (also Frequenzen unterhalb von 1 GHz und bei 1,8 GHz, 2,1 GHz und 3,6 GHz) seit dem Jahr 2010. Die letzten Frequenzvergaben zu Millimeterwellen (24 GHz, 28 GHz, 37 GHz und 39 GHz) in den USA sind demnach hier nicht aufgeführt. Auch nicht aufgeführt ist Japan, da dort keine Frequenzauktionen als Vergabeinstrumente genutzt werden.

Bei Kanada und den USA ist zudem zu berücksichtigen, dass die Frequenzen je Gebiet (z. B. County) vergeben werden und damit keine landesweiten Frequenznutzungsrechte bestehen.

⁸³ Mit Frequenzkosten sind die Kosten gemeint, die im Rahmen der Vergabe von Frequenznutzungsrechten entstehen. Nicht darunter fallen somit laufende Gebühren, die im Zusammenhang mit der Nutzung von Frequenzen anfallen.

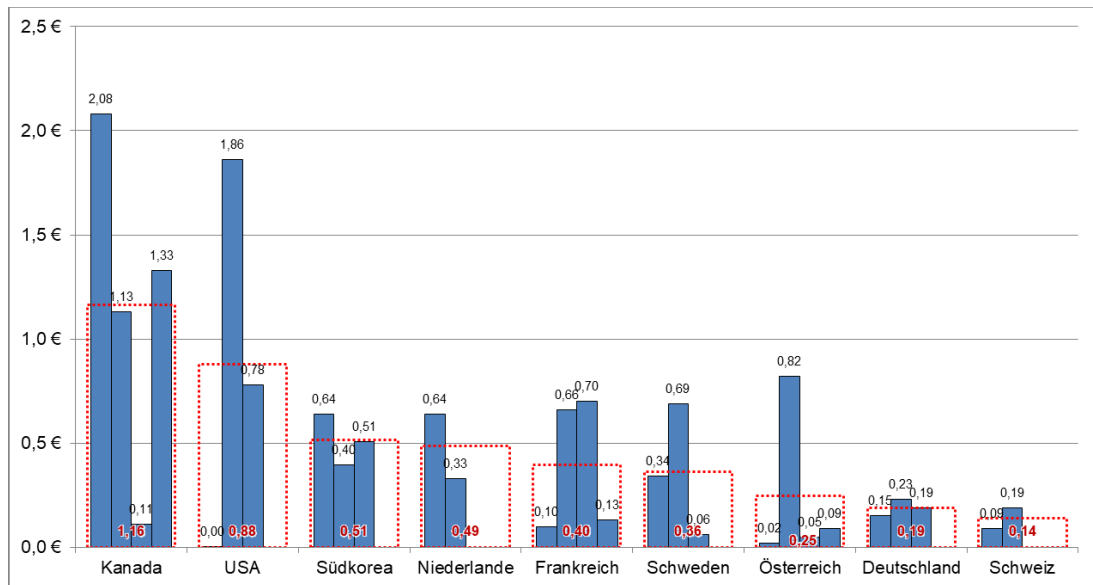
⁸⁴ <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2019/09/Impact-of-spectrum-prices-on-consumers.pdf>, zuletzt abgerufen am: 29.08.2021.

⁸⁵ Monopolkommission (2019): Staatliches Augenmaß beim Netzausbau, Sektorgutachten der Monopolkommission gemäß § 121 Abs. 2 TKG, S. 81

⁸⁶ Monopolkommission (2019), S. 81.

Die Frequenzvergaben in den einzelnen Ländern und die dazugehörigen Preise sind in der nachfolgenden Abbildung im Zeitverlauf angeordnet (von links nach rechts).

Abbildung 8-1: Preise pro MHz pro Einwohner in Euro vergangener Frequenzvergaben (seit 2010)



Quelle: WIK-Consult.

Preise pro MHz pro Einwohner konnten für Australien über alle Frequenzvergaben aufgrund regionaler Vergaben nicht errechnet werden. Balken innerhalb der Länder sind chronologisch angeordnet (von links (ältere Vergabe) nach rechts (jüngere Vergabe)). Detaillierte Angaben zu den jeweiligen Frequenzvergaben (Anzahl der Bieter, Frequenzen und Erlöse) finden sich im Anhang. Durchschnittswerte über alle Vergaben eines Landes hinweg sind als rote-gepunktete Balken dargestellt.

Die vielfach geäußerte These, die Frequenzkosten in Deutschland seien durchgängig besonders hoch, lässt sich somit anhand dieses Vergleichs nicht bestätigen.

Auf Basis der Frequenzpreise lassen sich auch keine eindeutigen Rückschlüsse auf die jeweilige Mobilfunkversorgung im Land ziehen. So waren die Preise in Deutschland bei den letzten Auktionen im Vergleich z. B. zu Südkorea und Frankreich recht niedrig.

Die Frequenzpreise in Kanada und in den USA scheinen dagegen vergleichsweise hoch. Jedoch muss für die USA die unbegrenzte Laufzeit der Frequenznutzungsrechte berücksichtigt werden und für Kanada zudem die enorm hohen Mobilfunkpreise in Verbindung mit sehr hohen durchschnittlichen Erlösen pro Kunde.

Auffällig ist in Österreich der auch im internationalen Vergleich sehr hohe Preis pro MHz pro Kopf bei der Multibandauktion im Jahr 2013 von 0,82 Euro. Wie bereits in Kapitel

8.1 erläutert, kann hier das Auktionsverfahren als ursächlich für die Frequenzkosten angesehen werden.⁸⁷ Bei den darauffolgenden beiden Frequenzauktionen in den Jahren 2019 und 2020 lag der Preis mit 0,05 Euro bzw. 0,09 Euro hingegen deutlich geringer. Die niedrigeren Preise erklären sich unter anderem mit einem jeweils deutlich vereinfachten und transparenteren Auktionsdesign. In der Schweiz hat es in den beiden großen Multibandauktionen mit 0,09 Euro und 0,19 Euro jeweils sehr geringe Frequenzkosten gegeben.

Die Höhe der Frequenzkosten wird in den Auktionen demnach weniger von Auflagen als von den Bietstrategien und der Knappheit an Frequenzen beeinflusst. Wären Auflagen in dem Sinne unverhältnismäßig, dass sie den Wert der Frequenzen überstiegen, würde sich ein Unternehmen an einer Versteigerung gar nicht erst beteiligen. Da der unternehmensindividuelle Wert von Frequenzen aufgrund der jeweiligen Marktpositionierung und Strategie unterschiedlich ist, werden Gebote in einer mehrstufigen Auktion erst dann in ihrem Umfang reduziert, wenn die Gebotshöhe den Wert des letzten zusätzlichen Frequenzblocks übersteigt. Daraus kann dann resultieren, dass ein Gleichgewicht an Geboten bereits frühzeitig in einer Auktion erreicht wird, jedoch nicht zum Ende der Auktion führt, weil Höchstgebote zu diesem Zeitpunkt noch unter dem Wert des letzten zusätzlich zu ersteigernden Frequenzblocks von Bietern liegen.

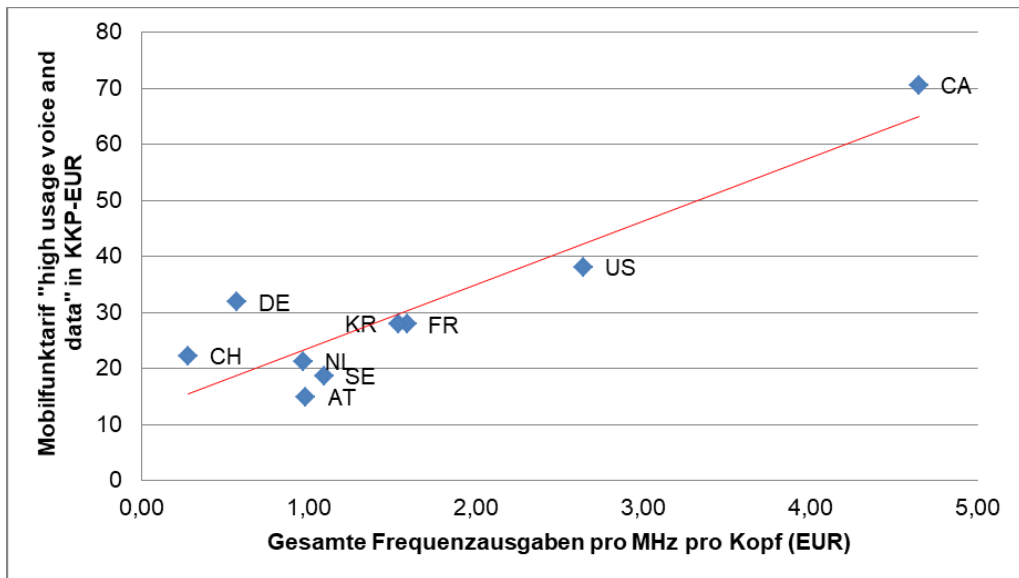
Für die eingangs erläuterte These, dass sich hohe Frequenzkosten aus Versteigerungen automatisch negativ und nachhaltig auf die zu tätigen Investitionen auswirken, gibt es keine eindeutigen empirischen Belege. Zum einen sind unabhängig von Frequenzkosten Versorgungsaufgaben zu erfüllen. Zum anderen gibt es in den Ländern, in denen es einen ausgeprägten Infrastrukturwettbewerb gibt, häufig einen Wettlauf bei der Einführung von neuen Technologien (z. B. 5G). Hier werden die Investitionen ganz wesentlich vom Marktauftritt bzw. der Marktpositionierung und damit strategischen Erwägungen der Unternehmen beeinflusst. Dies schließt jedoch negative Auswirkungen insoweit nicht gänzlich aus, als Investitionen zu einem späteren Zeitpunkt getätigt werden. Gerade Unternehmen, die auf mehreren Mobilfunkmärkten tätig sind, können das (kurzfristige) Investitionsverhalten an der betriebswirtschaftlichen Attraktivität einzelner Märkte ausrichten.

Einen klaren Zusammenhang scheint es hingegen zwischen dem Preis pro MHz pro Kopf und der Mobilfunkendkumentarifen zu geben. Abbildung 8-2 vergleicht die gesamten Ausgaben pro MHz und pro Kopf mit dem örtlichem Mobilfunktarif „high usage“, erhoben von der ITU. Der Trend ist, selbst ohne den Ausreißer Kanada, erkennbar. Dieser Zusammenhang wurde auch im Sektorgutachten Telekommunikation (2019) der Monopolkommission gefunden, wo in einer größeren Länderstichprobe die gesamten

⁸⁷ Vgl. auch Bichler et al. (2014).

Frequenzkosten pro MHz und Einwohner mit den örtlichen Preisen für 1 GB pro Monat verglichen wurden.⁸⁸

Abbildung 8-2: Gesamte Frequenzausgaben (Preis/MHz/Kopf, in Euro) und Preis Mobilfunktarif „high usage voice and data“ (in KKP Euro, 2019)



Quelle: OECD (2020b) und ITU (2020).
Trendlinie zeigt linearen Zusammenhang.

8.3 Versorgungsaufgaben

Insbesondere innerhalb der EU wurden bei Frequenzvergaben Versorgungsaufgaben als Nebenbestimmungen der Frequenznutzung festgelegt, die hinsichtlich der zu versorgenden Flächen und Datenraten die zunehmende Bedeutung des Mobilfunks bei der digitalen Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft widerspiegeln. Während in den 2000er Jahren die Versorgung von Haushalten im Vordergrund stand, umfassen die Versorgungsaufgaben in den zeitlich letzten Vergabeverfahren zunehmend die Versorgung von Verkehrswegen und der Fläche sowie die Steigerung von Datenübertragungskapazitäten. Dieser Wechsel im Schwerpunkt von Versorgungsaufgaben findet sich vor allem in den Mitgliedstaaten der EU. Außerhalb Europas werden die Frequenzzuteilungsnehmer zwar auch verpflichtet, die Frequenzen zu nutzen und eine bestimmte Anzahl von Haushalten zu versorgen. Die entsprechenden Vorgaben sind dabei in der Regel aber weniger ambitioniert, sodass die Marktteilnehmer die Vorgaben leicht erreichen bzw. übertreffen können. In diesen Ländern (Japan, Kanada, Australien,

⁸⁸ Monopolkommission (2019).

Schweiz, USA) gibt es auch keine Vorgaben über Datenraten (bzw. Messung eines RSRP-Werts) in einem Antennensektor oder am Zellrand. Eine wettbewerbliche Differenzierung ist hier möglich. Eine Ausnahme stellt Südkorea dar. Hier gab es bereits bei der Einführung von UMTS eine Auflage, die auf Basis einer Versorgung mit 106.000 Sendeanlagen pro Mobilfunknetzbetreiber formuliert wurde. Da UMTS zunächst nur im 2,1-GHz-Band realisiert werden konnte, mussten somit die Mobilfunknetzbetreiber ein sehr dichtes Mobilfunknetz aufbauen. Damit hatten sie dann auch erhebliche Vorteile bei der Einführung von LTE und 5G. Hier wurden Versorgungsauflagen auf Basis von 150.000 Sendeanlagen pro Mobilfunknetzbetreiber formuliert.

Ambitionierte Vorgaben sind bis auf Südkorea gerade in den Ländern anzutreffen, bei denen Defizite in der Versorgung von ländlichen Regionen und von Verkehrswegen festgestellt wurden. Die Auswirkungen solcher Auflagen fallen für die Mobilfunknetzbetreiber dann sehr unterschiedlich aus. Mobilfunknetzbetreiber, bei denen das Rückgrat der Mobilfunkversorgung bereits mehr im Bereich 1,8 GHz und 2,1 GHz und perspektivisch bei 3,6 GHz liegt, müssen bei der Verschärfung von Kapazitätsanforderungen ungleich weniger zusätzliche Basisstationen errichten als die Mobilfunknetzbetreiber, deren Grundarchitektur des Netzes auf Frequenzen unterhalb von 1 GHz beruht. Ebenso sind die tatsächlichen Auswirkungen auf den Geschäftsplan eines Mobilfunknetzbetreibers dann geringer, wenn die Kunden des Anbieters über eine vergleichsweise hohe Datennutzung verfügen (z. B. Österreich).

Vergleichsweise hohe Anforderungen an die Bevölkerungsversorgung kann es auch im Zusammenhang mit Fusionen geben. So muss T-Mobile USA in bestimmten Gebieten für 99 Prozent der Bevölkerung eine Datenrate von 50 Mbit/s im Downlink bei einer Netzauslastung von 50 Prozent anbieten.

Um Defizite bei der Mobilfunkversorgung insbesondere in ländlichen Räumen zu beheben, gibt es bei der Wahl der Instrumente unterschiedliche Ansätze. In Australien und in den USA gibt es auf regionaler bzw. lokaler Ebene staatliche Förderprogramme, um die Versorgung lokal zu verbessern. In Deutschland gibt es neben bundesländerspezifischen Förderprogrammen auch ein jüngst auf Bundesebene implementiertes Mobilfunkförderprogramm.

Eine vergleichsweise gute Versorgung von insbesondere Schienenverkehrswegen haben die Länder realisiert, in denen sich die Schienenverkehrsunternehmen beispielsweise durch die Bereitstellung von Standorten an der Versorgung beteiligen (z. B. Österreich), das Problem GSM-R durch den Einsatz von Filtern frühzeitig behoben haben, wodurch Mobilfunknetzbetreiber Frequenzen im Low Band (Frequenzen unterhalb von 1 GHz) direkt für LTE nutzen konnten (z. B. die Niederlande).

In Österreich wurde in einer Negativauktion die Versorgung von Katastralgemeinden versteigert. Die Negativauktion wurde mit einer Frequenzauktion kombiniert, sodass sich die Versorgungsauflagen aus der Kombination von Frequenzversteigerung und

Negativauktion ergaben. Im Rahmen der Negativauktion haben die Mobilfunknetzbetreiber Gebote zur Versorgung von weißen Flecken abgegeben, die nach Zuschlag den Preis für die im Verfahren versteigerten Frequenzen reduzierten.

In Frankreich wurde im Jahr 2018 ein „New Deal for Mobile“ mit den Mobilfunknetzbetreibern abgeschlossen. Im Austausch zu einer Verlängerung von Frequenznutzungsrechten musste sich jeder Mobilfunknetzbetreiber verpflichten, zusätzlich 5.000 Standorte zu errichten. Die Vergabe von weiteren Frequenzen im Jahr 2020 wurde ebenfalls genutzt, detaillierte Vorgaben über den Einsatz von Frequenzen im Bereich 3,6 GHz zu machen.

In der Regel werden symmetrische Versorgungsaufgaben vorgegeben. Die Ausnahme davon sind Auflagen für Neueinsteiger (in Deutschland und Frankreich). Da Neueinsteiger erst noch entsprechende Netzinfrastrukturen aufbauen müssen, wären symmetrische Auflagen vor dem Hintergrund des europäischen und deutschen Rechtsrahmens unverhältnismäßig. Asymmetrische Verpflichtungen kann es auch dann geben, wenn Frequenzvergabeverfahren mit individuellen und/oder freiwilligen Zusagen kombiniert werden, wobei die freiwilligen Zusagen dann rechtlich genauso behandelt werden wie Nebenbestimmungen zu einer Frequenzuteilung. Der Vorteil von freiwilligen Zusagen besteht gerade darin, dass eine rechtliche Prüfung der Verhältnismäßigkeit entbehrlich ist.

Während in den USA und in Japan die Auflagen an spezifische Frequenzbänder gebunden sind und insoweit deren Erfüllung auch mit diesen Frequenzen zu erfolgen hat, können insbesondere in den europäischen Ländern Auflagen mit sämtlichen dem Mobilfunknetzbetreiber zur Verfügung stehenden Frequenzen erfüllt werden. In den USA besteht ein unbefristetes Frequenznutzungsrecht erst dann, wenn die jeweiligen Versorgungsaufgaben erfüllt sind.

Abschließend sei noch erwähnt, dass mit weitgehenden Auflagen im Rahmen der Vergabe von UMTS-Lizenzen auch der Grundstein für eine bessere bzw. schlechtere 4G-Versorgung gelegt wurde, zumal UMTS ein engeres Funknetz als GSM bedingte.

Die Messkonzepte zur Erfüllung von Versorgungsaufgaben unterscheiden sich in den Ländern. Mit einem RSRP-Wert arbeitet nur die Bundesnetzagentur. In den anderen Ländern, in denen es Vorgaben über Datenraten gibt, werden Messungen mit Endgeräten in einer Alltagssituation vorgenommen. Insofern stellt die Erfüllung von Auflagen in den Niederlanden und in Österreich die Mobilfunknetzbetreiber vergleichsweise vor hohe Herausforderungen, die jedoch angesichts der Dichte von bereits bestehenden Mobilfunksendeanlagen nicht zu einem massiven Ausbau der Mobilfunknetze durch Zubau zusätzlicher Standorte führen werden.

In fast allen untersuchten Ländern gibt es Bestrebungen der staatlichen Institutionen, die Transparenz über die Mobilfunkversorgung für Endkunden zu erhöhen. So können

sich beispielsweise Kunden in Frankreich auf den Internetseiten der französischen Regulierungsbehörde über die Mobilfunkversorgung informieren. Auch in den USA arbeitet die FCC an entsprechenden Vorgaben zur Erstellung von Abdeckungskarten, um für Endkunden verbesserte Informationen über die Mobilfunkabdeckung zu erhalten. Über mehr Transparenz hinsichtlich der Versorgung soll einerseits dem Endkunden die Auswahl des für ihn geeigneten Anbieters erleichtert als auch der Wettbewerb unter den Anbietern gefördert werden.

8.4 Auflagen im Rahmen von Fusionen

Wie bereits in Kapitel 7 ausgeführt, hat es in einigen der hier betrachteten Ländern eine Konsolidierung bei der Anzahl der Mobilfunknetzbetreiber gegeben. So gab es im Zeitverlauf eine Reduktion von Anbietern in Österreich, den Niederlanden, den USA und Deutschland. Im Weiteren wird geprüft, ob bei der kartellrechtlichen Prüfung von Fusionen Auflagen gemacht wurden, die sich nachfolgend auf die Versorgung ausgewirkt haben bzw. noch werden. Somit stellt sich die Frage, ob es in Ergänzung zu frequenzregulatorischen Maßnahmen, die in der Regel an die Vergabe von Frequenzen gebunden sind, weitere Maßnahmen gab, die Behörden zur Verbesserung der Mobilfunkversorgung genutzt haben.

8.4.1 Deutschland

Die Übernahme des Mobilfunkanbieters E-Plus durch Telefónica erfolgte im Oktober 2014, nachdem die Europäische Kommission den Zusammenschluss im Juli desselben Jahres unter Auflagen genehmigte. Telefónica verpflichtete sich bei der Übernahme:⁸⁹

- bis zu 30 Prozent der Netzkapazität des neuaufgestellten Unternehmens zu festgelegten Preisen an einen oder mehrere Betreiber virtueller Mobilfunknetze in Deutschland zu verkaufen;
- Spektrum und sonstige Vermögenswerte zu veräußern, und zwar entweder an einen neuen MNO-Marktteilnehmer oder an die MVNOs, die die Netzkapazität aufgrund des ersten Teils der Verpflichtungen übernehmen würden;
- bestehende Vereinbarungen auf der Vorleistungsebene auszuweiten und in der Zukunft 4G-Dienstleistungen auf der Vorleistungsebene anzubieten.

Die Auflage hat nachfolgend dazu geführt, dass der Neueinsteiger 1&1 Drillisch eine National-Roaming-Vereinbarung mit Telefónica abgeschlossen hat. Die Bundesnetzagentur musste diesbezüglich keine Maßnahmen ergreifen.

⁸⁹ Europäische Kommission - Pressemitteilung 02.07.2014: Fusionskontrolle: Kommission genehmigt Übernahme von E-Plus durch Telefónica Deutschland unter Auflagen. Online abrufbar unter: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP_14_771, zuletzt abgerufen am: 17.08.2021.

8.4.2 USA

Auch der Zusammenschluss zwischen T-Mobile USA und Sprint wurde unter Auflagen genehmigt. Die Wettbewerbsbehörde FCC machte ihre Zustimmung zu dem Vorhaben im Jahr 2019 davon abhängig, dass die beteiligten Unternehmen gewisse Verpflichtungen einhalten. T-Mobile USA und Sprint verpflichteten sich, folgende Bedingungen zu erfüllen:⁹⁰

- Innerhalb von 3 Jahren sollen 97 Prozent der Bevölkerung (85 Prozent der ländlichen Bevölkerung) mit 5G abgedeckt sein.
- Innerhalb von 6 Jahren sollen 99 Prozent der Bevölkerung (90 Prozent der ländlichen Bevölkerung) mit 5G abgedeckt sein.
- Innerhalb von 6 Jahren sollen 90 Prozent der Bevölkerung (66 Prozent der ländlichen Bevölkerung) Zugang zu einer Mobilfunk-Geschwindigkeit von mindestens 100 Mbit/s und 99 Prozent der Bevölkerung (90 Prozent der ländlichen Bevölkerung) zu einer Mobilfunk-Geschwindigkeit von mindestens 50 Mbit/s bei einer Auslastung der Funkzelle von 50 Prozent haben.

Die Einhaltung wird mithilfe von Testfahrten überprüft, die von einem unabhängigen Dritten überwacht werden. Um sicherzustellen, dass die Verpflichtungen innerhalb der vorgegebenen Zeit von 6 Jahren eingehalten werden, müssen die Parteien bei Nichteinhaltung der Verpflichtungen 1 bis zu 2 Milliarden Dollar Strafe zahlen.

Das DOJ (Department of Justice) hatte zuvor bereits einem Zusammenschluss unter der Auflage zugestimmt, dass das Prepaid-Segment von Sprint (Boost Mobile, Virgin Mobile sowie Sprint-Prepaid-Handelsmarken) an DISH⁹¹ veräußert wird.⁹² Die Antragsteller stimmten zu, die Lizenzen, das Personal, die Einrichtungen, das geistige Eigentum und die Abonnenten dieser Unternehmen an DISH zu verkaufen und zudem einen MVNO-Vertrag mit einer Dauer von mindestens 7 Jahre mit DISH einzugehen.⁹³

8.4.3 Österreich

Bereits im Jahr 2012 hatte die EU-Kommission die Übernahme der österreichischen Orange-Mobilfunksparte durch Hutchison 3G (H3G) ebenfalls nur unter Auflagen genehmigt. Die vorgeschlagenen Verpflichtungen von H3G beinhalteten, dass:⁹⁴

⁹⁰ <https://docs.fcc.gov/public/attachments/DOC-360637A1.pdf>;

https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-19-103A1_Rcd.pdf, zuletzt abgerufen am: 17.08.2021.

⁹¹ Die Dish Network Corporation ist ein US-amerikanischer Fernsehsatellitenbetreiber zum Empfang von Satellitenfernsehen und für den Internetzugang über Satellit. <https://www.dish.com/>.

⁹² https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-19-103A1_Rcd.pdf para. 34.

⁹³ [DOJ Proposed Final Judgment](https://www.doj.gov/press/2019/08/19/DOJ-Proposed-Final-Judgment).

⁹⁴ [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013XC0803\(01\)&from=SK](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013XC0803(01)&from=SK) (zuletzt abgerufen am 17.08.2021).

- bis zu 16 MVNO innerhalb von 10 Jahren auf der Vorleistungsebene Zugang zu bis zu 30 Prozent des H3G-Netzes gewährt wurden. Zugangskonditionen für MVNOs sollten in einem Standardangebot festgelegt werden.
- Frequenzrechte und zusätzliche Rechte von H3G an ein Unternehmen veräußert werden, das künftig auf dem österreichischen Mobilfunkmarkt tätig werden will.⁹⁵ Für den neuen potentiellen Mobilfunknetzbetreiber sollten zudem Frequenzrechte bei der anstehenden Versteigerung im Jahr 2013 reserviert werden.

8.4.4 Niederlande

Der Zusammenschluss zwischen T-Mobile Niederlande und Tele2 Niederlande im Jahr 2018 wurde ohne Auflagen durch die Europäische Kommission genehmigt. Die Kommission betonte, dass sie keinen Anlass zu wettbewerbsrechtlichen Bedenken sehe und dass der Zusammenschluss weder Auswirkungen auf das Angebot von Diensten noch auf das Preisniveau für Mobilfunkkunden haben werde.⁹⁶

8.5 Kooperationen (Infrastruktur-Sharing)

In allen untersuchten Ländern kooperieren die Mobilfunknetzbetreiber beim passiven Infrastruktur-Sharing. Aktives Infrastruktur-Sharing gibt es dagegen nicht in allen Märkten. In den USA gibt es neben National Roaming zwischen bundesweiten und lokalen bzw. regionalen Anbietern kein aktives Infrastruktur-Sharing (MOCN, MORAN).

In Schweden gibt es seit der Vergabe der UMTS-Lizenzen Kooperationen beim Netzaufbau. Den Weg für die Kooperationen hatte die Regulierungsbehörde implizit damit geebnet, dass der Marktführer Telia keine UMTS-Lizenz erhielt. Telia war also gezwungen, eine Kooperation mit einem Wettbewerber einzugehen, um Mobilfunkangebote auf Basis von UMTS anzubieten.

In weiteren Ländern (Japan, Österreich, USA, Kanada, Frankreich) gibt es National-Roaming-Vereinbarungen zwischen einzelnen Mobilfunknetzbetreibern. Bis auf Kanada gibt es hierbei keine regulatorischen Vorgaben zum Abschluss von National-Roaming-Vereinbarungen. In Österreich geht die Bedeutung des National Roaming im Markt zurück, weil die Ausbaustände der Mobilfunknetze die Nutzung von Roaming-Netzen entbehrlich machen.

Eine andere Art von Kooperation besteht in der Zusammenarbeit mit Tower-Gesellschaften. In vielen Märkten gibt es den Trend, dass die Mobilfunknetzbetreiber

⁹⁵ <https://orf.at/v2/stories/2156030/2156031/> (zuletzt abgerufen am 17.08.2021).

⁹⁶ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_18_6588 (zuletzt abgerufen am 17.08.2021).

das Geschäft mit den Sendestandorten auslagern und künftig gänzlich anderen Unternehmen überlassen. Hierbei ist interessant, dass Mobilfunknetzbetreiber anführen, dass die Bereitschaft zu und die Ökonomie von Infrastruktur-Sharing abnimmt, wenn die Standorte von Tower-Gesellschaften betrieben werden. Da die Mieter von Standorten keine Vorteile davon haben, wenn noch andere Mobilfunknetzbetreiber ebenfalls als Mieter des Standorts auftreten, können Anreize für Infrastruktur-Sharing zurückgehen. Sofern also ein aktives Infrastruktur-Sharing gefördert werden soll, sind die Tower-Gesellschaften mit in die Überlegungen einzubeziehen.

8.6 Genehmigungsverfahren

Genehmigungsverfahren sind wie in Deutschland auch in vielen anderen Ländern ein großes Thema. Die Problematik von langen Verfahrensdauern mit einer Vielzahl von beteiligten Akteuren wurde speziell in Frankreich, Österreich und der Schweiz thematisiert. Laut der Expertengespräche liegt die Dauer beim Aufbau von Mobilfunkstandorten in Frankreich zwischen 18 und 24 Monaten. Diese Zeitspanne besteht auch in den USA. Genehmigungen von Standorten in Österreich erfordern mindestens 12 Monate, in der Regel wurden in den Expertengesprächen sogar über 18 Monate angegeben. Hierbei wurde die Forderung geäußert, die Genehmigungsverfahren dringend zu beschleunigen. Auch in Ländern wie der Schweiz, die über eine sehr gute Mobilfunkversorgung verfügt, ist der Prozess zeitintensiv. So wird die Abwicklung der Standortsuche und der Bewilligungsverfahren auch dort als große Herausforderung angesehen. Entsprechende Baubewilligungsverfahren dauern in der Schweiz nach Expertenaussagen zwischen 6 Monaten und 3 Jahren.

Im Interview mit Vertretern aus Australien wurde keine allgemeine Aussage über die Dauer von Genehmigungsverfahren getroffen. Die Genehmigungsverfahren für die Standorte finden auf lokaler Ebene statt. Sie hängen von der Gemeinde vor Ort und der Art des Standorts ab und sind daher unterschiedlich in Art und Dauer. Schneller geht es bei Genehmigungsverfahren nur in Japan und in Kanada. Expertenbefragungen zufolge verläuft die Genehmigung von Standorten in Japan zwischen 4 bis 6 Monaten. Die Dauer des Aufbaus von Mobilfunkstandorten ist laut Expertenaussagen zwar auch in Kanada in den Regionen unterschiedlich. In der Regel liegt die Bauzeit aber bei etwa 120 Tagen, was im Vergleich mit den anderen Ländern der Auswahl sehr schnell ist.

Für Länder, die beim Aufbau von Mobilfunkstandorten erheblich Nachholbedarf haben, kann die Reduzierung der Dauer von Genehmigungsverfahren ein effektiver Hebel sein, um aufzuholen. Kurze Genehmigungsverfahren können zudem einen Beitrag zur Erfüllung von Versorgungsaufgaben leisten.

8.7 Lokale Frequenznutzungsrechte

Die 5. Mobilfunkgeneration (5G) hat wie keine der zellularen Mobilfunktechnologien zuvor bereits vor ihrer tatsächlichen Verfügbarkeit im Markt eine derart hohe Erwartungshaltung in der interessierten Öffentlichkeit erzeugt. Insbesondere gewerbliche Nutzer versprechen sich von 5G einen wesentlichen Impuls für die Digitalisierung von Produktions- oder anderen betrieblichen Prozessen (z. B. in der Intralogistik). Während sich bei früheren Mobilfunktechnologien die technische Leistungsfähigkeit maßgeblich an Massenmarktanwendungen orientierte, stehen bei der noch nicht abgeschlossenen Standardisierung von 5G zunehmend gewerbliche Anwendungen im Fokus.

Da ein Teil der gewerblichen Anwendungen nur auf abgrenzbaren Flächen genutzt werden, wird der Aufbau von Campusnetzen künftig verstärkt von diesen Nutzern angestrebt. Ziel ist es, nicht öffentliche, private 5G-Campusnetze aufzubauen, die den spezifischen technischen und kommerziellen Anforderungen der jeweiligen gewerblichen Nutzern entsprechen.

Damit Campusnetze auch über die Anwender errichtet, betrieben oder auch nur genutzt werden können, bedarf es entsprechender Frequenzen und Nutzungsrechte. Mit der Bereitstellung von Frequenzen im Bereich 3,7 – 3,8 GHz im Jahr 2019 für lokale Anwendungen war die Bundesnetzagentur international gesehen ein Pionier und hat damit frühzeitig die frequenzregulatorischen Weichen für den Aufbau von Campusnetzen gestellt. Zugang zu den entsprechenden Frequenzen können dabei auch die Mobilfunknetzbetreiber haben.

Auch in einigen der hier betrachteten Ländern ist eine Entwicklung in Richtung von Campusnetzen zu beobachten.

In Frankreich wurde eine Art von Sublizenzierung für Frequenzen bei 3,5 GHz entwickelt. Öffentliche Mobilfunknetzbetreiber haben sich im Rahmen der Frequenzvergabe von 3,4 – 3,8-GHz-Frequenzen freiwillig verpflichtet, Verticals auf Nachfrage Frequenzen zur Verfügung zu stellen oder die Versorgung mit Telekommunikationsdiensten sicherzustellen.⁹⁷

In den Niederlanden ist die Frequenzauktion zur Vergabe der 3,4 – 3,8-GHz-Frequenzen erst im Jahr 2022 geplant. Bislang werden diese Frequenzen für die Satellitenkommunikation verwendet. Im Rahmen der ausstehenden Vergabe sind 100 MHz zur lokalen Nutzung vorgesehen. Der Frequenzbereich zwischen 3,4 GHz und 3,45 GHz wird voraussichtlich ab September 2022 zur lokalen Nutzung verfügbar sein, weitere 50 MHz im Bereich 3,75 GHz hingegen erst ab 2026.⁹⁸

⁹⁷ ARCEP (2019).

⁹⁸ European 5G Observatory (2021), S. 97.

Die schwedische Post- und Telekommunikationsbehörde (PTS) plant eine entsprechende Vergabe von 80 MHz bei 3,7 GHz sowie von Spektrum im Millimeterwellenbereich (28 GHz). Erste Genehmigungen sollen im Laufe des Jahres 2021 erteilt werden. Zweck der Erteilung lokaler Lizenzrechte ist, Anwendungen in Industrie, Bergbau, Häfen, Lagerhäuser und Krankenhäuser zu ermöglichen.⁹⁹

Außereuropäisch hat die Regulierungsbehörde in den USA (FCC) mit der Einrichtung des CBRS¹⁰⁰ Vorgaben zur gemeinsamen Nutzung des 3,5-GHz-Bandes erlassen. Der CBRS sieht 3 Nutzungsformen vor, die über ein automatisiertes Frequenzverwaltungssystem (SAS) koordiniert werden. Neben dem „Incumbent Access“ und dem „General Authorized Access“ (GAA) sind die „Priority Access Licenses“ (PAL) u. a. für die Förderung von 5G und IoT vorgesehen.¹⁰¹ Insgesamt wurden in der PAL-Auktion im August 2020 mehr als 20.000 Lizenzen versteigert. Diese wurden auf einer Art Landkreisebene vergeben, wobei jede Lizenz 10 MHz umfasst und pro Zuteilungsinhaber maximal 4 Lizenzen erworben werden konnten. Die Zuteilungsdauer ist zunächst auf 10 Jahre festgelegt, kann aber bei Bedarf verlängert werden.¹⁰² Die ersten Erfahrungen mit der lokalen Frequenznutzung zeigen, dass industrielle Unternehmen sich noch sehr zurückhaltend hinsichtlich der Nutzung von 5G zeigen.

Insgesamt hat die Bundesnetzagentur mit der frühen Vergabe der lokalen Frequenzen ein Beispiel für andere Länder in Europa gesetzt. Deutschland nimmt in diesem Vergleich eine Vorreiterrolle ein. In kaum einem anderen Land haben Unternehmen und Organisationen bereits seit dem Jahr 2019 die Möglichkeit, derart flexibel, kostengünstig und umfangreich Frequenzspektrum zu beantragen.

8.8 Zwischenfazit

Die Betrachtung der Mobilfunkversorgung und der Einflussfaktoren für die Versorgung im Zusammenspiel mit dem regulatorischen Rahmen ergeben folgendes Bild:

- Die Länder, die bereits mit der Vergabe der UMTS-Lizenzen im Vergleich zu anderen Ländern ambitionierte Versorgungsaufgaben formulierten, haben im Vergleich eine bessere 4G-Versorgung. Dies gilt insbesondere für die Niederlande und Südkorea. Dabei ist für die Niederlande zu beachten, dass dort keine ländlichen Regionen im Umfang und Ausmaß vorhanden sind wie beispielsweise in Deutschland und Frankreich.

⁹⁹ PTS (2021), [Consultation regarding conditions for local 5G licences | PTS](#), zuletzt abgerufen am: 19.07.2021.

¹⁰⁰ CBRS bedeutet Citizens Broadband Radio Service und umfasst insgesamt den Frequenzbereich von 3.550 MHz bis 3.700 MHz.

¹⁰¹ FCC (2020), [3.5 GHz Band Overview | Federal Communications Commission \(fcc.gov\)](#), zuletzt abgerufen am: 19.07.2021.

¹⁰² FCC (2021), [Auction 105: 3.5 GHz Band | Federal Communications Commission \(fcc.gov\)](#), zuletzt abgerufen am: 19.07.2021.

- In Australien, der Schweiz, Japan, den USA und Kanada wurde ein Regulierungsansatz präferiert, der auf einen Infrastrukturwettbewerb ohne weitgehende Zugangsverpflichtungen setzte. Die Mobilfunkversorgung ist mehr das Ergebnis der unternehmensindividuellen Strategien als von Versorgungsaufgaben beeinflusst.
- Im Rahmen von Fusionen wurden teilweise Auflagen formuliert, die über Versorgungsaufgaben hinausgehen (z. B. in den USA). Darüber hinaus wurden diesbezügliche Auflagen genutzt, um Zugangsverpflichtungen aufzuerlegen (z. B. in den USA und in Deutschland).
- In den Flächenländern USA, Australien, Kanada und Schweden wird von politischen Akteuren nicht das Ziel verfolgt, eine Flächenversorgung von fast 100 Prozent zu erzielen. Aus diesem Grund gibt es auch nur in wenigen Ländern Förderprogramme, die auf eine flächendeckende Versorgung abzielen. Ebenso besteht in diesen Ländern nicht das Ziel einer symmetrischen Versorgung über alle Mobilfunknetzbetreiber. Der Wettbewerb unter den Anbietern setzt eine ausreichende Differenzierung voraus, die mit gleichen Versorgungsständen jedenfalls auf der Infrastrukturebene kaum oder gar nicht möglich ist.
- Frequenzkosten sind als „sunk costs“ zu betrachten, die grundsätzlich den Ausbau von Mobilfunknetzen nicht beeinflussen. Die Investitionen in Funkzugangsnetze (Radio Access Network, RAN) hängen entweder von der Wettbewerbsstrategie der Unternehmen oder von Versorgungsaufgaben ab. Die Frequenzkosten können den Stand oder die Qualität der Versorgung nicht erklären, zumal die Mobilfunknetzbetreiber grundsätzlich in Abhängigkeit des Wettbewerbs und der Anforderungen ihrer Kunden ein möglichst optimales Kundenerlebnis anbieten wollen.
- Hinsichtlich der Genehmigungsverfahren ist zu erwähnen, dass in Kanada ein proaktiver Ansatz bei der Suche nach Standorten präferiert wird, d. h. Anbieter sollen sich bei der Errichtung neuer Sendeanlagen absprechen.
- In einer Reihe von Ländern gibt es für Verticals die Möglichkeit, lokale Frequenznutzungsrechte direkt oder über eine Sublizenzierung zu erhalten.
- In fast allen betrachteten Ländern wird daran gearbeitet, die Transparenz über die Versorgung mit Mobilfunkdiensten zu verbessern.

Insgesamt sind Pfadabhängigkeiten zu beobachten, d. h. die regulatorischen Entscheidungen wurden im Lichte der bisherigen Regulierungspraxis getroffen. Um Defizite in der Mobilfunkversorgung zu beheben, haben einzelne Behörden und Länder vereinzelt auf neue Instrumente, z. B. freiwillige Vereinbarungen oder die Kombination von Frequenzvergaben mit einer Negativauktion, gesetzt.

Im Ergebnis werden alle betrachteten Länder kurz- bis mittelfristig eine sehr gute 4G-Versorgung erreichen. Deutschland wird voraussichtlich hinsichtlich der versorgten Fläche eine Spitzenposition erzielen, was aber nicht automatisch bedeutet, dass überall

in der Fläche die gleiche Qualität (z. B. im Sinne von Datenraten oder Latenzen) angeboten wird. Da die Versorgungsaufgaben in Deutschland nicht am Endgerät gemessen werden, kann sich in Abhängigkeit der eingesetzten Frequenzen die „user experience“ in städtischen, halbstädtischen und ländlichen Gebieten deutlich unterscheiden.¹⁰³

Des Weiteren ist festzuhalten, dass je früher Mobilfunknetzbetreiber Frequenzen aus dem Mid-Band (z. B. 28 GHz) einsetzen und je früher in den Ländern eine Glasfaser-Anbindung von Sendeanlagen erfolgt, desto besser sind die Länder für 5G aufgestellt. Sie werden bei den Messungen von Datenübertragungsraten von Opensignal immer deutlich vor den Anbietern sein, die insbesondere in der Fläche primär Frequenzen unter 1 GHz einsetzen. Erst unter diesen Randbedingungen wird 5G die Leistungsfähigkeit von LTE für die Endkunden wahrnehmbar übertreffen. Südkorea wird hier eine führende Stellung erzielen, weil bereits in den 2000er Jahren mit mehr als 100.000 Basisstationen pro Anbieter die Grundlagen für eine vergleichsweise sehr gute Versorgung mit LTE und 5G geschaffen wurden.

Abschließend ist noch zu erwähnen, dass sich in einigen Ländern ein frühzeitiges Infrastruktur-Sharing, das auch aktive Komponenten hat, positiv auf die Versorgung ausgewirkt hat. In Schweden wurden entsprechende Kooperationen mit dem Incumbent indirekt dadurch unterstützt, dass dieser bei der Vergabe von UMTS-Lizenzen nicht zum Zuge kam. Die Nichtzuteilung von Frequenzen gab Anreize für eine Kooperation.

9 Vergleichsanalyse und Handlungsempfehlungen

9.1 Vergleichsanalyse

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die in Kapitel 5 genannten Parameter in sehr unterschiedlicher Weise die Mobilfunkversorgung in den untersuchten Ländern beeinflussen. Tabelle 9-1 zeigt, dass sich nicht alle in der Literatur genannten Parameter eindeutig positiv oder negativ auf die Mobilfunkversorgung in einem Land auswirken.

Tabelle 9-1: Parameter und ihre Wirkungsweise

Parameter	Wirkungsweise	Erläuterung
Bevölkerungsdichte	Nicht eindeutig	Auch die Länder, die eine sehr geringe Bevölkerungsdichte aufweisen, haben teilweise eine bessere Versorgung als Länder mit einer höheren Bevölkerungsdichte. Zentraler für die Mobilfunkversorgung sind die räumliche Verteilung der Bevölkerung und die Topographie.

¹⁰³ Vgl. Lüders/Sörries (2021).

Parameter	Wirkungsweise	Erläuterung
Versorgungsaufgaben	Nicht eindeutig	Eine ökonometrische Analyse hat unter Berücksichtigung von Mitgliedstaaten der EU ergeben, dass je früher und ambitionierter Versorgungsaufgaben ausgestaltet sind, desto besser ist die Versorgungsqualität. Bei der Betrachtung von Kanada, Australien oder Japan, die einen marktorientierten, wettbewerblichen Regulierungsansatz präferieren, fallen Versorgungsaufgaben als Erklärungsansatz für die Versorgungsqualität jedoch weg.
ARPU	Eindeutig	Je höher der ARPU ist, desto besser ist auch die Mobilfunkversorgung. Eine Ausnahme sind hier die Niederlande. Hier ist der ARPU vergleichsweise gering. Die Versorgung von Haushalten und Verkehrswegen ist im Vergleich wegen der hohen Bevölkerungsdichte kostengünstiger.
Infrastruktur-Sharing	Eindeutig	In allen Ländern gibt es passives Infrastruktur-Sharing. Je früher sich Marktteilnehmer auf aktives Infrastruktur-Sharing verständigt haben, desto besser ist die gesamte Mobilfunkversorgung. Externe Effekte wie Regulierungsentscheidungen haben hier positive Anreize für aktives Infrastruktur-Sharing entfaltet. Es kann sich auch positiv auswirken, mit regionalen oder lokalen Anbietern zusammenzuarbeiten und einen Sekundärmarkt für Frequenzen zu etablieren.
Wettbewerbliche Differenzierung	Eindeutig	Die Möglichkeiten einer wettbewerblichen Differenzierung führt zu einer höheren Versorgungsqualität. Parallel kann dies aber zu vergleichsweise hohen Endkundenpreisen führen, sodass staatliche Stellen den Markteintritt von weiteren Akteuren forcieren, wobei damit nicht automatisch Zugangsverpflichtungen verknüpft sind.
Zeitpunkt der Einführung innovativer Regulierungsansätze	Eindeutig	In den Ländern, in denen staatliche Stellen und Endkunden signifikante Unterschiede bei der räumlichen Mobilfunkversorgung feststellten, wurde von den Standardverfahren bei der Vergabe von Frequenznutzungsrechten abgewichen. Je früher diese Abweichung vollzogen wurde, desto schneller verbesserte sich die Mobilfunkversorgung. Eine gesetzliche Festlegung eines Versorgungsziels gibt es nur in Deutschland.
Frequenzaufteilung	Eindeutig	Die führenden Anbieter verfügen in der Regel über mehr Frequenzspektrum. Sie sind in Märkten mit 3 parallelen Netzinfrastrukturen aktiv. Je mehr Frequenzspektrum ein Anbieter hat, desto höher können aus technischer Sicht die Leistungsparameter ausfallen.

Parameter	Wirkungsweise	Erläuterung
Frequenzkosten	Kein Befund	Es gibt keine eindeutigen empirischen Belege, wonach sich hohe Frequenzkosten negativ auf das Investitionsverhalten und damit die Versorgungsqualität auswirken. Grundsätzlich verfolgen die Anbieter das Ziel, ihren Kunden ein möglichst optimales Kundenerlebnis zu geben. Hohe Frequenzkosten können jedoch dazu führen, dass Investitionen später getätigt werden.
EBITDA-Marge und Investitionsquoten	Nicht eindeutig	Bis auf wenige Ausnahmen zeigt die Betrachtung der EBITDA-Margen, dass Mobilfunknetzbetreiber einen Korridor zwischen 20 und 40 Prozent anstreben. Eine hohe EBITDA-Marge kann sich dabei negativ auf die Versorgung auswirken. Es gibt aber auch Unternehmen mit einer vergleichsweise geringen EBITDA-Marge, die eine geringe Mobilfunkqualität anbieten. Die Investitionsquoten fallen im Zeitverlauf sehr unterschiedlich aus. In den Ländern, in denen die Pro-Kopf-Investitionen am höchsten ausfallen, ist die 4G-Verfügbarkeit am höchsten.
Topographie	Eindeutig	Je schwieriger es ist, insbesondere ländliche Regionen mit Mobilfunk zu versorgen, desto kostenintensiver ist eine Versorgung und desto geringer ist die Wirtschaftlichkeit von Investitionen. Insoweit hat der Markt keine Anreize, solche Gebiete mit Mobilfunkdiensten zu versorgen. In Flächenländern wie den USA, Kanada oder Australien wird von staatlichen Stellen anerkannt, dass eine flächendeckende Versorgung nicht über den Markt geleistet werden kann. Gleiches gilt für Gebirgsgebiete in Österreich und der Schweiz sowie Inseln in Japan und Südkorea.

Der Vergleich der unterschiedlichen Mobilfunkmärkte zeigt, dass die für Mobilfunk zuständigen staatlichen Behörden grundsätzlich zwischen 2 generischen Ansätzen wählen können:

- (1) Ein marktorientierter und wettbewerblich geprägter Ansatz, der den Grad der Versorgung im Wesentlichen dem Spiel der Marktkräfte überlässt.
- (2) Ein auf die Versorgung von Haushalten und Verkehrswegen oder sogar Flächen abzielender, regulatorischer infrastruktureller Ansatz.

Beim marktorientierten, wettbewerblichen geprägten Ansatz wird grundsätzlich auf einen Infrastrukturwettbewerb, d. h. auf das Interesse einzelner Betreiber, sich gegenüber Wettbewerbern zu differenzieren, vertraut. Wettbewerbliche Vorstöße von Unternehmen sind in diesem regulatorischen Regime grundsätzlich gewünscht. Der Markt hat in den Ländern, die auf Infrastrukturwettbewerb gesetzt haben, zu einer Mobilfunkversorgung geführt, die besser war als in Deutschland oder Frankreich. Der Markt hat somit die Erwartungen erfüllt, was angesichts der Zielsetzung der Unternehmen, ihren Kunden einen möglichst optimalen Dienst anzubieten, grundsätzlich nicht überraschend erscheint. Ebenso soll bei diesem Ansatz über Zugangsverpflichtungen kein Anreiz genommen werden, eine regionale Differenzierung als Wettbewerbsstrategie zu wählen. Wettbewerber, die beispielsweise eine bessere Flächenversorgung oder eine höhe-

re Qualität in Form von höheren Datenübertragungsraten oder Latenzen ihren Kunden anbieten, sollen mögliche Wettbewerbsvorteile auch am Markt umsetzen können.

Der zweite Ansatz ist darauf ausgerichtet, über Versorgungsaufgaben das Marktergebnis maßgeblich zu beeinflussen. Dieser Ansatz wurde beispielsweise im Rahmen der Vergabe der UMTS-Lizenzen verfolgt. Die Länder, die dort vergleichsweise hohe Auflagen implementiert haben, verfügen heute über eine überdurchschnittliche Versorgung. Im außereuropäischen Kontext ist hier Südkorea zu erwähnen. Unter den europäischen Ländern waren die Niederlande hinsichtlich der erreichten Qualität der Mobilfunkversorgung erfolgreich. Die gerade von niederländischen Mobilfunknetzbetreibern anzubietenden Datenraten sind aus einer deutschen Perspektive vergleichsweise ambitioniert, zumal in Deutschland gerade in ländlichen Räumen zur Mobilfunkversorgung noch maßgeblich Flächenfrequenzen eingesetzt werden. Hier zeigen erste Auswertungen, dass beim Einsatz dieser Frequenzen die in den Niederlanden geforderten Datenraten nicht erreichbar sind.¹⁰⁴

Um die Erschließung von weißen Flecken außerhalb von Förderprogrammen zu erreichen, ist eine Integration einer entsprechenden Negativauktion in eine Frequenzauktion ein probates Instrument, die Ziele der Frequenzvergabe und der Daseinsvorsorge miteinander zu kombinieren.

Die im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten zeigen, dass eine Kombination der beiden generischen Ansätze, also Infrastrukturwettbewerb und detaillierte regulatorische Vorgaben, nicht in gleicher Art und Weise möglich ist. Ein aus Sicht der Kunden gutes Preis-Leistungs-Verhältnis geht in den Ländern nicht automatisch mit einer hohen Flächenversorgung bzw. hohen Qualität der angebotenen Dienste einher. Zudem führen symmetrische Versorgungsaufgaben zu einer quasi erzwungenen Angleichung einer (Basis-)Qualität bei der Mobilfunkversorgung. Offen ist, ob gerade angesichts doch aus internationaler Sicht vergleichsweise zurückhaltender Zahlungsbereitschaft die Strategie aufgeht, sich beispielsweise über überdurchschnittliche Datenraten im Up- und Downlink oder geringe Latenzen von Wettbewerbern zu differenzieren. Sofern ein Unternehmen diese Strategie wählt, sollten jedenfalls keine Vorgaben gemacht werden, die auf eine Nivellierung der Qualität der Mobilfunkversorgung hinauslaufen. Insofern sollten beispielsweise graue Flecken in der Mobilfunkversorgung, in denen eine Versorgung in gleicher Qualität nicht von allen Mobilfunknetzbetreibern angeboten wird, keine staatlichen Maßnahmen herausfordern oder anreizen, die eine Differenzierbarkeit nicht mehr zulassen.

So wie bei Unternehmensstrategien (Innovationsführerschaft oder Kostenführerschaft) schneiden die Länder im Vergleich schlechter ab, die zeitgleich Instrumente aus beiden Ansätzen anwenden. Dies fällt dann besonders ins Gewicht, wenn die ARPU dann noch

¹⁰⁴ Vgl. Lüders/Sörries (2021).

vergleichsweise niedrig ausfallen und Anbieter in den jeweiligen Märkten die Möglichkeit haben, Investitionen in die Modernisierung des Funknetzes zeitlich zu strecken.

In der Praxis ist festzustellen, dass nur wenige Länder einen der beiden Ansätze konsequent über den Zeitverlauf verfolgen. Vielmehr zeigt sich, dass gerade Länder in der EU die strategischen Ansätze wechseln oder Instrumente wählen, die eine Kombination beider Ansätze darstellen.

Ein Beispiel dafür ist Frankreich: Während zunächst der wettbewerbliche Fokus wesentlich war (Markteintritt eines vierten Mobilfunknetzbetreibers), erhielt der infrastrukturellen Ansatz mit der Feststellung einer unzureichenden Versorgung in ländlichen Räumen und entlang von Verkehrswegen neues Gewicht. Zudem wurden bei der Frequenzvergabe im Jahr 2020 freiwillige Verpflichtungen von Mobilfunknetzbetreibern mit der Vergabe von Frequenznutzungsrechten kombiniert. Dies geschah, um potentielle rechtliche Herausforderungen, die bei der Anwendung des europäischen Rechtsrahmens entstehen könnten, zu adressieren. So konnten rechtliche Abwägungen über die Zulässigkeit von Zugangsverpflichtungen oder der Sublizenzierung von 3,6-GHz-Frequenzen wegfallen.

Ebenso zeigt sich, dass die generischen Ansätze sehr unterschiedlich ausgeprägt sind. So hat Frankreich über den Markteintritt des vierten Mobilfunknetzbetreibers erfolgreich den Versuch unternommen, über mehr Wettbewerb ein besseres Preis-Leistungs-Verhältnis für Endkunden zu erreichen. Es wurde aber davon abgesehen, über regulierte National-Roaming-Vereinbarungen den Markteintritt zu erleichtern. Entsprechende Abkommen beruhen auf kommerziellen Vereinbarungen; das Gleiche gilt für Japan.

Auffällig beim Ländervergleich ist, dass von den hier betrachteten Ländern Deutschland, Österreich, Frankreich und die Niederlande mit Vorgaben zu Download-Geschwindigkeiten bzw. Kapazitäten im Antennensektor arbeiten. Die Messkonzepte zur Überprüfung der Auflagen unterscheiden sich dabei. In Frankreich muss der Rufaufbau innerhalb einer vorgegebenen Zeit erfolgen. In den Niederlanden und in Österreich müssen die Datenraten am Endgerät in einer typischen Nutzersituation erfüllt werden. Damit ist auch transparent für die Endkunden, wie leistungsfähig die Angebote sein müssen. In Deutschland dagegen können Endkunden mit den Vorgaben keine konkrete Datenrate am Endgerät verbinden.

Der Ländervergleich bestätigt die in der Literatur bereits angedeuteten Wechselbeziehungen zwischen der Förderung des Wettbewerbs mittels einer höheren Anzahl von Mobilfunknetzbetreibern bzw. Netzinfrastrukturen und der Versorgung mit Mobilfunkdiensten. Die in dieser Studie betrachteten Märkte mit 3 nationalen Mobilfunknetzbetreibern haben schneller LTE ausgebaut und sind im Ranking von Qualitätsparametern in der Regel führend. Eine Ausnahme sind hier die USA. Hier erzielte der Infrastruktur-

wettbewerb von 4 landesweiten Anbietern vergleichbare Ergebnisse.¹⁰⁵ Es ist aber einschränkend zu erwähnen, dass die Einführung von LTE kein Selbstzweck ist. So kann es aus Sicht eines Mobilfunknetzbetreibers durchaus rational sein, bei seinen Angeboten noch auf eine ältere Technologie zu setzen, sofern damit nicht ein Verlust an Marktanteilen droht.

Im Übrigen ist noch zu erwähnen, dass trotz der Erfahrungen bei der UMTS-Lizenzierung, die zum Markteintritt und -austritt von Unternehmen im größeren Umfang führte¹⁰⁶, es zu unterschiedlichen Zeitpunkten wieder Markteintritte gegeben hat.¹⁰⁷

Im Ergebnis lässt sich somit nicht eindeutig empirisch feststellen, ob die Anzahl der Mobilfunknetzbetreiber eine ganz maßgebliche Variable ist, die die Mobilfunkversorgung beeinflusst. Wesentlicher erscheint die Anzahl an parallelen Netzinfrastrukturen zu sein. Die vorliegende Analyse zeigt aber, dass in Märkten mit 3 Mobilfunknetzbetreibern die Mobilfunknetzbetreiber über eine bessere Frequenzausstattung verfügen, womit grundsätzlich höhere Datenübertragungsraten möglich sind.

Der Vergleich zeigt im Übrigen, dass der Preis für die infrastrukturellen Vorteile höhere Endkundertarife bzw. Kosten bei den Endkunden sein können. Der durchschnittliche Umsatz pro Kunde gerade in den mehr konzentrierten Märkten fällt am höchsten aus.

Über den Infrastrukturwettbewerb kommt es dann in den meisten Ländern zu einer Angleichung der angebotenen Qualität. Dies umfasst aber nicht automatisch auch die angebotene Qualität in der Fläche. So versorgt beispielsweise ein Anbieter in Schweden 40 Prozent der Fläche und ist dabei im Markt erfolgreich. Eine wettbewerbliche Differenzierung ist somit über den regionalen Ausbau möglich. In den Vergleichsländern ist hierbei kein Trend abzulesen, dass sämtliche Mobilfunkinfrastrukturen überall in der Fläche verfügbar sein sollten. Vielmehr wird es positiv gesehen, wenn eine Differenzierung erfolgt, die sich dann auch in den Endkundenpreisen widerspiegeln kann. Eine Diskussion über die Versorgung von sogenannten grauen Flecken, in denen nur ein Mobilfunknetzbetreiber über eine Netzinfrastruktur verfügt, ist in den Vergleichsländern in der Form, wie sie in Deutschland teilweise diskutiert wird, nicht anzutreffen.

Hinsichtlich der Frage, welche Frequenzbereiche künftig das Rückgrat der Mobilfunkversorgung darstellen, zeigt sich (noch) ein sehr unterschiedliches Bild: In Ländern mit einer hohen Konzentration der Bevölkerung in den urbanen und suburbanen Flächen und einer vergleichsweise hohen Nachfrage nach mobilen Diensten sind Frequenzen im Bereich von 1800 MHz, 2,1 GHz und 3,6 GHz bereits heute das Rückgrat der Ver-

105 In den europäischen Flächenländern (UK, Spanien, Frankreich, Deutschland, Polen, Italien, Schweden und Rumänien) gibt es aktuell 4 Mobilfunknetzbetreiber. In UK, Schweden und Frankreich gibt es seit mehreren Jahren aktives Infrastruktur-Sharing, d. h. nicht alle Mobilfunknetze sind flächendeckend vorhanden.

106 Vgl. Berne et al. (2019).

107 Z. B. in Japan, Frankreich und Deutschland und außerhalb der hier betrachteten Länder in Italien.

sorgung. Frequenzen im Bereich unterhalb 1 GHz, mit denen der öffentliche zellulare Mobilfunk gestartet ist, haben ihre Bedeutung dort eingebüßt. Gleichwohl zeichnet sich in Japan ab, dass der Neueinsteiger eine Nachfrage nach Frequenzen unterhalb von 1 GHz hat. Wie die damit entstehende Knappheit aufgelöst werden kann, wird aktuell in Japan diskutiert. In Flächenländern wie den USA, Frankreich und Deutschland sind Frequenzen unterhalb von 1 GHz weiterhin sehr bedeutsam. So realisiert beispielsweise T-Mobile USA über 600-MHz-Frequenzen das 5G-Angebot in der Fläche. In Deutschland werden 700-MHz-Frequenzen zum Angebot von 5G eingesetzt. An vielen dieser Standorte werden jedoch auch Frequenzen im Bereich 1800 MHz oder 2,1 GHz eingesetzt.¹⁰⁸ Dass mittlerweile auch 3,6-GHz-Frequenzen eingesetzt werden, ist bekannt. Es gibt aber keine öffentlich verfügbaren Daten darüber, wo diese Frequenzen eingesetzt werden. Sofern gerade in ländlichen Regionen oder entlang von Verkehrswegen im Wesentlichen Frequenzen aus dem Low Band (unterhalb von 1 GHz) eingesetzt werden, werden sich die Datenübertragungsraten beispielsweise im Downlink deutlich von urbanen Nutzungsszenarien unterscheiden.

In einer Reihe von Ländern (z. B. Schweden, Frankreich, Österreich und Kanada) gibt es unterschiedliche Formen des aktiven Infrastruktur-Sharings. Sehr ausgeprägt sind die Ansätze in Schweden und Kanada, wo Mobilfunknetzbetreiber zusammen Mobilfunknetze betreiben.

Ebenso gibt es in einzelnen Ländern National-Roaming-Vereinbarungen, die auf kommerziellen Vereinbarungen beruhen. Die National-Roaming-Vereinbarungen hatten zunächst das Ziel, den Markteintritt von Neueinsteigern zu ermöglichen und dabei Defizite in der Frequenzausstattung zu kompensieren. Mit einer steigenden Nachfrage nach mobilen Datendiensten nimmt die Bedeutung des National Roamings ab, weil die am National Roaming beteiligten Unternehmen immer mehr eigene Infrastrukturen aufbauen. Mit dem Aufbau eigener Infrastrukturen besteht immer weniger die Notwendigkeit, Lücken in der Versorgung durch die Mitnutzung anderer Mobilfunknetze zu schließen.

Das Infrastruktur-Sharing wird künftig insbesondere bei der Errichtung und dem Betrieb von Small Cells an Bedeutung gewinnen, zumal in allen Ländern in unterschiedlicher Ausprägung und Intensität Kritik an einer weiteren Verdichtung von Mobilfunkstandorten geäußert wird. Mit einer zunehmenden Sichtbarkeit von Antennen bestehen Befürchtungen, dass Gesundheitsbedenken verstärkt geäußert werden. Infrastruktur-Sharing kann hier zu einer besseren Balance von betriebswirtschaftlichen und ökologischen Aspekten beitragen (und insbesondere den CO₂-Fußabdruck solcher Infrastrukturen verringern¹⁰⁹).

¹⁰⁸ Vgl. Lüders/Sörries (2021).

¹⁰⁹ Siehe auch Art. 44 EKEK.

Die Mobilfunknetzbetreiber versuchen gerade in den Märkten, in denen der ARPU unterdurchschnittlich ausfällt, die laufenden Betriebskosten zu senken. Dem Stromverbrauch kommt hier eine besondere Bedeutung zu. Die Migration von UMTS auf 4G wird dazu beitragen, den Stromverbrauch pro Bit zu senken. Eine (ausgeprägte) Diskussion über die umweltpolitische Bedeutung des Mobilfunks gibt es aber nur in Frankreich und Deutschland.

Insgesamt nimmt in allen untersuchten Ländern die volkswirtschaftliche Bedeutung von zellularen Mobilfunknetzen als wesentlichem Enabler der digitalen Transformation zu. Aus diesem Grund steigen auch die Bemühungen der Behörden, die Transparenz über die Versorgung mit Mobilfunk zu verbessern. Unternehmen, die selbst keine öffentlichen Telekommunikationsdienste anbieten, prüfen zudem, wie sie ihre Wertschöpfungsprozesse mit Technologien wie 4G oder 5G effizienter und nachhaltiger machen können. Aus diesem Grund gibt es auch außerhalb Deutschlands die Möglichkeit, Frequenzen in unterschiedlichen Frequenzbereichen (z. B. bei 2 GHz, 2,6 GHz, 3,8 GHz, 4,1 GHz) für private Campusnetze einzusetzen.

9.2 Zusammenfassendes Ergebnis

Drei Dekaden nach der Einführung des digitalen, zellularen Mobilfunks besteht nicht mehr die Möglichkeit, Instrumente zur Verbesserung der Versorgung auf der „grünen Wiese“ (Greenfield-Ansatz) zu entwickeln oder auszuprobieren. Vielmehr bestehen in den Ländern durch Entscheidungen in der Vergangenheit Pfadabhängigkeiten, die auch durch den regulatorischen und gesetzlichen Rahmen geprägt sind.

Je nach präferiertem Regulierungsansatz wurden aus Sicht staatlicher Stellen und Endkunden unterschiedliche Ergebnisse bei der räumlichen und systemischen Verfügbarkeit von Mobilfunkdiensten erzielt. Jedes der hier betrachteten Länder strebt dabei eine Balance zwischen einem funktionierenden Wettbewerb (Preis-Leistungs-Verhältnis) und der Versorgung der Flächen an, in denen Mobilfunkdienste in einem gewissen Umfang nachgefragt werden. Hierbei vertrauen Länder wie Japan, Australien, die Schweiz und die USA ganz wesentlich auf den Markt. In diesen Ländern hat der Infrastrukturwettbewerb maßgeblich die Versorgung beeinflusst. In den Ländern, die im internationalen Vergleich in zeitlicher Perspektive langsamer LTE aufgebaut haben, wurde mit unterschiedlichen Ansätzen auf die Defizite des Infrastrukturwettbewerbs reagiert. Zunächst geringere Versorgungsaufgaben wurden nicht maßgeblich durch Wettbewerbsstrategien der Anbieter in ländlichen Räumen ergänzt. Der Infrastrukturwettbewerb in der Fläche war somit nur eingeschränkt vorhanden. Dies gilt für Frankreich und Deutschland. In diesen Ländern wurde dann im Rahmen von Frequenzauktionen mittels neuer Versorgungsaufgaben oder freiwilliger Ausbauszusagen im Rahmen der Verlängerung von Frequenznutzungsrechten nachgesteuert. Im Ergebnis holen beide Länder hinsichtlich der Qualität der LTE-Versorgung auf. Da die Erfüllung von Versorgungsaufgaben oder freiwilligen Zusagen mehrere Jahre benötigt, ist zu

erwarten, dass sich die in Kapitel 4 genannten Parameter in beiden Ländern weiter verbessern werden. Somit kann festgestellt werden, dass sich die Qualität der Versorgung insbesondere in der Fläche weiter annähern wird. Deutschland wird hier voraussichtlich eine Spitzenposition einnehmen, die mit Ländern vergleichbar sein wird, die über weniger ländliche Räume verfügen.

Es zeichnet sich somit ab, dass sich ausgehend von den Versorgungsaufgaben und marktgetriebenen Kooperationen der Mobilfunknetzbetreiber das Angebot von funkbasierten Telekommunikationsdiensten in Deutschland weiter verbessern und hinsichtlich einer Basisversorgung auch unter den Anbietern angleichen wird. Eine wettbewerbliche Differenzierung kann vor dem Hintergrund symmetrischer Auflagen nur darin bestehen, eine überdurchschnittliche Qualität in fast allen besiedelten Flächen beispielsweise mit Frequenzen aus dem Mid Band (z. B. mit 3,6-GHz-Frequenzen) anzubieten. Angesichts stabiler oder sogar leicht rückläufiger Umsätze lassen sich solche Investitionen aber nur dann rechtfertigen, wenn eine wettbewerbliche Differenzierung auch zu Alleinstellungsmerkmalen des Anbieters führt. Über regulatorische Maßnahmen sollten Wettbewerbsvorstöße einzelner Anbieter nicht verhindert werden, zumal mit dem Markteintritt des vierten Mobilfunknetzbetreibers es zu einem noch intensiveren Preiswettbewerb kommen kann. Führt dieser Preiswettbewerb über alle Kundensegmente zu einer Verringerung des ARPU, könnten Investitionen in einer infrastrukturbasierte Differenzierung verzögert oder unrentabel werden, wenn sich die Unternehmen weiter an ihrer bisherigen EBITDA-Marge orientieren.

9.3 Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

International wettbewerbsfähige Mobilfunkversorgung

- *Mobilfunkversorgung wird bis zum Jahr 2025 ein international wettbewerbsfähiges Niveau erreichen*

Mit den bereits ergriffenen Maßnahmen (Versorgungsaufgaben aus der Frequenzversteigerung des Jahres 2019 und Fördermaßnahmen) erreicht Deutschland hinsichtlich der Abdeckung bis zum Jahr 2025 eine Mobilfunkversorgung auf sehr gutem und international wettbewerbsfähigem Niveau.

Für die Erzielung hoher Datenraten, insbesondere unter Einsatz von 5G, ist eine starke weitere Verdichtung der Netze durch Aufbau zusätzlicher Mobilfunkstandorte unerlässlich. Latenzkritische Anwendungen (z. B. beim teleoperierten Fahren oder bei Precision Farming) sowie solche mit besonders hohen Kapazitätsanforderungen (z. B. beim teleoperierten Fahren) erfordern außerdem neben immer dezentraleren Server- und Cloudstrukturen auch eine Anbindung der Mobilfunkstandorte (auch in einer Open-RAN-Architektur) mit Glasfaser. Eine flächendeckende Verfügbarkeit von Glasfaser ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor.

Folgende Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen lassen sich aus dem internationalen Vergleich für den weiteren Ausbau der Mobilfunknetze in Deutschland ableiten:

Frequenzen

- *Stabile Rahmenbedingungen für Investitionen schaffen*

Um die erreichte Versorgungsqualität kontinuierlich zu verbessern und eine Mobilfunkversorgung mit weiter steigender Qualität (höhere Datenraten, geringere Latenz) zu realisieren, müssen bei der Bereitstellung der Ende 2025 auslaufenden Frequenzen bei 800 MHz, 1800 MHz und 2600 MHz die Weichen richtig gestellt werden.

Für ein investitionsfreundliches Marktumfeld ist es wichtig, Investitionsentscheidungen auf Grundlage einer transparenten und an den Zielen „Versorgung und Qualität“ orientierten Ausrichtung der Frequenzpolitik zu treffen.

Versorgungsaufgaben

- *Versorgungsaufgaben maßschneidern und auf Nutzerperspektive ausrichten*

Versorgungsaufgaben sind das zentrale Element zur Erreichung von Ausbauzielen in Deutschland und zugleich aufgrund der damit einhergehenden Kostenbelastung und Reduzierung unternehmerischer Freiheit richtungsweisend für Investitionsentscheidungen der Mobilfunknetzbetreiber. Im Grundsatz gilt dabei, dass Mobilfunknetzbetreiber aus unternehmerischen Erwägungen nur solche Investitionen in den Netzausbau tätigen, die eine an den jeweiligen Kundenbedürfnissen ausgerichtete Versorgung gewährleisten und dabei ihre Netze möglichst effizient und unter Einsatz der modernsten Technologie betreiben.

Um den Einfluss von Versorgungsaufgaben auf Investitionsbedingungen zu verringern, sollten die Mobilfunknetzbetreiber prüfen, inwieweit sie die Notwendigkeit von Versorgungsaufgaben durch Abgabe von freiwilligen verbindlichen Ausbauzusagen reduzieren können. So könnten Unternehmen Gestaltungsspielräume nutzen und die Umsetzung von Ausbauzielen flexibler gestalten. Gleichzeitig würde die Informationsasymmetrie über die tatsächlich zu erwartenden Ausbaukosten abgebaut, da die Unternehmen diese Kosten genauer einschätzen können. Eine wettbewerbliche Differenzierung wäre somit weiterhin möglich.

Eine qualitativ besonders gute Mobilfunkversorgung erreichen im europäischen Vergleich diejenigen Länder (Niederlande und Österreich), die bei der Festlegung von Versorgungsaufgaben konkrete und nachvollziehbare, mitunter auch dynamische Vorgaben zur (Mindest-)Qualität des Dienstes aus Nutzersicht machen. Die damit geschaffene Transparenz sorgt für eine gesteigerte Nutzerakzeptanz und erleichtert zudem die behördliche Überprüfung.

Eine Versorgungs- und Defizitanalyse unter Berücksichtigung des bis 2024/2025 prognostizierten Ausbaustands, die Aspekte wie das typische Nutzerverhalten und den Nutzungsort beinhaltet, könnte eine gute Grundlage für Versorgungsaufgaben sein, die Qualität und Flächendeckung weiter verbessern.

Infrastrukturwettbewerb

- *Angebotsvielfalt bei Leistung und Preis erhalten*

In keinem der in der Studie betrachteten Länder besteht eine gesetzliche oder regulatorische Verpflichtung, dass jedes Mobilfunknetz über eine flächendeckende Abdeckung und eine lückenlose Versorgung verfügen muss. Eine besonders gute Versorgung und hohe Verfügbarkeitsraten erreichen u. a. Länder (Südkorea, Japan, USA), in denen der Ausbau im Wesentlichen im Wettbewerb der Netze (Infrastrukturwettbewerb) ohne enge regulatorische Vorgaben erfolgt und aufgrund wirtschaftlicher Freiheiten frühzeitig in die Implementierung neuer Technologien investiert werden kann. Auch der europäische und nationale Rechtsrahmen zielen auf die Förderung des Wettbewerbs als einem zentralen Ziel der Regulierung ab. Jedoch hat sich in den ländlichen Gebieten in Deutschland über viele Jahre kein nachhaltiger Infrastrukturwettbewerb etabliert, der zu einer bedarfsgerechten Versorgung mit Mobilfunk geführt hätte. Daher wurden zusätzliche Instrumente wie Versorgungsaufgaben und Fördermittel zur Verbesserung der Mobilfunkversorgung genutzt. Diese können ebenfalls aus Ausgangspunkt für den weiteren Infrastrukturwettbewerb dienen.

Funktionierender Infrastrukturwettbewerb ermöglicht darüber hinaus eine Differenzierung hinsichtlich des Leistungsumfangs der Angebote und gibt den Anbietern die Möglichkeit, auf die Bedürfnisse ihrer Kunden zugeschnittene Produkte anzubieten. Dies spiegelt sich auch in angebotsangemessenen Endkundenpreisen wieder, die je nach Nutzersegment ein unterschiedliches Preisniveau und einen Wettbewerb auf der Diensteebene erst möglich machen.

Gesetzliche oder regulatorische Vorgaben sollten daher das Prinzip des Infrastrukturwettbewerbs nicht grundsätzlich in Frage stellen. Auch wenn Infrastrukturwettbewerb als isoliertes Prinzip in Deutschland nicht zu einer flächendeckenden Vollversorgung geführt hat, kann er nichtsdestotrotz künftig als wichtiger Treiber für Innovationen und neue Dienste und Anwendungen dienen. Es gilt daher die Beschleunigungspotenziale des Wettbewerbs zu nutzen und die so erzeugte Versorgung nach einer entsprechenden Versorgungs- und Defizitanalyse maßgeschneidert um weitere Instrumente zu ergänzen. So kann sichergestellt werden, dass leistungsfähige Breitbandangebote ohne erheblichen Zeitverzug auch in ländlichen Gebieten verfügbar sind und gleichwertige Lebensverhältnisse hinsichtlich der Mobilfunkversorgung erreicht werden.

Ausgehend vom bereits erreichten Versorgungsniveau sollten weitere symmetrische, also für alle Betreiber gleichlautende, Versorgungspflichten auf negative Anreize und

insbesondere Auswirkungen auf das Endkundenpreisniveau infolge möglicherweise erforderlicher Preissteigerungen und/oder -angleichungen überprüft werden.

Zudem sollte der Mobilfunkausbau umfassend und transparent dargestellt werden, damit sich Endkunden ein differenziertes Bild über die Versorgung machen und entsprechend ihres Nutzungsverhaltens den Mobilfunknetzbetreiber und Endkundentarif wählen können. Eine transparente Auswahlmöglichkeit dient auch dem Infrastrukturwettbewerb.

Grenzen des Infrastrukturwettbewerbs

- Anreize für Kooperationen schaffen

Die Erkenntnisse aus der Studie zeigen, dass das Prinzip des Infrastrukturwettbewerbs in sehr dünn besiedelten ländlichen Gebieten (Beispiele sind Flächenstaaten wie Kanada und Australien, aber auch Schweden) an seine Grenzen stößt, da Mobilfunknetzbetreiber aus wirtschaftlichen Erwägungen hier oftmals keinen eigenwirtschaftlichen Ausbau vornehmen. Versorgungsaufgaben können im vorgegebenen Rahmen der Verhältnismäßigkeit in diesen Fällen nur bedingt und vielfach mit zeitlicher Verzögerung Abhilfe schaffen. Aus volkswirtschaftlicher Sicht haben deshalb Kooperationen beim Netzausbau eine besondere Bedeutung, da sie geeignet sind, die Kosten des Netzausbau durch eine Verteilung der Kosten auf mehrere Betreiber in bedeutendem Umfang zu reduzieren, und vielfach im Ergebnis aufgrund der Kosten- und Risikoverteilung einen Ausbau auch in Gebieten möglich machen, die bei individueller Betrachtung eines Netzbetreibers unerschlossen blieben. Kommerziell zwischen den Betreibern ausgehandelte Kooperationen jeglicher Art (aktives und passives Infrastruktur-Sharing, Roaming) sollten daher zumindest in Gebieten, in denen das Prinzip des Infrastrukturwettbewerbs aufgrund wirtschaftlicher Bedingungen an Grenzen stößt, von regulatorischer und kartellrechtlicher Seite im Einklang mit dem Wettbewerbsrecht und dem TKG gefördert werden. Dies könnte auch dadurch befördert werden, dass bei der Bereitstellung von Frequenzen künftig ein zentrales Augenmerk auf die Schaffung von Anreizen zur Eingehung kommerzieller verbindlicher Kooperationen gelegt wird.

Zukunftsfähigkeit der Mobilfunknetze

- Marktentwicklung analysieren und 5G-Ausbau beschleunigen

Die Studie zeigt, dass in Ländern (Korea, Japan, USA), in denen wenige oder sogar gar keine gesetzlichen oder regulatorischen Vorgaben zum Ausbau der Mobilfunknetze gemacht werden, Mobilfunknetzbetreiber frühzeitig Investitionen in neue innovative Technologien tätigen. Angesichts des in Europa relativ stark regulierten Mobilfunkmarkts sollte daher evaluiert werden, in welcher Form trotz zu erfüllender regulatorischer Vorgaben weitere Beschleunigungspotenziale beim Rollout von 5G, der Nachfrage und den Anforderungen mobiler Breitbanddienste sowie perspektivisch der

Entwicklung, Erprobung und Implementierung neuer Netztechnologien gehoben werden können. Hierfür sollte systematisch analysiert werden, welche physikalischen und logischen Infrastrukturen (z. B. „mobile edge cloud computing“, „far edge computing“) mittel- bis langfristig in Deutschland für die unterschiedlichen 5G-Use-Cases benötigt werden. Auch sollten bereits vorausschauend Prognosen erstellt werden, in welchen Anwendungsbereichen die infrastrukturellen Anforderungen über den Markt realisierbar sind und wo – aufgrund eines valide prognostizierbaren Marktversagens – der Ausbau mangels tragfähiger Geschäftsmodelle ohne staatliche Unterstützung finanziell nicht leistbar sein wird. Derartige Untersuchungen sind wesentlich, um zu ermitteln, welchem Design die 5G-Netze perspektivisch gerecht werden müssen und inwieweit frühzeitig auch staatliche Unterstützung und Anreize notwendig werden. Dies könnte beispielweise bei einer nicht-terrestrischen Mobilfunkversorgung der Fall sein, die insbesondere kleinere Versorgungslücken schließen und so auch eine flächendeckende Notfall-Kommunikation ermöglichen würde. Die Analyse der mittel- und langfristigen Marktentwicklung und des damit korrespondierenden Ausbaus mit 5G in Deutschland sollte daher idealerweise im Vorfeld weiterer regulatorischer oder politischer Entscheidungen erfolgen, um über das Aufzeigen möglicher perspektivischer Entwicklungspfade Einflussfaktoren zu identifizieren und ggf. notwendige wirksame staatliche Flankierung abzuleiten. Daneben sollte der Rollout von Small Cells, die 5G-Hotspots schnell in den öffentlichen Raum bringen können, durch eine noch stärkere und schnellere Bereitstellung von öffentlichen Liegenschaften und Stadtmöbeln forciert werden.

Bürokratieabbau

- *Netzausbau durch Bürokratieabbau weiter beschleunigen*

Investitionen in den Netzausbau müssen schneller Wirkung entfalten. Die Genehmigungsverfahren sollten so ausgestaltet sein, dass bei Bund und Ländern Genehmigungserfordernisse hinterfragt und – soweit wie möglich – weiter abgebaut werden. Zumindest in Fällen, wo eine Ex-post-Befassung von Behörden unverzichtbar bleibt, sollte angestrebt werden, innerhalb von maximal 6 Monaten eine Genehmigung zu erteilen. Dies könnte durch eine Verbesserung des Informationsaustauschs, der Kommunikation und Intensivierung der Zusammenarbeit zwischen Verwaltung und Unternehmen erreicht werden. Zugleich haben der Ausbau der Schulungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten für Verwaltungsmitarbeiter, harmonisierte und konzentrierte Standard-Anforderungskataloge für die einzureichenden Unterlagen im Genehmigungsverfahren sowie die End-to-end-Digitalisierung der Genehmigungsprozesse hohes Beschleunigungspotenzial.

Literaturverzeichnis

- A1 (2020): Kombiniertes Jahresbericht 2020, abrufbar unter: [Kombinierte Jahresberichte | A1 Telekom Austria Group](#), zuletzt abgerufen am: 30.04.2021.
- Abate et al. (2020): Mobile market performance and market structure in Europe during the 4G era. ITS Online Event, 14-17 June 2020.
- ACCC [Australian Competition and Consumer Commission](2020): ACCC Communications Market Report 2019-20.
- Altice (2020): Annual report 2019, abrufbar unter: [Altice - Annual report 2019 - vf2.pdf](#), zuletzt abgerufen am: 05.05.2021.
- ANFR (2021): Au 1er avril, près de 56 000 sites 4G et 23 000 sites 5G autorisés en France par l'ANFR, abrufbar unter: [ANFR-Observatoire ANFR : au 1er avril, près de 56 000 sites 4G et 23 000 sites 5G autorisés en France par l'ANFR](#), zuletzt abgerufen am 04.05.2021.
- ARCEP (2019), [5G | Arcep](#), zuletzt abgerufen am: 16.07.2021.
- ARCEP (2020): Telconomics Progress report 2020, abrufbar unter: [Telconomics Progress report 2020 \(16 June 2020\) \(arcep.fr\)](#), zuletzt abgerufen am: 04.05.2021.
- BAKOM (2021): Vergabe der Mobilfunkfrequenzen, abrufbar unter: [Vergabe der Mobilfunkfrequenzen \(admin.ch\)](#), zuletzt abgerufen am: 11.05.2021.
- BAKOM (2020a): Infrastruktur der terrestrischen Mobilfunknetze, abrufbar unter: [Infrastruktur der terrestrischen Mobilfunknetze \(admin.ch\)](#), zuletzt abgerufen am: 27.04.2021.
- BAKOM (2020b): Entwicklung der Nachfrage von Roamingdienstleistungen der Schweizer Kundinnen und Kunden, abrufbar unter: [Entwicklung der Nachfrage von Roamingdienstleistungen der Schweizer Kundinnen und Kunden \(admin.ch\)](#), zuletzt abgerufen am: 03.05.2021.
- BCE [Bell Canada Enterprises] (2020): Annual report 2020, abrufbar unter: [BCE 2020 Annual report](#), zuletzt abgerufen am: 18.05.2021.
- Bichler et al. (2014): Spectrum Auction Design: Simple Auctions for complex sales, http://dss.in.tum.de/files/bichler-research/2014_bichler_telecom_policy.pdf
- Bouygues (2021): Financial Results, abrufbar unter: [Results \(bouygues.com\)](#), zuletzt abgerufen am: 05.05.2021.
- Bundesnetzagentur (2021a): Mobiles Breitband, abrufbar unter: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Breitband/MobilesBreitband/MobilesBreitband-node.html, zuletzt abgerufen am: 19.04.2021.
- Bundesnetzagentur (2021b): EMF: Bundesland Übersicht, abrufbar unter: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Verbraucher/ElektromagnetischeFelder/Statistiken/funkanlagenstandorte_20210301.pdf?__blob=publicationFile&v=1, zuletzt abgerufen am: 19.04.2021.

- Bundesnetzagentur (2021c): Teilnehmerentwicklung im Mobilfunk, abrufbar unter: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Marktbeobachtung/Deutschland/Mobilfunkteilnehmer/Mobilfunkteilnehmer_node.html, zuletzt abgerufen am: 20.04.2021.
- Bundesnetzagentur (2021d): Jahresbericht 2020 Märkte im digitalen Wandel, abrufbar unter: [Jahresbericht 2020 \(bundesnetzagentur.de\)](#), zuletzt abgerufen am: 20.05.2021.
- Bundesnetzagentur (2020): Jahresbericht 2019 – Netze für die digitale Welt, abrufbar unter: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Jahresberichte/JB2019.pdf?__blob=publicationFile&v=6, zuletzt abgerufen am: 19.04.2021.
- Cable.co.uk (2021): Worldwide mobile data pricing 2021, abrufbar unter: [Worldwide Mobile Data Pricing 2021 | 1GB Data Cost in 230 Countries - Cable.co.uk](#), zuletzt abgerufen am: 28.04.2021.
- CK Hutchison Holdings Limited (2020): Annual Report 2020, abrufbar unter: [ar2020.pdf \(irasia.com\)](#), zuletzt abgerufen am: 30.04.2021.
- CRTC (2021): Data – Communications Monitoring Report, abrufbar unter: [Communications Monitoring Report - Find a CMR dataset on Open Data | CRTC](#), zuletzt abgerufen am: 17.05.2021.
- Curwen, P. & Whalley, J. (2015): Can new entry provide a route for increased competition in mobile communications? *Info*, 17(5), 17-37.
- Deutsche Telekom (2021): Investor Relations, abrufbar unter: <https://www.telekom.com/de/investor-relations/finanzpublikationen/finanzergebnisse/finanzergebnisse-2020>, zuletzt abgerufen am: 20.04.2021
- European 5G Observatory (2021), 5G Observatory Quarterly Report 11.
- FCC (2021): Auctions, abrufbar unter: [Auctions | Federal Communications Commission \(fcc.gov\)](#), zuletzt abgerufen am: 10.05.2021.
- FCC (2020): 2020 Communications Marketplace Report, abrufbar unter: [FCC Releases 2020 Communications Marketplace Report | Federal Communications Commission](#), zuletzt abgerufen am: 06.05.2021.
- FMK (2020): Mobilfunkstationen in Österreich (Stand 30.06.2020), abrufbar unter: [Seite nicht gefunden – forum mobilkommunikation \(fmk.at\)](#), zuletzt abgerufen am 06.04.2021.
- Fraunhofer FOKUS (2016): Netzinfrastrukturen für die Gigabitgesellschaft. elektronisch verfügbar unter: https://cdn2.scrvt.com/fokus/5468ae83a4460bd2/65e3f4ee76ad.Gigabit-Studie_komplett_final_einzelseiten.pdf.
- Government of Canada (2021): Auctions, abrufbar unter: [Auctions - Spectrum management and telecommunications](#), zuletzt abgerufen am: 19.05.2021.
- Iliad Group (2021): FY 2020 Management Report & Analysis, abrufbar unter: [Rapport Gestion 2020 160321 Eng f347344b36.pdf \(scw.cloud\)](#), zuletzt abgerufen am: 05.05.2021.
- inCITES (2020): Europe 5G Readiness Index, abrufbar unter: [PowerPoint Presentation \(incites.eu\)](#), zuletzt abgerufen am: 03.05.2021.

Infrastructure Australia (2019): Australian Infrastructure Audit 2019.

ITU (2021): ICT Price Baskets (IPB), abrufbar unter: [ITU | ICT Prices 2019](#), zuletzt abgerufen am 03.05.2021.

ITU (2019): ITU World Telecommunication/ICT Indicators (WTI) Database 2019.

KDDI Corporation (2020). Integrated Report 2019. Abrufbar unter <https://www.kddi.com/english/corporate/ir/ir-library/annual-report/>, zuletzt abgerufen am 21.06.2021.

Kim, Sung. (2009). The Impact of the Korean Government's Privatization of Korea Telecom (KT) on the Korean Telecommunications Industry: KT's Financial and Operating Performance. The International Journal on Media Management. 11. 115-123. 10.1080/14241270903047016.

Lüders/Sörries (2021): Zur Mobilfunkversorgung in Deutschland – Ein Vergleich verschiedener Kriterien, im Erscheinen.

Monopolkommission - Sektorgutachten Telekommunikation (2019, online abrufbar unter: https://www.monopolkommission.de/images/PDF/SG/11sg_telekommunikation.pdf, zuletzt abgerufen am: 17.08.2021.

NTT DoCoMo (2020). Integrated Report 2020. Abrufbar unter <https://www.nttdocomo.co.jp/english/corporate/ir/library/annual/fy2019/index.html>, zuletzt abgerufen am 21.06.2021.

OECD (2021): Population Data, abrufbar unter: [Population data \(oecd.org\)](#), zuletzt abgerufen am: 28.04.2021.

OECD (2020a): OECD Broadband statistics, abrufbar unter: <http://www.oecd.org/sti/broadband/broadband-statistics/>, zuletzt abgerufen am: 20.04.2021.

OECD (2020b): Telecommunication services revenue in total for OECD - Last updated April 2020, abrufbar unter: [Key ICT Indicators - OECD](#), zuletzt abgerufen am: 03.05.2021.

Opensignal (2021a): Market insights (markets by geography available for every 11 countries in the sample), abrufbar unter: [Market Insights | Opensignal](#), zuletzt abgerufen am: 17.06.2021.

Opensignal (2021b): Benchmarking the global 5G user experience – December update, abrufbar unter: <https://www.opensignal.com/2020/12/21/benchmarking-the-global-5g-user-experience-december-update>, zuletzt abgerufen am: 28.04.2021.

Opensignal (2021c): Methodology Overview: How Opensignal measures mobile network experience, abrufbar unter https://www.opensignal.com/sites/opensignal-com/files/opensignal_methodology_overview_sep_2021.pdf, zuletzt abgerufen am: 20.10.2021.

Opensignal (2020): The State of mobile network experience 2020, abrufbar unter: [state of mobile experience may 2020 opensignal 3 0.pdf](#), zuletzt abgerufen am: 28.04.2021.

- Opensignal (2018a): State of Mobile Networks: USA (July 2018), abrufbar unter: <https://www.opensignal.com/reports/2018/07/usa/state-of-the-mobile-network>, zuletzt abgerufen am: 20.10.2021.
- Opensignal (2018b): State of Mobile Networks: Germany (May 2018), abrufbar unter: <https://www.opensignal.com/reports/2018/05/germany/state-of-the-mobile-network>, zuletzt abgerufen am: 20.10.2021.
- Orange (2021): Consolidated results, abrufbar unter: [Consolidated results | Orange Com](#), zuletzt abgerufen am: 05.05.2021.
- Rogers (2020): Annual report 2020, abrufbar unter: [printmgr file \(annualreports.com\)](#), zuletzt abgerufen am: 18.05.2021.
- RTR (2021a): RTR Telekom Monitor (Q3 2020), abrufbar unter: [RTR Telekom Monitor Q3-2020 | Datenvisualisierung | RTR](#), zuletzt abgerufen am: 30.04.2021.
- RTR (2021b): Frequenznutzungsrechte in MHz 01.01.2021 bis 31.12.2026, abrufbar unter: [Spektrum je Betreiber | RTR](#), zuletzt abgerufen am: 29.04.2021.
- RTR (2020a): RTR Telekom Monitor Jahresbericht 2019, abrufbar unter: [RTR Telekom Monitor Jahresbericht 2019 | RTR](#), zuletzt abgerufen am: 30.03.2021.
- RTR (2020b): Frequenzvergabeverfahren, abrufbar unter: [Frequenzvergabeverfahren | RTR](#), zuletzt abgerufen am: 29.04.2021.
- Singtel (2016-2021): Financial Results Presentation.
- Speedtest.net (2021). Global Index, Stand August 2021. Abrufbar unter: <https://www.speedtest.net/global-index>, zuletzt abgerufen am 14.10.2021.
- Sörries (2020): Neues Geschäftsmodell, neue Regulierung? Das Geschäftsmodell des reinen Vorleistungsanbieters und seine rechtliche und ökonomische Bedeutung, in N&R 3&4/20, 161-166.
- Sörries et al. (2020): Einfluss von Versorgungsaufgaben auf die Mobilfunkabdeckung in der EU, WIK-Diskussionsbeitrag Nr. 470.
- Softbank (2020). FY19 Financial and Operational Data Sheets. Abrufbar unter https://cdn.softbank.jp/en/corp/set/data/ir/documents/presentations/fy2019/results/pdf/sb_kk_earnings_datasheet_20200511.pdf [zuletzt abgerufen am 21.06.2021].
- Swisscom (2021): Finanzberichte, Präsentationen & Downloads, abrufbar unter: [Geschäftsberichte Swisscom 2015 bis 2020 | Swisscom](#), zuletzt abgerufen am: 22.04.2021.
- Sunrise (2021): Investor Relations, abrufbar unter: [Reports & Presentations \(sunrise.ch\)](#), zuletzt abgerufen am: 22.04.2021.
- Telecoms (2017): Arcep France Spectrum allocation, abrufbar unter: [Arcep France spectrum allocation – Telecoms.com](#), zuletzt abgerufen am: 05.05.2021.
- Telefónica (2021): Finanzpublikationen, abrufbar unter: <https://www.telefonica.de/investor-relations/publikationen/finanzpublikationen.html>, zuletzt abgerufen am: 20.04.2021.

Telstra (2020): Financial results for the full year ended 30 June 2020 – CEO/CFO Analyst Briefing Presentation and Materials.

Telus (2020): Annual report 2020, abrufbar unter: [Leading the world when the world needs us most - ANNUAL REPORT 2020 \(ctfassets.net\)](https://www.ctfassets.net/leading-the-world-when-the-world-needs-us-most-annual-report-2020), zuletzt abgerufen am: 18.05.2021.

Umlaut (2021): Der Große Mobilfunknetz 2021, abrufbar unter: [Mobilfunk-Netztest-DACH-connect-2021-umlaut.pdf](https://www.umlaut.de/Mobilfunk-Netztest-DACH-connect-2021-umlaut.pdf), zuletzt abgerufen am: 27.04.2021.

Vodafone (2021): Results, reports & presentations, abrufbar unter: <https://investors.vodafone.com/reports-information/results-reports-presentations?tab=fy21>, zuletzt abgerufen am: 20.04.2021

WIK-Diskussionsbeitrag (2019): Entwicklung der funkbasierten Digitalisierung in der Industrie, Energiewirtschaft und Landwirtschaft und spezifische Frequenzbedarfe, Nr. 451, Bad Honnef.