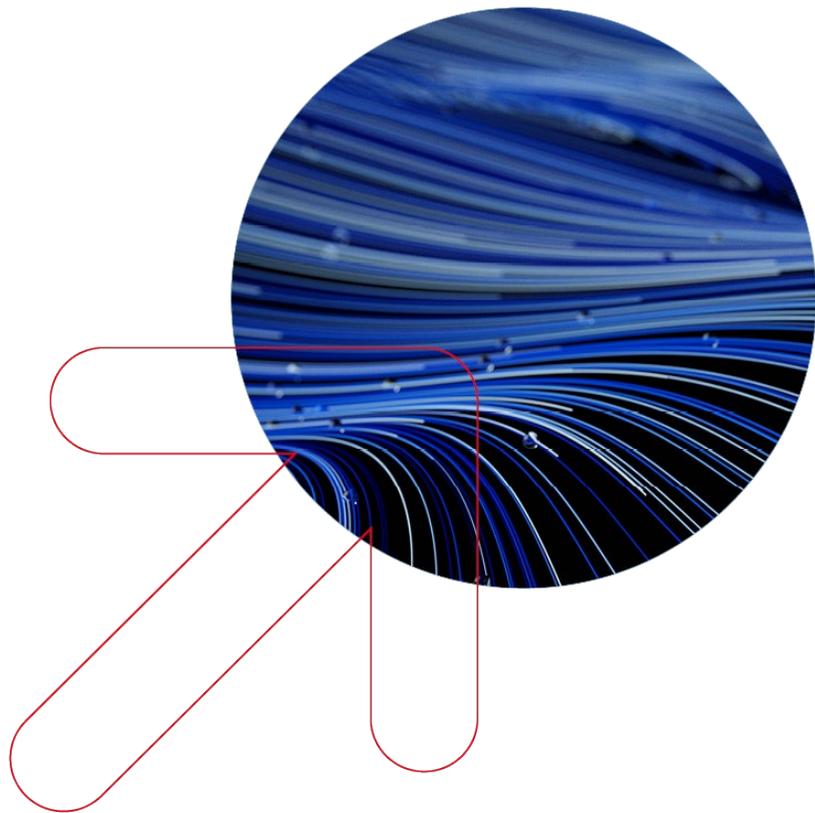


WIK • Diskussionsbeitrag

Nr. 511



Sozioökonomische Bestimmungsfaktoren der Breitbandnachfrage

Autoren:
Konrad Zoz
Jana Stuck

Bad Honnef, Dezember 2023

Impressum

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

Vertretungs- und zeichnungsberechtigte Personen

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

Stand: Juli 2023

ISSN 1865-8997

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

Weitere Diskussionsbeiträge finden Sie hier:

<https://www.wik.org/veroeffentlichungen/diskussionsbeitraege>

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

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Tabellenverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
Zusammenfassung	VI
Summary	VIII
1 Einleitung	1
2 Entwicklung der Breitbandnachfrage in Deutschland	2
2.1 Entwicklung des Datenvolumens im Festnetz	2
2.2 Prognose des Datenvolumens	4
2.3 Verfügbarkeit von Anschlüssen	6
2.4 Nachgefragte (aktive) Anschlüsse in deutschen Festnetzen	7
2.5 Kontrahierte Datenraten nachgefragter Breitbandanschlüsse	8
2.6 Breitbandanschlüsse nach Technologien	8
2.7 Nachgefragte Breitbandanschlüsse (Take-up)	10
2.8 Fazit Entwicklung der Breitbandnachfrage	11
3 Einflussfaktoren der individuellen Bandbreitennachfrage	12
3.1 Treiber des Bandbreitenbedarfs und sozioökonomische Einflussgrößen	12
3.1.1 Internetnutzung	13
3.1.2 Art der Internetnutzung und Soziodemographie	17
3.1.3 Erforderliche Datenraten bei der Nutzung von Internetdiensten	22
3.1.4 Geräteausstattung, verfügbare Anschlussgeschwindigkeit und Sozioökonomie	28
3.2 Sozioökonomische Bestimmungsfaktoren der Internetnutzung in ökonometrischen Studien	36
4 Bestimmungsfaktoren der Nachfrage nach Breitbandanschlüssen (Take-up)	42
4.1 Alternativen der breitbandigen Übertragung im Festnetz	42
4.2 Verfügbarkeit	44
4.3 Stabilität der Verbindung	45
4.4 Preise und Zahlungsbereitschaft für Breitbandanschlüsse	46
4.4.1 Angebot und Preise für Breitbandanschlüsse	47
4.4.2 Zahlungsbereitschaft für Breitbandanschlüsse	52

4.4.3 Wettbewerb	55
4.5 Sonstige Faktoren	57
5 Räumliche Verortung der Nachfrage nach Breitbandanschlüssen	58
6 Zusammenfassung	59
7 Literaturverzeichnis	63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Festnetzverfügbarkeit für Privathaushalte und Unternehmen laut Breitbandatlas 2022	7
Tabelle 2: Anteil aktiver Anschlüsse in deutschen Festnetzen	7
Tabelle 3: Verteilung der vermarkteten Maximalbandbreiten im Download bei aktiven Festnetz-Breitbandanschlüssen im Jahr 2022	8
Tabelle 4: Verfügbare gigabitfähige Anschlüsse	9
Tabelle 5: Gigabitfähige Anschlüsse in Deutschland Verfügbarkeit und Take-up	10
Tabelle 6: Indikativwerte für die benötigten Datenrate unterschiedlicher Internetanwendungen	25
Tabelle 7: Mindestdatenraten im Download für leichte, moderate und starke Internetnutzung für Haushalte nach Haushaltsgröße	27
Tabelle 8: Internetzugang und Gerätenutzung sowie Geräteausstattung der Haushalte	29
Tabelle 9: Soziökonomische Einflussgrößen und Internetnutzung 2004	38
Tabelle 10: Vermarktungsrelevante Bandbreitenkategorien und bereitstellende Technologie	49
Tabelle 11: Technologiebezogene Abdeckungsraten für Deutschland 2022	51
Tabelle 12: Zahlungsbereitschaft für Glasfaser in Abhängigkeit der aktuellen Anschlusstechnologie	53
Tabelle 13: Berücksichtigung der identifizierten Einflussgrößen in der regional differenzierten Profitabilitätsberechnung	58

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Datenvolumina in Festnetzen für Deutschland	2
Abbildung 2: Wachstumsraten des Festnetzdatenvolumens in Deutschland für 2013-2022	3
Abbildung 3: Prognose des Datenvolumens pro Anschluss für den Zeitraum 2022-2032 mit CAGR für 2022 bei linearer Extrapolation der CAGR 2012 oder 2016 bis 2022	4
Abbildung 4: Lineare Approximation der jährlichen Wachstumsraten (CAGR) des Datenvolumens	5
Abbildung 5: Verteilung der Nachfrage bei gigabitfähigen Anschlüssen nach Bandbreitenklassen für Geschäftskunden	11
Abbildung 6: Entwicklung der Anteile der Internetnutzer in Deutschland 2001 bis 2022	14
Abbildung 7: Anteil der Internetnutzer 2021 in % und deren Spreizung nach den erfassten sozioökonomischen Attributen der Befragten	15
Abbildung 8: Internetnutzung 2022 Gesamt und nach Altersgruppen	16
Abbildung 9: Entwicklung der täglichen Internetnutzung (Tagesreichweiten) in % nach Geschlecht und Alter für die Jahre 2018 bis 2022	17
Abbildung 10: Nutzungsdauer nach Tätigkeit von 2018 bis 2022 und Nutzungsdauer nach Tätigkeit 2022 nach Geschlecht und Alter, jeweils in Minuten pro Tag	19
Abbildung 11: Langzeitentwicklung der Brutto Mediennutzung der Gesamtbevölkerung und der 14-29 Jährigen	20
Abbildung 12: Ausstattungsgrad privater Haushalte mit Computern nach Haushaltsnettoeinkommen in Deutschland im Jahr 2022	30
Abbildung 13: Geräteausstattung 2020 - Gesamt und Altersgruppe 14-29 Jahre	31
Abbildung 14: Gerätenutzung Tagesreichweiten 2022 nach Alter	32
Abbildung 15: Internetzugang nach Haushaltsnettoeinkommen in Deutschland	33
Abbildung 16: Datenübertragungsraten der Internetzugänge der Haushalte nach Nettoeinkommen	33
Abbildung 17: Median Geschwindigkeit des Festnetz Internet in Deutschland im Up- und Download	34
Abbildung 18: Verfügbare Anschlussgeschwindigkeiten in Deutschland	35
Abbildung 19: Breitbandabdeckung gesamt und in ländlichen Gebieten in der Deutschland und der EU 2022	41
Abbildung 20: Prozentualer Anteil des Netto-Haushaltseinkommens, der im entsprechenden Land für einen Anschluss durchschnittlich ausgegeben werden muss	48
Abbildung 21: Aktuelle Anschlusskosten und Zahlungsbereitschaft für Glasfaseranschlüsse in Deutschland	54

Abkürzungsverzeichnis

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AR	Augmented Reality
BNetzA	Bundesnetzagentur
bzw.	beziehungsweise
CAGR	Compound Annual Growth Rate
DESI	Digital Economy and Society Index
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification
DSL	Digital Subscriber Line
EU	Europäische Union
FTTB	Fiber to the Building
FTTdp	Fiber to the Distribution Point
FTTH	Fiber to the Home
FTTP	Fiber to the Premises
FTTS	Fiber to the Street
FTTHxPON	Punkt zu Multipunkt ausgebaute Glasfasernetze
GB	Gigabyte
Gbit/s	Gigabit pro Sekunde
HD	High Definition
HDTV	High Definition Television
HFC	Hybrid Fiber Coax / Kabelglasfaser
ICT / IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IoT	Internet of Things
ISDN	Integrated Services Digital Network
IT	Informationstechnik
Kbit/s	Kilobit pro Sekunde
kHz	Kilohertz
Km	Kilometer
lt.	laut
MB	Megabyte
Mbit/s	Megabit pro Sekunde
Mio.	Million
rd.	rund
SD	Standard Definition
SOHO	Small Office, Home Office

TB	Terabyte
Tsd.	Tausend
UHD	Ultra High Definition
UH-HDTV	Ultra High Definition Television
VAR	Virtual Augmented Reality
VATM	Verband für Telekommunikation und Mehrwertdienste
VHC	Very-High-Capacity
VHCN	Very High Capacity Networks
VoIP	Voice-over-IP
xDSL	Sammelbezeichnung DSL-Varianten

Zusammenfassung

Diese Studie untersucht, von welchen Einflussgrößen die Nachfrage nach Festnetzanschlüssen in Deutschland abhängt und welche Bestimmungsfaktoren sich für eine räumlich disaggregiert Modellierung eignen. Es sind verschiedene Themenkomplexe, die in diesem Kontext eine Rolle spielen. Dazu zählen die Bedürfnisse der Individuen, die Technologien zur Befriedigung der Bedürfnisse, der physische und individuelle Zugang zu den Technologien, das Vorliegen von Angeboten, der Wettbewerb, die Preise und die räumliche Komponente, der Ort von Angebot und Nachfrage.

Zunächst werden die Entwicklung des Datenvolumens und der Status-quo der Breitbandnachfrage in Deutschland anhand der verfügbaren Veröffentlichungen am aktuellen Rand nachgezeichnet. Dabei zeigt sich ein über die letzten zehn Jahre stark gestiegenes Breitbanddatenvolumen (Faktor 17) bei in die Sättigung laufenden Anschlusszahlen (Faktor 1,33), was sich in einem Anstieg der Anschlüsse mit höheren Datenraten wiederfindet. In Deutschland erfolgte die Bereitstellung höherer Bandbreiten bisher durch ein Upgrade der DSL und Kabelnetze und nur zu einem geringen Teil durch den Ausbau von Glasfaseranschlüssen. Auch bei bestehender Verfügbarkeit mit höchsten Bandbreiten werden jedoch häufig niedrigere Bandbreiten gebucht. Um das zu verstehen, wird zunächst die individuelle Internetnutzung nach Art und Häufigkeit analysiert, der Datenbedarf eingeschätzt sowie die Geräteausstattung der Haushalte betrachtet. Im Zeitbudget und im Gerätebedarf zeichnen sich Sättigungsgrenzen ab, zusätzlicher Datenhunger müsste sich aus Umverteilungen in der Zeitverwendung und aus Anwendungen mit höheren Datenanforderungen speisen (8K Video; VR/AR-Anwendungen). Auffällige Treiber der benötigten Datenraten sind aktuell hochauflösende Videokomponenten in den verwendeten Internetapplikationen und der häufige Transfer größerer Dateien. Als treibende Variablen für die breitbandige Internetnutzung erweisen sich die Einflussgrößen Alter, Schulabschluss, Erwerbstätigkeit, Einkommen und Geschlecht auch bei gemeinsamer Betrachtung als signifikant. Die Bedeutung der Faktoren ist abhängig von der betrachteten Internetnutzung, aber im Wesentlichen sind die Größen nachweisbar stabil auch in Studien für andere Länder.

Die physikalischen Eigenschaften der Übertragungswege des Festnetzes (Kupferdoppelader, Koaxialkabel und Lichtwellenleiter) im Zusammenhang mit dem Netzaufbau und dem Ausbaustand der Anschlussnetze vor Ort bestimmen letztlich das Anschlussangebot und die damit buchbaren Datenraten beim Kunden. Es lässt sich feststellen, dass die Abdeckung mit niedrigen Datenraten fast vollständig gegeben ist, die Coverage mit hohen und sehr hohen Datenraten vielfach verfügbar ist. Die Preise für die Datenraten sind moderat bis günstig, lediglich die Preise für Gigabitanschlüsse und deren Spreizung sind im europäischen Vergleich sehr hoch. Eine Studie zeigt, dass die Preisspannen für Gigabitgeschwindigkeiten gerade im ländlichen Bereich besonders hoch sind, wo Glasfaseranschlüsse nicht im Wettbewerb zu Kabel stehen. Es spricht vieles dafür, dass vielfach vor Ort nur eine der gigabitfähigen Infrastrukturen ausgebaut ist, die nur im Bereich der unteren Datenraten mit den flächendeckenden DSL-Anschlüssen konkurrieren muss,

zumindest bis Glasfaseranschlüsse überall verfügbar werden. Der Preiswettbewerb über die Zugangsinfrastrukturen weist eine geographische Komponente auf, die für modellbasierte Profitabilitätsanalysen zu beachten ist. Die Zahlungsbereitschaft für hohe Datenraten orientiert sich an den Kosten der aktuellen Anschlüsse. Die Preise für Gigabit müssten deutlich sinken, um bei dem aktuellen Bedarf gebucht zu werden.

Summary

This study examines the factors influencing the demand for fixed network access in Germany and which determinants are suitable for spatially disaggregated modelling. Several topics are of relevance, which cover the needs of individuals, the technologies to satisfy these needs, the physical and individual access to the technologies, the availability of offers, competition, prices and the spatial component, the location of supply and demand.

First, the development of data volume and the status quo of broadband demand in Germany are summarised on the basis of available publications on the current margin. This shows a strong increase in broadband data volume over the last ten years (factor 17) with a stagnating number of connections (factor 1.33), which is reflected in an increase in connections with higher data rates. In Germany, the provision of higher bandwidths has so far been achieved through the expansion of DSL and cable networks, and only to a small extent through the expansion of fibre optic networks. However, even where the highest bandwidths are already available, lower bandwidths are often booked. To understand this, we first analyse individual Internet use by type and frequency, estimate data requirements, and consider the equipment of households with devices. There are signs of saturation in terms of time budget and device requirements; additional data hunger would have to be fed by reallocating time use and applications with higher data requirements (8K video; VR/AR applications). Currently, high-resolution video components in Internet applications and the frequent transfer of large files are the main drivers of the data rates required. Drivers of broadband Internet use include age, education, employment, income and gender, which are also significant when considered together. The importance of the factors depends on the type of Internet use considered, but the variables have been shown to be essentially stable, even in studies for other countries.

The physical characteristics of the transmission paths of the fixed network (copper wire pairs, coaxial cables and optical fibres) in combination with the network structure and the state of expansion of the access networks of the local network operators ultimately determine the range of lines and bookable data rates available to customers. It can be said that coverage with low data rates is almost complete, coverage with high and very high data rates is available in many cases, prices for data rates are moderate to low, only prices for gigabit connections and their price range are very high by European standards. There is a strong argument that gigabit-capable infrastructure is still geographically fragmented and will have to compete with nationwide DSL connections only in the lower data rate range, at least until fibre optic connections become available nationwide. Price competition for access infrastructure has a geographic component that must be taken into account in modelling. The willingness to pay for high data rates is based on the cost of current connections. Prices for gigabit would have to fall significantly to meet current demand.

1 Einleitung

In diesem Beitrag wird untersucht, von welchen Einflussgrößen die Nachfrage nach Festnetzanschlüssen abhängt und ob die gesuchten Bestimmungsfaktoren räumlich disaggregiert vorliegen.

Die Untersuchung steht im Kontext von Forschungsarbeiten zur „Berücksichtigung GIS-basierter Nachfragemodelle und Wettbewerbsstrukturen bei der Profitabilitätsbestimmung des Ausbaus von Glasfaseranschlussnetzen“. Erkenntnisse zu den Bestimmungsfaktoren der Nachfrage sollen für weitere Arbeiten nutzbar gemacht werden, um für die Durchführung von Profitabilitätsrechnungen eine möglichst valide räumlich Nachfrageschätzung heranziehen zu können. Der Fokus dieser Studie liegt darauf, Einflussgrößen auf die Nachfrage nach Festnetzanschlüssen zu bestimmen, die möglichst räumlich disaggregiert vorliegen und die für eine räumlich differenzierte Nachfrageschätzung geeignet sind. Ebenso sollen Wettbewerbsstrukturen räumlich disaggregiert berücksichtigt werden.¹

Dies hier vorgelegte Analyse hat folgenden Gang der Untersuchung: Zunächst wird in Kapitel 2 die Entwicklung der Breitbandnachfrage in Deutschland und der Stand von Angebot und Nachfrage nach breitbandigen Anschlüssen aus vorliegenden statistischen Quellen untersucht. Anschließend analysiert Kapitel 3 welche Faktoren die individuelle Bandbreitennachfrage maßgeblich bestimmen. Kapitel 4 betrachtet, welche Auswirkungen eine individuelle Breitbandnachfrage auf die Anschlussnachfrage hat und welche Einflüsse und Hindernisse hier maßgeblich zu berücksichtigen sind. Schließlich wird in Kapitel 5 der Frage nachgegangen, welche dieser Merkmale sich für eine räumlich disaggregierte Berechnung des Breitbandanschlussbedarfes eignen, weil sie auch räumlich disaggregiert vorliegen. Kapitel 6 zieht ein Fazit.

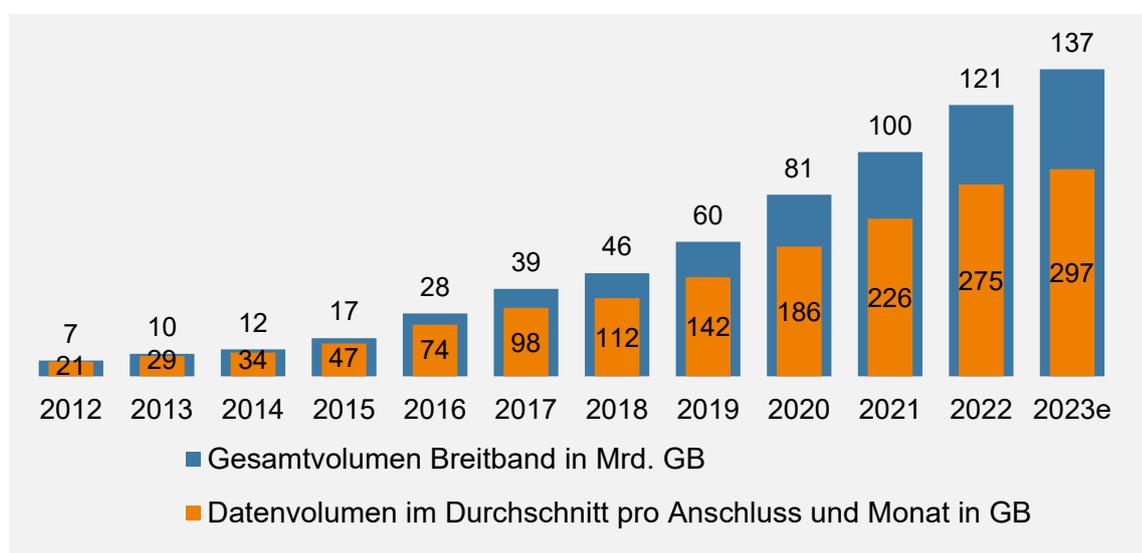
¹ In früheren Untersuchungen des WIK wurden zwar auch Wettbewerbsstrukturen im Rahmen von Profitabilitätsanalysen berücksichtigt, allerdings lediglich global und nicht räumlich differenziert. Vgl. Braun, Wernick, Plückebaum, Ockenfels (2019).

2 Entwicklung der Breitbandnachfrage in Deutschland

2.1 Entwicklung des Datenvolumens im Festnetz

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung des Breitbanddatenvolumens in Festnetzen für Deutschland in den Jahren 2012 bis 2022. Das jährliche Gesamtvolumen im deutschen Festnetz hat sich über die vergangenen zehn Jahre versiebzehnfacht (Faktor 17,3) und das monatliche Datenvolumen pro Anschluss verdreizehnfacht (Faktor 13,1). Die vermarkteten Breitbandanschlüsse sind im selben Zeitraum um den Faktor 1,33 (von 28 Mio. auf 37 Mio.) gestiegen.

Abbildung 1: Datenvolumina in Festnetzen für Deutschland

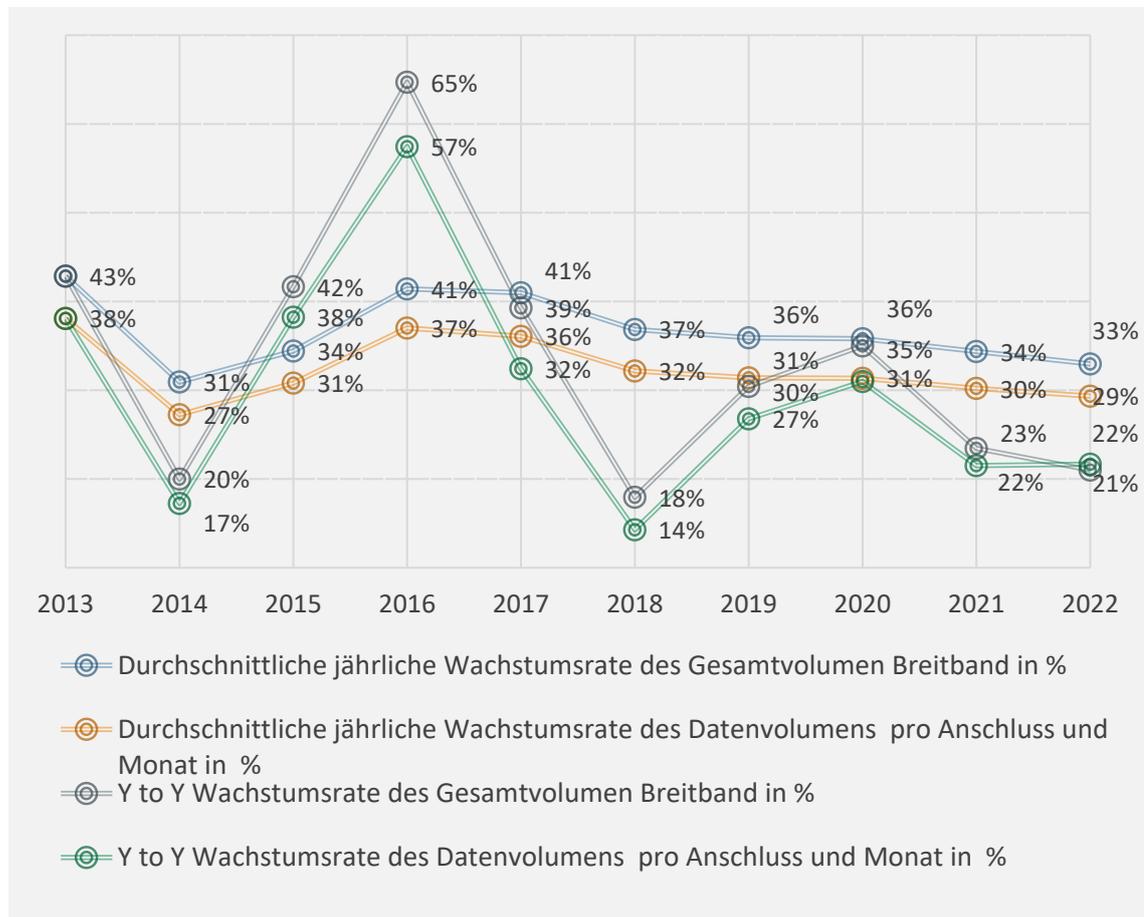


Quellen: Telekommunikation Tätigkeitsbericht 2022/23, BNetzA 2023, S. 30; Jahresbericht Telekommunikation 2022, BNetzA 2022, S. 13

Abbildung 2 gibt die durchschnittlichen Wachstumsraten des Festnetzvolumens in Deutschland wieder. Die Wachstumsraten pro Anschluss und Monat liegen unterhalb der Wachstumsraten für das Gesamtvolumen, was auf eine Zunahme an Breitbandanschlüssen insgesamt schließen lässt. Die Anstiege von Jahr zu Jahr (Year to Year) schwanken zu Beginn des Zeitraumes relativ stark. Die durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten (CAGR) zeigen ab dem Wachstumspunkt von 2016 (41 % und 37 %) eine leicht abnehmende Tendenz (auf 33 % und 29 %). Die hohen Wachstumsraten sprechen für einen dynamischen Markt mit einer leichten Abschwächungstendenz in der Dynamik. Für das Jahr 2023 erwartet die Bundesnetzagentur ein Datenvolumen von rd. 137 Mrd. GB und einen durchschnittlichen Datenverbrauch von ca. 297 GB pro Anschluss und Monat.²

² Aufgrund der Vergleichbarkeit verschiedener Quellen und Datensätze verwenden wir für die weiteren Berechnungen in diesem Kapitel die Daten bis zum Jahr 2022.

Abbildung 2: Wachstumsraten des Festnetzdatenvolumens in Deutschland für 2013-2022



Quelle: Jahresbericht Telekommunikation 2022, BNetzA 2022, S. 13 und eigene Berechnungen auf dieser Grundlage

Der VATM berichtet für das 2. Halbjahr 2022 ein nachgefragtes Datenvolumen von 384 GB pro Monat und Anschluss bei Gigabitanschlüssen, also Anschlüssen mit einer gebuchten Datenrate von mindestens 1 Gbit/s.³ Das Datenvolumen von Gigabitanschlüssen liegt somit um etwa 40 % über dem durchschnittlichen Datenvolumen aller Anschlüsse für das Jahr 2022 (275 GB pro Anschluss und Monat), wie es von der Bundesnetzagentur berichtet wird. Dies ist ein Hinweis darauf, dass Anschlüsse mit höheren Datenraten von Nutzern mit einer stärkeren Internetnutzung gewählt werden.

Der Anteil gebuchter Gigabitanschlüsse an aktiven Anschlüssen im Unternehmenssegment ist deutlich höher als im Privatkundensegment (17,8 % der aktiven Geschäftskundenanschlüsse 2022 laut VATM⁴ im Vergleich zu 5,3 % der Privatkundenanschlüsse laut Bundesnetzagentur⁵). Rund die Hälfte der Privatkundenanschlüssen bucht zwischen

³ Siehe DIALOG CONSULT / VATM (2023), S. 7.

⁴ Siehe DIALOG CONSULT / VATM (2023), S. 16.

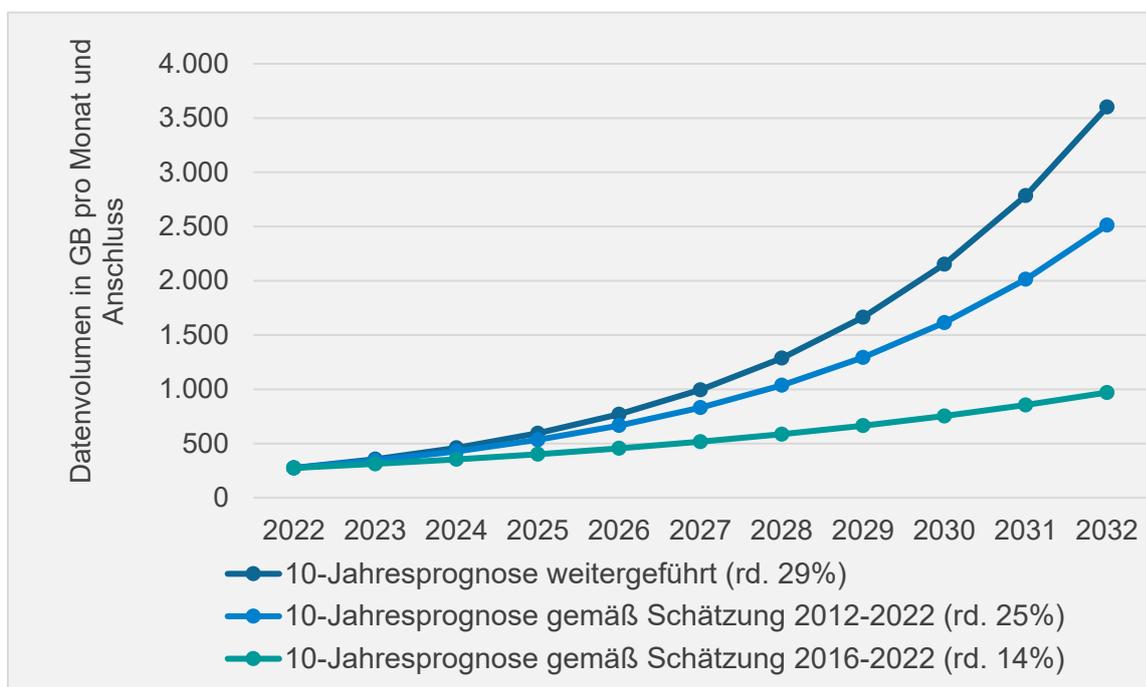
⁵ Siehe Tabelle 2-3.

10 Mbit/s und 100 Mbit/s (siehe Tabelle 3). Ein Gigabitanschluss ermöglicht das zehnbis hundertfache Datenvolumen je Zeiteinheit im Download, als es demnach 50 % der Kunden zur Verfügung steht. Verglichen mit dem 40 % überdurchschnittlichen Datenvolumen bei Gigabitanschlüssen ist zu vermuten, dass das benötigte Datenvolumen nicht allein den Bandbreitenbedarf der Anschlüsse treibt. Für die Nachfrage dürften ebenfalls die Vorteile der höheren Performanz solcher Anschlüsse relevant sein, die sich aus dem Datenverbrauch allerdings nicht ablesen lassen.

2.2 Prognose des Datenvolumens

Das Wachstum des Datenvolumens gibt Hinweise auf die gesellschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung des Internets und seiner Nutzung sowie den zu erwartenden Bedarf an Infrastruktur, um die zukünftige Nachfrage zu befriedigen. Abbildung 3 stellt eine Prognose des Datenvolumens pro Anschluss für den Zeitraum 2022-2032 auf Basis von drei unterschiedlichen Ausgangswerten dar. Es ergeben sich deutlich unterschiedliche Bedarfe bei nur leichter Änderung der für die Schätzung verwendeten Wachstumsraten.

Abbildung 3: Prognose des Datenvolumens pro Anschluss für den Zeitraum 2022-2032 mit CAGR für 2022 bei linearer Extrapolation der CAGR 2012 oder 2016 bis 2022



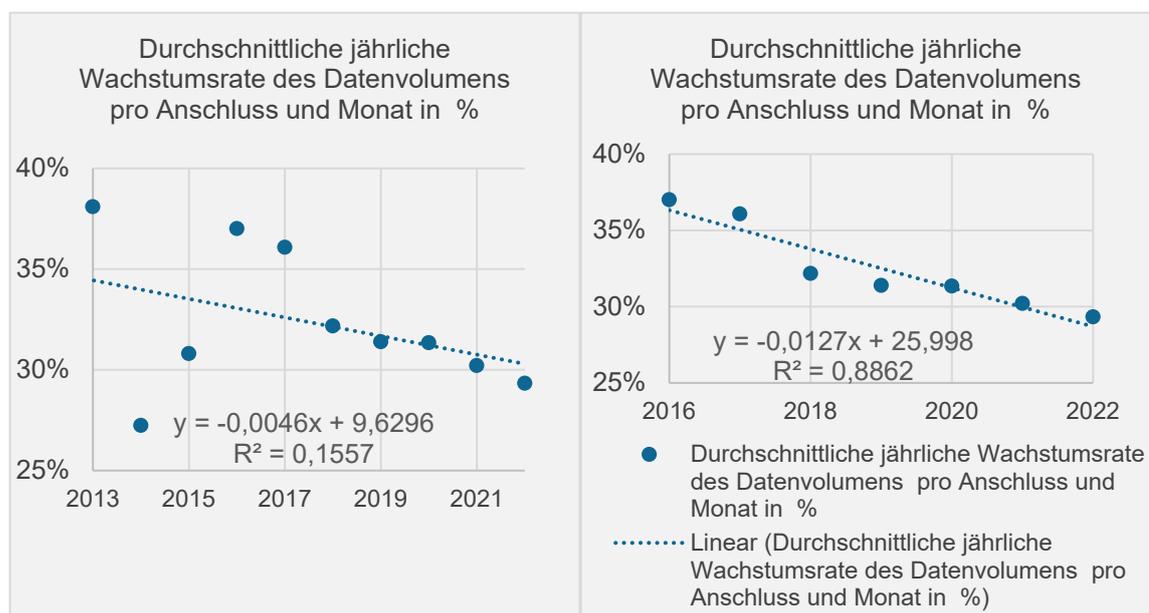
Quelle: WIK, eigene Berechnungen

Das durchschnittliche Datenvolumen pro Anschluss und Monat ist von 2012 bis 2022 mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate (CAGR) von 29 % gestiegen. Verwendet man diese Wachstumsrate für die Prognose, errechnet sich ein geschätztes

monatliches Datenvolumen von 3,6 TB pro Monat und Anschluss im Jahr 2032 (siehe Abbildung 3, oberste Linie).

Betrachtet man jedoch die Entwicklung der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten der vergangenen zehn Jahre genauer, zeigen sich deutliche Unterschiede (siehe Abbildung 4, blaue Punkte). Es lässt sich eine Einschwingphase von 2013 bis 2016 mit starken Abweichungen in den jährlichen Wachstumsraten und seit 2016 tendenziell sinkende Wachstumsraten erkennen. Die lineare Approximation der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate auf Basis der Jahre von 2012 bis 2022 (siehe Abbildung 4, links) führt zu einer CAGR von rd. 25 % und einem Datenvolumen von rd. 2,5 TB je Anschluss und Monat im Jahr 2032 (siehe Abbildung 3, mittlere Linie). Wertet man allerdings die Wachstumsraten von 2013-2015 der Einschwingphase als Ausreißer und berechnet die lineare Approximation auf Basis der Werte von 2016 bis 2022, dann ergibt sich eine deutlich stärkere Abnahme der durchschnittlichen Wachstumsrate (siehe Abbildung 4, rechts). Dann erreicht die Prognose der zukünftigen Datenvolumen pro Anschluss und Monat im Jahr 2032 ein deutlich niedrigeres Niveau von rd. 970 GB je Anschluss und Monat (siehe Abbildung 3, unterer Kurvenverlauf).

Abbildung 4: Lineare Approximation der jährlichen Wachstumsraten (CAGR) des Datenvolumens



Quelle: WIK, eigene Berechnungen

Das Beispiel verdeutlicht die Unsicherheit über zukünftige Verläufe bei exponentiellen Entwicklungen. Abhängig von den verwendeten Eingangsgrößen wächst das Datenvolumen von 2022 bis 2032 um den Faktor 3,5 oder 13,1. Es errechnet sich ein geschätztes Datenvolumen zwischen 970 GB und 3600 GB je Monat und Anschluss. Die Bundesnetzagentur erwartet für das Jahr 2023 einen durchschnittlichen monatlichen

Jahresverbrauch von 297 GB pro Anschluss. Das liegt bereits unterhalb des geschätzten Korridors für den monatlichen Datenverbrauch pro Anschluss für 2023 von 312 bis 356 GB und spricht dafür, dass eher eine vorsichtige Wachstumsprognose zutreffend ist.

2.3 Verfügbarkeit von Anschlüssen

Tabelle 1 gibt Auskunft über die Verfügbarkeit von Breitbandanschlüssen im Privat- und Geschäftskundensegment nach maximalen Downloadraten des Breitbandatlas des Bundes. Demnach haben gemäß den Angaben vom Dezember 2022 98,74 % der Haushalte in Deutschland die Möglichkeit einen Breitbandanschluss mit 16 Mbit/s und mehr zu buchen⁶. Mit gigabitfähigen Anschlüssen könnten 70,5 % der Haushalte versorgt werden. Die Festnetzverfügbarkeit für Unternehmen liegt mit 98,93 % der Unternehmen ≥ 16 Mbit/s und 67,43 % ≥ 1 Gbit/s in vergleichbarer Größenordnung. Insgesamt wird von 41,296 Mio. Haushalten und 3,66 Mio. Unternehmen für das Bundesgebiet ausgegangen. In der Summe ergibt sich somit ein Nachfragepotential von 44,957 Mio. Haushalten und Unternehmen, wovon 70,25 % oder 31,58 Mio. bereits einen gigabitfähigen Anschluss erhalten könnten. 1,24 % der potenziellen Nachfrager sind nicht oder unterhalb 16 Mbit/s versorgt,⁷ das sind absolut rd. 560 Tsd. potentielle Anschlüsse.

⁶ Der Breitbandatlas weist zur Zeit der Erstellung dieses Diskussionsbeitrags den Stand von 12.2022 für die Angaben zum Festnetz. Ergänzt wurde es durch einen Download vom 08.03.2023, weil hier noch die Anzahl der Haushalte und die Anzahl der Unternehmen je Gemeinde enthalten war.

⁷ Die Angaben des Breitbandatlas stellen auf die verfügbare Infrastruktur ab (homes passed). Analysen wie sie im Kontext des Rechts auf Mindestversorgung (Mehrheitskriterium) von der BNetzA (2021) durchgeführt wurden, basieren auf einer Anbieterbefragung zu kontrahierten Anschlüssen. Die dabei ausgewerteten Zahlen sind daher nur eingeschränkt vergleichbar,

Tabelle 1: Festnetzverfügbarkeit für Privathaushalte und Unternehmen laut Breitbandatlas 2022

		Verfügbarkeit Mbit/s							
		0 < 16	≥16	≥30	≥50	≥100	≥200	≥400	≥1000
potentielle Privatkundenanschlüsse	In % der Haushalte	1,26	98,74	94,87	94,61	91,15	82,20	73,48	70,50
	In Mio.	0,52	40,78	39,18	39,07	37,64	33,95	30,35	29,11
potentielle Geschäftskundenanschlüsse	In % der Unternehmen	1,07	98,93	95,00	94,73	90,72	80,37	70,22	67,43
	In Mio.	0,04	3,62	3,48	3,47	3,32	2,94	2,57	2,47
potentielle Endkundenanschlüsse PK+GK	In % der Haushalte und Unternehmen	1,24	98,76	94,88	94,62	91,11	82,05	73,21	70,25
	In Mio.	0,56	44,40	42,66	42,54	40,96	36,89	32,92	31,58

Quelle: Daten des Breitbandatlas zum Download, Abruf 30.11.2023 und eigene Berechnungen; Basiszahl an Haushalten = 41.297.216; Basiszahl an Unternehmen = 3.660.332

2.4 Nachgefragte (aktive) Anschlüsse in deutschen Festnetzen

Im Jahr 2022 sind nach Angaben der Bundesnetzagentur 37,5 Mio. Breitbandanschlüsse und 38,58 Mio. Telefonanschlüsse aktiv. Geht man davon aus, dass hierunter alle Endkundenanschlüsse gezählt sind (auch Unternehmensanschlüsse), dann fragen 83 % des gesamten Nachfragepotentials Breitbandanschlüsse nach. Die auf Telefonie beschränkte Anschlussnachfrage macht lediglich 3%-Punkte aus. Bezogen allein auf die Haushalte ergeben sich erschlossene Breitband-Nachfragepotentiale von 91 % am Gesamtpotential.

Tabelle 2: Anteil aktiver Anschlüsse in deutschen Festnetzen

	Absolut in Mio.	Prozentual bezogen auf Haushalte und Unternehmen	Prozentual bezogen auf Haushalte
aktive Festnetz Breitbandanschlüsse 2022	37,5	83 %	91 %
aktive Telefonanschlüsse 2022	38,58	86 %	93 %

Quelle: BnetZA Jahresbericht Telekommunikation 2022 und eigene Berechnungen

2.5 Kontrahierte Datenraten nachgefragter Breitbandanschlüsse

Im Jahr 2022 sind nach Angaben der Bundesnetzagentur 37,5 Mio. Breitbandanschlüsse aktiv. Wie aus Tabelle 3 ersichtlich, werden lediglich 2 Mio. Anschlüsse in den nominellen Bandbreiten von ein und mehr Gbit/s nachgefragt (VATM geht in seiner Studie von 36,8 Mio. aktiven Breitbandanschlüssen aus und von 2,1 Mio. mit ≥ 1 Gbit/s für das Jahr 2022). Trotz Verfügbarkeit von Anschlüssen mit hohen Datenraten werden diese in der Mehrheit noch nicht gebucht.⁸

Tabelle 3: Verteilung der vermarkteten Maximalbandbreiten im Download bei aktiven Festnetz-Breitbandanschlüssen im Jahr 2022

	Aktive Anschlüsse in Mio.	Aktive Anschlüsse in Prozent
unter 10 Mbit/s	1,7	4,5%
10 bis unter 30 Mbit/s	6,5	17,3%
30 bis unter 100 Mbit/s	12,5	33,3%
100 Mbit/s bis unter 1 Gbit/s	14,8	39,5%
1 Gbit/s und mehr	2,0	5,3%
Summe	37,5	100,0%

Quelle: BnetzA Jahresbericht Telekommunikation 2022 und eigene Berechnungen

2.6 Breitbandanschlüsse nach Technologien

Von den 37,5 Mio. aktiven Breitbandanschlüssen werden laut Jahresbericht 2022 der Bundesnetzagentur 24,7 Mio. Anschlüsse über DSL realisiert (65,9 %) und 12,8 Mio. (34,1 %) über Breitbandkabelanschlüsse (HFC-Hybrid Fiber Coax) und Glasfaseranschlüsse in Form von Fiber to the Home (FTTH) und Fiber to the Building (FTTB) und Sonstige realisiert. Die Realisierungsform ist aufgrund der technologiebezogenen Möglichkeiten hohe Bandbreiten bereitstellen zu können interessant. Die Gigabitfähigkeit ist derzeit nur für HFC und FTTH/B-Anschlüsse gegeben.

Laut Breitbandatlas sind 29,11 Mio. Haushalte und 2,47 Mio. Unternehmen, zusammen also 31,58 Mio. gigabitfähig erschlossen. Außerdem sind 10,61 Mio. FTTH/B Anschlüsse und 26,93 Mio. HFC Anschlüsse gigabitfähig. In dieser Rechnung sind 5,96 Mio. Haushalte und Unternehmen über HFC und FTTH/B mehrfach gigabitfähig erschlossen (siehe Tabelle 4). Ob und in welcher Höhe Haushalte und Unternehmen mehrfach FTTH/B

⁸ Im gerade aktualisierten Tätigkeitsbericht 2022/2023 der Bundesnetzagentur haben sich die aktiven Gigabitanschlüsse von 2.0 auf 2.1 Mio. erhöht. Die aktiven Anschlüsse in den Datenraten 100 Mbit/s bis unter 1Gbit/s sind von 14,8 auf 15,8 Mio. angestiegen. Wir weisen hier dennoch die Zahlen von 2022 aus, um eine Vergleichbarkeit mit den Zahlen des Breitbandatlas herzustellen, und sich die Aussagen dadurch nicht wesentlich ändern.

erschlossen oder mehrfach HFC gigabitfähig erschlossen sind, lässt sich den vorliegenden Breitbandatlasdaten nicht entnehmen.

Tabelle 4: Verfügbare gigabitfähige Anschlüsse

		Alle Techn. ≥ 1000 Mbit/s	FTTH/B ≥ 1000 Mbit/s	HFC ≥ 1000 Mbit/s	Gigabitver- sorgung mit HFC und FTTH/B
Potentielle Pri- vatkundenan- schlüsse	In % der Haushalte	70,50	23,24	60,55	13,29
	Absolut in Mio.	29,11	9,6	25,01	5,49
Potentielle Geschäftskun- denanschlüsse	In % der Un- ternehmen	67,43	27,59	52,63	12,79
	Absolut in Mio.	2,47	1,01	1,93	0,47
Potentielle End- kundenan- schlüsse PK+GK	In % der Haushalte und Unter- nehmen	70,25	23,59	59,91	13,25
	Absolut in Mio.	31,58	10,61	26,93	5,96
Gigabitfähig versorgte Haus- halte gemäß VATM Marktstu- die 2022	In % der Haushalte	76,76	29,78	62,47	15,50
	Absolut in Mio.	31,7	12,3	25,8	6,4

Quelle: Daten des Breitbandatlas zum Download, Abruf 30.11.2023, 24. TK-Marktanalyse 2022 von Dialog Consult und VATM und eigene Berechnungen; Basiszahl an Haushalten = 41.297.216; Basiszahl an Unternehmen = 3.660.332; VATM Marktstudie 2022

In der 24. TK-Marktanalyse 2022 von Dialog Consult und VATM⁹ werden 31,7 Mio. Haushalte als gigabitfähig versorgbar aufgeführt. Dabei werden 12,3 Mio. als über FTTH/B erreichbar eingeschätzt, 25,8 Mio. sind über gigabitfähiges HFC erreichbar und 6,4 Mio. werden als mehrfach gigabitfähig versorgbar genannt. Die Überbauquote von HFC und FTTH/B im Bereich gigabitfähiger Anschlüsse liegt nach Angaben aus dem Breitbandatlas bei rd. 18,87 % der gigabitfähigen Anschlüsse und gemäß den Angaben der TK-Marktanalyse bei 20,1 %. Auffallend sind allerdings die Abweichungen bei FTTH/B, die Dialog Consult /VATM um rund ein Viertel höher angeben als der Breitbandatlas. Dies kann an Unterschieden in der zeitlichen Erfassung der Daten liegen Die Bundesnetzagentur nennt im Jahresbericht 2022 13,1 Mio. mit FTTH/FTTB versorgte bzw. unmittelbar

⁹ In der 25. TK-Marktanalyse 2023 von Dialog Consult und VATM wird die Versorgungslage bei Gigabitanschlüssen nur noch für Privathaushalte und KMU gemeinsam ausgewiesen. Zur besseren Vergleichbarkeit mit den Daten des Breitbandatlas werden aus diesem Grund und um Daten desselben Jahres (2022) miteinander zu vergleichen in diesem Kapitel die Zahlen aus der 24 TK-Marktanalyse verwendet.

erreichbare Endkunden (Homes Passed) für 2022 und 8,9 Mio. für 2021. Diese Datenlage spricht für einen zeitlichen Nachlauf in der Datenmeldung im Breitbandatlas.

2.7 Nachgefragte Breitbandanschlüsse (Take-up)

Von den verfügbaren gigabitfähigen Kundenanschlüssen in der Größenordnung von 38,1 Mio. Anschlüssen (38,9 bei Verwendung der BNetzA-Daten) werden lediglich 12,6 Mio. nachgefragt, was einer Versorgung von 33,1 % (33,4 %) der verfügbaren gigabitfähigen Anschlüsse entspricht. Die aktuellen technologiespezifischen Versorgungsquoten sind in Tabelle 5 angegeben. Dabei liegt der bisherige Take-up bei HFC mit 35,7 % um 8 bis 9,7 Prozentpunkte höher als bei FTTH/B.

Tabelle 5: Gigabitfähige Anschlüsse in Deutschland Verfügbarkeit und Take-up

	gigabitfähiges HFC (Docsis 3.1) laut VATM	FTTH/B lt. VATM	FTTH/B lt. BnetzA
verfügbare Kundenanschlüsse in Mio.	25,8	12,3	13,1
aktive Kundenanschlüsse in Mio.	9,2	3,4	3,4
Versorgungsquote	35,7%	27,6%	26,0%

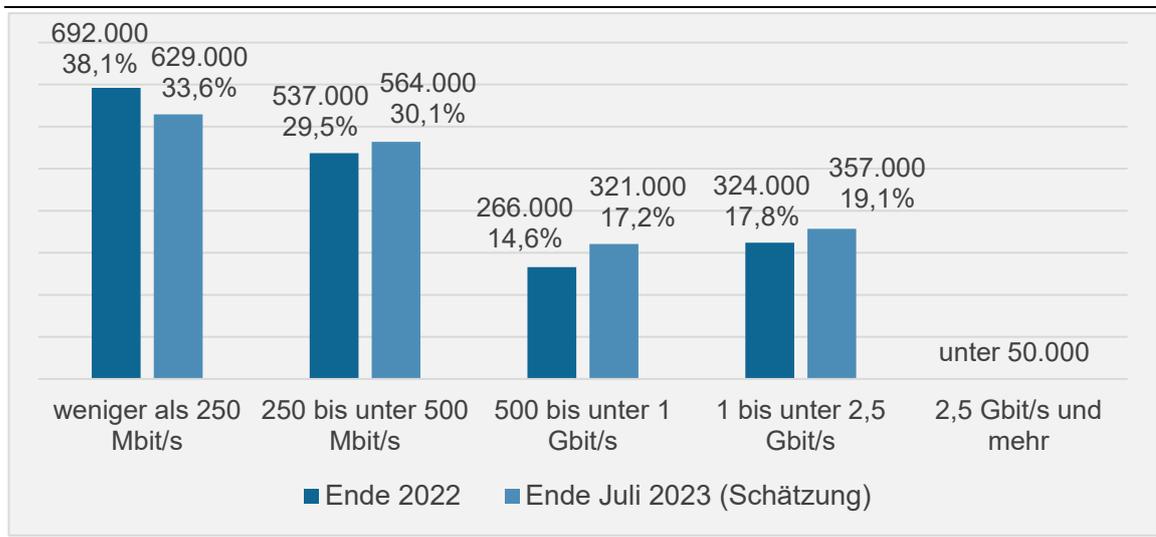
Quelle: 24. TK-Marktanalyse 2022 von Dialog Consult und VATM und BnetzA Jahresbericht Telekommunikation 2022 sowie eigene Berechnungen

Von den 12,6 Mio. gigabitfähigen Anschlüssen werden allerdings lediglich 2 bis 2,2 Mio. mit einer Datenrate von ≥ 1 Gigabit/s von den Kunden nachgefragt, wie sich aus Tabelle 3 ablesen lässt. Das entspricht 5,3 % der aktiven Breitbandanschlüsse und 15,8 % - 17,4 % der gigabitfähigen aktiven Anschlüsse.

Die niedrige Vermarktungsquote gigabitfähiger Anschlüsse lässt darauf schließen, dass entweder die Zahlungsbereitschaft für hohe Bandbreiten nicht mit dem Angebotspreis entsprechender Produkte in Übereinstimmung gebracht werden kann oder die Nachfrage nach hohen Datenraten für die Kunden noch nicht in so hohem Maße eine Rolle spielt.

Um das Bild zu vervollständigen, seien hier noch die nachgefragten Datenraten von gigabitfähigen Geschäftskundenanschlüssen laut VATM aufgeführt. Abbildung 5 stellt die Nachfrage nach Bandbreitenklassen für Geschäftskunden dar. Die Geschäftskunden fragen im Durchschnitt eine Bandbreite von 587 Mbit/s nach. Über ein Drittel fragt Bandbreiten von mehr als 500 Mbit/s nach und die Nachfrage nach Gigabitanschlüssen lag Ende 2022 bei 17,8 %.

Abbildung 5: Verteilung der Nachfrage bei gigabitfähigen Anschlüssen nach Bandbreitenklassen für Geschäftskunden



Quelle: Dialog Consult /VATM Wettbewerbssituation im Deutschen Festnetzmarkt 2023

2.8 Fazit Entwicklung der Breitbandnachfrage

Das Breitbanddatenvolumen in deutschen Festnetzen ist in den vergangenen zehn Jahren stark gewachsen (Faktor 17 und 13), bei einer vergleichsweise stagnierenden Entwicklung der Anschlusszahlen (Faktor 1,33). Diese Entwicklungen sind Ausdruck eines veränderten Nutzerverhaltens von wenigen und datensparsamen Nutzungen hin zur häufigeren und datenintensiveren Nutzung. Die gestiegene Bandbreitennachfrage führt über die Jahre zu einem Anstieg in den Anschlüssen mit höheren Datenraten. Der gestiegene Bedarf lässt sich in den Verschiebungen in der Bereitstellung und Nachfrage von Anschlüssen mit höheren Datenraten erkennen. In Deutschland werden höhere Bandbreiten bisher durch ein Upgrade der DSL und Kabelnetze bereitgestellt und weniger durch den Ausbau von Glasfasernetzen. Auch bei Verfügbarkeit von höchsten Bandbreiten werden häufig niedrigere Bandbreiten kontrahiert. Das spricht weniger für eine restringierte Nachfrage als dafür, dass der Bandbreitenbedarf noch nicht hoch genug ist, dass es sehr hoher Downloadraten bedarf, koste es was es wolle. Das weist auf weitere, bisher nicht beleuchtete Bestimmungsfaktoren der Nachfrage hin, wie beispielsweise die Zahlungsbereitschaft (Produktpreis) oder Hemmnisse wie Wechselkosten.

Das Angebot hängt auch von der erwarteten Bandbreitennachfrage ab. Bei dem zuletzt beobachteten exponentiellen Datenwachstum ist zu erwarten, dass dieses absehbar höhere Datenraten verlangt. Die Entscheidung von Anschlussnetzbetreibern, ein entsprechendes Angebot zu schaffen, ist dann von strategischer Bedeutung. Wie gezeigt wurde, können sich bereits geringe Abweichungen in der prognostizierten Wachstumsrate des Datenvolumens innerhalb von zehn Jahren zu deutlichen Abweichungen im erwarteten Datenvolumen auswachsen. Die Unsicherheit über die Nachfragedynamik ist umso gravierender, je länger die Vorlaufzeit für ein Netzupgrade oder einen Netzausbau ist.

3 Einflussfaktoren der individuellen Bandbreitennachfrage

Das Ziel dieses Beitrags ist es, räumlich disaggregierte Indikatoren für eine hohe Internetnutzung bzw. einen hohen Bandbreitenbedarf zu identifizieren. Die Nutzung von Internetdiensten mit hohem Bandbreitenbedarf impliziert hohe Bandbreitenbedürfnisse im Sinne von Datenübertragungsraten. Die Nachfrage nach Diensten mit hohem Bandbreitenbedarf ist wiederum eine Voraussetzung für eine entsprechende Nachfrage nach Anschlüssen höherer Bandbreite und Qualität. Um die zu erwartende räumliche Verteilung der Nachfrage nach hochwertigen Anschlüssen beim Ausbau von VHC-Netzten aus öffentlichen Quellen besser abschätzen zu können, setzt dieses Kapitel den Fokus darauf, von welchen Einflussgrößen die Nachfrage nach Festnetzanschlüssen abhängt. Die oben dargestellte Entwicklung der Bandbreiten- und Anschlussnachfrage für Deutschland zeigt, dass die Ableitung einer Anschlussnachfrage ein vielschichtiges Problem ist. Es sind verschiedene Themenkomplexe miteinander verwoben, wie die Bedürfnisse der Individuen, die Technologien zur Befriedigung der Bedürfnisse, der physische und individuelle Zugang zu den Technologien, das Vorliegen von Angeboten, der Wettbewerb, die Preise und die räumliche Komponente, der Ort der Nachfrage.

Dieses Kapitel untersucht den Bandbreitenbedarf, identifiziert Treiber der Bandbreitennachfrage und untersucht nach welchen Bestimmungsfaktoren eine Schichtung der Nachfrage möglich ist. Der Fokus liegt hier auf den sozioökonomischen Schichtungsvariablen, für die eine hohe bzw. niedrige Internetnutzung gezeigt werden kann. Die in dieser Hinsicht beständigen Schichtungsvariablen sollen dann daraufhin geprüft werden, ob sie räumlich disaggregiert vorliegen und einer Nachfrageschätzung zugrunde gelegt werden können.

Die folgenden Unterkapitel geben Antworten auf die beiden Fragen:

- (1) Was sind die Treiber des Bandbreitenbedarfs?
- (2) Welche sozioökonomischen Größen sind hiermit statistisch abgesichert verbunden?

3.1 Treiber des Bandbreitenbedarfs und sozioökonomische Einflussgrößen

Der Bandbreitenbedarf ergibt sich aus der individuellen Nutzung von Internetdiensten. Es ist davon auszugehen, dass sich diese nach Privatkunden und Geschäftskunden aufgrund der für die beiden Gruppen spezifischen Anwendungen, Nutzungskategorien und Nutzungsintensität unterscheiden. Hier soll es um die Ableitung zu den Treibern des Breitbandbedarfes der Privatkundenanschlüsse gehen.

3.1.1 Internetnutzung

Verschiedene wiederkehrende repräsentative Befragungen untersuchen die Internetnutzung in Deutschland. Die Befragung „Private Haushalte in der Informationsgesellschaft – Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien“ (Mikrozensus-Unterstichprobe zur Internetnutzung) des Statistischen Bundesamtes¹⁰ erfasst Fragestellungen zu Art, Häufigkeit und ausgewählten Zwecken der Internetnutzung. Dies betrifft den Kauf beziehungsweise die Bestellung von Waren über das Internet (E-Commerce) sowie die Kommunikation mit Behörden über das Internet (E-Government), die nach Alter und Geschlecht, Bildungsstand und nach Erwerbsstatus der befragten Personen unterschieden sind. Darüber hinaus erfragt die Befragung auf Ebene der Haushalte den Internetzugang und die Ausstattung mit Zugängen nach Haushaltsgröße und Haushaltsnettoeinkommen. Erfasst werden Haushalte am Hauptwohnsitz und die in diesen Haushalten lebenden Personen im Alter von 16 bis 74 Jahren.

Der D21-Digital-Index der Initiative D21 e. V zeichnet seit 2013 ein jährliches Lagebild zur digitalen Gesellschaft in Deutschland. Dabei handelt es sich um eine bevölkerungsrepräsentative Befragung der deutschsprachigen Bevölkerung ab 14 Jahren zur Erfassung des Digitalisierungsgrades. In den Digitalisierungsindex fließen die Themenfelder Internetzugang (30 %), Internetnutzung (10 %), Kompetenz (40 %) und Offenheit (Einstellungen zur Digitalisierung, 20 %) mit den genannten Gewichten ein. Die Ergebnisse werden nach Alterskohorten (Generationenmodell seit 2021), Geschlecht, Erwerbsstatus, Bildungsgrad, Haushaltsgröße, Haushaltsnettoeinkommen, Wohnortgröße und nach Bundesländern unterschieden ausgewiesen.

Die ARD/ZDF-Onlinestudie und die ARD/ZDF-Studie Massenkommunikation werden jährlich wiederkehrend im Auftrag der ARD/ZDF-Forschungskommission durchgeführt und beleuchten in bevölkerungsrepräsentativen Umfragen den Medienkonsum in Deutschland. Dabei steht die mediale und nicht mediale Internetnutzung im Fokus. Die Ergebnisse werden regelmäßig für die Bevölkerung ab 14 Jahren und nach Alterskohorten unterschieden ausgewertet. Weitere Merkmale wie der Bildungsgrad, und die Berufstätigkeit scheinen in den Rohdaten verfügbar zu sein, sind den Auswertungen zur Reichweite und Mediennutzung aber nicht zu entnehmen.¹¹

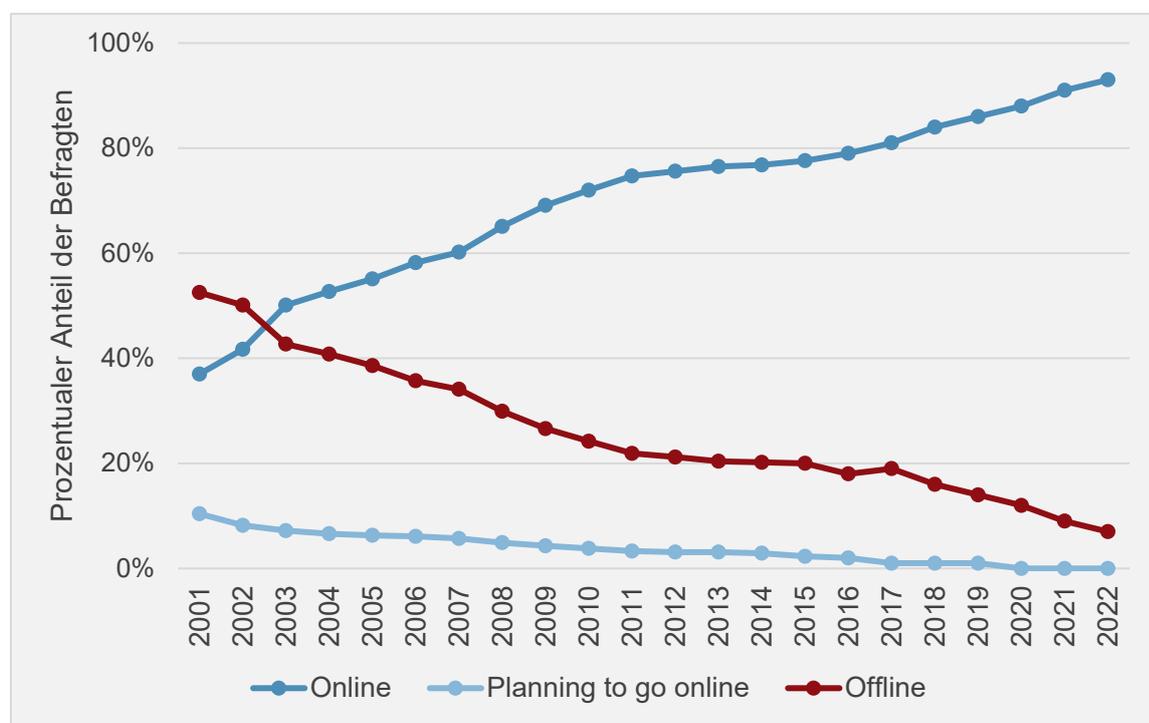
Abbildung 6 zeigt die Entwicklung der prozentualen Aufteilung der Bevölkerung nach ihrer Internetnutzung in Nutzer (Online), baldige Nutzer (Planning to go Online) und Nichtnutzer (Offliner) für den Zeitraum 2001 bis 2021. Demnach haben 2001 nur rd. 37 % der Befragten das Internet genutzt, 10 % planten es zu nutzen und 53 % nutzten zu diesem Zeitpunkt kein Internet. Die digitale Spaltung der Gesellschaft zwischen jenen, die Internet nutzen und jenen, die es nicht nutzen (können oder wollen), ist von 63 % bis 2022

¹⁰ Fachserie 15 Reihe 4, die Befragung ist eine EU-weit harmonisierte jährlich wiederkehrende Befragung zur Internetnutzung.

¹¹ Siehe Tabelle 2 in Bernhard Engel, Lothar Mai und Thorsten Müller (2018): Massenkommunikation Trends 2018: Intermediale Nutzungsportfolios, Ergebnisse aus der Studienreihe „Medien und ihr Publikum“, Media Perspektiven 7-8/2018.

auf 7 % geschrumpft. Dieser Rückgang der digitalen Spaltung ist in allen Zeitreihen zu Internetnutzung für Deutschland aber auch weltweit zu finden.

Abbildung 6: Entwicklung der Anteile der Internetnutzer in Deutschland 2001 bis 2022

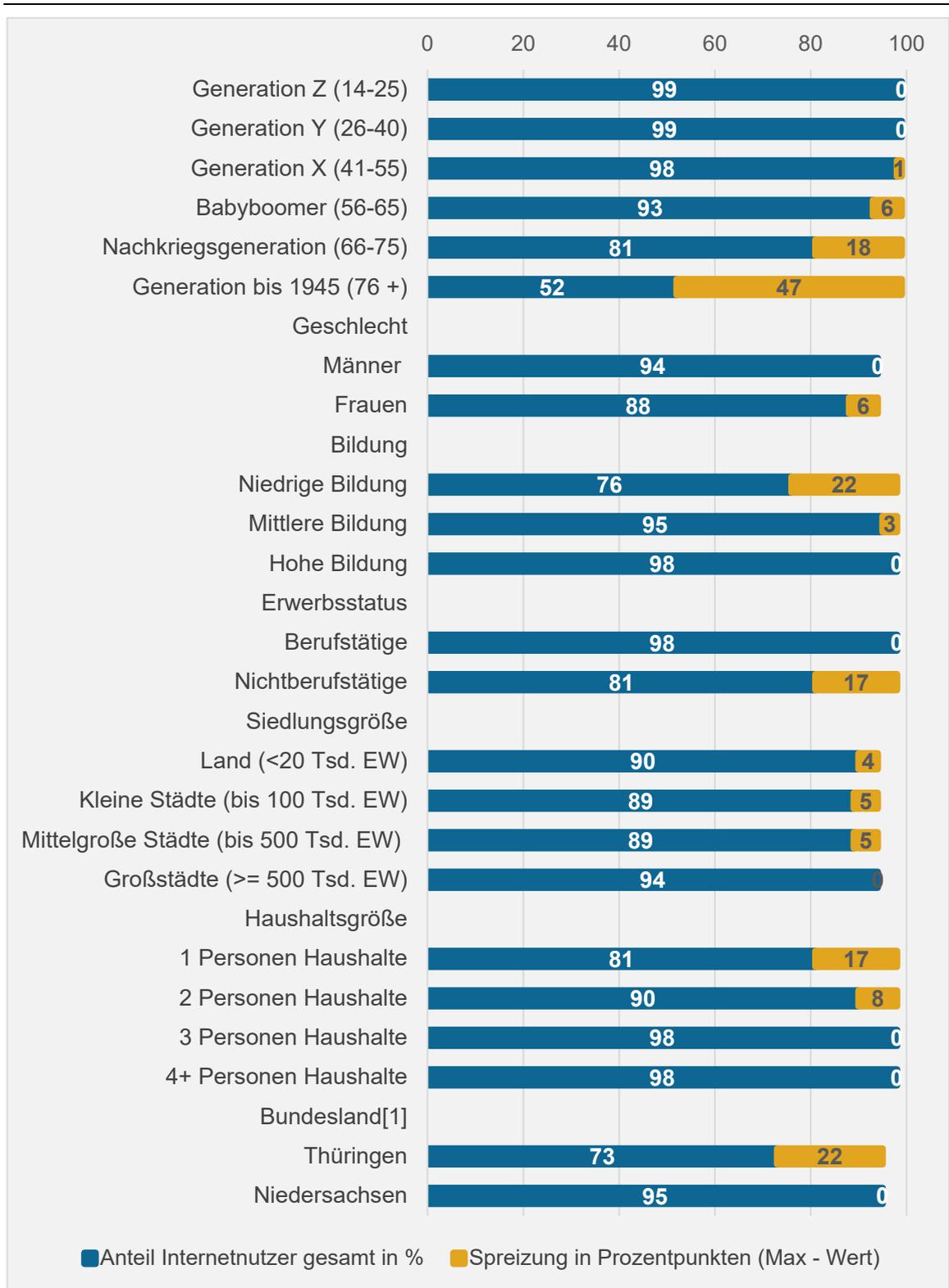


Quelle: Initiative D21 nach Statista, eigene Darstellung

Es gibt jedoch gewisse Unterschiede in der Internetnutzung in Deutschland entlang der sozioökonomischen Größen, die in der D21-Digital-Index-Befragung ausgewiesen werden und in Abbildung 7 dargestellt sind.¹² Demnach zeigen sich die größten Spreizungen nach Alter (in der Generation der bis 1945 geborenen und der Nachkriegsgeneration), Bildung (niedriger Bildungsstand), Bundesländern, Haushaltsgröße (1-Personen-Haushalte) und Erwerbsstatus (Nichtberufstätige). Unterschiede nach Siedlungsgröße des Wohnortes sowie nach Geschlecht sind sichtbar aber nicht sehr ausgeprägt.

¹² Aktuellere Werte für das Jahr 2022 sind aufgrund von Änderungen im Studiendesign des D21 DIGITALINDEX nicht verfügbar.

Abbildung 7: Anteil der Internetnutzer 2021 in % und deren Spreizung nach den erfassten sozioökonomischen Attributen der Befragten



[1] Angegeben sind nur das Maximum und das Minimum innerhalb der Bundesländer.

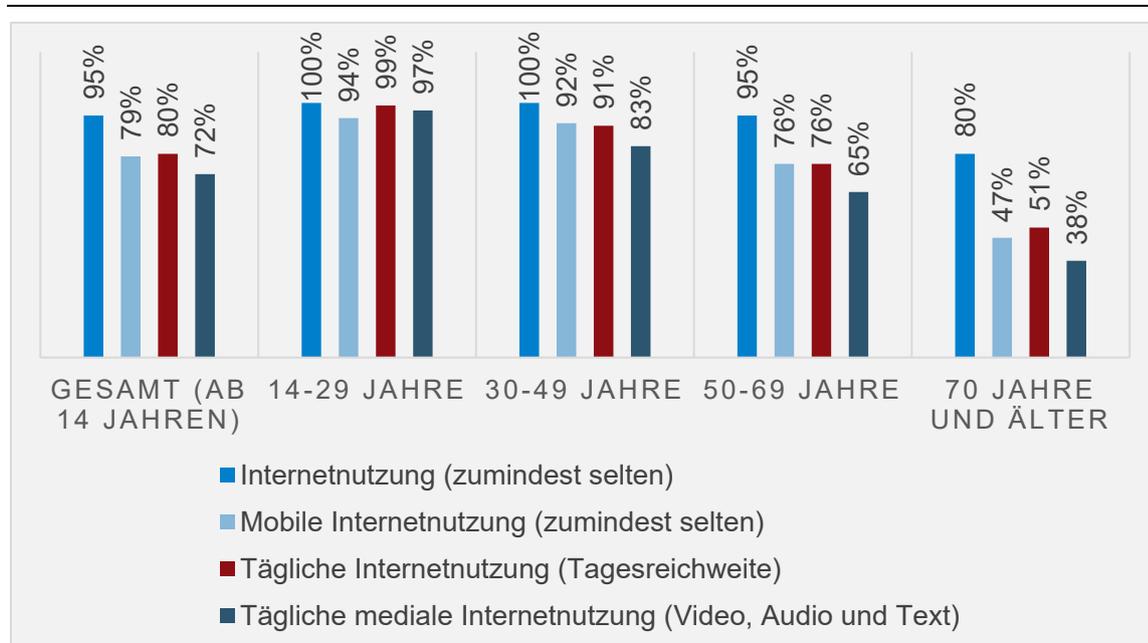
Quelle: D21 DIGITALINDEX 2021/2022, S. 16-39, eigene Berechnungen

Die Spreizung nach den Haushaltseinkommen ist im Digitalindex der Initiative D21 nicht ausgewiesen, zeigt sich aber im Bereich des Gerätezugangs und in den Daten zur IKT-Nutzung der Privathaushalte des Statistischen Bundesamtes. Dort beträgt die Spreizung rd. 19 Prozentpunkte zwischen erstem Quartil (niedriges Einkommen 80,2 %) und vierstem Quartil (hohes Einkommen 99,1 %) des Haushaltsnettoeinkommens.

Die betrachteten Erhebungen zur Internetnutzung unterscheiden sich in den Grundgesamtheiten und den Fragen zur Art und Häufigkeit der Internetnutzung. Destatis berichtet in der IKT-Erhebung Private Haushalte für das Jahr 2022 für alle Personen zwischen 16 und 74 Jahren (61,5 Mio. Personen). Davon nutzten knapp 95 % das Internet, knapp 6 % waren nie online.¹³

Abbildung 8 bildet die Internetnutzung für 2022 in Deutschland für die Grundgesamtheit aller Personen ab 14 und nach Altersgruppen ab. Dabei handelt es sich um Angaben der ZDF-ARD Onlineerhebung 2022. Den Angaben zufolge nutzen 2022 95 % der Bevölkerung ab 14 Jahren das Internet, die mobile Internetnutzung liegt bereits bei 79 %. Die tägliche Internetnutzung liegt bei 80 % und 72 % nutzen das Internet täglich für den Konsum medialer Inhalte. Aus der Verteilung der Nutzeranteile über die Altersgruppen wird klar, dass lediglich die älteren Jahrgänge ab 50 noch ein nennenswertes Potential zum mengenmäßigen Zuwachs in der Internetnutzung bieten, die jüngeren Jahrgänge nutzen das Internet bereits zu überwiegenden Teilen täglich.

Abbildung 8: Internetnutzung 2022 Gesamt und nach Altersgruppen

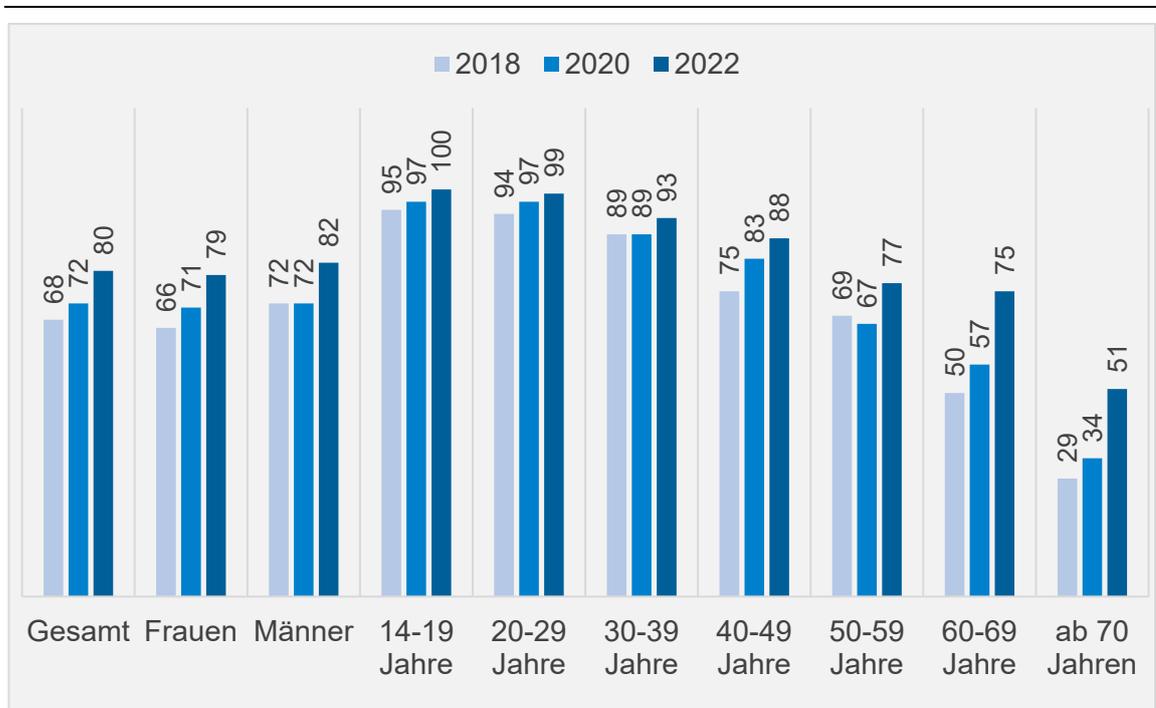


Quelle: ARD/ZDF Onlinestudie 2022 Publikationscharts, eigene Darstellung

¹³ Statistisches Bundesamt, Fachserie 15 Reihe 4, IKT 2022.

Abbildung 9 zeigt die Entwicklung der täglichen Internetnutzung laut ARD/ZDF Online-studie 2022, für die Gesamtbevölkerung ab 14 sowie nach Geschlecht und Altersgruppen. In dem wiedergegebenen Zeitraum von 5 Jahren hat die tägliche Internetnutzung im Durchschnitt um 12 Prozentpunkte zugelegt (68 % auf 80 %). Einen überdurchschnittlichen Zuwachs verzeichneten die Alterskohorten über 60 Jahre, mit Zuwächsen um 25 (60-69 Jährige) und 21 Prozentpunkten (70 Jährige und älter). Die Spreizung der täglichen Internetnutzung für 2022 zwischen Männern und Frauen nimmt in den betrachteten fünf Jahren ab und liegt 2022 bei 3 Prozentpunkten. Der größte Unterschied in der täglichen Internetnutzung besteht zwischen den jüngsten und ältesten Altersgruppen und beträgt im Jahr 2022 49 %.

Abbildung 9: Entwicklung der täglichen Internetnutzung (Tagesreichweiten) in % nach Geschlecht und Alter für die Jahre 2018 bis 2022



Quelle: Natalie Beisch und Wolfgang Koch (2022), Tabelle 2, eigene Darstellung

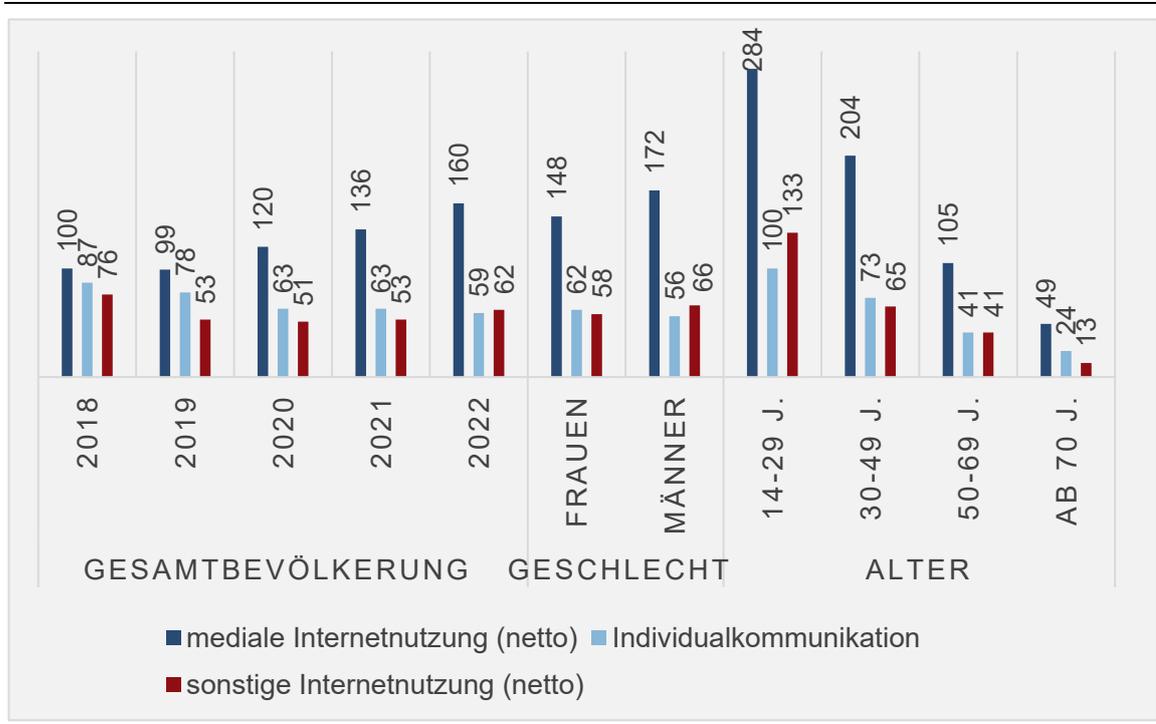
3.1.2 Art der Internetnutzung und Soziodemographie

Die ARD/ZDF Onlinestudie 2022 wertet auch die Nutzungszeiten verschiedener medialer und nichtmedialer Tätigkeiten der Bevölkerung ab 14 Jahren aus. Abbildung 10 stellt die durchschnittliche tägliche Nutzungsdauer für mediale, kommunikative und sonstige Internetnutzungen dar. Im ersten Teil der Grafik sind die Zeitverwendungen auf diese Kategorien im Zeitverlauf abgebildet und der zweite Teil zeigt die Zeitverwendung auf die Kategorien für das Jahr 2022 nach Geschlecht und Altersgruppen.

Die Nutzungszeiten sind in Minuten pro Tag erfasst und innerhalb der Gruppen sind Überschneidungen in der Verwendung herausgerechnet (Nettobetrachtung). Demnach steigt ab 2018 die tägliche mediale Internetnutzung pro Person (für Video, Audio und Text) von 100 Minuten auf 160 Minuten an. Die Zeitverwendung für Individualkommunikation geht von 87 auf 59 Minuten zurück und die sonstige Internetnutzung fällt zunächst von 76 Minuten auf 51 Minuten im Jahr 2020 und steigt seither leicht an auf 62 Minuten täglich. Hinter medialer Internetnutzung verbirgt sich die Internetkonkurrenz zu linearem Fernsehen und Video, Radio, CD und klassischen Printmedien. Individualkommunikation umfasst Chatten, E-Mail, Kommunikation über Messengerdienste. Die sonstige Internetnutzung beinhaltet Onlinebanking, einkaufen oder Erledigungen im Internet (schwach rückläufig), Onlinespiele (zunehmend), Suchen oder im Internet surfen (rückläufig) und in sozialen Medien etwas liken, teilen, posten und den Feed anschauen (zunehmend).¹⁴ Von 2018 bis 2022 steigt somit der Anteil der Bevölkerung ab 14 Jahren, der das Internet nutzt, von 90 % auf 95 % an. Der Anteil derer, die das Internet täglich nutzen (Tagesreichweite), steigt im selben Zeitraum von 68 % auf 80 % an und zusätzlich steigt die tägliche Internetnutzung in Minuten deutlich an.

14 Details siehe Tabelle 6 in Natalie Beisch und Wolfgang Koch (2022): Aktuelle Aspekte der Internetnutzung in Deutschland ARD/ZDF-Onlinestudie: Vier von fünf Personen in Deutschland nutzen täglich das Internet, Media Perspektiven (10/2022), (https://www.ard-zdf-onlinestudie.de/files/2022/2210_Beisch_Koch.pdf), S. 464.

Abbildung 10: Nutzungsdauer nach Tätigkeit von 2018 bis 2022 und Nutzungsdauer nach Tätigkeit 2022 nach Geschlecht und Alter, jeweils in Minuten pro Tag

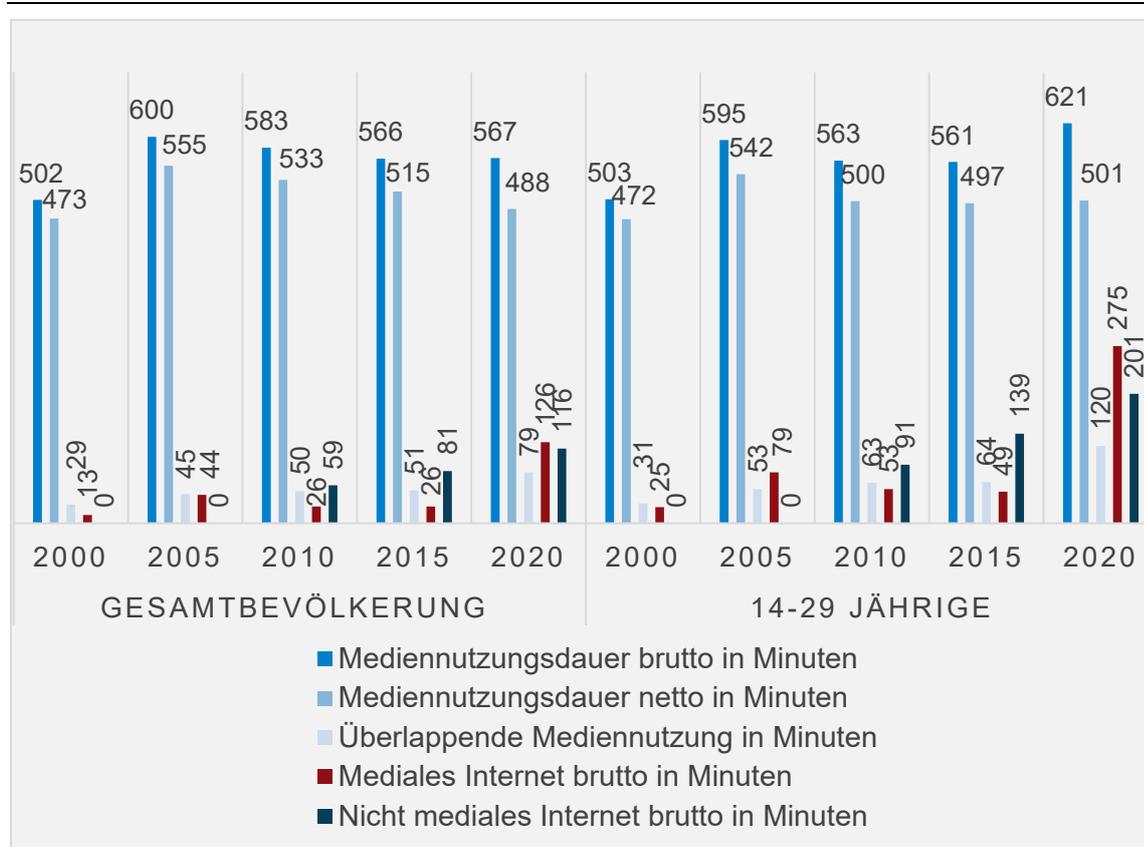


Quelle: Natalie Beisch und Wolfgang Koch (2022), Tabelle 6, hier: eigene Darstellung

Schaut man auf die Verteilung der täglichen Nutzungszeiten nach Geschlecht, nutzen Männer täglich 24 Minuten länger mediale Internetdienste (172 Minuten zu 148 Minuten) und 8 Minuten mehr sonstige Internetdienste (66 Minuten zu 58 Minuten). Frauen nutzen demgegenüber 6 Minuten länger Kommunikationsdienste als Männer (62 zu 56 Minuten). Die Anteile zur täglichen Nutzung liegen mit 82 % bei Männern 3 Prozentpunkte höher als bei Frauen mit 79 %.

Ausgeprägte Unterschiede in der Internetnutzung zeigen sich entlang der Altersdimension. Jüngere Kohorten nutzen das Internet deutlich länger als der Durchschnitt und als die älteren Kohorten. Demnach ist die Dauer der täglichen medialen Internetnutzung der 14-29-Jährigen 5,7 mal so lang wie die mediale Internetnutzung der Bevölkerung ab 70, die Zeitdauer der Internetkommunikation beträgt das Vierfache und die sonstige Internetnutzung gar das Zehnfache.

Abbildung 11: Langzeitentwicklung der Brutto Mediennutzung der Gesamtbevölkerung und der 14-29 Jährigen



Quelle: Christian Breunig, Marlene Handel und Bernhard Kessler (2020): Ergebnisse der ARD/ZDF-Langzeitstudie Massenkommunikation 1964-2020: Mediennutzung im Langzeitvergleich, Media Perspektiven, 7-8/2020, Abbildungen 1-4, eigene Berechnungen und Darstellung

Abbildung 11 setzt die Internetnutzung in den langfristigen Kontext der gesamten Mediennutzung. So steigt die gesamte Mediennutzung pro Tag in der Gesamtbevölkerung ab 14 Jahren von 502 Minuten (8:22 Stunden) im Jahr 2000 auf 600 Minuten (10:00 Stunden) im Jahr 2005 und fällt auf 567 Minuten (9:27 Stunden) im Jahr 2020. Die Zeit, die die deutsche Bevölkerung ab einem Alter von 14 Jahren mit medialem Konsum verbringt, liegt seit 2010 nahezu konstant bei rd. 9:30 Stunden täglich. Schaut man sich den Verlauf der Mediennutzung für die Altersgruppe der 14-29-Jährigen an, dann zeigt sich eine nahezu identische Entwicklung der Mediennutzung bis 2015 und ein Anstieg auf 621 Minuten (10:21 Stunden) im Jahr 2020. Die genannten Bruttozeiten enthalten zeitliche Überlappungen in der medialen Nutzung der abgefragten Kategorien. Deshalb sind auch die Netto-Mediennutzungsdauern angegeben und die Differenz zwischen beiden ausgewiesen (Rubrik: Überlappende Mediennutzung in Minuten). Wie man erkennen kann, wächst die gleichzeitige Nutzung unterschiedlicher Medien in der Gesamtbevölkerung von 29 Minuten im Jahr 2000 auf 79 Minuten im Jahr 2020 an. Für die Bevölkerung zwischen 14 und 29 Jahren zeigt sich ein Anstieg in der gleichzeitigen Nutzung von Medien von 31 Minuten auf 120 Minuten innerhalb der dargestellten 20 Jahre. Die Nettonutzung der

Medien im Jahr 2020 im Vergleich der Gesamtbevölkerung zur Altersgruppe der 14-29-Jährige unterscheidet sich gerade einmal um 13 Minuten täglich. Die rund eine Stunde größere Bruttonutzung (621 Minuten) bei den 14-29-Jährigen gegenüber der gesamten Bevölkerung (567 Minuten) liegt an einer verstärkten gleichzeitigen Nutzung von Medien (120 Minuten im Vergleich zu 79 Minuten im Jahr 2020). Bei nahezu gleicher täglicher Nutzungsdauer wie im Bevölkerungsdurchschnitt, intensivieren die 14-29-Jährigen durch eine gleichzeitige Nutzung mehrerer Medien den medialen Konsum.

Weiterhin ist erkennbar, dass über die Zeit sowohl das mediale Internet (Video, Audio, Text übers Internet) als auch das nichtmediale Internet (Individualkommunikation und sonstiges Internet (siehe oben)) ab 2010 eine zunehmende Bedeutung einnehmen, mit einem Zuwachs von 26 respektive 59 Minuten im Jahr 2010 auf 126 respektive 116 Minuten täglich im Durchschnitt der Bevölkerung ab 14 Jahre. Die Internetnutzung liegt bei den 14-29-Jährigen im Jahr 2020 etwa doppelt so hoch wie im Bevölkerungsdurchschnitt (275 respektive 201 Minuten). Bei den 14-29-Jährigen lässt sich somit eine verdichtete gleichzeitige Nutzung unterschiedlicher Medien feststellen und eine deutliche Umschichtung von linearen Medien auf digitale Nutzungen, bei stagnierender Netto-Zeitverwendung. Dies kann als Hinweis auf eine konsumtive Sättigungsgrenze gelesen werden, die im maximalen Zeitbudget für mediale Nutzung begründet liegt. Der mediale Konsum, der nicht auf die Internetnutzung entfällt, beträgt im Jahr 2020 im Bevölkerungsdurchschnitt 5:25 Stunden und bei den 14-29-Jährigen lediglich 2:25 Stunden. Der linearer Medienkonsum wie Fernsehen, Radio, Printmedien, Bücher sowie das Abspielen von Musik- und Film-CDs liegt in der Gesamtbevölkerung ab 14 um 3 Stunden höher als bei den 14-29-Jährigen. Ähnliches lässt sich für die Altersgruppe der 30-49-Jährigen aussagen, wenn auch schwächer in der Ausprägung. Da die Altersgruppe der Jüngeren zahlenmäßig bereits zu 100 % das Internet nutzen, ist eine Erhöhung der Dauer der Internetnutzung lediglich über eine Umschichtung von linearen zu digitalen Zeitkontingenten der Mediennutzung oder über eine Erhöhung der gleichzeitigen Nutzung medialer und nicht-medialer Internetnutzung möglich.

Dementsprechend gibt es zwei Wachstumsmöglichkeiten für die Internetnachfrage: Eine Umschichtung von linear genutzter Medienzeiten hin zu digital genutzten Zeiten sowie eingeschränkter im Umfang eine Ausweitung der Nutzerzahlen von durchschnittlich 80 % der Bevölkerung auf 100 %. Waren es 2020 bei den 14-29-Jährigen noch 2:25 Stunden mit linearer Mediennutzung, sind es bei den 30-39-Jährigen 4:07 Stunden und bei den ab 50-Jährigen 7:25 Stunden, die theoretisch die Internetnutzung in der Zukunft erhöhen könnten. Weitere Zuwächse in der zeitlichen Nutzung des Internets müssten sich aus bisherigen nicht-medialen Zeitverwendungen schöpfen (weniger Arbeitszeit, weniger Zeit für Ausgehen etc.).

Fazit Internetnutzung

Die Internetnutzung ist in Deutschland mit rd. 95 % der Bevölkerung ab 14 fast ubiquitär. Eine Spaltung der Gesellschaft in jene, die Zugang zum Internet haben und jene, die

keinen Zugang haben ist im Zeitablauf auf eine niedrige Quote zwischen 5 % und 9 % der Bevölkerung geschrumpft.¹⁵ Die bedeutendere Frage ist demnach heute nicht mehr, ob jemand Zugang zum Internet hat, sondern, ob er einen ausreichend schnellen Zugang hat.

Die Internetnutzung weist eine gewisse Spreizung nach sozioökonomischen Variablen auf. Am ausgeprägtesten sind die Unterschiede über die soziodemographische Variable des Alters der Nutzer. Die größten Spreizungen nach Alter besteht zwischen den jüngsten und den ältesten Kohorten. Es ist zu erwarten, dass diese Spreizung in der Zukunft abnehmen wird. Aus den Daten zur Internetnutzung lassen sich deutliche Unterschiede nach Bildung, nach Bundesländern und danach erst nach Haushaltsgröße und Erwerbsstatus und Geschlecht ablesen.

Die Art und Dauer der Nutzung des Internets ist entscheidend für den Bedarf eines Internetanschlusses. Hier ist eine zunehmende Nutzung medialer Inhalte (Video, Audio und Text) über Internet festzustellen aber auch ein nicht unerheblicher Teil in der sonstigen Nutzung vor allem Online-Spiele. Lediglich Alter und Geschlecht sind hier als Unterscheidungsmerkmal zu finden. Jüngere weisen deutlich höhere Internetnutzungszeiten auf. Die datenintensiven medialen Internetanwendungen verdrängen den linearen medialen Konsum. Es ist eine Verschiebung vom linearen Fernsehen, Radio und Textkonsum auf internetbasierte Anwendungen zu verzeichnen sowie eine Intensivierung durch überlagernde Nutzung mehrerer Anwendungen. Dies treibt den Bedarf an Bandbreite nach oben. Wie stark ältere Kohorten ihre Gewohnheiten in Richtung des medialen Internetkonsums gegenüber dem linearen medialen Konsum ändern werden und können ist unklar. Angesichts der mit linearer Mediennutzung verbrachten Zeit von rd. 4 Stunden bei den 30-39-Jährigen und etwa 7 Stunden bei den ab 50-Jährigen steckt hier noch ein gewisses Potential der Steigerung medialer Internetnutzung.

3.1.3 Erforderliche Datenraten bei der Nutzung von Internetdiensten

Durch die Nutzung von Internetdiensten wird ein Datenaustausch zwischen den Endgeräten des Nutzers und den Servern der Diensteanbieter ausgelöst. Dieser verläuft in beide Richtungen und erfordert für eine störungsfreie Dienstenutzung zumeist höhere Datenraten im Download (Kommunikationsrichtung zum Nutzer) als im Upload (Kommunikationsrichtung zum Server des Diensteanbieters). Technisch betrachtet, erfordert der Dienst die Übertragung des mit den Inhalten einhergehenden Datenvolumens (inkl. der für den Datenaustausch notwendigen Steuerungsinformationen (Overheads)). Die erforderliche Datenrate eines Dienstes bestimmt sich dadurch, dass für eine störungsfreie Nutzung des Dienstes das erforderliche Datenvolumen in einer bestimmten Zeit ausge-

¹⁵ Das soll nicht bedeuten, dass es für die Gesellschaft kein signifikantes Problem darstellt, angesichts der zunehmenden Bedeutung des Internetzugangs für die Teilhabe am gesellschaftlichen Leben wie Zahlungsverkehr, Informationsgewinnung und gesellschaftlicher Kommunikation.

tauscht werden muss, um als störungsfrei wahrgenommen zu werden.¹⁶ So liegen beispielsweise bei der Audio- und Videoübertragung die zeitlichen Grenzen in der Wahrnehmungsfähigkeit der Sinnesorgane der Nutzer begründet. Bei Audiosignalen werden bereits sehr geringe Verzögerung wahrgenommen und als störend empfunden. Für Videosignale sind es die Anzahl an Bildwiederholungen, die nötig sind, um eine flüssige Bildwiedergabe zu erzeugen. Beim Aufruf von Internetseiten, beim Onlineshopping oder dem Datendownload ist es mehr der Komfort und damit die Geduld des Nutzers, die die Verzögerungsgrenze definiert, bis zu welcher die Dienstenutzung noch als störungsfrei empfunden wird. Als grundlegende Treiber für den Bedarf höherer Datenraten kommen somit das zu übertragende Datenvolumen und der tolerierbare Zeitbedarf für die Übertragung des Datenvolumens in Betracht. Alle technischen und ökonomischen Entwicklungen, die das Datenvolumen erhöhen und die Zeittoleranz senken, führen ceteris paribus zu einem Bedarf an höheren Datenraten im Zugang.

Bei vielen der Anwendungen im Internet hat sich das Datenvolumen über die Zeit erhöht. Das übertragene Datenvolumen beim Aufruf von Internetseiten ist deutlich gestiegen, Audio und Video werden in besserer Auflösung angeboten und übertragen, die Endgeräte erfordern höhere Auflösungen in der Darstellung. Änderungen der Nutzungsmöglichkeit der Dienste etwa bei Messengerdiensten, wie die zusätzliche Möglichkeit des Versendens von Bild, Video und Audioinhalten, treiben das Datenvolumen. Viele Dienste werden komplexer und bedürfen höher Datenvolumina und/oder kürzerer Laufzeiten.

Auf der Gegenseite stehen die Bemühungen der Industrie die Datenkomprimierung zu verbessern, Datenvolumina zu senken und die Zeitkritikalität von Anwendungen zu senken, etwa durch Pufferung oder Vermeidung redundanter Datenübertragung. Gleichzeitig ist die Rechenleistung der beteiligten Geräte um ein Vielfaches gestiegen.

Tabelle 6 gibt einen Überblick zu den aktuellen Einschätzungen hinsichtlich der benötigten Datenraten für eine störungsfreie Nutzung verschiedener Internetanwendungen. Dazu wurde auf den Broadband Speed Guide, einer Verbraucherinformation der FCC in den USA, zurückgegriffen und den Werten aus dem Gutachten von wik-zafaco¹⁷ für die Bundesnetzagentur zur Abschätzung der Mindestanforderungen für Internetzugangsdienste gegenübergestellt. Ebenso wurden die Werte von TANAZA, einem Cloud-Management-Anbieter für Wifi-Zugangspunkte, angeführt. Die zusammengeführten Werte geben einen Anhaltspunkt für die benötigten Datenraten für den reibungslosen Verlauf unterschiedlicher Internetanwendungen. Da die angeführten Einschätzungen unter-

¹⁶ In einem Best-Effort-Internet gibt es – im eigentlichen Sinne – keine, oder nur eingeschränkte Anforderungen an die Datenübertragungsrate. Die protokolltechnischen Mechanismen auf Transport- und Anwendungsschicht ermöglichen ein Funktionieren der Internetdienste, auch wenn die für einen Dienst wünschenswerte Datenübertragungsrate (temporär) nicht zur Verfügung steht. – Um eine bestimmte Dienstqualität zu erzielen, ist es dennoch möglich, Orientierungsgrößen für einen dienstespezifischen Bandbreitenbedarf (Bedarf an Datenübertragungsrate) zu quantifizieren. Vgl. Kulenkampff, G. et al (2023): Qualitätsparameter – Mindestanforderungen Internetzugang, wik-zafaco-Gutachten für die Bundesnetzagentur.

¹⁷ Vgl. wik-zafaco (2021): Qualitätsparameter – Mindestanforderungen Internetzugang, wik-zafaco-Gutachten für die Bundesnetzagentur, Dezember 2021.

schiedlichen Kontexten entstammen, ist sowohl die Genese der Daten unterschiedlich als auch die in den Rubriken erfassten Dienste und ihre Messung oder Einschätzung. Dennoch geben sie bei aller Variation eine gute Einschätzung der Größenordnungen der notwendigen Datenraten.

Aus der Tabelle lässt sich erkennen, dass die Internetdienste mit einer erhöhten Anforderung an die Datenrate zumeist mit einer hochauflösenden Videokomponente einhergehen. Das betrifft Videostreaming in HD und UHD (4K), Videokonferenzen in HD und Teleheimarbeit mit Videoanrufen in HD sowie Dateidownloaderfordernissen in einem gewissen Umfang. Diese Anwendungen verfügen aber auch über adaptive Eigenschaften, die es ihnen erlauben auch bei stark reduzierter Datenübertragungsrate zu funktionieren.

Die Einschätzungen zur benötigten Datenrate für den Datendownload gehen stark auseinander, was offensichtlich in den Annahmen begründet liegt, welche Datenvolumina im Durchschnitt übertragen werden müssen. Sollen für das Home Office typische Dateien übertragen werden, handelt es sich meist um Dateien kleineren Formats mit 1-2 MB Datenvolumen. Bei einer Datenrate von 1 Mbit/s lassen sich solche Dateien in 10-20 Sekunden laden. Müssen allerdings Dateien mit einem GB Datenvolumen geladen werden, dann benötigt das bei einer Datenrate von 1 Mbit/s mehr als 2,5 Stunden. Was hier als erträglich angesehen wird, ist stark kontextabhängig und wird auch davon beeinflusst, wie häufig solche Dateien transferiert werden müssen. Für Browsing und E-Mail gehen die Angaben stark auseinander, was vermutlich daran liegt, dass im wik/zafaco Gutachten das reibungslose Funktionieren des Onlineshopping subsumiert ist, was mit Datendownloads verbunden sein kann. Die unterschiedliche Einschätzung bei der Nutzung Sozialer Medien dürfte in unterschiedlichen Annahmen zur Nutzung und Anrechnung von Videoinhalten begründet liegen.

Tabelle 6: Indikativwerte für die benötigten Datenrate unterschiedlicher Internetanwendungen

Art der Internetnutzung	Anhaltswerte für den Bedarf in Mbit/s lt. FCC Broadband Speed Guide 05/2020 Update Juli 2022	Anhaltswerte für den Bedarf in Mbit/s lt. wik/zafaco Mindestanforderung Internetzugangsdienst 12/2021	Anhaltswerte für den Bedarf in Mbit/s lt. Tanaza.com marketing team How to calculate WiFi network bandwidth requirements 11/2020
Allgemeine Internetnutzung			
Browsing und E-Mail	1	3,5-7,5	0,5
Streaming Online Radio	0,5	0,3	
VoIP Anrufe	0,5	0,7	0,3
Teleheimarbeit / Home Office	5-25	2-8	
Datendownload	10	2-x	2
Soziale Medien	1	6,5	0,5
Video Streaming			
SD	3-4	3	3
HD	5-8	5-6,5	5
UHD	25	20-25	
Video Konferenzen			
Standard Videoanruf	1	0,8	1,5
HD Videoanruf	1,5	1,5-4	
HD Videokonferenz	6	4-8	
Gaming			
Spielekonsole Internetverbindung	3		
Multiplayerspiele	4		

Quellen: FCC Broadband Speed Guide 05/2020 Update Juli 2022; wik/zafaco Mindestanforderung Internetzugangsdienst 12/2021; Tanaza.com marketing team How to calculate WiFi network bandwidth requirements 11/2020

Insgesamt scheinen die heute benötigten Datenraten zur Nutzung der angebotenen Internetdienste und Inhalte für Festnetzanschlüsse weitgehend moderat. Allerdings sind hier progressive Mediennutzungen wie UHD 8K-Streaming und Virtual Reality Anwendungen sowie Augmented-Reality-Anwendungen nicht erfasst. Für 8K Streams werden aktuell mindestens 50 Mbit/s benötigt. Wie bei den Videostreams ist auch bei Virtual-Reality-Anwendungen die Auflösung der Bildinhalte ein Treiber für die benötigten Datenraten. Niedrige Auflösungen können mit 25 Mbit/s betrieben werden, bei HD-Qualität gibt es Schätzungen von bis zu 100 Mbit/s. Auch für Augmented-Reality-Anwendungen ist die Bildauflösung ein entscheidender Faktor und die benötigten Datenraten liegen ähnlich hoch. Die erhöhten Echtzeiterfordernisse bei Augmented-Reality-Anwendungen stellen

auch hohe Anforderungen an die Uploadgeschwindigkeit, die bei asymmetrischen Anschlüssen schwerer zu erfüllen sind.¹⁸

Neben diesen eher technisch bestimmten Treibern des Bandbreitenbedarfs spielt das Nutzerverhalten eine entscheidende Rolle. Dahinter steht die Frage, wer nutzt welche Anwendungen wie häufig und wie intensiv. Für den einzelnen Nutzer ist die erforderliche Datenrate der Anwendung mit den höchsten Anforderungen entscheidend für eine reibungslose Nutzung. Bei simultaner Nutzung mehrerer Anwendungen durch die Person steigt der Bedarf. Festnetzanschlüssen werden zudem oftmals von mehreren Personen gleichzeitig genutzt. Die benötigte Datenrate muss entsprechend alle, den Anschluss gleichzeitig nutzende Personen und deren gleichzeitigen Nutzungen zufrieden stellen. Die adaptiven Eigenschaften der IP-Anwendungen tragen dafür Sorge, dass die Anforderungen der gleichzeitig nutzenden Personen nicht additiv sind.¹⁹

Das benötigte Datenvolumen ergibt sich hingegen aus der Nutzungsdauer und Nutzungsintensität aller den Anschluss nutzenden Personen über den Messzeitraum. Deshalb umfasst das Wachstum des Datenvolumens eines Anschlusses auch Veränderungen in der Nutzungsdauer und -intensität, auch wenn es keine Änderungen in den Kapazitätsanforderungen der Anwendungen gibt. Aus dem Anstieg des monatlichen oder jährlichen Datenvolumens lässt sich somit nicht einfach auf den Bedarf höherer Datenraten schließen.

Tabelle 7 gibt die Einschätzung des FCC Household Broadband Guide hinsichtlich der mindestens benötigten Datenrate eines Anschlusses bei unterschiedlichem Nutzungsprofil (leicht, moderat und stark) für unterschiedliche Nutzerzahlen je Haushalt wieder. Der Tabelle ist zu entnehmen, dass die erforderliche Anschlussgeschwindigkeit nach Einschätzung der FCC unterproportional zur Haushaltsgröße (genutzte Endgeräte) ansteigt. Das bedeutet, dass die Maximalbelastung der verwendeten Anwendungen nicht vollständig gleichzeitig erfolgt.²⁰ Die Haushaltsgröße erhöht jedoch die Wahrscheinlichkeit der gleichzeitigen Internetnutzung und ist somit eine wichtige soziographische Einflussgröße für die Bandbreitennachfrage. Die benötigten Datenraten bewegen sich in eher moderaten Geschwindigkeitsklassen. Das liegt daran, dass wie oben beschrieben progressive hochauflösende Internetanwendungen im Bereich AR und VAR und Videostreaming darin ebensowenig berücksichtigt sind, wie up- und downloadintensive Anwendungen etwa im Bereich von SOHO-Anwendungen oder der Teleheimarbeit.

¹⁸ Asymmetrische Anschlüsse weisen im Up- und Download verschiedene maximale Datenraten auf. Typischerweise fällt die Uploadgeschwindigkeit geringer aus. Dies gilt zumeist für xDSL und HFC-Anschlüsse.

¹⁹ Vgl. Kulenkampff, G. et al (2024): Mehrpersonenhaushalte, Mindestanforderungen Internetzugang, wika-zafaco-Gutachten für die Bundesnetzagentur, Veröffentlichung Januar 2024.

²⁰ Für die Einschätzung der benötigten Datenraten je Nutzungstyp wurden offensichtlich die in Tabelle 3-1 Spalte 1 genannten Datenraten je Anwendung verwendet.

Tabelle 7: Mindestdatenraten im Download für leichte, moderate und starke Internetnutzung für Haushalte nach Haushaltsgröße

Anzahl gleichzeitiger Nutzer oder Geräte pro Leitung	Leichte Nutzung	Moderate Nutzung	Starke Nutzung
1	Basic (3-8 Mbit/s)	Basic (3-8 Mbit/s)	Medium (12-25 Mbit/s)
2	Basic (3-8 Mbit/s)	Medium (12-25 Mbit/s)	Medium (12-25 Mbit/s) / Fortgeschritten (>25 Mbit/s)
3	Medium (12-25)	Medium (12-25 Mbit/s)	Fortgeschritten (>25 Mbit/s)
4	Medium (12-25 Mbit/s)	Fortgeschritten (>25 Mbit/s)	Fortgeschritten (>25 Mbit/s)

Leichte Nutzung = Nutzung grundlegender Funktionen: E-Mail, Browsing, grundlegende Videoanwendungen, VoIP, Internetradio

Moderate Nutzung = Nutzung grundlegender Funktionen plus eine Anwendung mit hohem Datenbedarf wie: Streaming HD Video, Mehrpersonen Videokonferenz, online Spiele, Teleheimarbeit

Starke Nutzung = Nutzung grundlegender Funktionen plus 2 und mehr Anwendungen mit hohem Datenbedarf gleichzeitig

Quelle: FCC Consumer Guide: Household Broadband Guide, 05/2020 update 07/2022, https://www.fcc.gov/consumers/guides/household-broadband-guide_wik_eigene_Darstellung.

Wichtig ist die Erkenntnis, dass mit dem Zuwachs an Endgeräten oder Personen mit gleichzeitiger Internetnutzung tendenziell der Bedarf an Datenübertragungsrate ansteigt. Der dahinterliegende Treiber ist die Gleichzeitigkeit der genutzten Anwendungen und deren idealtypisch benötigten Datenraten. Dabei müssen nicht in jedem Fall Personen Daten nachfragen. Im Bereich von Smart-Home-Anwendungen können Geräte zur Heimüberwachung Daten produzieren, die zur externen Überwachung über das Internet versendet werden. Für die Bandbreitennachfrage ist auch die Häufigkeit solcher Maximalbelastungen bedeutend. Tritt ein Engpass nur sehr selten auf, wird die Datenrate des Anschlusses vermutlich nicht direkt erhöht, bei einer häufigen oder dauernd als Störung empfundenen Engpasssituation wird hingegen eher erwogen die Datenrate des Anschlusses zu erhöhen.

Ein ähnlicher Ansatz der Bedarfsabschätzung je Anschluss, der die aggregierte Nutzung mehrerer Personen je Anschluss berücksichtigt, findet sich in Anwendungen des WIK Potentialmodells. Zur Einschätzung der benötigten Datenrate eines Nutzers werden digitale Nutzerpersönlichkeiten definiert, die ein typisches Nutzungsverhalten hinsichtlich Nutzungsart und -häufigkeit verschiedener Anwendungen aus den abgebildeten Anwendungskategorien abbilden. Die durchschnittliche benötigte Datenrate einer Nutzerpersönlichkeit wird durch die Multiplikation der Datenerfordernisse der Anwendungen und der unterstellten Nutzungen eines Nutzertyps bestimmt. Für die benötigte Datenrate eines

Anschlusses wiederum ist die Zusammensetzung der anschlussbeziehenden Haushalte mit den entsprechenden Nutzerpersönlichkeiten ausschlaggebend.²¹

Fazit Datenraten zur Internetnutzung

Die erforderlichen Datenraten zur Internetnutzung bestimmen sich über die genutzten Anwendungen. Diese erfordern technisch bedingte Mindestübertragungsraten, um vom Nutzer als störungsfrei wahrgenommen zu werden. Auffällige Treiber der benötigten Datenraten sind hochauflösende Videokomponenten in den verwendeten Internetapplikationen und der häufige Transfer größerer Dateien. Als grundlegende Treiber für den Bedarf höherer Datenraten kommen somit das zu übertragende Datenvolumen und der tolerierbare Zeitbedarf für die Übertragung des Datenvolumens in Betracht. Weiterhin steigt die benötigte Datenrate eines Anschlusses durch die Anzahl der gleichzeitigen Nutzungen bzw. die Anzahl an Endgeräten oder Personen. Das schließt auch um Geräte ein, wie etwa mit dem Internet verbundene Kameras zur Heimüberwachung. Die Wahrscheinlichkeit der gleichzeitigen Internetnutzung steigt mit der Personenzahl je Anschluss und somit mit der Haushaltsgröße. Die angegebenen Indikatorgrößen für die aktuell benötigten Datenraten sind Mindestangaben und damit nicht zukunftsfest, insbesondere sind progressive Anwendungen darin nicht enthalten. Allerdings sind auch die Innovationen im Bereich der Anwendungen zu berücksichtigen, die eine zunehmend verbesserte Leistungsfähigkeit der Dienste auch bei verminderter Datenübertragungsrate ermöglichen.

3.1.4 Geräteausstattung, verfügbare Anschlussgeschwindigkeit und Sozioökonomie

Die Ausstattung der Haushalte mit internetfähigen Endgeräten ist die Voraussetzung für die Nutzung von Internetdiensten. Die Anzahl der Geräte für die Gleichzeitigkeit der Nutzung spielt eine bedeutende Rolle für die Bandbreitennachfrage. In Mehrpersonenhaushalten mit mehreren Fernsehgeräten können bspw. mehrere Fernsehsendungen gleichzeitig konsumiert werden und sich damit die benötigte Datenrate des Internetanschlusses erhöhen.

Tabelle 8 zeigt in absteigender Reihenfolge welche digitalen Endgeräte privat oder beruflich in Deutschland 2021 für den Internetzugang verwendet wurden. Die Auswahl ist in der Befragung der Initiative D21 e. V. zum Digitalisierungsindex 2021/2022 vorgegeben. Demnach nutzen 87 % der Bevölkerung ab 14 Jahren das Smartphone, 66 % einen Laptop etc. Für diese Auswahl wurde, insofern eine Zuordnung aus den Daten des Statistischen Bundesamtes möglich war, die Anzahl Geräte je Kategorie angegeben, die pro 100 Haushalten in Deutschland zur Verfügung stehen. Dabei handelt es sich um Daten

²¹ Siehe Strube Martins, S.; Wernick, C. (2021) für die Anwendung auf Deutschland, Großbritannien und Flamen, sowie Strube Martins, S.; Wernick, C.; Plückerbaum, T.; Henseler-Unger, I. (2017) für Deutschland.

aus der laufenden Wirtschaftsrechnung zur Ausstattung mit Gebrauchsgütern von Destatis und eigene Berechnungen.²² Die Summe der Geräte zeigt, dass alleine für die angegebenen Endgerätekategorien 571,1 Geräte pro 100 Haushalten existieren und somit im Durchschnitt jeder Haushalt über 5,7 Geräte dieser Art verfügt. Hinzu kommen noch 1,02 Festnetztelefone je Haushalt sowie weitere digitale internetfähige Endgeräte (Fernseher, Drucker, Blu-Ray-Geräte, Navi und diverse Smart-Home-Geräte (für Sicherheit, Energiemanagement sowie Haushaltsgeräte)), für die allerdings nicht klar ist, ob sie über die Anschlussleitung das Internet nutzen oder wesentlich nutzen. Nach Schätzungen von CISCO 2020 machen die IoT Geräte 2023 bereits mehr als die Hälfte der internetfähigen Geräte aus.²³

Nach Angaben von Kantar Videotrends 2022²⁴ besitzen 84,7 % der 38,773 Mio. TV-Haushalte ein HDTV-Gerät und 30 % ein UH-HDTV-Gerät. Von den TV-Haushalten empfängt allerdings rd. die Hälfte das Programm über Satellit (16,464 Mio.) oder terrestrisch (2,253 Mio.). Anschlüsse mit hohen Datenraten aufgrund der Anforderungen datenintensiver UH-HDTV-Übertragung sind somit nur für 15 % der Haushalte relevant.

Tabelle 8: Internetzugang und Gerätenutzung sowie Geräteausstattung der Haushalte

	Gerätenutzung privat oder beruflich 2021 (D21 Digitalindex 2021/2022)	Güterausrüstung der Haushalte 2022 (Destatis Ausstattung mit Gebrauchsgütern, Daten aus den laufenden Wirtschaftsrechnungen)
Geräte	Anteile in Prozent (Basis Personen ab 14 Jahren)	Ausstattung: Geräte pro 100 Haushalte
Smartphone	87 %	164,7
Laptop	66 %	111,8
Desktop-PC	47 %	53,7
Smart-TV	46 %	86
Tablet	41 %	77,9
Spielekonsole	20 %	54
Einfaches Handy	15 %	23
Wearables	13 %	
Sprachassistent	12 %	
Summe		571,1

Quelle: Initiative D21, D21 Digitalindex 2021/2022; Destatis, Ausstattung mit Gebrauchsgütern, Daten aus den laufenden Wirtschaftsrechnungen

²² Die Anzahl Smart-TV Geräte wurde aus Kantar-Videotrends 2022 abgeleitet und die Zahl einfacher Handys aus der Anzahl Mobilfunkgeräte minus Anzahl Smartphones der Destatis-Daten berechnet. Für Wearables und Sprachassistenten lagen uns keine Gerätezahlen pro Haushalt vor.

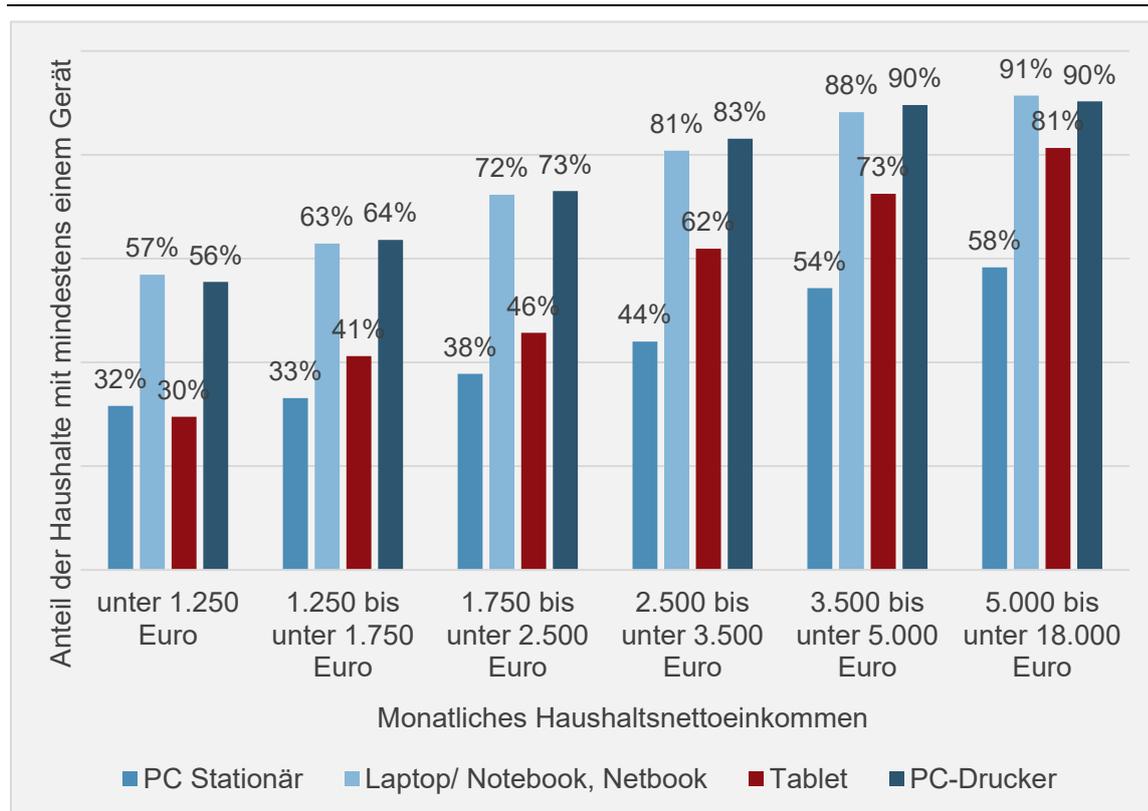
²³ CISCO (2020) Cisco Annual Internet Report (2018-2023). White Paper. Schätzung für M2M Verbindungen.

²⁴ Siehe Berghofer, Hamann, Hege, Kleinz, Topham (2019), S.19.

Von den in der Tabelle angegebenen Gerätekategorien werden nach Angaben von D21 3,5 Geräte im Durchschnitt privat oder beruflich genutzt. Die Anzahl der genutzten Geräte hängt stark vom monatlichen Haushaltsnettoeinkommen ab. Bei 1.000 Euro Haushaltsnettoeinkommen werden 2,5 Geräte genutzt, bei 3.000 Euro und mehr 4,1 Geräte.

Ein Grund hierfür liegt in der besseren Ausstattung mit IT-Geräten von Haushalten mit höherem Einkommen, wie Abbildung 12 zeigt. Demnach steigt der Ausstattungsgrad mit Computern mit dem Haushaltsnettoeinkommen. Der Initiative D21 zufolge wird die Gerätenutzung stark von den Faktoren Bildung und dem damit oft korrelierenden Haushaltsnettoeinkommen beeinflusst. „Neben der Höhe des Einkommens hat offenbar auch die Berufstätigkeit einen verstärkenden Einfluss auf die Gerätenutzung. Berufstätige haben mit Ausnahme des einfachen Handys zu allen Geräten häufiger Zugang als nichtberufstätige Personen. Besonders stark ist die Gerätenutzung bei Menschen mit Bürotätigkeit: Sie haben im Durchschnitt ein Gerät mehr zur Verfügung als im gesamtdeutschen Mittel“ (D21, S.21).

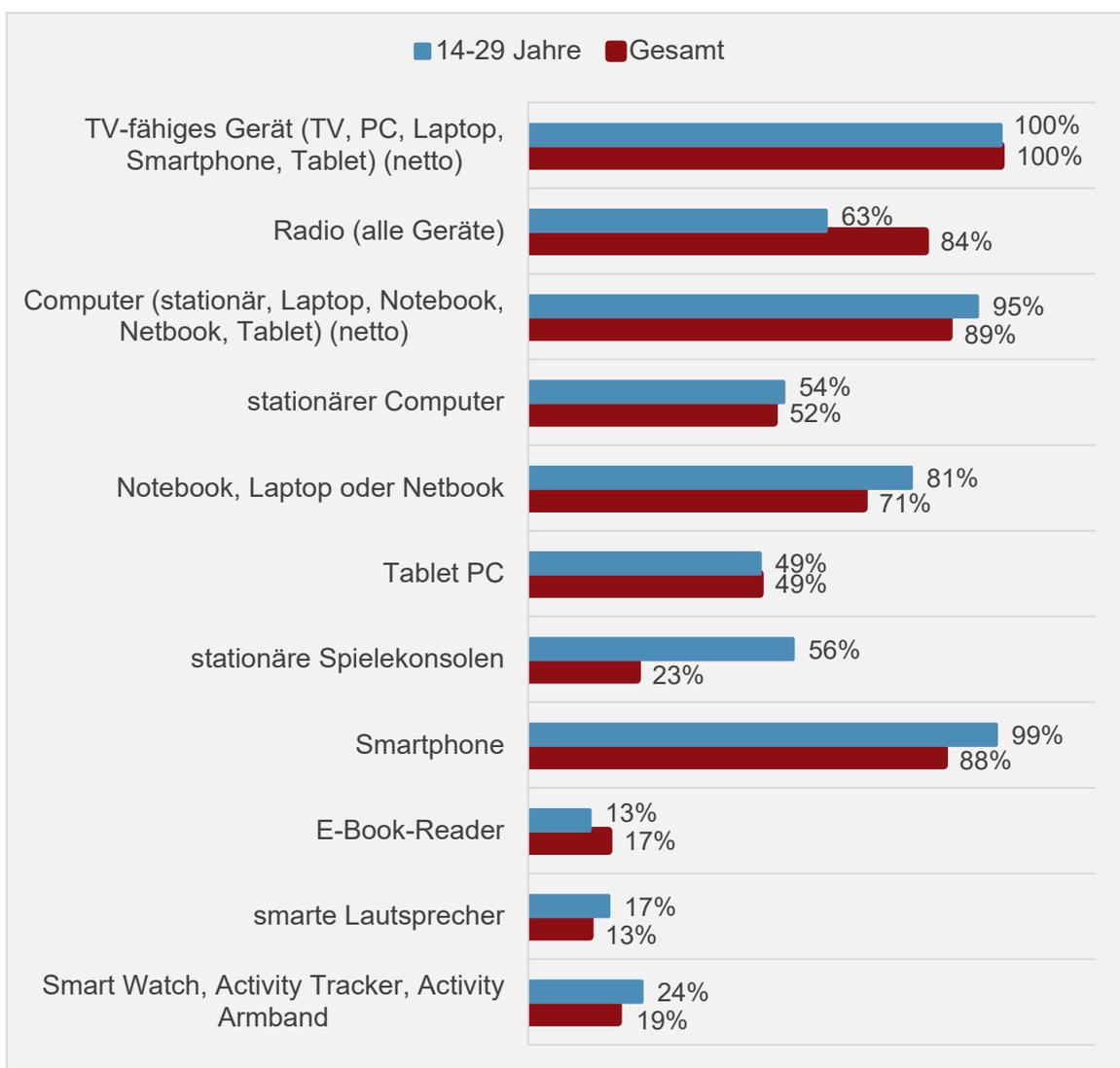
Abbildung 12: Ausstattungsgrad privater Haushalte mit Computern nach Haushaltsnettoeinkommen in Deutschland im Jahr 2022



Quelle: Statistisches Bundesamt: Ausstattung von Haushalten mit Informations- und Kommunikationstechnik 2022, nach Statista 2023, Eigene Darstellung

Das Alter der Nutzer spielt eine Rolle sowohl in der Geräteausstattung und deutlicher noch in der Gerätenutzung für den Internetzugang, wie aus Abbildung 13 und Abbildung 14 ersichtlich. Nach Angaben der ARD/ZDF-Langzeitstudie 2020 liegt die Geräteausstattung der 14-29-Jährigen bei Computern um 6 Prozentpunkte über dem Durchschnitt (95 % zu 89 %), am ausgeprägtesten bei mobilen Rechnern wie Laptop, Notebook und Netbook (81 % zu 71 %). Prägnant sind die Unterschiede auch im Bereich der Spielekonsolen (56 % zu 23 %), Smartphones (99 % zu 89 %) und Wearables (Smart Watches, Activity Tracker und Activity Armbänder) (24 % zu 19 %).²⁵

Abbildung 13 Geräteausstattung 2020 - Gesamt und Altersgruppe 14-29 Jahre

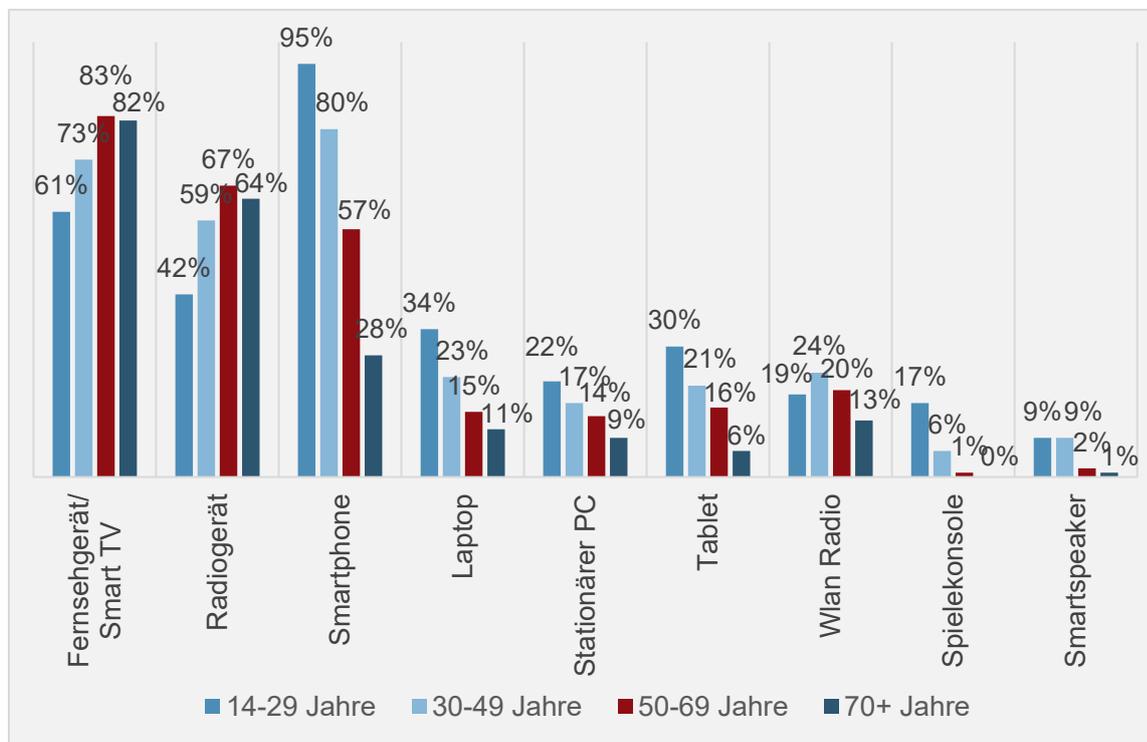


Quelle: ARD/ZDF-Massenkommunikation Langzeitstudie 1964-2020: Mediennutzung im Langzeitvergleich, Eigene Darstellung

²⁵ Siehe C. Breuning, M. Handel und B. Kessler (2020), Media Perspektiven 7-8 2020, Tabelle 8 S. 430.

Die Tagesreichweiten nach Altersklassen zeigen zudem, dass die Jüngeren die Geräte häufiger für ihren täglichen medialen Konsum nutzen mit Ausnahme der Fernseh- und Radiogeräte (Abbildung 14).

Abbildung 14: Gerätenutzung Tagesreichweiten 2022 nach Alter

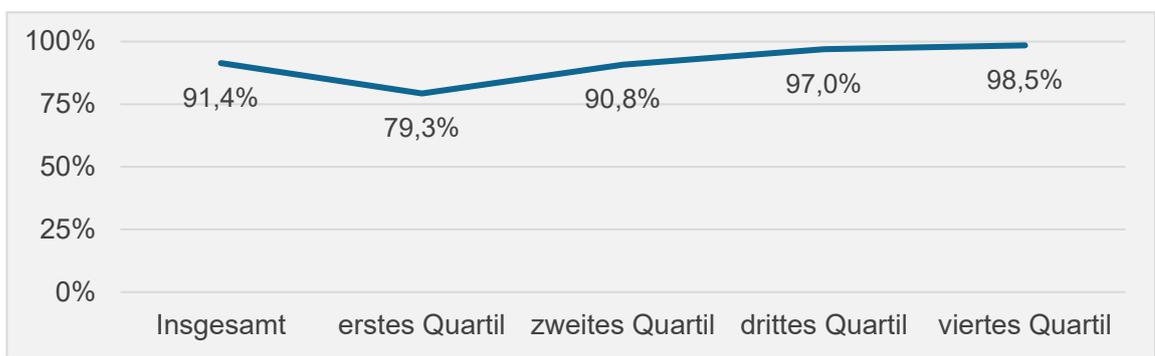


Quelle: ARD/ZDF Massenkommunikation Trends 2022, Eigene Darstellung

Ausstattung der Haushalte mit Anschlüssen

Die Ausstattung der Haushalte mit einem Internetanschluss steigt mit dem Haushaltsnettoeinkommen an. Im unteren Viertel des Einkommensspektrums liegt der Anteil der Haushalte mit Internetzugang bei von 79,3 % und damit rd. 19 Prozentpunkte niedriger als im obersten Viertel des Einkommensspektrums (siehe Abbildung 15).

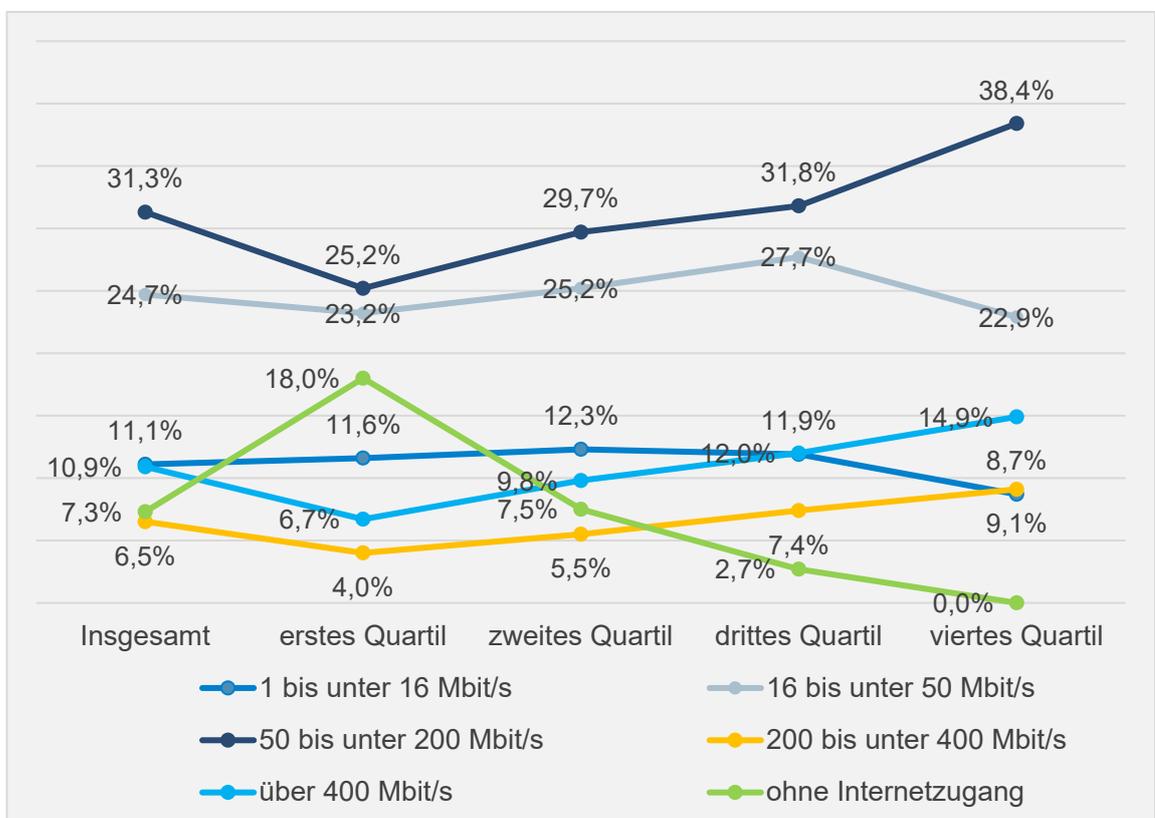
Abbildung 15: Internetzugang nach Haushaltsnettoeinkommen in Deutschland



Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 15 Reihe 4, IKT 2022, S. 12, Eigene Darstellung

Für alle Anschlüsse mit einer vertraglich vereinbarten Datenraten ab 50 Mbit/s steigen die Anteile mit steigendem Nettoeinkommen. Für Anschlüsse bis 50 Mbit/s steigen die Anteile vom ersten zum zweiten Einkommensquartil und sinken vom dritten zum vierten Quartil. Die Anteile der Haushalte ohne Internetzugang sinken von 18 % im unteren Einkommensviertel auf null im obersten Einkommensviertel (siehe Abbildung 16).

Abbildung 16: Datenübertragungsraten der Internetzugänge der Haushalte nach Nettoeinkommen

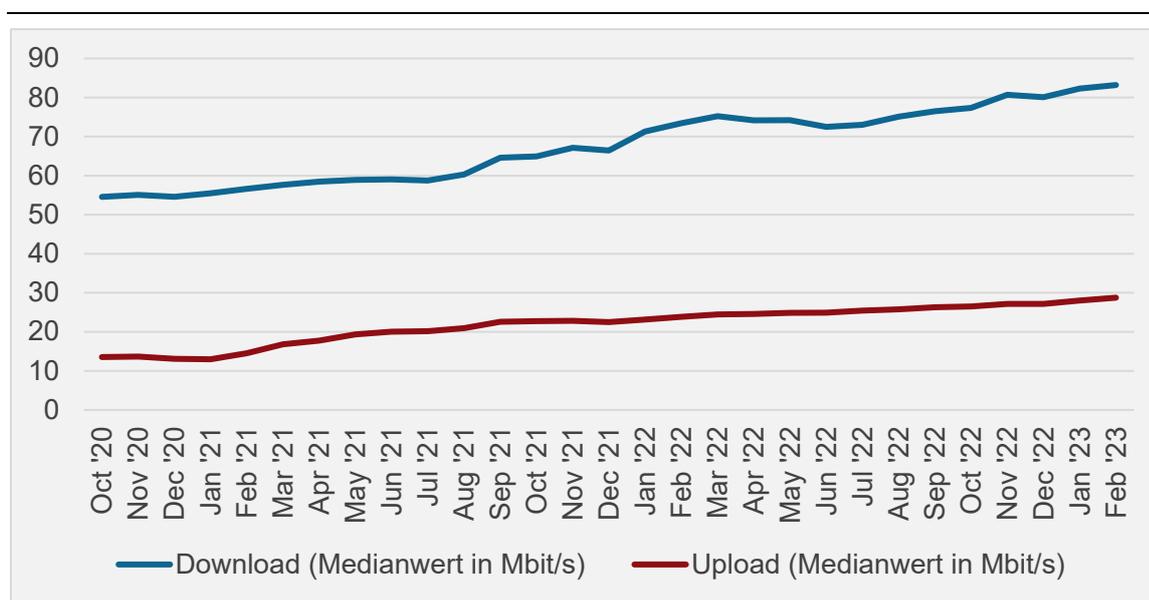


Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 15 Reihe 4, IKT 2022, S. 12, Eigene Darstellung

Verfügbare Anschlussgeschwindigkeiten gemäß Messungen

Gemäß den Messungen von Ookla (Abbildung 17) beträgt die durchschnittliche Anschlussgeschwindigkeit im Festnetz aktuell (Februar 2023) rd. 83 Mbit/s im Download und knapp 30 Mbit/s im Upload. Bei diesem Durchschnittswert handelt es sich um den Median, somit ist die Hälfte der Anschlüsse schneller und die Hälfte unterhalb dieser Werte. Das passt in der Größenordnung zu den Zahlen der vermarkteten Bandbreiten von Destatis.

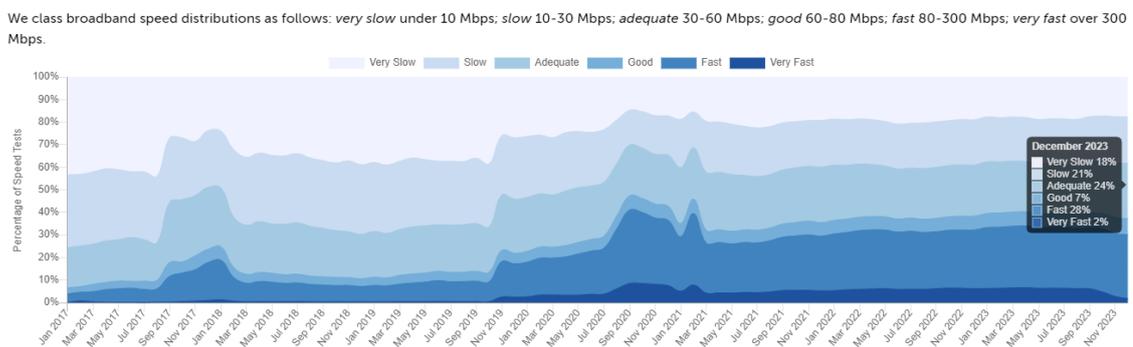
Abbildung 17: Median Geschwindigkeit des Festnetz Internet in Deutschland im Up- und Download



Quelle: Ookla (speedtest.net), Eigene Darstellung

Die Messungen des Internetportals faireinternetreport.com zeigen jedoch geringere verfügbare Down- und Upload-Datenraten im Median an. Hier werden für Dezember 2022 bis 2023 52 Mbit/s im Download und 16 Mbit/s im Upload angegeben. Die gemessene Verfügbarkeit nach Datenraten ist in Abbildung 20 für Januar 2017 bis Dezember 2023 wiedergegeben. Dabei stechen die noch hohen Anteile der Messungen unterhalb 10 Mbit/s ins Auge, mit 18 % und unterhalb von 30 Mbit/s sogar 39 % der Messungen. Ab November 2019 bis Mai 2021 kam es zu einem deutlichen Anstieg der schnellen und sehr schnellen gemessenen Verbindungen, die danach auf niedrigerem Niveau beginnend bis November 2023 nur noch leicht ansteigen. Die Gründe für die Verbesserung der gemessenen Datenraten während der Corona Zeit werden im Datenportal leider nicht kommentiert. Während rd. 18 % der Messungen unterhalb von 10 Mbit/s liegen, liegt der Anteil der vermarkteten Datenraten der Anschlüsse bis 16 Mbit/s bei 10 %. Das könnte darauf hindeuten, dass die vermarkteten Anschlussgeschwindigkeiten die Versorgungslage besser darstellen als sie tatsächlich ist.

Abbildung 18: Verfügbare Anschlussgeschwindigkeiten in Deutschland



Quelle: Germany Internet Speeds and Statistics, Dez. 2023 (fairinternetreport.com); Abruf Dezember 2023

Fazit Ausstattung der Haushalte mit Geräten und Anschlüssen

Die Ausstattung der Haushalte mit internetfähigen Endgeräten und Breitbandanschlüssen ist die Voraussetzung für die Nutzung von Internetdiensten. Die Ausstattung der Haushalte mit internetfähigen Geräten hat über die Jahre zugenommen und erreicht bei einigen Produkten die Sättigungsgrenze, wie etwa bei TV-Geräten und Smartphones. Im Durchschnitt besitzt jeder Haushalt etwa sechs bis acht internetfähige Geräte für Kommunikation und medialen Konsum. Nicht berücksichtigt sind die stark zunehmende Zahl an IoT-Geräten, die aber ausgenommen von hochauflösenden Videokameras zur Gebäudeüberwachung vermutlich keine nennenswerten Datenströme über die Anschlussleitung auslösen. Die Haushaltsgröße nach Personen hat Einfluss auf die Anzahl verfügbarer Geräte im Haushalt und auf die Wahrscheinlichkeit zur gleichzeitigen Nutzung mehrerer Geräte und Anwendungen je Anschluss. Das lässt eine positive Korrelation von Haushaltsgröße und Bandbreitenbedarf vermuten.

Die Geräteausstattung der Haushalte hängt vom Haushaltseinkommen ab, ebenso wie vom Alter der Haushaltsmitglieder. Jüngere Personen besitzen und nutzen häufiger mobile Computer sowie Spielekonsolen und Wearables als ältere Personen. Berufstätigkeit und insbesondere Bürotätigkeit erleichtern den Zugang zu internetfähigen Geräten. Neben der Höhe des Einkommens hat auch die Berufstätigkeit einen verstärkenden Einfluss auf die Gerätenutzung. Das Haushaltseinkommen wirkt sich positiv auf die Ausstattung der Haushalte mit breitbandigen Festnetzanschlüssen und deren Qualität (höhere Datenraten) aus.

Die verfügbaren Bandbreiten der Anschlüsse erlauben die Internetnutzung auch für höhere Anforderungen im Median, wie von Ookla gemessen. Allerdings gibt es nach Angaben von fairinternetreport.com auch eine beachtliche Größenordnung von rd. 18 % der Messungen mit Downloadraten der Anschlüsse unter 10 Mbit/s. Die vermarkteten

Anschlussgeschwindigkeiten stellen vermutlich die Versorgungslage der Haushalte nach Anschlussgeschwindigkeiten besser dar als sie ist.²⁶

3.2 Sozioökonomische Bestimmungsfaktoren der Internetnutzung in ökonomischen Studien

Bandbreitenbedarf und der Einfluss sozioökonomischer Faktoren wird in der Literatur zu den Faktoren digitaler Spaltung von Gesellschaften betrachtet. Gesucht ist hier ein Zusammenhang zwischen sozioökonomischen Variablen und der privaten Internetnutzung der Personen und Haushalte, betreffend den Onlinezugang, die Nutzungshäufigkeit oder die Nachfrage nach höheren Übertragungsgeschwindigkeiten der Anschlüsse. Wie oben bereits abgeleitet spielen sozioökonomische Größen eine erhebliche Rolle bei den Untersuchungen zur Internet- und Mediennutzung. Gemessen werden hier jeweils der Zusammenhang einer Untersuchungsgröße der Internetnutzung mit einzelnen sozioökonomischen Eigenschaften der Befragten. Die Initiative D21 misst mittels repräsentativer Umfragen seit 2001 die private Internetnutzung der Personen und Haushalte in Deutschland und wertet diese entlang der sozioökonomischen und soziodemographischen Größen Alter, Geschlecht, Ausbildungsgrad, Berufstätigkeit, Haushaltsgröße, Haushaltsnettoeinkommen, Regionen (Bundesländer, Regierungsbezirke, PLZ-Gebiete Ortsgrößen) aus²⁷. Der Blick ist hier auf die Unterschiede in der ICT- und Kommunikationsmedienutzung innerhalb gesellschaftlicher Gruppen einer Gesellschaft gerichtet, um etwaige Benachteiligungen einzelner Gruppen rechtzeitig erkennen und eventuell nachsteuern zu können. Die digitale Spaltung der Gesellschaft entlang der sozioökonomischen, geographischen und soziodemographischen Größen wird dabei in den frühen Jahren der Internetadoption anhand der Onlinenutzung (nie, selten, gelegentlich täglich) gemessen. Mit zunehmendem Internetzugang und Onlinenutzung treten dann auch qualitative Aspekte der Zugänge (Datenraten) und Nutzung (Intensität) in den Vordergrund. Mit zunehmender Durchdringung der Gesellschaft mit der Technologie verschwinden digitale Spaltungen automatisch. Die Mittelwerte der Nutzer innerhalb einer Gruppe nähern sich den Anteilen der Gruppen in der Grundgesamtheit an. Das gilt beispielsweise für die früher bestehenden Unterschiede in der Onlinenutzung nach Geschlecht. Da mittlerweile über 90 % der Bevölkerung Onlinenutzer sind und das Geschlechterverhältnis nahezu bei 50 % liegt, ist zu erwarten, dass die Unterschiede hinsichtlich der Onlinenutzung (ja oder nein) zwischen den Geschlechtern an Bedeutung verliert. Die Unterschiede in der Onlinenutzung waren etwa im Jahr 2000 noch deutlich ausgeprägter. Es gab eine große

²⁶ Bei Geschwindigkeitsmessungen gibt es eine Vielzahl von Parametern zu beachten, die die gemessene Geschwindigkeit beeinflussen können. Deshalb werden die Ergebnisse lediglich als ein Hinweis gesehen. Bei DSL-Leitungen kann es aufgrund von Signalstörungen bei gleichzeitigen Nutzungen im Kabel zu Leistungsschwankungen kommen und bei Breitbandkabel spielt die shared-medium-Eigenschaft von Leitungen innerhalb eines Kabelclusters eine Rolle.

²⁷ Seit 2013 wird auf Grundlage der Befragungen auch ein Index zum Stand der Digitalisierung für Deutschland berechnet. Die Befragungsschwerpunkte werden auch angepasst.

Zahl an Nichtnutzern, die nach sozioökonomischen Größen von den Nutzern unterschieden werden konnten.

Die Einzeleffekte der Einflussgrößen sind wie im Kapitel 3.1 dargestellt durchaus vorhanden und an den Abweichungen nach Prozentpunkten ersichtlich. Die Frage, welche der Einflussgrößen den höchsten Erklärungsgehalt für die Internetnutzung aufweist oder ob der Einfluss noch besteht, wenn andere Einflüsse mitberücksichtigt werden, lässt sich nur anhand einer multivariaten Analyse beantworten. Der Kanon der Einflussgrößen Alter, Geschlecht, Ausbildungsgrad, Berufstätigkeit, Haushaltsgröße, Haushaltsnettoeinkommen lässt sich auch in den Untersuchungen zur Onlinenutzung in UK und USA nachweisen.

Lenz, Jäckel und Zillien (2005) gehen für Deutschland den sozioökonomischen Unterschieden im Onlineverhalten auf Grundlage der ALLBUS 2004 Befragungsergebnissen nach²⁸. Ziel ihrer Untersuchung ist es, Unterschiede in der Internetnutzung von Stadt- und Landbewohnern herauszuarbeiten, die in den deskriptiven Analysen durchaus erkennbar sind²⁹. Dabei wird mit Hilfe einer Diskriminanzanalyse ermittelt, welche sozioökonomischen Faktoren einen Beitrag zur Unterscheidung der Befragten in Onliner und Offliner leisten, bei gemeinsamer Betrachtung der zur Verfügung stehenden sozioökonomischen Variablen.³⁰ Das Ergebnis der Autoren ist in Tabelle 9 dargestellt.

28 Der ALLBUS ist eine Trenderhebung zur gesellschaftlichen Dauerbeobachtung von Einstellungen, Verhalten und sozialem Wandel in Deutschland. Ein Erhebungsschwerpunkt im Jahr 2004 war der Themenblock „Technischer Fortschritt und Computer (Digital Divide)“.

29 Die getroffene Unterscheidung in städtisch-ländlich macht 8,8 Prozentpunkte in Bezug auf die Online-nutzung aus und ist statistisch signifikant. Die Einteilung beruht auf der Gemeindezuordnung zu BIK-Regionen („Wir definieren eine Gemeinde als „ländlich“, wenn sie nicht im Einzugsbereich einer Stadt liegt und höchstens 20.000 Einwohner hat. Als „städtisch“ wird eine Gemeinde charakterisiert, die einem Kernbereich, das heißt einem hochverdichteten Zentrum sowie angrenzenden Gemeinden mit mindestens 50.000 Einwohnern, zugeordnet werden kann“, vgl. S.7 Fn 3.). Die Einteilung in städtisch - ländlich nach Einwohnerzahl der Gemeinden weist keinen signifikanten Einfluss auf die Onlinenutzung auf.

30 Bei der durchgeführten schrittweisen Diskriminanzanalyse wurden nur Merkmalsvariablen aufgenommen, die signifikant zur Verbesserung der Diskriminanz beitragen (Signifikanzniveau 5%). Die relative Wichtigkeit der Einzelmerkmale spiegelt sich in der Rangfolge, mit der die Variablen in die Diskriminanzfunktion aufgenommen werden. Darüber hinaus lässt sich an den standardisierten kanonischen Diskriminanzfunktionskoeffizienten die Trennkraft der Einzelmerkmale ablesen und aufgrund der vorangegangenen Standardisierung auch vergleichen.

Tabelle 9: Soziökonomische Einflussgrößen und Internetnutzung 2004

Gruppen	Variablen	Standardisierte kanonische Diskriminanzfunktionskoeffizienten
Onliner/ Offliner	Alter	-0,61
	Schulabschluss	0,454
	Erwerbstätigkeit	0,285
	Haushaltsnettoeinkommen	0,254
	Geschlecht	0,178
Tägliche/ Nicht-tägl. Internetnutzer	Schulabschluss	0,532
	Alter	-0,369
	Geschlecht	0,315
	Haushaltsnettoeinkommen	0,228
	Erwerbstätigkeit	0,198
	Stadt-Land-Zugehörigkeit	0,193
E-Mail-Nutzer/ Nicht-nutzer	Schulabschluss	0,471
	Alter	-0,376
	Haushaltsnettoeinkommen	0,331
	Erwerbstätigkeit	0,256
	Geschlecht	0,235
	Stadt-Land-Zugehörigkeit	0,235

Quelle: Lenz, Jäckel und Zillien (2005), S. 12

Demnach erweist sich die Stadt-Land-Zugehörigkeit für die Unterscheidung in Onlinenutzer und Offliner als nicht relevant. Wichtigste Einflussgrößen sind Alter, Schulabschluss, Erwerbstätigkeit, Einkommen und Geschlecht³¹. Werden allerdings die täglichen/nicht täglichen Onlinenutzer betrachtet, dann liefert die Stadt-Land-Zugehörigkeit einen Beitrag zur Gruppenunterscheidung und verändert auch die Höhe und Reihenfolge der Einflussgrößen. Die größte diskriminatorische Bedeutung besitzt hierbei die Schulbildung, danach das Alter, an dritter Stelle das Geschlecht noch vor dem Haushaltsnettoeinkommen, der Erwerbstätigkeit und der Stadt-Land-Zugehörigkeit. Diese Ergebnisse zeigen, dass die Stadt-Land-Unterscheidung nur bei den routinierten Nutzern (täglich Online, E-Mail-Nutzer) relevant ist, in der Gesamtheit der Internetnutzung aber weitgehend von der geographischen Verteilung anderer soziodemographischen Größen erklärt werden kann.

Dies passt zu den Ergebnissen von Grant Blank, Mark Graham und Claudio Calvino (2017) für UK basierend auf OxIS 2013 Survey zur Internetnutzung.³² In ihrer Untersuchung zur geographischen Verteilung der Internetnutzung und zur digitalen Kluft mit Hilfe von Regressionsanalysen, verschwindet der Einfluss der regionalen Komponente (Regionen Dummies) auf die Internetnutzung, wenn gleichzeitig Alter, Bildung und

³¹ Wie bereits erwähnt ist die digitale Kluft nach Geschlecht nahezu geschlossen.

³² Oxford Internet Institute. <http://oxis.oii.ox.ac.uk/reports>.

Beschäftigung („Life stage“-Variable mit den Kategorien Student, Beschäftigt, Arbeitslos und Rentner) in ihrer räumlichen Verteilung berücksichtigt werden. Der Einzeleffekt, der hinter der regionalen Einflussvariablen steht, scheint somit eine Kombination aus der regionalen Verteilung von Alter, Bildung und Beschäftigung zu sein, die hier die eigentlichen Einflüsse darstellen.³³ Blank et al. schließen daraus, dass mit den demographischen Faktoren die bedeutsamen Faktoren erfasst sind und die räumlichen Faktoren (Regiozugehörigkeit, Stadt-Land-Zugehörigkeit) keinen eigenen Beitrag zur Internetnutzung leisten. Sie leiten daraus ebenfalls ab, dass selbst bei einer Verbesserung der digitalen Infrastruktur in ländlichen Räumen die Anschlussnachfrage dennoch weiter hinterherhinken wird, weil die Faktoren, die die Nachfrage nach Internet erhöhen, dort weniger ausgeprägt sind.³⁴

In einer Studie neueren Datums gehen Marlen Martínez-Domínguez und Isael Fierros-Gonzalez den sozioökonomischen Bestimmungsgründen für den Internetzugang, die Internetnutzung und die schulische Internetnutzung von Schülern zwischen 6 und 17 Jahren in Mexiko während der COVID 19 Pandemie nach. Die wichtigsten Bestimmungsgründe stellen Alter der Schüler, Bildungsstufe, die sozioökonomische Schicht des Haushalts, digitale Fähigkeiten der Schüler, Informationsintermediäre im Haushalt und auch die Geräteausstattung der Familien dar. Schüler, die niedrigeren sozioökonomischen Schichten zuzuordnen sind und in ländlichen Gebieten wohnen, sind in Zugang, Nutzung und Onlineaktivitäten beschränkt im Vergleich zu Schülern höherer sozioökonomischer Schichtzugehörigkeit in städtischen Wohnorten. Die geographische Komponente (Stadt-Land-Zugehörigkeit, Regionenzugehörigkeit) bleibt in den Regressionen signifikant auch bei gleichzeitiger Berücksichtigung der sozioökonomischen Bestimmungsvariablen. Der Grund für eine geringere Nutzung des Internets durch Schüler in ländlichen Räumen lässt sich zu einem großen Teil den geringeren Zugangsmöglichkeiten zuschreiben. Somit ist die geringere Internetnutzung von Schülern in ländlichen Räumen Ausdruck einer Angebotsrestriktion.

Garín-Munoz, Pérez-Amaral und Valarezo (2022) zeigen in ihrer Regressionsstudie zur Entwicklung der unterschiedlichen täglichen Internetnutzung der Geschlechter in Spanien für die Jahre 2008-2020, dass die sozioökonomischen Größen Geschlechtszugehörigkeit, Alter, Bildungsabschluss, Haushaltsgröße, Beschäftigungssituation, Einkommen und Wohnortgröße auch bei gemeinsamer Betrachtung signifikante Einflussvariablen darstellen und die erwarteten Vorzeichen aufweisen. Da die Quote der täglichen Internetnutzung in Spanien aktuell bei 75.9 % der Bevölkerung liegt, kann man von einer gewissen Vergleichbarkeit mit anderen Europäischen Ländern ausgehen. Interessant ist hier auch, dass die Bevölkerungsdichte des Wohnortes einen signifikanten Einfluss

³³ Alter zeigt in den Regressionen der Autoren die bekannten negativen Vorzeichen bei älteren Kohorten, die Altersdummies sind aber nicht signifikant, aufgrund von Multikollinearität mit den Beschäftigungs- und Bildungskategorien. Der Erklärungsbeitrag der Altersvariablen beträgt 37 % der Varianz. Geschlecht zeigt keinen signifikanten Einfluss.

³⁴ Ähnlich auch Mills, B. F., & B. E. Whitacre. (2003): "A decomposition of separate metropolitan and non-metropolitan area estimates shows that differences in household attributes, particularly education and income, account for 63 percent of the current metropolitan–non-metropolitan digital divide."

aufweist, bei Kontrolle der anderen Variablen. Der Datensatz ist mit über 175 Tausend Beobachtungen deutlich größer als andere genannte Studien, was die Trennschärfe typischerweise erhöht.

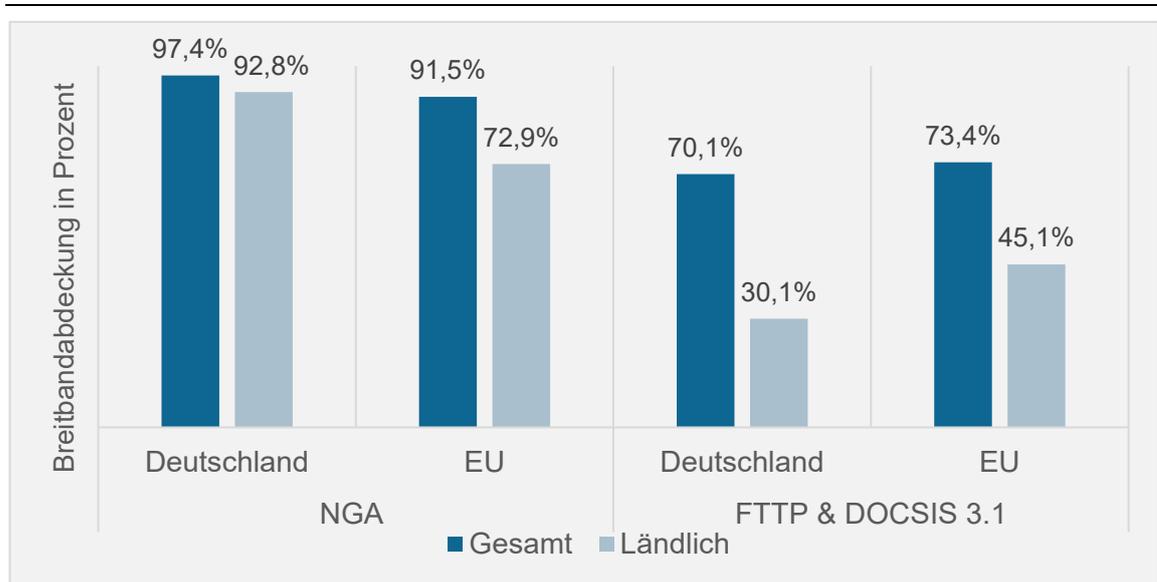
Einschränkend muss man hier anführen, dass die meisten Untersuchungen zur digitalen Spaltung sich auf eine frühe Phase der Internetnutzung stützen. Aktuell befindet sich die Internetnutzung in vielen Ländern ebenso wie Deutschland, UK und USA bei einem Niveau von 95 % oder nahe dran. Die Fragestellungen verschieben sich deshalb hin zur Zugangsmöglichkeit in qualitativer Sicht, ob die Anschlussgeschwindigkeit zur Teilhabe ausreicht und weniger, ob jemand schon mal online war. Es gibt aber weniger Untersuchungen hinsichtlich des Zusammenhanges der Nachfrage nach erhöhten Datenraten der Anschlüsse mit soziodemographischen Faktoren.

Lucendo-Monedero, Ruiz-Rodríguez und González-Relaño erstellen einen räumlich disaggregierten Digitalisierungsindex der Internetnutzung in Europa mit Hilfe einer Faktorenanalyse auf der Grundlage von Eurostat Daten zur Internetnutzung 2017. Ziel ist, räumliche Unterschiede in der Internetnutzung auf NUTS2-Ebene für Europa zu berechnen und zu charakterisieren. Interessant ist hierbei, dass die Internetnutzung zwei wesentliche Nutzungsmuster aufweist. Zum einen die tägliche Nutzung der Individuen und Haushalte von e-commerce, e-banking and e-government Diensten und zum anderen der Anteil der Haushalte mit Breitbandinternetzugang und die Nutzung von sozialen Medien. Entlang der ersten Dimension des von den Autoren konstruierten digitalen Entwicklungsindex unterscheiden sich die Regionen um 37 %. Entlang der zweiten Dimension sind die Unterschiede zwischen den Regionen weniger ausgeprägt. Das bedeutet, die räumlichen Unterschiede in der Internetnutzung in Europa liegen heute in der Art der Nutzung begründet und nicht mehr so sehr in der grundsätzlichen Internetnutzung. Der Schwerpunkt ihrer Analyse liegt auf der Charakterisierung räumlicher Cluster auf Grundlage des konstruierten digitalen Entwicklungsindex. Eine Unterscheidung und Erklärung entlang von sozioökonomischen Größen wird leider nicht unternommen.

Die aktuellen Diskussionen um die digitale Spaltung hinsichtlich städtisch-ländlicher Regionen betrifft nicht mehr den generellen breitbandigen Zugang, sondern die Zugangsmöglichkeiten zu hochwertigen Anschlüssen (≥ 100 Mbit/s) und insbesondere zu VHCN-Netzen (Docsis 3.1 und FTTP) in der EU wie aus Abbildung 19 ersichtlich.³⁵

35 De Clercq, D'Haese und Buysse (2023) zeigen, dass die Bereitstellung von Breitbandzugängen niedriger Geschwindigkeit das wirtschaftliche Wachstum pro Kopf in urbanen und ruralen Regionen mit abnehmenden Skalenerträgen befördert, die Bereitstellung hochbreitbandiger Anschlüsse wirkt auf das Wachstum mit steigenden Skalenerträgen allerdings nur in ruralen Regionen mit einem Maximum nahe der Vollabdeckung. Dass es für die Geschwindigkeit (Datenrate) des Anschlusses ein Produktivitätsmaximum gibt, findet sich auch in Pantelis Koutroumpis (2018 S.11), der sinkende Skalenerträge für Datenraten von Anschlüssen auf Grundlage von OECD-Daten ableiten kann. Interessant ist die Rückkoppelung von Anschlussgeschwindigkeiten mit den wirtschaftlichen Produktionsbedingungen in der Gesellschaft. Der Nutzen aus einer schnelleren Verbindung kann erst realisiert werden, wenn auch ein entsprechendes Angebot, das die Datenrate benötigt, zur Verfügung steht.

Abbildung 19: Breitbandabdeckung gesamt und in ländlichen Gebieten in der Deutschland und der EU 2022



Quelle: European Commission (2023), Broadband Coverage in Europe 2022, S. 114, eigene Darstellung

Fazit Sozioökonomische Faktoren

Als treibende Variablen für die breitbandige Internetnutzung erweisen sich die Einflussgrößen Alter, Schulabschluss, Erwerbstätigkeit, Einkommen und Geschlecht auch bei gemeinsamer Betrachtung als signifikant. Ob die Stadt-Land-Zuordnung eine eigene Einflussgröße darstellt, ist nicht eindeutig zu beantworten. Die Bedeutung der Faktoren ist abhängig von der betrachteten Internetnutzung, aber im Wesentlichen sind die Größen nachweisbar stabil auch in Studien für andere Länder. Untersuchungen zur Frage, welche sozioökonomische Größen die Internetnutzung stützen, finden sich allerdings nur für die frühen Jahren der Internetnutzung (2000-2015), im Zusammenhang zu Fragen des Digital Divide oder aktueller für Länder mit noch bestehenden Lücken beim Internetzugang. Mit zunehmender Breitbandverfügbarkeit scheinen sich die Unterschiede auf die Nutzungsart zu verschieben.

4 Bestimmungsfaktoren der Nachfrage nach Breitbandanschlüssen (Take-up)

Die Nachfrage nach Breitbandanschlüssen ist eine abgeleitete Nachfrage. Sie resultiert aus dem Nutzen, den Anschlussnutzer durch die Befriedigung der Kommunikations- und digitalen Konsumbedürfnisse erlangen. Das entspricht dem Nutzen aus den Diensten, die über die Leitung bereitgestellt werden können. Für Unternehmen und zunehmend auch für Haushalte (man denke an Home-Office oder den SoHo-Bereich der Selbständigkeit) stellt der Anschluss auch ein grundlegendes Produktionsmittel dar. Mit dem Übergang von traditionell leitungsvermittelnden Telekommunikationsnetzen zu paketvermittelnden Netzinfrastrukturen wurde eine Integration verschiedener Telekommunikationsnetze (Telefonnetze, Kabelfernsehnetze und Mobilfunknetze) erreicht und das Angebot und die Konvergenz unterschiedlicher Dienste auf der Anschlussleitung ermöglicht.³⁶ Durch die digitale Übertragung auf der Anschlussleitung entwickelte sich die Nutzungsmöglichkeit der Zugangsleitung von der reinen Sprachkommunikation hinaus zur Datenübertragung für die Nutzung von vielfältigen Internetanwendungen für den medialen Konsum, die Arbeitskommunikation bis hin zu IoT-Diensten. Erst durch diese Dienstintegration wird die Übertragungsgeschwindigkeit, die ein Anschluss bereitstellen kann, zum Verkaufsmerkmal neben dem reinen Zugang zum Telekommunikationsnetz.

4.1 Alternativen der breitbandigen Übertragung im Festnetz

In den Vorgaben der Europäischen Kommission im Rahmen der EU-Breitbandstatistik (COCOM) werden Breitbandanschlüsse als Anschlüsse definiert, die ein Übertragungsgeschwindigkeit von mindestens 144 Kbit/s erlauben. Sie stehen begrifflich im Gegensatz zu den Schmalbandanschlüssen, die in der Vergangenheit in der Ausprägung als ISDN-Anschlüsse zwei Basiskanäle mit 64 Kbit/s für Telefonie und 16 Kbit/s für die Datenübertragung und Steuerung bereitstellten. Neuerungen im Bereich der Übertragungssysteme erlaubten die Nutzung der Frequenzbereiche oberhalb von 120 kHz, der für die Sprachübertragung reserviert war. Die seit den 2000er Jahren steigende Nachfrage nach Internetdiensten wird durch die Bereitstellung höherer Datenraten auf der Anschlussleitung aufgrund der Nutzung höherer Frequenzbereiche auf der Leitung befriedigt. Die Erschließung immer höherer Frequenzbereiche zur Datenübertragung gilt im Prinzip gleichermaßen für die drei Leitungstypen Kupferdoppelader, Koaxialkabel und Lichtwellenleiter. Dabei unterscheiden sich die drei Übertragungswege im maximal nutzbaren Spektrum und der Reichweite der Signalübertragung aus technischen Gründen. Am besten schneiden hier die Lichtwellenleiter ab, die die Übertragung sehr hoher Datenraten über sehr weite Strecken ohne Zwischenverstärkung erlauben (>100km). Der klassische Kupferanschluss (Kupferzweidraht) schneidet hierbei am schlechtesten ab, was an der Leitungs-

³⁶ Wie zuvor schon die Einführung des ISDN (Integrated Services Digital Network, Digitalisierung der Leitungsvermittlung) die Vereinheitlichung verschiedener Dienste im klassischen Telekommunikationsnetz erlaubte wie Fernschreiben (Telex), Teletex, Datex-L (leitungsvermittelte Datenübertragung), Datex-P (paketvermittelte Datenübertragung) und Telefonie.

dämpfung (Ohm'scher-Widerstand) und den elektromagnetischen Störungen liegt, die in benachbarten Kupferadern auftreten (Nebensprechen) und mit steigender Übertragungsfrequenz stärker werden. Beim Kupferzweidraht ist die Dämpfung und das Nebensprechen derart ausgeprägt, dass hohe Datenraten lediglich über sehr kurze Strecken bereitgestellt werden können (wenige hundert Meter). Die Breitbandkabelnetze verwenden geschirmte Kupferkabel (Koaxialkabel) im Anschlussnetz, die die Übertragung hoher Datenraten auf den für Anschlussnetze relevanten Distanzen erlauben. Aufgrund der Bauart werden sie aber so ausgebaut, dass viele Kunden sich die Übertragungskapazität eines Kabels teilen müssen (je mehr Teilnehmer die Leitung gleichzeitig nutzen, umso kleiner ist die maximal Datenrate für den einzelnen Nutzer). Diesen Nachteil weisen auch Punkt zu Multipunkt ausgebaute Glasfasernetze (FTTHxPON) auf, wobei die zu teilende Gesamtkapazität auf der Glasfaser höher ausfällt.³⁷

Getrieben vom aktuellen und künftig erwarteten Datenhunger werden die kupferbasierten Anschlussnetze derzeit immer weiter umgebaut, so dass die zu nutzenden Kupferstrecken bis zum Kundenanschluss immer kürzer werden oder ganz durch Glasfaser ersetzt werden können. Das gilt für den FTTC-Ausbau und seine Spielvarianten (FTTdp, FTTS), die Kabelnetze (DOCSIS 3.0 Standard und höher) und im Prinzip auch für einige FTTB-Ausbaubauvarianten, bei denen die Glasfaser im Gebäude endet und lediglich die gebäudeinterne Verkabelung noch auf Kupfer basiert. Die physikalischen Eigenschaften der Übertragungswege im Zusammenhang mit dem Netzaufbau und dem Ausbaustand der Anschlussnetzes der Anschlussnetzbetreiber vor Ort bestimmen letztlich das Angebot an Leitungen und buchbaren Datenraten beim Kunden.

Von Bedeutung ist hier auch die Übertragungssymmetrie. Bei symmetrischen Leitungen steht im Upload und im Download die gleiche Datenrate zur Verfügung. Bei Glasfaseranschlüssen ist das der Standardfall, weil hier genügend Kapazität auf der Leitung bereitgestellt werden kann. Bei DSL- und Breitbandkabelanschlüssen ist die asymmetrische Leitung der Standardfall. Hier wird in eine Richtung, typischerweise im Download, ein größerer Teil der auf der Leitung genutzten Frequenzen zur Übertragung bereitgestellt als in der Gegenrichtung, typischerweise dem Upload. Das kann die Qualität der Anschlussleitung nutzungsabhängig stark beeinträchtigen, da die Uploadgeschwindigkeit typischerweise nur 1/3 bis 1/10 der Downloadgeschwindigkeit beträgt. Auch wenn die Datenrate im Download den Ansprüchen des Kunden genügt, kann es je nach Nutzung der Leitung durch den Kunden zu spürbaren Störungen in der Übertragung kommen, wenn der Upload für die Anwendung nicht leistungsfähig genug ist. In solchen Fällen ist eine symmetrische Anschlussleitung bei gleicher Datenrate im Download wertvoller, wenn sie verfügbar ist. Alternativ kann der Kunde auf ein höheres Geschwindigkeitsprofil (UP-/ Download) wechseln, bei dem auch der Upload genügt.

³⁷ Vgl. Plückebaum, Thomas (2023): Eigenschaften und Leistungsfähigkeit von NGA-Technologien, WIK Diskussionsbeitrag, Nr. 498, WIK Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste, Bad Honnef.

Fazit Alternativen der breitbandigen Übertragung im Festnetz

Die seit den 2000er Jahren steigende Nachfrage nach Internetdiensten wird durch die Bereitstellung höherer Datenraten auf der Anschlussleitung aufgrund der Nutzung höherer Frequenzbereiche auf der Leitung befriedigt. Die Erschließung immer höherer Frequenzbereiche zur Datenübertragung gilt gleichermaßen für die drei Leitungstypen Kupferdoppelader, Koaxialkabel und Lichtwellenleiter. Die physikalischen Eigenschaften der Übertragungswege im Zusammenhang mit dem Netzaufbau und dem Ausbaustand der Anschlussnetzes der Anschlussnetzbetreiber vor Ort bestimmen letztlich das Angebot an Leitungen und buchbaren Datenraten beim Kunden. Die kupferbasierten Anschlussnetze werden derzeit immer weiter umgebaut, sodass die zu nutzenden Kupferstrecken bis zum Kundenanschluss immer kürzer werden oder ganz durch Glasfaser ersetzt werden können. Das erhöht die verfügbaren Datenraten auf der Anschlussleitung und macht die Netze zukunftssicher. Wichtige Ziele sind hier die symmetrische Übertragung mit hohen Datenraten sowie kurze Signallaufzeiten zu ermöglichen.

4.2 Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit eines Anschlusses in der benötigten Geschwindigkeit ist eine Voraussetzung für eine sichtbare Nachfrage nach breitbandigen Anschlüssen. Wie in Kapitel 2.3 bereits ausgeführt, waren 2022 gemäß Breitbandatlas 1,26 % der Haushalte und Unternehmen unterhalb von 10 Mbit/s versorgt, was heute nicht mehr dem Grundversorgungsanspruch eines Breitbandanschlusses genügt. Umgekehrt betrachteten demnach 98,74 % der Haushalte und Unternehmen über die Möglichkeit einen breitbandigen Zugang zu buchen. In Deutschland ist aus historischen Gründen der xDSL-Anschluss basierend auf dem Kupferzweidraht die dominierende Breitbandanschlussart, gefolgt von Breitbandkabelanschlüssen. Die Verfügbarkeit von Glasfaseranschlüssen ist noch sehr begrenzt soll aber nach Ausbauplänen der Bundesregierung bis 2030 vollständig sein³⁸. Da wie angedeutet die Datenraten bei den xDSL-Standards sehr stark von der Leitungslänge abhängen, ist die Versorgungslage der Haushalte und Unternehmen mit höheren Datenraten regional stark unterschiedlich. Insbesondere in dünn besiedelten ländlichen Gebieten mit höheren Leitungslängen aufgrund von Streubesiedelung und vielen Remotelagen sinken die verfügbaren Datenraten für einen großen Teil der Anschlüsse. Da der Kabelnetzfootprint in Deutschland ebenfalls auf die dichter besiedelten Gebiete fokussiert ist und der Glasfaserausbau erst in der Zukunft nennenswerte Größenordnungen erreichen wird, bleibt vielerorts nur ein begrenztes Angebot an buchbaren Datenraten. Dies betrifft die Versorgung in der Fläche. Dichter besiedelte Gebiete sind billiger im Ausbau und deshalb besser versorgt mit höheren Datenraten der Anschlüsse und mit alternativen Anschlusswegen während in Remotelagen und dünn besiedelten Gebieten häufig nur ein

³⁸ Die 2022 verabschiedete Gigabitstrategie der Bundesregierung sieht einen flächendeckenden Glasfaserausbau in Deutschland bis 2030 vor und bis 2025 sollen 50% der Haushalte einen Glasfaserzugang erhalten ([BMDV - Gigabitstrategie der Bundesregierung verabschiedet](#); [Gigabitstrategie RZ.indd \(bund.de\)](#)).

eventuell unzureichendes Angebot existiert. Die Versorgungsquote mit schnellen Internetzugängen weist ein starkes Stadt-Land-Gefälle auf.

Fazit Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit von Breitbandanschlüssen ist in Deutschland nahezu vollständig gegeben. Die Verfügbarkeit von sehr hohen Datenraten ist in Deutschland weit fortgeschritten und basiert derzeit vor allem auf den Kabeltechnologien und ist vor allem im ländlichen Bereich noch unterentwickelt. Die Abdeckung nach Leitungstypen und Übertragungstechnologien ist historisch bedingt regional sehr unterschiedlich. Aufgrund der unterschiedlichen Leistungsfähigkeit der Technologien ergibt sich ein regional bis lokal unterschiedliches Angebot wählbarer Alternativen und buchbarer Datenraten für den Anschlussnachfrager. Die Abdeckung mit Glasfaseranschlüssen soll bis 2030 vollständig sein, sodass dann Gigabitanschlüsse überall verfügbar oder auch mehrfach verfügbar sein sollten.

4.3 Stabilität der Verbindung

Nach den Ergebnissen der Deloitte Konsumentenbefragung 2023 für Deutschland³⁹ werten die Befragten die „Stabilität der Verbindung“ als wichtigsten Faktor einer künftigen Internetverbindung für ihren Haushalt (82 % der Nennungen), noch vor einem „attraktiven Preis“ (63 %) und vor der „Download- und der Uploadgeschwindigkeit“ (49 % und 37 %). Demnach scheint die aktuelle Versorgung für viele nicht stabil genug zu sein. Grund dafür können die Qualitätseigenschaften der aktuell gebuchten Leitungen sein, die im Gros der Nachfrage Kupferleitungen sind, sei es DSL-Leitungen oder Breitbandkabelanschlüsse. Bei DSL kann das Nebensprechen die Signaldämpfung auf benachbarten Kupferdoppeladern erhöhen. Das kann bei erhöhter Internetnutzung ein Problem darstellen, weil dadurch die erreichbaren Datenraten auf der Leitung sinken können. Ein ähnlicher Effekt kann bei Kabelnetzen auftreten, weil sich die Anschlüsse eines Kabelclusters die begrenzte Kapazität des Kabels teilen (shared Medium). Zu Stoßzeiten kann das bei zu groß ausgelegten Clustern (viele Anschlüsse je Kabel) die Verbindungsqualität degradieren. Dies gilt umso mehr bei asymmetrischen Anschlüssen, bei denen der Upload nur ein Bruchteil der Downloadkapazität bereitstellt.

Die Einschätzung zur Bedeutung der Verbindungsstabilität kann auch als möglicher Hinweis auf kundenseitig im Durchschnitt zu niedrig gewählte Datenraten der Anschlüsse und damit als Upgradebedarf gelesen werden. Das mag an der Nichtverfügbarkeit höherer Datenraten liegen (restringierte Nachfrage), am Preis der Leitung oder an Wechselhemmnissen, die ein Upgrade des Anschlusses verhindern. Natürlich können auch netzseitig zu knapp gewählte up-link Kapazitäten im Vergleich zum Datenaufkommen in der

³⁹ Vgl. Deloitte Broadband Consumer Survey 2023: Ergebnisse für den deutschen Breitbandmarkt, Abbildung 5.

Hauptverkehrsstunde die Stabilität der Verbindungen beeinträchtigen (Port-Überbuchungen und Netzqualität des Netzbetreibers).

Fazit Stabilität der Verbindung

Die Stabilität der Internetverbindung genießt bei den Anschlussnachfragern einen sehr hohen Stellenwert. Das deutet auf derzeit noch gegebene Engpässen bei den Übertragungskapazitäten der Anschlussleitungen hin.

4.4 Preise und Zahlungsbereitschaft für Breitbandanschlüsse

Wie bereits oben abgeleitet, ist die Nachfrage nach sehr hohen Bandbreiten (Breitbandnutzung) bei bestehendem Angebot von VHCN-Anschlüssen (Breitbandabdeckung) noch relativ gering.

Laut EU-Angaben (DESI 2022) verfügen in Deutschland 2021 82 % der Haushalte über einen Festnetzbreitbandanschluss⁴⁰, aber

- nur 29 % der Haushalte buchen einen Anschluss mit mindestens 100 Mbit/s und
- nur 2,6 % der Haushalte buchen einen Anschluss mit mindestens 1 Gbit/s.

Neuere nationale Zahlen zeigen zwar, dass die Zahl der Breitbandanschlüsse mit Bandbreiten von mind. 100 Mbit/s im Download und auch von Gigabitbandbreiten steigt, nach wie vor nutzt aber weiterhin mehr als die Hälfte der Festnetzbreitbandkunden Anschlüsse mit Bandbreiten von kleiner 100 Mbit/s im Download.⁴¹

EU-weit liegt die Nachfrage nach Anschlüssen mit Datenraten von mindestens 100 Mbit/s zwar deutlich höher als in Deutschland, aber ebenso noch deutlich unterhalb der Verfügbarkeit.

Bei bestehendem Angebotsüberhang stellt sich die Frage nach dem Verhältnis von Angebotspreis und Zahlungsbereitschaft der Nachfrager für die angebotenen Breitbandzugänge. Der Produktpreis ist ein wesentlicher Bestimmungsfaktor für die Realisierbarkeit einer bestehenden Nachfrage und somit für den Take-Up von breitbandigen Internetanschlüssen. Die Zahlungsbereitschaft koppelt den individuellen Nutzen aus der Nachfrage nach Breitbandanschlüssen mit dem individuellen Haushaltseinkommen und den alternativen Konsumwünschen.

⁴⁰ Die Zahl der aktiven Breitbandanschlüsse für Deutschland liegt nach Angaben der Bundesnetzagentur für 2021 und 2022 mit rd. 93 % deutlich höher. Die für den Index verwendeten Eurostat-Angaben konstatieren einen Zeitreihenbruch für 2021 ohne weitere Hinweise. Die Verwendung der EU-Angaben erlaubt hier den Vergleich auf EU-Ebene, ohne die Aussage zu verändern.

⁴¹ Vgl. Tätigkeitsbericht 2022/2023 der Bundesnetzagentur S. 26.

4.4.1 Angebot und Preise für Breitbandanschlüsse

Der Breitbandpreisindex laut DESI 2022 (Angaben für 2021) weist für Deutschland einen Indexwert von 80 im Vergleich zu 73 im EU-Durchschnitt auf.⁴² Das bedeutet, dass die Preise für die betrachteten Breitbandproduktbündel in Deutschland billiger sind als im EU-Durchschnitt. Diese Aussage gilt auch bei separater Betrachtung sowohl für die dem Index zugrundeliegenden Festnetzprodukte und mobilen Breitbandprodukte als auch für die konvergenten Produktbündel, die breitbandige Festnetzangeboten mit breitbandigen Mobilfunkangeboten kombinieren⁴³. Die zugrundeliegende empirica Studie unterscheidet für den Festnetzbereich die Produktbündel Internet (single play), Internet und Festnetztelefonie (double play) sowie Internet, Festnetztelefonie und TV (triple play) jeweils in den Anschlussgeschwindigkeiten <12 Mbit/s⁴⁴, 12 bis 30 Mbit/s, 30 bis 100 Mbit/s, 100 bis 200 Mbit/s und > 200 Mbit/s. Dabei wird in jedem Land (EU27) der niedrigste Angebotspreis für das Produktbündel in der Geschwindigkeitsklasse des Anschlusses ermittelt und ausgewiesen. Bei genauer Betrachtung zeigt sich, dass die niedrigen Preise im EU-Vergleich für Deutschland in den meisten abgebildeten Kombinationen auf Produkten von Kabelnetzbetreibern basieren. Die Methodik, ausschließlich die Angebote mit den niedrigsten Preisen in den Index einfließen zu lassen, berücksichtigt jedoch weder die Spannbreite der Angebotspreise innerhalb eines Landes, die insbesondere in Deutschland hoch ist, noch die Marktrelevanz des jeweils günstigsten Angebots. Darüber hinaus werden die technologiebedingten Preisunterschiede nicht sichtbar und die geographischen Unterschiede aufgrund des geographischen Footprints der verschiedenen Anslusstechnologien werden zwangsweise nivelliert.

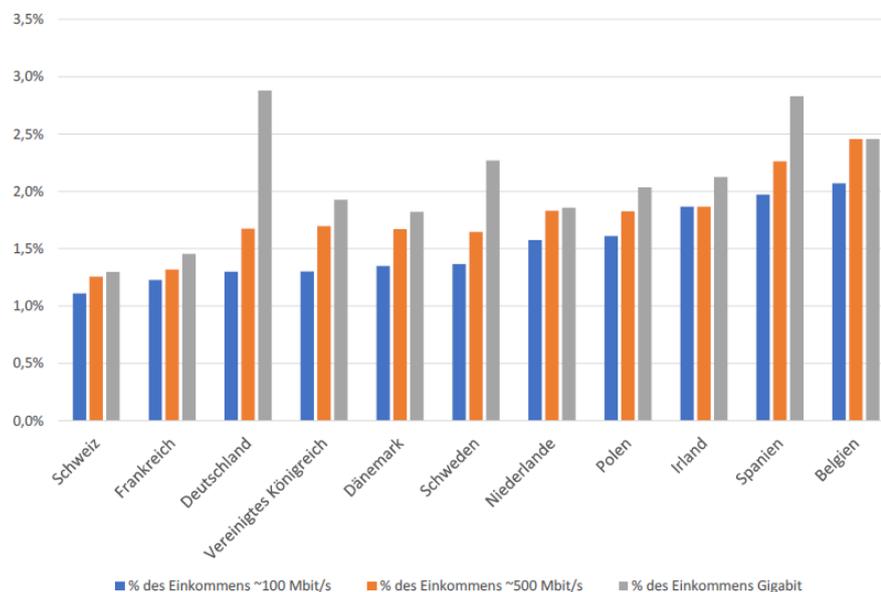
Knips, Wernick und Tenbrock (2022) zeigen in einer Studie zu den Angebotspreisen für gigabitfähige Infrastrukturen in ausgewählten europäischen Ländern einen erheblichen Preisaufschlag für Gigabitgeschwindigkeiten in Deutschland. Die kaufpreisbereinigten Preise für Produkte mit 100 Mbit/s und 500 Mbit/s liegen im Vergleich zu den ausgewählten Ländern je nach Anbieter im Mittelfeld bzw. im oberen Drittel, auffällig sind insbesondere die Preisunterschiede zwischen FTTB/H-basierten und kabelbasierten Produkten.

⁴² Der Breitbandpreisindex misst die Preise für mehr als 30 repräsentative Warenkörbe von Festnetz-, Mobilfunk- und konvergenten Breitbandangeboten, mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten und verschiedenen Produkten (Standalone-Internet, Double-Play, Triple-Play und Quadruple-Play). Der Index ist eine Kennzahl zwischen 0 und 100. Ein Wert nahe 100 bedeutet, dass das Land in fast allen Warenkörben zu den günstigsten gehört (siehe Digital Economy and Society Index (DESI) 2022, Digital infrastructures S.19). Der Index basiert auf den jährlich durchgeführten „Broadband Retail Price“- Studien für die Europäische Kommission von Empirica.

⁴³ European Commission (2022): Mobile and Fixed Broadband Prices in Europe 2021, Study carried out for the European Commission by empirica Gesellschaft für Kommunikations- und Technologieforschung mbH in cooperation with TÜV Rheinland.

⁴⁴ Wird nur für das Single-Play Produkt ausgewiesen.

Abbildung 20: Prozentualer Anteil des Netto-Haushaltseinkommens, der im entsprechenden Land für einen Anschluss durchschnittlich ausgegeben werden muss



Quelle: Knips, Wernick und Tenbrock (2022), Abbildung 4-5, S. 32.

Gemäß Abbildung 20 müssen die Haushalte in Deutschland ca. 1,3 % ihres Netto-Einkommens für einen 100 Mbit/s Anschluss ausgeben. Ein 500 Mbit/s-Anschluss kostet noch moderate 1,7 % des Netto-Einkommens. Für einen gigabitfähigen Anschluss werden jedoch fast 3 % des Netto-Einkommens verlangt, was der höchste Wert innerhalb der untersuchten Länder ist. Die Preisspannen⁴⁵ zwischen günstigstem und teuerstem Angebot für die Geschwindigkeitsklassen 100 Mbit/s (rd. 10 €) und 500 Mbit/s (rd. 15 €) bewegen sich für Deutschland im Ländervergleich im Mittelfeld. Die Spreizung für den Gigabitanschluss fällt allerdings mit etwa 60 € Preisdifferenz aus dem Rahmen. Das Gigabitprodukt des teuersten Anbieters kostet fast dreimal so viel wie das Produkt des günstigsten Anbieters. Die durchschnittlich hohen Preise für Gigabitanschlüsse können ein Hemmnis darstellen, auf einen Gigabitanschluss zu migrieren. Es verwundert aber, dass vielerorts das bestehende Gigabit-Angebot auf Kabelinfrastruktur trotz günstigerer Preise relativ wenig genutzt wird. Das spricht unter anderem dafür, dass eine zusätzliche Zahlungsbereitschaft für die höhere Datenrate bei den Kunden nicht gegeben ist.

Braun, Wernick und Knips (2021) haben die Entwicklung der Produkte und Preise für Double-Play Tarife (Internet und Telefonie) der größten deutschen Breitbandanbieter für den Zeitraum 2017-2020 analysiert⁴⁶ sowie in einer weiteren Studie⁴⁷ die Preisdifferen-

⁴⁵ Siehe Knips, Wernick und Tenbrock (2022) S. 28 ff.

⁴⁶ Braun, Wernick und Knips (2021): Preis- und Angebotsentwicklung auf dem deutschen Festnetzmarkt 2017-2020, WIK-Kurzstudie, November 2021.

⁴⁷ Sowie Braun, Knips und Wernick (2021): Preisdifferenzierung bei leitungsgebundenen Breitbandprodukten in Deutschland, WIK-Kurzstudie, Dezember 2021.

zierung bei leitungsgebundenen Breitbandprodukten auf dem deutschen Markt für 2021 untersucht. Dazu wurden die Angebote nach sechs vermarktungsrelevanten Breitbandklassen und die den Angeboten zugrundeliegenden Technologien (xDSL, Kabel und Glasfaser) unterschieden. Tabelle 10 gibt einen Überblick zu den erfassten Breitbandkategorien und den Technologien, die diese Datenraten bereitstellen können.

Tabelle 10: Vermarktungsrelevante Bandbreitenkategorien und bereitstellende Technologie

BBK	Mbit/s im Download	Technologien					
		xDSL				Glasfaser	Kabel
		ADSL	VDSL	VDSL Vectoring	VDSL Supervectoring		
1	16 Mbit/s–49 Mbit/s	X	X	X	X	X	X
2	50 Mbit/s–99 Mbit/s		X	X	X	X	X
3	100 Mbit/s–249 Mbit/s			X	X	X	X
4	250 Mbit/s–399 Mbit/s				X	X	X
5	400 Mbit/s–999 Mbit/s					X	X
6	≥ 1.000 Mbit/s					X	X

Quelle: Braun, Knips und Wernick (2021)

Im Betrachtungszeitraum 2017-2020 zeigt sich über alle Bandbreiten hinweg eine klare Reihenfolge: Glasfaser-basierte Tarife⁴⁸ waren am teuersten, gefolgt von xDSL-basierten Tarifen. Die Preise für Kabel-basierte Produkte waren in der Regel am günstigsten.

Die Preise für Double-Play Tarife mit Datenraten bis 250 Mbit/s, die über die Kupfertechnologien ADSL, VDSL und VDSL Vectoring realisiert werden, sind im Betrachtungszeitraum 2017-2020 relativ konstant geblieben. Trotz sinkender Take-up-Raten war auch bei Produkten mit Bandbreiten unter 50 Mbit/s kein Preisverfall zu beobachten. Bei Produkten mit Download-Bandbreiten von 250 Mbit/s-999 Mbit/s beobachteten die Autoren fallende Durchschnittspreise. Bei Gigabitbandbreiten waren die deutlichsten Preisrückgänge (von einem allerdings sehr hohem Ausgangsniveau aus) und eine starke Preisstreuung sichtbar. Die stärkste Preisstreuung fand sich in den oberen Bandbreitenklassen und insbesondere bei den Gigabitprodukten.

In ihrer aktualisierten Studie stellen Braun, Wernick und Knips (2023) sinkende Aufschläge für die Gigabitprodukte im Vergleich zu den beiden Vorjahren bei den FTTB/H-Tarifen fest. Die Preise bewegen sich allerdings im Vergleich zu anderen Breitbandprodukten weiterhin auf einem hohen Niveau. Zusätzlich fällt auf, dass zwar weiterhin Preisunterschiede zwischen Kabel und FTTB/H bestehen, das Delta aber geringer wird und

⁴⁸ Untersucht wurden Double-Play Tarife.

xDSL Produkte in den Bandbreitenklassen 1-3 im Durchschnitt etwas teurer als FTTB/H-basierte Produkte sind.

Die hohen Preisdifferenzen innerhalb der Bandbreitengruppen und insbesondere bei hohen Datenraten lassen sich auf aggregierter Ebene nur schwer deuten. Im Grunde ist nicht jede Datenrate überall gleichermaßen verfügbar, weil die Technologien, die höhere Bandbreiten erlauben, teils nur regional ausgebaut sind. Dadurch kann die Wahl unterschiedlicher Bandbreiten und Tarife für den Kunden lokal sehr eingeschränkt sein. In den Bandbreitenklassen 5 und 6 stehen die Technologien Glasfaser und Breitbandkabel im Wettbewerb. Die Tarifangebote für kabelbasierte Produkte liegen für fast alle Bandbreitengruppen deutlich unterhalb derer für Glasfaserprodukte. Schaut man sich die in Tabelle 11 dargestellten technologiespezifischen Abdeckungsdaten für Deutschland gesamt und in ländlichen Gebieten an, dann stellt man fest, dass die FTTH/B (FTTP) Abdeckung im Gegensatz zum Kabel in den ländlichen Gebieten auf ähnlichem Niveau wie im Bundesdurchschnitt liegt. Das bedeutet, dass der FTTH/B-Ausbau auch in relevantem Umfang in ländlichen Gebieten erfolgt und erfolgt ist. Der Kabel-Footprint in ländlichen Gebieten ist hingegen deutlich niedriger als im nationalen Durchschnitt und betrifft eigentlich nur dichter besiedelte ländliche Gebiete. Das legt die Vermutung nahe, dass Kabel und Glasfaser zumindest im ländlichen Bereich nur selten vor Ort im Wettbewerb stehen. Aufgrund des hohen Gesamt-Footprint steht das Breitbandkabel in den meisten Gebieten hingegen im Wettbewerb mit den DSL-Produkten. In den unteren Bandbreitenklassen lassen die Preise und Preisdifferenziale einen Wettbewerb vermuten.

Der Preiszuschlag für den Wechsel in Bandbreitenklasse 5 und 6 ist am ausgeprägtesten. Dies ist mutmaßlich darauf zurückzuführen, dass viele Unternehmen die FTTB/H-Netze ausgebaut haben bei sehr hohen Bandbreiten skimming pricing praktizieren, um bei besonders bandbreitenaffinen Kunden zusätzliche Zahlungsbereitschaft abzuschöpfen. Hinzu kommt, dass die Wahlmöglichkeiten zwischen gigabitfähigen Infrastrukturen auf lokaler Ebene eingeschränkt sind, weil der Footprint der Anbieter von Kabel- und Glasfaserprodukten bisher nur rund zur Hälfte überlappt und auch der Wettbewerb auf Basis von Wholesale auf Kabel und FTTB/H-Netzen bisher wenig entwickelt ist.⁴⁹ Intensiver Wettbewerb über Infrastruktur- und Dienstewettbewerb findet somit insbesondere in den Bandbreitenklassen statt, die auch mit xDSL versorgt werden können, was sich in den Preisen niederschlägt.

⁴⁹ Der zunehmende Glasfaserausbau führt auch zu einer Zunahme des überlappenden Ausbaus von Kabel und Glasfaser. Laut DIALOG CONSULT / VATM (2023) ist der überlappende Ausbau von DOCSIS 3.1 Kabel- und Glasfaseranschlüssen zwischen 2022 und 2023 von 6,8 Mio. auf 8,4 Mio. angestiegen. Wie Braun, Wernick und Knips (2023) in ihrer aktualisierten Preisstudie zeigen, sind die Preise und die Preisspannen für Gigabitanschlüsse gegenüber 2021 gesunken, das Preisniveau aber immer noch hoch, was das Argument stützt, dass bei zunehmend überlappendem Überbau die Preisspannen auch in den Gigabitbandbreiten sinken werden.

Tabelle 11: Technologiebezogene Abdeckungsraten für Deutschland 2022

Technologie	Deutschland 2022	
	Gesamt	Ländlich
DSL	97,7 %	94,4 %
VDSL	94,8 %	89,7 %
VDSL2 Vectoring	74,2 %	50,3 %
FTTP	19,3 %	16,9 %
DOCSIS 3.0	62,8 %	15,3 %
DOCSIS 3.1	62,3 %	14,8 %

Quelle: Omdia und PointTopic (2023): Broadband Coverage in Europe 2022, S. 114, eigene Darstellung.

Hinzu kommt, dass die Angebote im Markt und damit die Endkundenpreise zwischen nationalen und regional tätigen Anbietern in Deutschland sehr heterogen sind.⁵⁰ Insbesondere besteht ein starkes Stadt-/ Land-Gefälle. Dazu passt die Feststellung, dass regionale Anbieter überwiegend teurer als nationale Anbieter anbieten. Unter den regionalen Anbietern bieten regional ländliche Anbieter in der Regel deutlich teurer als regional gemischte an. Gründe dafür können sowohl die höheren durchschnittlichen Ausbauraten als auch der mangelnde Wettbewerb sein.

Ein derzeit noch fehlender aber zukünftig erwarteter wachsender Bedarf der Endkunden an Anschlüssen mit sehr hohen Datenraten lässt sich aus den Antworten der Teilnehmer an der Anbieterbefragung des WIK unter den FTTB/H ausbauenden Unternehmen in Deutschland im Jahr 2023 herauslesen.⁵¹ Die Unternehmen sollten die aktuelle Bedeutung unterschiedlicher nach Downloadraten gestaffelten FTTB/H Retail-Produkte für ihr Unternehmen einschätzen.⁵² Ebenso wurde nach einer Einschätzung zur zukünftigen Bedeutung der Retail-Produkte in drei Jahren für ihr Unternehmen gefragt.⁵³ Mehr als die Hälfte der Teilnehmer, die heute Gigabitprodukte anbieten, halten sie für ihr aktuelles Neukundengeschäft für unwichtig oder eher unwichtig. Mit Blick auf die nächsten drei Jahre erwarten nur noch 25 % der Unternehmen, dass Gigabitprodukte für ihr Unternehmen eher unwichtig sein werden. Dagegen erachten 88 % der Teilnehmer, die Produkte mit Bandbreiten <100 Mbit/s anbieten, diese aktuell für wichtig bzw. eher wichtig für ihr Neukundengeschäft. In der Vorausschau für das Jahr 2026 werden Produkte mit Bandbreiten <100 Mbit/s nur noch von 30 % der Teilnehmer für wichtig oder eher wichtig eingeschätzt.

⁵⁰ Vgl. Braun, Wernick und Knips (2023).

⁵¹ Braun, Wernick, Knips, Tenbrock (2023): Ergebnisse der WIK-Befragung unter den FTTB/H-ausbauenden Unternehmen in Deutschland, Abschlusspräsentation im Rahmen des Forschungsprogramms 2023, Bad Honnef, 24.11.2023.

⁵² Zugelassen waren hier nur Unternehmen, die diese Produkte auch anbieten. Die Frage lautete: Bitte beurteilen Sie die Wichtigkeit der folgenden FTTB/H-basierten Endkundenprodukte (Privatkunden) für Ihr aktuelles Neukundengeschäft aus Absatzsicht.

⁵³ Die Frage lautete: Bitte geben Sie eine Einschätzung, wie wichtig die folgenden FTTB/H-basierten Endkundenprodukte (Privatkunden) in den nächsten 3 Jahren für Ihr Unternehmen sein werden.

Fazit Angebot und Preise für Breitbandanschlüsse

Die Nachfrage nach Breitbandanschlüssen wird bei bestehender Verfügbarkeit ganz wesentlich vom Angebotspreis bestimmt. Die Nachfrage nach sehr hohen Bandbreiten (Breitbandnutzung) ist in Deutschland trotz bestehendem Angebot von VHCN-Anschlüssen (Breitbandabdeckung) noch relativ gering. Bei Gigabitfähigen Infrastrukturen bewegen sich die Preisspannen zwischen günstigstem und teuerstem Angebot für die Geschwindigkeitsklassen 100 Mbit/s und 500 Mbit/s für Deutschland im Ländervergleich im Mittelfeld, bei Gigabitgeschwindigkeiten ist die Preisspanne am oberen Rand im Ländervergleich. Vergleicht man die Preise für die verschiedenen Technologien innerhalb der Bandbreitenklassen, sind die Preise für Kabel-basierte Produkte in der Regel am günstigsten. Die Preise für Double-Play Tarife mit Datenraten bis 250 Mbit/s, die auch über die Kupfertechnologien ADSL, VDSL und VDSL Vectoring realisiert werden, sind in der zeitlichen Betrachtung relativ konstant geblieben. Die Preise für die höheren Datenraten, die mit Kabel- und Glasfaserinfrastrukturen realisiert werden sind im Zeitablauf gesunken von einem sehr hohen Ausgangsniveau. Die stärkste Preisstreuung findet sich in den oberen Bandbreitenklassen und insbesondere bei den Gigabitprodukten. Dies könnte vor allem im ländlichen Bereich durch einen geographisch wenig überlappenden Ausbau von Kabel- und Glasfaserinfrastrukturen begründet sein und somit auf vor Ort fehlenden Wettbewerb in diesen Bandbreiten. Dieser Effekt sollte bei steigender Coverage alternativer gigabitfähiger Infrastrukturen verschwinden.

4.4.2 Zahlungsbereitschaft für Breitbandanschlüsse

Laut der Deloitte Breitband-Konsumentenbefragung (2023)⁵⁴ stellt die Zahlungsbereitschaft das größte Hemmnis für einen Wechsel zu höheren Geschwindigkeiten dar. 42 % der Befragten nennen zu hohe Preise für eine schnellere Verbindung als Hinderungsgrund, eine neue, schnellere Breitbandverbindung zu beziehen, neben weiteren erwarteten Problemen im Zusammenhang mit dem Wechselprozess (mit 13 %-17 % der Nennungen).

BearingPoint (2022)⁵⁵ setzt sich in einer Blitzumfrage mit der Zahlungsbereitschaft für Glasfaseranschlüsse in Deutschland und Österreich auseinander. Darüber hinaus werden Fragen zur Einstellung gegenüber Glasfaseranschlüssen sowie zum Wissen über Anslussttechnologien gestellt. Die Zahlungsbereitschaft für Bandbreiten wurde leider nicht untersucht. 16 Prozent der Befragten nutzen laut persönlichen Angaben bisher einen Glasfaseranschluss.⁵⁶ Die Zahlungsbereitschaft für Glasfaseranschlüsse liegt laut

⁵⁴ Deloitte Broadband Consumer Survey 2023: Ergebnisse für den deutschen Breitbandmarkt.

⁵⁵ BearingPoint (2022): Blitzumfrage: Glasfaser Deutschland und Österreich –starkes Wachstumspotenzial für Glasfaseranbieter. Befragt wurden 1.025 Teilnehmern in Deutschland im Zeitraum 12.07.-17.07.2022. Berücksichtigt sind hier nur die Ergebnisse für Deutschland.

⁵⁶ Laut Angaben der Bundesnetzagentur für 2022 liegt die Zahl der aktiven Glasfaseranschlüsse bei 3,4 Mio, und die Anzahl der aktiven Breitbandanschlüsse bei 37,5 Mio. Die Quote der Anschlüsse, die über Glasfaser realisiert werden liegt demnach bei 9,1%. Die genannten 16 % deuten darauf hin, dass

der Studie unter dem aktuellen Marktpreis – aber über der Zahlungsbereitschaft für DSL und Kabel. Die Deutschen sind bereit, im Mittel (Median) 54 Euro pro Monat für einen Glasfaseranschluss zu zahlen, was unter dem aktuellen Glasfaser-Marktpreis von rund 80 Euro liegt.⁵⁷ Interessant ist die Verteilung der aktuellen Preise, die die Befragten für ihren Anschluss bezahlen und der von ihnen geäußerten Zahlungsbereitschaft für einen Glasfaseranschluss.

Tabelle 12: Zahlungsbereitschaft für Glasfaser in Abhängigkeit der aktuellen An-
schlussstechnologie

Aktueller Anschluss zu Hause	Monatliche Ausgaben für den aktuellen Internetanschluss: Durchschnittliche Kosten in €	Zahlungsbereitschaft für einen Glasfaseranschluss pro Monat in €
DSL	41	43
Kabel	46	47
Glasfaser	55	55
Mobilfunk	53	51
Ich weiß es nicht	48	47
Ich habe keinen Internetzugang zu Hause	31	32

Quelle: BearingPoint (2022)

Personen die aktuell einen Glasfaseranschluss nutzen, zahlen durchschnittlich 55 € im Monat für ihren Anschluss. Die Zahlungsbereitschaft dieser Gruppe für einen Glasfaseranschluss beträgt ebenfalls 55 €. Die Personen die aktuell einen DSL-Anschluss nutzen zahlen dafür 41 € im Durchschnitt und äußern eine Zahlungsbereitschaft in Höhe von 43 € für einen Glasfaseranschluss. Glasfasernutzer zahlen gegenüber DSL-Nutzern einen Aufschlag von 14 € (34,1 %) und weisen eine 13 € (27,9 %) höhere Zahlungsbereitschaft. Gegenüber Kabelnutzern akzeptieren Glasfasernutzer einen Aufschlag von 9 € (19,6 %) und die Zahlungsbereitschaft liegt 8 € (17 %) höher.

Die geäußerte Zahlungsbereitschaft für Glasfaser innerhalb der Anschlusskategorien weicht nur wenig von den genannten Kosten des aktuellen Anschlusses ab. Das bedeutet, dass die Preise für Glasfaseranschlüsse deutlich sinken müssten, um DSL- und Kabelnutzer zu einem Wechsel zu bewegen.

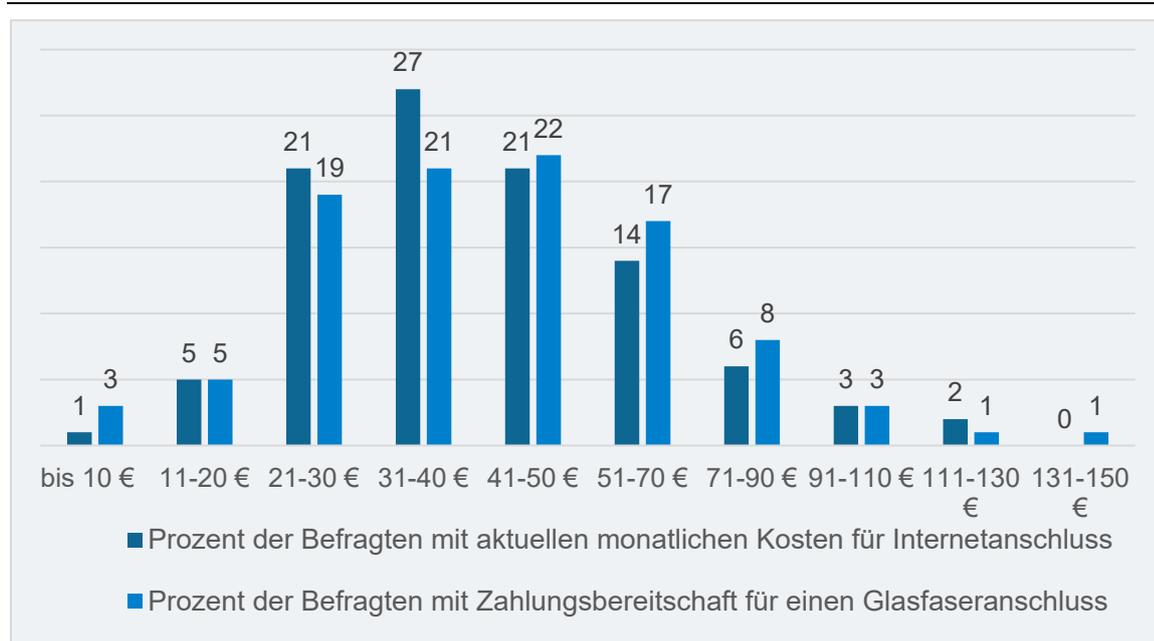
Die Verteilung der aktuellen monatlichen Kosten für ihre Breitbandanschlüsse und die Verteilung der geäußerten Zahlungsbereitschaft für einen Glasfaseranschluss der Befragungsteilnehmer nach Preisintervallen von 10 € ist in Abbildung 21 dargestellt. Schaut

Nutzer von Glasfaseranschlüssen in der Stichprobe überrepräsentiert sind oder eine falsche Wahrnehmung der Teilnehmer hinsichtlich der genutzten Technologie besteht.

⁵⁷ Die Herleitung des Durchschnittspreises ist in der Untersuchung nicht weiter belegt.

man auf den realistischen Preiskorridor für Glasfaseranschlüsse größer 40 € und größer 50 €, dann wird sichtbar, dass der Prozentsatz der Teilnehmer die derzeit mehr als 40 € bezahlen bei 46 % liegt und der Anteil der Teilnehmer mit einer Zahlungsbereitschaft für Glasfaser über 40 € liegt bei 52 %. Bei 6 % der Teilnehmer übersteigt die Zahlungsbereitschaft für Glasfaser von 40 € und mehr die aktuellen Anschlusskosten. Im Intervall 50 € und mehr sind es 5 % der Teilnehmer mit einer die aktuellen Kosten übersteigenden Zahlungsbereitschaft.

Abbildung 21: Aktuelle Anschlusskosten und Zahlungsbereitschaft für Glasfaseranschlüsse in Deutschland



Quelle: Eigene Darstellung auf Grundlage von BearingPoint (2022)

Fazit Zahlungsbereitschaft für Breitbandanschlüsse

Die Zahlungsbereitschaft bringt den individuell bewerteten Nutzen aus der Anschlussleitung mit den dafür nötigen Aufwendungen in Beziehung. Wenn die Zahlungsbereitschaft niedriger ist als die aufgerufenen Preise für die Breitbandanschlüsse wird die Nachfrage nicht realisiert. Wenn der zusätzliche Nutzen aus einer höheren Bandbreite nicht gesehen wird, wird die Zahlungsbereitschaft niedrig ausfallen. Hohe Preise stellen dann ein Hemmnis für die Nachfrage dar. Dies stellt eine Erklärung dar für die derzeit niedrige Nachfrage nach hohen Bandbreiten bei gigabitfähigen Produkten. Laut einer Befragung von Bearingpoint zur Zahlungsbereitschaft für Glasfaseranschlüsse in Deutschland liegt die Zahlungsbereitschaft für Glasfaseranschlüsse unter dem aktuellen Marktpreis, aber über der Zahlungsbereitschaft für DSL und Kabel. Die geäußerte Zahlungsbereitschaft für Glasfaser innerhalb der Anschlusskategorien weicht nur wenig von den genannten Kosten des aktuellen Anschlusses ab. Das bedeutet, dass die Preise für Glasfaseranschlüsse deutlich sinken müssten, um DSL- und Kabelnutzer zu einem Wechsel zu

bewegen. Auch wird deutlich, dass im Preiskorridor oberhalb von 40 € nur 6 % der Befragten eine höhere Zahlungsbereitschaft aufweisen als ihr aktueller Anschluss kostet und somit nur wenig Spielraum für die Vermarktung von Glasfaseranschlüssen vorhanden ist.

4.4.3 Wettbewerb

Der Wettbewerb zwischen Anbietern senkt erwartungsgemäß die Preise und erhöht die realisierte Nachfrage nach Breitbandanschlüssen und ist somit ein Treiber für den Take-up. Zu diesem Ergebnis kommen auch Haucap, Heimeshoff und Lange (2016) in einer Querschnittsanalyse für einen Datensatz von 91 Ländern.⁵⁸ Andererseits lässt sich ihr Befund, dass die Breitbandpenetrationsrate auch mit höherer Standardabweichung der Breitbandpreise ansteigt, nicht leicht einordnen. Die Autoren interpretieren diese Einflussvariable als Möglichkeit zur Preisdifferenzierung. Die Ergebnisse von Knips, Wernick und Tenbrock (2022) für gigabitfähige Infrastrukturen in Europa zeigen den umgekehrten Zusammenhang. Hohe Preisspannen in den untersuchten Ländern zwischen 100 Mbit/s und 1 Gbit/s für FTTH/B-Produkte sind mit niedrigen Take-up Raten für FTTH/B verknüpft.

Die in Kapitel 4.4.1 dargestellten Preisentwicklungen auf dem deutschen Markt für Breitbandanschlüsse zeigen, dass sich die Preise in jenen Bandbreitengruppen in denen DSL-Anschlüsse vermarktet werden in einem engeren Preisband befinden als in den höheren Bandbreitenklassen, die nur von Kabel- und FTTH/B-Anschlüssen darstellbar sind. Weiterhin kann man in vielen Gebieten von einer räumlichen Trennung in der Abdeckung von Kabel- und FTTH/B-Netzinfrastrukturen ausgehen. Das schafft Preisspielräume aufgrund fehlender Wettbewerber in diesen Bandbreitensegmenten. Diese Beobachtung deutet darauf hin, dass Wettbewerb nur dort stattfindet, wo vor Ort für den Kunden mindestens zwei Zugangsmöglichkeiten in der gewünschten Qualität zur Verfügung stehen. Aufgrund der räumlichen Komponente zweier überlappender Infrastrukturen, ist die Beziehung zwischen Take-up und Coverage nicht trivial. Solange sich die Netzinfrastrukturen nicht vor Ort überlappen, ergeben sich Preisspielräume, die vermutlich auch genutzt werden. Der Anstieg der Coverage zweier Infrastrukturen sollte auch die räumliche Überlappung erhöhen und so über den Wettbewerb zu höherem Take-up führen. Da der individuelle Bedarf hoher Datenraten noch nicht zu erkennen ist, kann sich die Strategie lohnen, das Kundensegment mit hoher Zahlungsbereitschaft abzuschöpfen.

⁵⁸ Haucap, Justus, Heimeshoff, Ulrich, Lange, Mirjam R.J. (2016): The impact of tariff diversity on broadband penetration—An empirical analysis *Telecommunications Policy* [0308-5961] J.:2016 Bd.:40 iss:8 S.:743-754. Die Autoren kommen zum Ergebnis, dass die Breitbandpenetrationsrate (Subskriptionsrate je 100 Haushalte) mit steigendem Breitbandpreinsniveau sinkt.

Die Beobachtung einer positiven Korrelation von FTTB/H-Take-up und -Coverage⁵⁹ kann auch über die bloße Verfügbarkeit begründet sein, in dem Sinne, dass man nur kaufen kann, was auch angeboten wird.

Die Analyseergebnisse von Plum Consulting⁶⁰ auf EU-Länderebene deuten darauf hin, dass das Verhältnis der Preise von FTTB/H-Angeboten zu solchen für Ersatzprodukte (kupferbasierte Technologien und Mobilfunkersatzprodukte) einen relevanten Einfluss auf den FTTB/H-Take-up hat. In der Studie von Haucap, Heimeshoff und Lange (2016) steigern das Mobilfunkpreinsniveau und der Wettbewerb gemessen durch die Präsenz einer weiteren Breitbandtechnologie (Plattformwettbewerb) zwar die Nachfrage (positives Vorzeichen), die Effekte sind aber nicht signifikant.

Aravantinos, Petre, Katsianis und Varoutas (2021)⁶¹ betrachten den Einfluss von Marktstrukturvariablen auf die FTTH-Tarife in 28 EU Staaten zwischen 2013 und 2018. Dabei unterscheiden sie nach Tarifen für Datenraten von 30 bis unter 100 Mbit/s und solchen für 100 Mbit/s und darüber. Die Autoren kommen in ihrer Untersuchung zu dem Ergebnis, dass Wettbewerb, gemessen als die Summe der quadrierten Marktanteile (HHI) über die Zeit hinweg, zunehmend preissenkend wirkt, mit einem stärkeren Effekt auf die Tarife mit 100 Mbit/s und darüber (positiver Zusammenhang von Preis und HHI). Weiterhin stellen sie fest, dass ein höherer Anteil der Haushalte mit 100 Mbit/s und mehr im Download mit niedrigeren Preisen einhergeht. Das lässt sich so interpretieren, dass die Nachfrage nach höheren Bandbreiten die Preise senkt.

Fazit Wettbewerb

Der Wettbewerb zwischen Anbietern senkt erwartungsgemäß die Preise und erhöht die realisierte Nachfrage nach Breitbandanschlüssen und ist somit ein Treiber für den Take-up. Preisentwicklungen auf dem deutschen Markt für Breitbandanschlüsse zeigen, dass sich die Preise in jenen Bandbreitengruppen in denen DSL-Anschlüsse vermarktet werden, in einem engeren Preisband befinden als in den höheren Bandbreitenklassen, die nur von Kabel- und FTTH/B-Anschlüssen darstellbar sind. Diese Beobachtung deutet darauf hin, dass Wettbewerb nur dort stattfindet, wo vor Ort für den Kunden mindestens zwei Zugangsmöglichkeiten in der gewünschten Qualität zur Verfügung stehen. Solange sich die Netzinfrastrukturen nicht vor Ort überlappen, ergeben sich Preisspielräume, die vermutlich auch genutzt werden. Die Beziehung zwischen Take-up und Coverage ist deshalb über die reine Verfügbarkeit hinaus nicht trivial, es muss zusätzlich vor Ort Alternativen geben. Die Preise von Produktalternativen (DSL, Kabel, Glasfaser, evtl. Mobilfunk, FWA) spielen eine Rolle für den Take-up.

⁵⁹ Plum Consulting (2023): FTTH adoption drivers and hurdles in Europe, Studie im Auftrag des FTTH Council.

⁶⁰ Plum Consulting (2023): FTTH adoption drivers and hurdles in Europe, Studie im Auftrag des FTTH Council.

⁶¹ Elias Aravantinos, Konstantin Petre, Dimitris Katsianis, Dimitris Varoutas (2021): Determinants of FTTH tariffs evolution in EU: A panel data analysis, Telecommunications Policy 45 (2021) 102218.

4.5 Sonstige Faktoren

Wie Haucap, Heimeshoff und Lange (2016) in ihrer Querschnittsstudie für 91 Länder zeigen, erhöht das pro Kopf Einkommen (pro Kopf BIP) die Breitbandnachfrage ebenso, wie die Zugehörigkeit zu den OECD-Staaten (der Einkommenseffekt ist stärker für OECD-Staaten). Die Breitbandpenetration ist somit höher in wohlhabenderen Staaten.

Bei Aravantinos, Petre, Katsianis und Varoutas (2021) erhöht das pro Kopf Einkommen (pro Kopf BIP) die Preise für FTTH-Anschlüsse beider Tarifgruppen. Das lässt sich so deuten, dass die Zahlungsbereitschaft für FTTH-Produkte mit zunehmendem Wohlstand steigt

Lyons (2010) beleuchtet⁶² den zeitlichen Verlauf des Breitband Take-up in der Frühphase des Internets mit einem regional differenzierten Querschnittsdatensatz für Irland für die Jahre 2001-2008. Sie zeigen, dass die sozioökonomischen Faktoren wie PC-Ausstattung, soziale Schichtzugehörigkeit, Alter, Bildung und Wohnsituation einen nachweisbaren Einfluss auf die Breitbandnachfrage haben, mit den zu erwarteten Vorzeichen. Lyons weist darüber hinaus eine zunächst für zwei Jahre steigende Adoptionsrate von ADSL nach Verfügbarkeit der Technologie nach, die dann nach 5 Jahren verschwindet.

Plum Consulting (2023) finden in ihrer Untersuchung auf EU-Länderebene keine Korrelation der analysierten sozioökonomischen Faktoren Einkommensniveau, Armutsrate, pro Kopf-BIP und städtisch-ländliche Bevölkerungsanteile mit dem FTTH/B-Take-up. Dieses Ergebnis steht alleine unter den bisherigen Untersuchungen.

Deloitte Breitband-Konsumentenbefragung (2023)⁶³ nennt befürchtete Problemen im Zusammenhang mit dem Wechselprozess als Hindernis einen besseren Anschluss zu wählen.

Fazit Sonstige Faktoren

Aus verschiedenen Studien lässt sich der Faktor Einkommen mit dem Breitband-Take-up in Verbindung bringen. In Länderstudien kann man diesen Einfluss als implizite Zahlungsbereitschaft aufgrund höheren Wohlstandes deuten. Der Zusammenhang bestätigt sich aber auch in regional differenzierten Daten, als persönliches Einkommen im Zusammenspiel mit anderen sozioökonomischen Größen wie Alter, Bildung, Ausstattung, Schichtzugehörigkeit und Wohnsituation. Wechselkosten stellen ein Hindernis für den Take-up dar. Sie können durch bessere Prozesse und Kommunikation von Unternehmen auch genutzt werden, um den Take-up zu erhöhen. Die Breitbandnachfrage unterliegt einem Diffusionsprozess und hat eine zeitliche Komponente.

⁶² Seán Lyons (2010): Timing and Determinants of Local Residential Broadband Adoption: Evidence from Ireland, ESRI Working Paper No. 361, November 2010.

⁶³ Deloitte Broadband Consumer Survey 2023: Ergebnisse für den deutschen Breitbandmarkt.

5 Räumliche Verortung der Nachfrage nach Breitbandanschlüssen

Die bisherigen Überlegungen dienen dem Zweck, herauszufinden, von welchen Einflussgrößen die Nachfrage nach Bandbreite und der Take-up von Breitbandanschlüssen abhängen. Die Erkenntnisse dieser Studie sollen in zukünftigen Untersuchungen genutzt werden, um für die Durchführung von Profitabilitätsrechnungen eine möglichst valide räumlich Nachfrageschätzung heranziehen zu können. Einflussgrößen, die räumlich disaggregiert vorliegen, können genutzt werden, die Nachfrage nach Anschlüssen auf Gemeindeebene in Deutschland abzuschätzen, um sie regional disaggregierten Modellbetrachtungen zugänglich zu machen.

Tabelle 13 stellt dar, welche Einflussgrößen wir aus der Literatur ableiten konnten, ob sie in der regional-differenzierten Profitabilitätsberechnung berücksichtigt werden können und wenn ja, warum.

Tabelle 13: Berücksichtigung der identifizierten Einflussgrößen in der regional differenzierten Profitabilitätsberechnung

Einflussgröße	Berücksichtigung in der Modellierung	Begründung
Altersschichtung der Wohnbevölkerung	Ja	<ul style="list-style-type: none"> Jüngere Kohorten weisen eine höheren Bandbreitenbedarf auf (Höhere Internetnutzung)
Einkommen der Haushalte, Wohnbevölkerung	Ja	<ul style="list-style-type: none"> Höhere Kaufkraft hat einen positiven Einfluss auf Internetnutzung, Geräteausstattung und Take-up
Haushaltszusammensetzung	Ja	<ul style="list-style-type: none"> Gleichzeitige Internetnutzung führt zu höherem Bedarf Take-up hängt von Interaktion mit Zahlungsfähigkeit zusammen
Bevölkerungsdichte, Haushaltsdichte	Ja	<ul style="list-style-type: none"> Kostenproxy; Dichte korreliert mit Verfügbarkeit (Coverage) In Basisdaten je Region enthalten
Städtisch/ Ländlich	Ja	<ul style="list-style-type: none"> Effekte auf Internetnutzung von Korrelation mit anderen Variablen abhängig Take-Up: Klarer Faktor für Kosten und Angebot (fehlender Wettbewerb) Teil der Modellierung
Bildungsstand der Wohnbevölkerung/ höchster Bildungsabschluss	Nein	<ul style="list-style-type: none"> Positiver Effekt auf die Internetnutzung Effekt auf Take-up unklar → Korreliert mit dem Einkommen
Lebenssituation/ Berufstätigkeit	Nein	<ul style="list-style-type: none"> Positiver Effekt der Berufstätigkeit / Studium → Datenverfügbarkeit problematisch

Quelle: WIK

Demzufolge streben wir an, in den zukünftigen Untersuchungen die Altersschichtung der Wohnbevölkerung, das Einkommen der Haushalte und die Haushaltszusammensetzung für die regional disaggregierte Profitabilitätsberechnung zu betrachten. Die Bevölkerungsdichte wird bereits über die Basisdaten je Region in der Modellierung berücksichtigt.

6 Zusammenfassung

Modelle zur Profitabilitätsanalyse von Breitbandausbauprojekten können an Schärfe gewinnen, wenn sie in die Lage versetzt werden die Nachfrage geografisch differenziert zu berücksichtigen. Ebenso erscheint es lohnend, Wettbewerbsaspekte in die geographisch Betrachtung einzubeziehen, insbesondere bei heterogenen Besiedlungsstrukturen. Ob ein Roll-out profitabel sein kann, wird vielfach lokal beurteilt. Dabei spielt auch die Präsenz alternativer Zugangnetzinfrastrukturen, deren Leistungsfähigkeit, die relativen Kosten des Ausbaus und der Bedarf der Kunden eine Rolle. Diese Studie untersucht, von welchen Einflussgrößen die Nachfrage nach Festnetzanschlüssen abhängt und welche Bestimmungsfaktoren sich für eine räumlich disaggregiert Modellierung eignen.

Die Ableitung der Nachfrage nach Breitbandanschlüssen ist ein vielschichtiges Problem. Es sind verschiedene Themenkomplexe von Bedeutung. Dazu zählen die Bedürfnisse der Individuen, die Technologien zur Befriedigung der Bedürfnisse, der physische und individuelle Zugang zu den Technologien, das Vorliegen von Angeboten, der Wettbewerb, die Preise und die räumliche Komponente, der Ort von Angebot und Nachfrage.

Zunächst wurde die Entwicklung des Datenvolumens und der status-quo der Breitbandnachfrage in Deutschland anhand der verfügbaren Veröffentlichungen am aktuellen Rand nachgezeichnet.

Das Breitbanddatenvolumen in deutschen Festnetzen ist in den vergangenen zehn Jahre stark gewachsen (Faktor 17 und 13), bei einer vergleichsweise stagnierenden Entwicklung der Anschlusszahlen (Faktor 1,33). Diese Entwicklungen sind Ausdruck eines veränderten Nutzerverhaltens von wenigen und datensparsamen Nutzungen hin zur häufigeren und datenintensiveren Nutzung. Die gestiegene Bandbreitennachfrage führt über die Jahre zu einem Anstieg in den Anschlüssen mit höheren Datenraten. Der gestiegene Bedarf lässt sich in den Verschiebungen in der Bereitstellung und Nachfrage von Anschlüssen mit höheren Datenraten erkennen. In Deutschland werden höhere Bandbreiten bisher durch ein Upgrade der DSL und Kabelnetze bereitgestellt und weniger durch den Ausbau von Glasfasernetzen. Auch bei bestehender Versorgung mit höchsten Bandbreiten werden häufig niedrigere Bandbreiten kontrahiert. Das ist ein Hinweis darauf, dass der Bandbreitenbedarf noch nicht hoch genug ist, die Zahlungsbereitschaft der Nachfrager und die Angebotspreise für hohe Datenraten noch nicht übereinstimmen und andere Hemmnisse wie beispielsweise Wechselkosten bestehen.

Der Bandbreitenbedarf wird aus der individuellen Nutzung von Internetdiensten abgeleitet und es werden daraus Treiber der Bandbreitennachfrage identifiziert und untersucht nach welchen Größen eine Schichtung der Nachfrage möglich ist. Der Fokus liegt hier auf den sozioökonomischen Schichtungsvariablen, für die eine hohe bzw. niedrige Internetnutzung gezeigt werden kann. Dazu wird auf die Entwicklung und die Art der individuellen Internetnutzung eingegangen, die erforderlichen Datenraten die eine reibungslose

Nutzung der Internetdienste und Anwendungen erlauben und schließlich wird auch die Geräteausstattung in den Blick genommen.

Die Internetnutzung ist in Deutschland mit rd. 95 % der Bevölkerung ab einem Alter von 14 Jahren fast allgegenwärtig. Je nach Alterszugehörigkeit liegt die tägliche Internetnutzung zwischen 50 % und 100 %. Aus den Daten zur Internetnutzung lassen sich deutliche Unterschiede nach Alterszugehörigkeit, Bildung, nach Bundesländern ferner nach Haushaltsgröße und Erwerbsstatus und Geschlecht ablesen. Die Art und Dauer der Nutzung des Internets ist entscheidend für den Bedarf eines Internetanschlusses. Lediglich Alter und Geschlecht sind hier als Unterscheidungsmerkmal zu finden. Jüngere weisen deutlich höhere Internetnutzungszeiten auf. Die datenintensiven medialen Internetanwendungen verdrängen den linearen medialen Konsum. Es ist eine Verschiebung vom linearen Fernsehen, Radio und Textkonsum auf internetbasierte Anwendungen zu verzeichnen sowie eine Intensivierung durch überlagernde Nutzung mehrerer Anwendungen. Dies treibt den Bedarf an Bandbreite nach oben. Im Zeitbudget und im Gerätebedarf zeichnen sich Sättigungsgrenzen ab, zusätzlicher Datenhunger müsste sich aus Umwidmungen in der Zeitverwendung und aus Anwendungen mit höheren Datenanforderungen speisen (8K Video; VR/AR-Anwendungen). Auffällige Treiber der benötigten Datenraten sind hochauflösende Videokomponenten in den verwendeten Internetapplikationen und der häufige Transfer größerer Dateien. Als grundlegende Treiber für den Bedarf höherer Datenraten kommen somit das zu übertragende Datenvolumen und der tolerierbare Zeitbedarf für die Übertragung des Datenvolumens in Betracht. Weiterhin steigt die benötigte Datenrate eines Anschlusses durch die Anzahl der gleichzeitigen Nutzungen, weshalb auch hier die Haushaltsgröße eine Rolle spielt. Die Ausstattung der Haushalte mit internetfähigen Endgeräten und Breitbandanschlüssen ist die Voraussetzung für die Nutzung von Internetdiensten. Die Ausstattung der Haushalte mit internetfähigen Geräten hat über die Jahre zugenommen und erreicht bei einigen Produkten die Sättigungsgrenze, wie etwa bei TV-Geräten und Smartphones. Die Geräteausstattung der Haushalte hängt vom Haushaltseinkommen ab, ebenso wie vom Alter der Haushaltsmitglieder. Das Haushaltseinkommen wirkt sich positiv auf die Ausstattung der Haushalte mit breitbandigen Festnetzanschlüssen und deren Qualität (höhere Datenraten) aus.

Als treibende Variablen für die breitbandige Internetnutzung erweisen sich die Einflussgrößen Alter, Schulabschluss, Erwerbstätigkeit, Einkommen und Geschlecht auch bei gemeinsamer Betrachtung als signifikant. Ob die Stadt-Land-Zuordnung eine eigene Einflussgröße darstellt, ist nicht eindeutig zu beantworten. Die Bedeutung der Faktoren ist abhängig von der betrachteten Internetnutzung, aber im Wesentlichen sind die Größen nachweisbar stabil auch in Studien für andere Länder.

Breitbandanschlüsse stehen begrifflich im Gegensatz zu den Schmalbandanschlüssen. Die seit den 2000er Jahren steigende Nachfrage nach Internetdiensten wird durch die Bereitstellung höherer Datenraten auf der Anschlussleitung aufgrund der Nutzung höherer Frequenzbereiche auf der Leitung befriedigt. Die Erschließung immer höherer Frequenzbereiche zur Datenübertragung gilt gleichermaßen für die drei Leitungstypen

Kupferdoppelader, Koaxialkabel und Glasfaser. Die physikalischen Eigenschaften der Übertragungswege im Zusammenhang mit dem Netzaufbau und dem Ausbaustand der Anschlussnetzes der Anschlussnetzbetreiber vor Ort bestimmen letztlich das Angebot an Leitungen und buchbaren Datenraten beim Kunden. Die kupferbasierten Anschlussnetze werden derzeit immer weiter umgebaut, sodass die zu nutzenden Kupferstrecken bis zum Kundenanschluss immer kürzer werden oder ganz durch Glasfaser ersetzt werden können. Das erhöht die verfügbaren Datenraten auf der Anschlussleitung und macht die Netze zukunftssicher. Wichtige Ziele sind hier die symmetrische Übertragung mit hohen Datenraten sowie kurze Signallaufzeiten zu ermöglichen. Die Verfügbarkeit von Breitbandanschlüssen ist in Deutschland nahezu vollständig gegeben. Die Verfügbarkeit von sehr hohen Datenraten ist in Deutschland weit fortgeschritten und basiert derzeit vor allem auf den Kabeltechnologien. Sie ist jedoch vorwiegend im ländlichen Bereich noch unterentwickelt. Die Abdeckung nach Leitungstypen und Übertragungstechnologien ist historisch bedingt regional sehr unterschiedlich. Aufgrund der unterschiedlichen Leistungsfähigkeit der Technologien ergibt sich ein regional bis lokal unterschiedliches Angebot wählbarer Alternativen und buchbarer Datenraten für den Anschlussnachfrager. Die Abdeckung mit Glasfaseranschlüssen soll bis 2030 vollständig sein, sodass dann Gigabitanschlüsse überall verfügbar oder auch mehrfach verfügbar sein sollten. Die Stabilität der Internetverbindung genießt bei den Anschlussnachfragern einen sehr hohen Stellenwert. Das deutet auf derzeit noch gegebene Engpässen bei den Übertragungskapazitäten der Anschlussleitungen hin. Diese Engpässe sollten mit den aktuell stattfindenden Netzupgrades der Kupfernetze und dem Glasfaserausbau verschwinden.

Die Nachfrage nach sehr hohen Bandbreiten (Breitbandnutzung) bei bestehendem Angebot von VHCN-Anschlüssen (Breitbandabdeckung) ist in Deutschland aber auch in vielen EU-Ländern noch relativ gering. Bei bestehendem Angebotsüberhang stellt sich die Frage nach dem Verhältnis von Angebotspreis und Zahlungsbereitschaft der Nachfrager für die angebotenen Breitbandzugänge. Der Produktpreis ist ein wesentlicher Bestimmungsfaktor für die Realisierbarkeit einer bestehenden Nachfrage und somit für den Take-up von breitbandigen Internetanschlüssen. Die Zahlungsbereitschaft koppelt den individuellen Nutzen aus der Nachfrage nach Breitbandanschlüssen mit dem individuellen Haushaltseinkommen und den alternativen Konsumwünschen.

Bei gigabitfähigen Infrastrukturen bewegen sich die Preisspannen zwischen günstigstem und teuerstem Angebot für die Geschwindigkeitsklassen 100 Mbit/s und 500 Mbit/s für Deutschland im Ländervergleich im Mittelfeld, bei Gigabitgeschwindigkeiten ist die Preisspanne am oberen Rand im Ländervergleich. Vergleicht man die Preise für die verschiedenen Technologien innerhalb der Bandbreitenklassen, zeigt sich über alle Bandbreiten hinweg eine klare Reihenfolge: Glasfaserbasierte Tarife sind am teuersten, gefolgt von xDSL-basierten Tarifen. Die Preise für Kabelbasierte Produkte sind in der Regel am günstigsten.

Die stärkste Preisstreuung findet sich in den oberen Bandbreitenklassen und insbesondere bei den Gigabitprodukten.

Dies könnte vor allem im ländlichen Bereich durch einen geographisch wenig überlappenden Ausbau von Kabel- und Glasfaserinfrastrukturen begründet sein und somit auf vor Ort fehlenden Wettbewerb in diesen Bandbreiten. Dieser Effekt sollte bei steigender Coverage alternativer gigabitfähiger Infrastrukturen verschwinden.

Wenn der zusätzliche Nutzen aus einer höheren Bandbreite nicht gesehen wird, wird die Zahlungsbereitschaft niedrig ausfallen. Hohe Preise stellen dann ein Hemmnis für die Nachfrage dar. Dies stellt eine Erklärung dar für die derzeit niedrige Nachfrage nach hohen Bandbreiten bei gigabitfähigen Produkten. Laut einer Befragung von Bearingpoint zur Zahlungsbereitschaft für Glasfaseranschlüsse in Deutschland liegt diese unter dem aktuell beobachtbaren Marktpreis für Glasfaseranschlüsse, aber oberhalb der Zahlungsbereitschaft für DSL und Kabel. Die geäußerte Zahlungsbereitschaft für Glasfaser innerhalb der Anschlusskategorien weicht nur wenig von den genannten Kosten des aktuellen Anschlusses ab. Das bedeutet, dass die Preise für Glasfaseranschlüsse deutlich sinken müssten, um DSL- und Kabelnutzer zu einem Wechsel zu bewegen.

Der Wettbewerb zwischen Anbietern senkt erwartungsgemäß die Preise und erhöht die realisierte Nachfrage nach Breitbandanschlüssen und ist somit ein Treiber für den Take-up. Preisentwicklungen auf dem deutschen Markt für Breitbandanschlüsse zeigen, dass sich die Preise in jenen Bandbreitengruppen in denen DSL-Anschlüsse vermarktet werden, in einem engeren Preisband befinden als in den höheren Bandbreitenklassen, die nur von Kabel- und FTTH/B-Anschlüssen darstellbar sind. Diese Beobachtung deutet darauf hin, dass Wettbewerb nur dort stattfindet, wo vor Ort für den Kunden mindestens zwei Zugangsmöglichkeiten in der gewünschten Qualität zur Verfügung stehen. Solange der Kunde keine Wahlmöglichkeit zwischen verschiedenen Netzinfrastrukturen hat, ergeben sich Preisspielräume, die vermutlich auch genutzt werden. Die Beziehung zwischen Take-up und Coverage ist deshalb über die reine Verfügbarkeit hinaus nicht trivial. Die Verfügbarkeit alternativer Infrastrukturen kann hier zu einem Preisdruck beitragen. Die Preise von Produktalternativen (DSL, Kabel, Glasfaser, evtl. Mobilfunk, FWA) spielen eine relevante Rolle für den Take-up. Der Preiswettbewerb über die Zugangsinfrastrukturen weist eine geographische Komponente auf, die bei einer Modellierung zu beachten wäre.

Die gewonnenen Erkenntnisse lassen Rückschlüsse zu, von welchen Einflussgrößen die Nachfrage nach Bandbreite und der Take-up von Breitbandanschlüssen abhängt. Die Erkenntnisse dieser Studie sollen im Rahmen von zukünftigen, modellgestützten Profitabilitätsrechnungen eine möglichst valide räumlich Nachfrageschätzung ermöglichen.

7 Literaturverzeichnis

- Aravantinos, Petre, Katsianis, Varoutas (2021): Determinants of FTTH tariffs evolution in EU: A panel data analysis, Telecommunications Policy 45 (2021) 102218.
- ARD/ZDF-Forschungskommission (2022): ARD/ZDF-Massenkommunikation Trends 2022 Publikationscharts (https://www.ard-zdf-massenkommunikation.de/files/Download-Archiv/MK_Trends_2022/MK_Trends_2022_Publikationscharts.pdf).
- ARD/ZDF-Forschungskommission (2022): ARD/ZDF-Onlinestudie 2022 Publikationscharts (https://www.ard-zdf-onlinestudie.de/files/2022/ARD_ZDF_Onlinestudie_2022_Publikationscharts.pdf).
- BearingPoint (2022): Blitzumfrage: Glasfaser Deutschland und Österreich –starkes Wachstumspotenzial für Glasfaseranbieter. Befragt wurden 1.025 Teilnehmern in Deutschland im Zeitraum 12.07.-17.07.2022.
- Berghofer, Hamann, Hege, Kleinz, Topham (2019): Digitalisierungsbericht 2019 Video, die Medienanstalten – ALM GbR, (https://www.die-medienanstalten.de/fileadmin/user_upload/die_medienanstalten/Publikationen/Digibericht_Video/2019/Digitalisierungsbericht_Video_2019_web.pdf).
- Blank, Graham und Calvino (2017): Local Geographies of Digital Inequality <https://ssrn.com/abstract=2910555> oder <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2910555>).
- BnetzA (2021): Konsultationsdokument, Konsultation im Zusammenhang mit der Begutachtung von Mindestanforderungen im Rahmen des Rechts auf Versorgung mit Telekommunikationsdiensten (RaVT), Bonn, Dezember 2021.
- Braun, Knips, Wernick (2021): Analyse der Angebotsentwicklung für leitungsgebundene Breitbanddienste für Privatkunden im deutschen Festnetzmarkt von 2017-2020, wik, Diskussionsbeitrag, 2021.
- Braun, Knips, Wernick (2021): Preisdifferenzierung bei leitungsgebundenen Breitbandprodukten in Deutschland, WIK-Kurzstudie, Dezember 2021.
- Braun, Wernick und Knips (2021): Preis- und Angebotsentwicklung auf dem deutschen Festnetzmarkt 2017-2020, WIK-Kurzstudie, November 2021.
- Braun, Wernick und Knips (2023): Preisdifferenzierung bei leitungsgebundenen Breitbandprodukten in Deutschland auf Basis einer Datenerhebung in 10-11/2023, WIK-Kurzstudie, Dezember 2023.
- Braun, Wernick, Knips, Tenbrock (2023): Ergebnisse der WIK-Befragung unter den FTTB/H-ausbauenden Unternehmen in Deutschland, Abschlusspräsentation im FuA Projekt 7037, Bad Honnef, 24.11.2023.
- Braun, Wernick, Plückebaum, Ockenfels (2019): Parallele Glasfaserausbauten auf Basis von Mitverlegung und Mitnutzung gemäß DigiNetzG als Möglichkeiten zur Schaffung von Infrastrukturwettbewerb, wik, Diskussionsbeitrag Nr. 456, 2019.
- Breunig, Handel und Kessler (2020): Ergebnisse der ARD/ZDF-Langzeitstudie Massenkommunikation 1964-2020: Mediennutzung im Langzeitvergleich, Media Perspektiven, 7-8/2020, (https://www.ard-zdf-massenkommunikation.de/files/Download-Archiv/MK_2020/MK_Langzeitstudie_2020_-_Langzeitvergleich.pdf).
- Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2022): Eckpunkte des BMDV zur Gigabitstrategie, (https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/presse/010-eckpunkte-gigabitstrategie.pdf?__blob=publicationFile).

- Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (2023): Jahresbericht Telekommunikation, (https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Berichte/2023/JB_TK_2022.pdf?__blob=publicationFile&v=1).
- Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (2023): Breitbandatlas, (<https://gigabitgrundbuch.bund.de/GIGA/DE/Breitbandatlas/Vollbild/start.html>).
- Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (2023): Telekommunikation Tätigkeitsbericht 2022/2023, (<https://data.bundesnetzagentur.de/Bundesnetzagentur/SharedDocs/Mediathek/Taetigkeitsberichte/2023/taetigkeitsberichttk20222023.pdf>).
- CISCO (2020) Cisco Annual Internet Report (2018-2023). White Paper. (<https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.pdf>).
- De Clercq, D'Haese, Buysse (2023): Economic growth and broadband access: The European urban-rural digital divide, Telecommunications Policy 47 (2023) 102579.
- Deloitte Broadband Consumer Survey 2023: Ergebnisse für den deutschen Breitbandmarkt.
- Destatis (2023) Ausstattung mit Gebrauchsgütern – Daten aus den Laufenden Wirtschaftsrechnungen (LWR) zur Ausstattung privater Haushalte mit Informationstechnik, (<https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Einkommen-Konsum-Lebensbedingungen/Ausstattung-Gebrauchsgueter/Tabellen/a-infotechnik-d-lwr.html>).
- DIALOG CONSULT / VATM (2022): 24. TK-Marktanalyse Deutschland 2022, Ergebnisse einer Befragung der Mitgliedsunternehmen im Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten e. V. im dritten Quartal 2022, Köln, 26. Oktober 2022, (https://www.vatm.de/wp-content/uploads/2022/10/TK-Marktstudie-2022_DC-VATM_261022.pdf).
- DIALOG CONSULT / VATM (2023): 25. Marktanalyse Gigabit-Anschlüsse 2023, Ergebnisse einer Befragung der Mitgliedsunternehmen im „Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten e.V.“, (https://www.vatm.de/wp-content/uploads/2023/06/Gigabit-Studie-2023_final.pdf).
- DIALOG CONSULT / VATM (2023): 25. TK-Marktanalyse Deutschland 2023, Ergebnisse einer Befragung der Mitgliedsunternehmen im Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten e. V. im dritten Quartal 2023, Berlin, 29. November 2023, (<https://www.vatm.de/wp-content/uploads/2023/11/Marktstudie-2023-V6.pdf>).
- DIALOG CONSULT / VATM (2023): Analyse der Wettbewerbssituation im deutschen Festnetzmarkt, (https://www.vatm.de/wp-content/uploads/2023/05/Wettbewerbsstudie_Festnetzmarkt_040523_Web.pdf).
- Digital Divide :D21 2004: TNS Emnid (2004) (N)Onliner Atlas 2004. Eine Topographie des digitalen Grabens durch Deutschland. Bielefeld.
- Doose, Monti, Schäfer (2011): Mittelfristige Marktpotenziale im Kontext der Nachfrage nach hochbitratigen Breitbandanschlüssen in Deutschland, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 358.
- European Commission (2022): Digital Economy and Society Index (DESI) 2022 Digital infrastructures.

- European Commission (2022): Mobile and Fixed Broadband Prices in Europe 2021, Study carried out for the European Commission by empirica Gesellschaft für Kommunikations- und Technologieforschung mbH in cooperation with TÜV Rheinland.
- European Commission (2023) Broadband Coverage in Europe 2022
- Fair Internet Report (2023) Internet in Germany – Stats and Figures <https://fairinternetreport.com/Germany>.
- FCC Consumer Guide (2020): Broadband Speed Guide, Federal Communications Commission, 05.2020 latest update 18.07.2022, (<https://www.fcc.gov/consumers/guides/broadband-speed-guide>, abgerufen 28.08.2023).
- FCC Consumer Guide (2022): Household Broadband Guide, Federal Communications Commission, 05.2020 latest update 18.07.2022, (<https://www.fcc.gov/consumers/guides/household-broadband-guide>, abgerufen 28.08.2023).
- Garín-Munoz, Pérez-Amaral und Valarezo (2022): Evolution of the internet gender gaps in Spain and effects of the Covid-19 pandemic, Telecommunications Policy, 46 (2022)102371.
- Gul & Kazmi. (2018): Spatial demand forecasting of broadband services: A Review. 73. 1-12.
- Haucap, Heimeshoff, Lange (2016): The impact of tariff diversity on broadband penetration—An empirical analysis Telecommunications Policy [0308-5961] J.:2016 Bd.:40 iss:8 S.:743 - 754
- Initiative D21 (2021): D21 DIGITALINDEX 2021/2022 -Jährliches Lagebild zur Digitalen Gesellschaft, (https://initiated21.de/uploads/03_Studien-Publikationen/D21-Digital-Index/2021-22/d21digitalindex-2021_2022.pdf).
- Knips, Wernick, Tenbrock. (2022): Analyse von Angeboten auf gigabitfähigen Infrastrukturen in Europa, WIK-Diskussionsbeitrag 485 (https://www.wik.org/fileadmin/user_upload/Unternehmen/Veroeffentlichungen/Diskus/2022/WIK_Diskussionsbeitrag_Nr_485.pdf).
- Koutroumpis (2018): The economic impact of broadband: evidence from OECD countries, April 2018, Ofcom.
- Kulenkampff, G. et al (2023): Qualitätsparameter – Mindestanforderungen Internetzugang, wik-zafaco-Gutachten für die Bundesnetzagentur, Dezember 2021.
- Kulenkampff, G. et al (2024): Mehrpersonenhaushalte, Mindestanforderungen Internetzugang, wik-zafaco-Gutachten für die Bundesnetzagentur, Veröffentlichung Januar 2024.
- Kulenkampff, Hackbarth, Ockenfels, Plückebaum, Portugall, Schwarz-Schilling, Sudhues, Zuloaga unter Mitarbeit von Hubner, Kiesewetter (2021): Mindestanforderungen Internetzugangsdienst, Gutachten für die Bundesnetzagentur, 12.2021.
- Lenz, Jäckel, Zillien (2005): Stadt-Land-Unterschiede der Internetnutzung - eine empirische Untersuchung der regionalen digitalen Spaltung, 1 Januar 2005; (<https://core.ac.uk/works/5098636>).
- Lucendo-Monedero, Ruiz-Rodríguez & González-Relaño (2019): Measuring the digital divide at regional level. A spatial analysis of the inequalities in digital development of households and individuals in Europe, Telematics and Informatics, 41, August 2019, 197-217, (<https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.05.002>).

- Lyons (2010): Timing and Determinants of Local Residential Broadband Adoption: Evidence from Ireland, ESRI Working Paper No. 361, November 2010.
- Martínez-Domínguez und Fierros-Gonzalez (2022): Determinants of internet use by school-age children: The challenges for Mexico during the COVID-19 pandemic, Telecommunications Policy 46 (2022) 102241.
- Mills & Whitacre. (2003): Understanding the non-metropolitan–metropolitan digital divide, Growth and Change, 34.
- Monti, A., Schäfer, R. (2012): Marktpotenziale für hochbitratige Breitbandanschlüsse in Deutschland, Abschlussbericht für den BREKO, Bad Honnef.
- Natalie Beisch und Wolfgang Koch (2022): Aktuelle Aspekte der Internetnutzung in Deutschland ARD/ZDF-Onlinestudie: Vier von fünf Personen in Deutschland nutzen täglich das Internet, Media Perspektiven, 10/2022, (https://www.ard-zdf-onlinestudie.de/files/2022/2210_Beisch_Koch.pdf).
- Omdia und PointTopic (2023): Broadband Coverage in Europe 2022-Mapping progress towards the coverage objectives of the Digital Decade, Studie für die EU-Kommission.
- Plückebaum (2023): Eigenschaften und Leistungsfähigkeit von NGA-Technologien, WIK Diskussionsbeitrag, No. 498, WIK Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste, Bad Honnef, (https://www.wik.org/fileadmin/user_upload/Unternehmen/Veroeffentlichungen/Diskus/2023/WIK_Diskussionsbeitrag_Nr_498.pdf).
- Plum Consulting (2023): FTTH adoption drivers and hurdles in Europe, Studie im Auftrag des FTTH Council.
- Statistisches Bundesamt (2022): Private Haushalte in der Informationsgesellschaft IKT – Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien (Mikrozensus- Unterstichprobe zur Internetnutzung) - Fachserie 15 Reihe 4.
- Strube Martins, Wernick (2021): Regional differences in residential demand for very high bandwidth broadband internet in 2025, Telecommunications Policy 45 (2021) 102043.
- Strube Martins, Wernick, Plückebaum, Henseler-Unger (2017): Die Privatkundennachfrage nach hochbitratigem Breitband Internet im Jahr 2025, WIK Bericht, Bad Honnef, (http://www.wik.org/fileadmin/Studien/2017/Die_Privatkundennachfrage_nach_hochbitratigem_BreitbandInternet_im_Jahr_2025_FINAL.pdf).
- Tanaza.com (2020): How to calculate WiFi network bandwidth requirements by Marketing Team, Classic Hotspot, (<https://www.tanaza.com/blog/how-to-calculate-network-bandwidth-requirements/>).
- Thomas Lenz, Michael Jäckel, Nicole Zillien (2005): Stadt-Land-Unterschiede der Internetnutzung - eine empirische Untersuchung der regionalen digitalen Spaltung, 1 Januar 2005; (<https://core.ac.uk/works/5098636>).
- wik-zafaco (2021): Qualitätsparameter – Mindestanforderungen Internetzugang, wik-zafaco-Gutachten für die Bundesnetzagentur, Dezember 2021.

ISSN 1865-8997