

Breitbandausbau in Bayern im Zeitraum 2017–2019 und verbleibender Investitionsbedarf für eine Gigabit- und Glasfaser- Vollerschließung

Autoren:
Dr. Christian Wernick
Julian Knips
Martin Ockenfels
Dr. Thomas Plückebaum

WIK-Consult GmbH
Rhöndorfer Str. 68
53604 Bad Honnef

Bad Honnef, November 2020

Impressum

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

Vertretungs- und zeichnungsberechtigte Personen

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

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Wesentliche Fördermaßnahmen im Bereich des Breitbandausbaus in Bayern im Zeitraum 2017–2020	2
2.1	Bayerische Breitbandrichtlinie	2
2.2	Bayerische Gigabitrichtlinie	3
2.3	Kofinanzierung zum Bundesförderprogramm	4
2.4	Glasfaser-/WLAN-Richtlinie	5
2.5	Bewertung	6
3	Entwicklung der Breitbandverfügbarkeit in Bayern im Bundes/Ländervergleich	8
4	Kosten des flächendeckenden FTTH-Ausbaus	15
4.1	Vorgehen	15
4.2	Ergebnis der Modellierung	18
4.3	Beurteilung der Ergebnisse	23
5	Resüme	25
	Literaturverzeichnis	26

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Bewilligte Mittel und Abflüsse aus dem Bundesförderprogramm Breitband - Stand 18.06.2020	5
Abbildung 3-4:	FTTH-Abdeckung im europäischen Vergleich inkl. Bayern, Stand Mitte 2019	14

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Versorgung mit mindestens 50 Mbps im Download in den Bundesländern im zeitlichen Verlauf, in % der Haushalte	9
Tabelle 3-2:	Versorgung im ländlichen Raum mit mindestens 50 Mbps im Download in den Bundesländern im zeitlichen Verlauf, in % der Haushalte	10
Tabelle 3-3:	FTTH-Verfügbarkeit nach Bundesland in Prozent der Haushalte	11
Tabelle 3-4:	Gigabit-Verfügbarkeit in Prozent der Haushalte	12
Tabelle 4-1:	Bestehender FTTH-Ausbau je Cluster (2017)	17
Tabelle 4-2:	Bestehender FTTH-Ausbau je Cluster (2020)	17
Tabelle 4-3:	Bestehender LTG1000-Ausbau je Cluster (2020)	17
Tabelle 4-4:	Bestehender LTG400-Ausbau je Cluster (2020)	18
Tabelle 4-5:	Flächendeckung FTTH bei bestehender Versorgung FTTH	19

1 Einleitung

Ende 2017 hat WIK-Consult im Auftrag der Landtagsfraktion von Bündnis 90/Die Grünen im bayerischen Landtag eine Studie erstellt, in der die Kosten für eine flächendeckende Glasfasererschließung Bayerns geschätzt und Empfehlungen für die zukünftige Breitbandpolitik abgeleitet wurden.¹

Die damalige Kostenmodellierung kam zu dem Ergebnis, dass unter Berücksichtigung der bestehenden Ausbauten und den getroffenen Annahmen von einem Investitionsvolumen von ca. 11 Mrd. € und einem Subventionsbedarf von rund 0,5 Mrd. € auszugehen sei. Inhaltlich kam die Studie zu dem Ergebnis, dass der Einsatz öffentlicher Mittel für den Breitbandausbau in Bayern im Bundesvergleich vorbildlich ist, die Effizienz des Mitteleinsatzes jedoch erhebliches Verbesserungspotenzial beinhaltet, insbesondere mit Blick auf die Priorisierung von Fördermitteln auf den Ausbau von zukunftssicherer Fibre-to-the-Home (FTTH)-Technologie.²

Zielsetzung der vorliegenden Kurzstudie ist die Aktualisierung der Kostenmodellierung auf Basis aktueller Daten zur Versorgung sowie eine Darstellung und Beurteilung der bayerischen Breitbandpolitik zwischen 2017 und 2020.

¹ Queder, F. et al. (2017): Flächendeckende Glasfasernetze für Bayern, Studie von WIK-Consult für die Bayerische Landtagsfraktion von Bündnis 90/Die Grünen, elektronisch verfügbar unter: https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Buendnis_90_Glasfaserausbau.pdf.

² Im folgenden wird FTTH synonym für Fibre-to-the-building (FTTB) und Fibre-to-the-Home (FTTH) verwendet.

2 Wesentliche Fördermaßnahmen im Bereich des Breitbandausbaus in Bayern im Zeitraum 2017–2020

Seit 2017 wurden in Bayern die Bayerische Gigabitrichtlinie und die Glasfaser-/WLAN-Richtlinie neu aufgesetzt. Darüber hinaus wurde ein Förderprogramm zur Verbesserung der Mobilfunkversorgung initiiert, welches an dieser Stelle jedoch nicht weiter vertieft wird.³ Die Bayerische Breitbandrichtlinie und die Ko-Finanzierung zum Bundesförderprogramm wurden fortgesetzt. Gemeinsam ist den genannten Maßnahmen, dass es sich um angebotsseitige Förderprogramme handelt. Fördermaßnahmen, die an der Nachfrageseite ansetzen, befinden sich in Bayern nicht im Einsatz.

2.1 Bayerische Breitbandrichtlinie

Die Richtlinie zur Förderung des Aufbaus von Hochgeschwindigkeitsnetzen im Freistaat Bayern (Breitbandrichtlinie – BbR) existiert seit Juli 2014⁴ und läuft noch bis Ende 2020 - dann wird sie endgültig durch die Gigabitrichtlinie (siehe 2.2) abgelöst. Verfahrenseinstiege sind seit April 2020 nicht mehr möglich.

Zuwendungen werden an Gemeinden gezahlt zum Zweck des Aufbaus von NGA-Netzen mit Downloadgeschwindigkeiten von mindestens 50 Mbps und „viel höheren“ Uploadgeschwindigkeiten als in Netzen der Breitbandgrundversorgung. Die Gemeinden können jedoch auch den Ausbau höherer Bandbreiten in den Ausschreibungen verlangen.⁵

Nutzbar ist die Förderung in „weißen NGA-Flecken“, also Gebieten in denen keine NGA-Netze (FTTH, Hybrid Fibre Coax (HFC), Fibre-to-the-Curb (FTTC)) verfügbar sind und wahrscheinlich auch nicht innerhalb der nächsten drei Jahre durch private Investoren errichtet werden. Gefördert wird die Schließung einer Wirtschaftlichkeitslücke bei Netzbetreibern, die eine Gemeinde mit Telekommunikationsinfrastruktur erschließen wollen. Förderfähig sind alle Technologien, die das Bandbreitenziel erfüllen, also theoretisch auch Funktechnologie, bei der jedoch der Nachweis erfolgen muss, dass die erforderliche Geschwindigkeit auch tatsächlich angeboten werden können.

Der Förderhöchstbetrag pro Gemeinde liegt zwischen 500.000 € und 950.000 €, in Abhängigkeit der Besiedlungsstruktur⁶. Der Fördersatz liegt zwischen 60 und 80 % der Wirtschaftlichkeitslücke (in Abhängigkeit von „Strukturindikatoren“) bzw. in Härtefällen bei 90 %. Ein „Startgeld Netz“ von pauschal 5.000 €, das im Rahmen der weiteren För-

³ Informationen zur bayerischen Mobilfunkförderung sind verfügbar unter: <https://www.mobilfunk.bayern/foerderprogramm/>.

⁴ Siehe hierzu auch die Ausführungen in Queder, F. et al. (2017): Flächendeckende Glasfasernetze für Bayern, Studie von WIK-Consult für die Bayerische Landtagsfraktion von Bündnis 90/Die Grünen, S. 14–15.

⁵ https://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayVV_7072_F_884-0.

⁶ Je dichter die Gemeinde besiedelt ist und je weniger Ortsteile diese hat, desto geringer ist der Förderhöchstbetrag, siehe: <https://www.schnelles-internet-in-bayern.de/internet/fragen.html>.

derung angerechnet wird, kann frühzeitig ausgezahlt werden, wenn die Kommune einen Zuschuss zu den administrativen Kosten der Förderungsplanung, etwa der Festlegung eines Entschließungsgebietes, benötigt.

Seit Juli 2017 gibt es außerdem einen „Höfebonus“, der den Fördersatz von Kommunen in sehr kleinen Ortschaften unter gewissen Voraussetzungen von erhöht.⁷

Für die Deckung des kommunalen Eigenanteils der Wirtschaftlichkeitslücke bietet das Land Bayern außerdem über die LfA Förderbank Bayern zinsgünstige Kredite an, die diesen ggf. auch komplett abdecken können.⁸

Verfahrenseinstiege ins Förderprogramm gab es bis 2019 durch 2.018 der 2.056 bayerischen Kommunen, mehr als die Hälfte auch mit mehrfacher Beteiligung. Den Höfebonus haben 342 Kommunen genutzt.⁹ Bis Anfang 2020 wurden Bescheide im Wert von 1,07 Milliarden Euro erteilt.¹⁰

2.2 Bayerische Gigabitrichtlinie

Das Nachfolgeprogramm der Bayerischen Breitbandrichtlinie ist die Bayerische Gigabitrichtlinie (Richtlinie zur Förderung des Aufbaus von gigabitfähigen Breitbandnetzen im Freistaat Bayern – BayGibitR). Diese trat nach Notifizierung durch die EU-Kommission¹¹ am 02.03.2020 in Kraft¹², nachdem es seit Ende 2018 einen Pilotversuch für die staatliche Förderung des Gigabit-Ausbaus in sechs Kommunen¹³ gab.¹⁴

Im Rahmen der Gigabitrichtlinie wird der Ausbau gigabitfähiger Breitbandnetze gefördert, die für gewerbliche Kunden mindestens 1 Gbit/s symmetrische sowie für Privatkunden mindestens 200 Mbps symmetrische Bandbreite zur Verfügung stellen. Die Förderung ist im Wirtschaftlichkeitslückenmodell und im Betreibermodell anwendbar.

Die Aufgreifschwelle, die die Voraussetzungen für die Inanspruchnahme der Gigabitförderung definiert, richtet sich nach den folgenden Kriterien:

- Das Gebiet muss ein „grauer oder weißer NGA-Fleck“ sein, es darf also höchstens eine NGA-Infrastruktur vorhanden sein,
- Kein Netz, das zuverlässig 100 Mbps Downloadgeschwindigkeit für Privathaushalte bzw. 200 Mbps symmetrisch für gewerbliche Anschlüsse bietet, darf vor-

⁷ <https://www.bayern.de/soeder-bayern-startet-hoefebonus-fuer-glasfaser-auf-dem-land-neuer-hoefebonus-bringt-glasfaser-in-duenn-besiedelte-gebiete-400-mio-e-fuer-ganz-bayern-30-m/> sowie <https://www.schnelles-internet-in-bayern.de/file/pdf/167/Hinweisdokument%20H%C3%B6febonus.pdf>.

⁸ <https://ifa.de/website/downloads/merkblaetter/produktmerkblaetter/merkblattInfrakreditBreitband.pdf>.

⁹ https://www.schnelles-internet.bayern.de/file/pdf/272/Breitband_WLAN%20Bericht%202019.pdf.

¹⁰ <https://www.schnelles-internet-in-bayern.de/breitbandzentrum/presse/12>.

¹¹ https://ec.europa.eu/competition/state_aid/cases1/201950/282736_2116897_101_2.pdf.

¹² <https://www.schnelles-internet-in-bayern.de/gigabit/richtlinie.html>.

¹³ Eine Gemeinde pro bayerischem Regierungsbezirk, mit Ausnahme von Schwaben.

¹⁴ https://www.kommune21.de/meldung_30525_EU+genehmigt+Gigabit-Pilotf%C3%B6rderung.html.

handen sein. Eine Förderung für gewerbliche Anschlüsse scheidet außerdem aus, wenn ein Netz mit mehr als 500 Mbps Downloadgeschwindigkeit zur Verfügung steht, unabhängig von etwaiger Symmetrie.¹⁵

- In den nächsten drei Jahren darf kein eigenwirtschaftlicher Ausbau durch private Netzbetreiber geplant sein.
- Durch das geförderte Netz wird eine wesentliche Verbesserung der Breitbandversorgung erreicht (mindestens Verdoppelung der Bandbreiten).

Der Fördersatz beträgt 80 % im Verdichtungsraum bzw. 90 % im ländlichen Raum und im sogenannten Raum mit besonderem Handlungsbedarf (RmbH). Die Zugehörigkeit der entsprechenden Gemeinde wird im Landesentwicklungsprogramm Bayern bestimmt. Für Härtefälle (finanzschwache Gemeinde bei gleichzeitig hohen Projektkosten) kann die Förderung erhöht werden, der Eigenanteil beträgt trotzdem mindestens 10 %. Die Förderhöchstbeträge unterscheiden sich nach der Anzahl der im Gebiet befindlichen Adressen und der Art des Gebietes¹⁶.

Die Maximalförderhöhe pro Gemeinde (auch bei mehreren Projekten innerhalb einer Gemeinde) beträgt 3 Mio. € im Verdichtungsraum, 6 Mio. € im ländlichen Raum und 8 Mio. € im RmbH. Das „Startgeld Netz“ kann analog zur Bayerischen Breitbandrichtlinie gewährt werden.

Stand 13.10.20 wurden 146 Förderprojekte im Rahmen des Programms in 145 Gemeinden gestartet. In 13 Gemeinden, inkl. der sechs Pilotgemeinden, ist das Markterkundungsverfahren abgeschlossen, in den restlichen läuft es aktuell noch. Am weitesten ist das Projekt in der Pilotgemeinde Berching (Landkreis Neumarkt in der Oberpfalz) fortgeschritten, wo der Bau des Netzes inzwischen abgeschlossen ist.¹⁷

2.3 Kofinanzierung zum Bundesförderprogramm

Die Kofinanzierung für Gemeinden, die am Bundesförderprogramm Breitband¹⁸ partizipieren, ist über die Richtlinie über die Kofinanzierung der Breitbandförderung durch den

¹⁵ Im Umkreis derartiger Anschlüsse liegende schlechter versorgte Anschlüsse dürfen jedoch gefördert ausgebaut werden.

¹⁶ 2.500 € pro Adresse für Gemeinden im Verdichtungsraum, 5.000 € pro Adresse für Gemeinden im ländlichen Raum, 6.000 € pro Adresse für Gemeinden im RmbH, 9.000 € zusätzlich pro Adresse in „weißen NGA-Flecken“, außer bei Ersterschließung von Neubaugebieten. 1.000 € zusätzlich pro Adresse bei gemeinsamen Förderprojekten mehrerer Gemeinden (maximal 50.000 € pro Gemeinde). <https://www.schnelles-internet-in-bayern.de/file/pdf/298/2020-02-12%20Hinweisdokument%20F%C3%B6rderkulisse.pdf>.

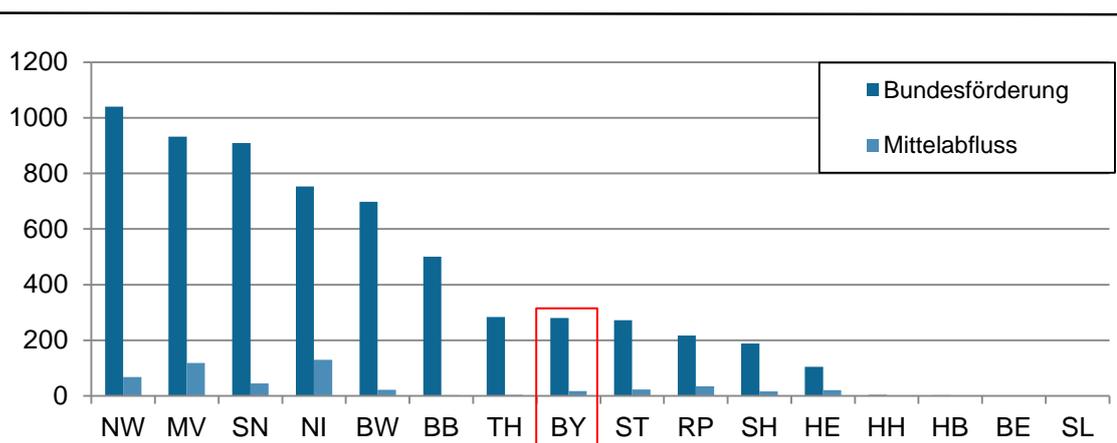
¹⁷ Der Ausbau von über 20 gewerblichen und einer privaten Adresse wurde 2020 durch den regionalen Netzbetreiber bisping&bisping realisiert, siehe <https://www.breitband-berching.de/> und <https://www.berching.de/gigabitpilotfoerderprogramm/>.

¹⁸ Für eine detaillierte Beschreibung des Bundesförderprogramms Breitband siehe: Queder, F. et al. (2017): Flächendeckende Glasfasernetze für Bayern, Studie von WIK-Consult für die Bayerische Landtagsfraktion von Bündnis 90 / Die Grünen, S. 15–17.

Bund im Freistaat Bayern (Kofinanzierungs-Breitbandrichtlinie – KofBbR) geregelt. Hierbei fördert das Land Bayern die Differenz zwischen dem Fördersatz nach bayerischer Gigabitrichtlinie (80 % oder 90 %, siehe vorheriges Kapitel) und dem Fördersatz nach Bundesförderprogramm (mindestens 50 %). Dies basiert auf einer Einzelfallprüfung.¹⁹ Der Förderhöchstbetrag je Gemeinde beträgt zwischen 1,5 Mio. € und 2,85 Mio. €. Für Härtefälle gelten besondere Regeln.²⁰

Bis Mitte 2020 wurden ca. 280 Millionen Euro Bundesfördermittel für 108 Projekte im Freistaat Bayern bewilligt (23 im Betreibermodell, 85 im Wirtschaftlichkeitslückenmodell). Davon sind jedoch erst knapp 17 Millionen Euro abgeflossen. 1.669 Förderbescheide wurden für Beratungsleistungen in Bayern vergeben (Gesamtvolumen 78 Millionen Euro) mit einem bisherigen Abfluss von 30,5 Millionen Euro.²¹ Im Vergleich der Bundesländer liegt Bayern dabei im unteren Mittelfeld der Flächenländer, mutmaßlich wegen des großflächigeren Einsatzes von Landesfördermitteln.

Abbildung 2-1: Bewilligte Mittel und Abflüsse aus dem Bundesförderprogramm
Breitband - Stand 18.06.2020



Quelle: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.

2.4 Glasfaser-/WLAN-Richtlinie

Die Richtlinie zur Förderung von Glasfaseranschlüssen und WLAN für öffentliche Schulen, Plankrankenhäuser und Rathäuser (Glasfaser/WLAN-Richtlinie – GWLANR) dient der Anbindung von Schulen, Krankenhäusern und Rathäusern ans Glasfasernetz sowie bei Krankenhäusern auch der Einrichtung von lokaler WLAN-Infrastruktur. Dabei wird

¹⁹ <https://www.schnelles-internet-in-bayern.de/kofinanzierung/ueberblick.html>.

²⁰ https://www.schnelles-internet-in-bayern.de/file/pdf/273/2019-07-26_Hinweisdokument_H%C3%A4rtefallregelung_KofBbR.pdf.

²¹ <https://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/211/1921141.pdf>.

nur gefördert, wenn kein Glasfaseranschluss vorhanden oder im Rahmen einer anderweitigen Förderung geplant ist.²²

Der Fördersatz beträgt 80 % bzw. 90 % im RmbH. Der Förderhöchstbetrag für Glasfaseranschlüsse liegt bei 50.000 € pro öffentlicher Schule, 50.000 € pro Plankrankenhaus und 20.000 € pro Rathaus, das noch nicht an ein kommunales Behördennetz angeschlossen ist, bzw. 50.000 € falls das Rathaus angeschlossen ist oder einen Anschluss verbindlich plant. Bei Schulen und Krankenhäusern, bei denen mehr als 1.500 Meter Tiefbau erforderlich ist, steigt der Förderhöchstbetrag auf 60.000 €.

2.5 Bewertung

Zwischen 2017 und 2019 hat sich das Land Bayern stark in der Breitbandförderung engagiert. 98 % der bayerischen Kommunen haben Fördermittel unter der bayerischen Breitbandrichtlinie in Anspruch genommen. Seit Etablierung des Programms wurden Bescheide in einer Höhe von über 1 Milliarde Euro vergeben. Während das Programm des Landes intensiv genutzt wird, hat Bayern bisher unterproportional von der Bundesförderung profitiert. Mit einem Anteil von 4,5 % der bewilligten Mittel liegt Bayern im Vergleich der Bundesländer auf dem 8. Rang. Letzteres ist jedoch vermutlich darauf zurückzuführen, dass das Landesprogramm umfangreich ausgestattet und weniger bürokratisch als das Programm des Bundes ausgestaltet ist und daher für viele Kommunen die präferierte Wahl darstellt.

Gleichwohl deutet die hohe Inanspruchnahme des Programms darauf hin, dass zwischen 2017 und 2019 zumindest in Teilen eine Verdrängung privatwirtschaftlicher Investitionen durch geförderte Ausbaumaßnahmen stattgefunden hat. Solche Crowding-Out-Effekte führen nicht nur zu einer ineffizienten Allokation öffentlicher Mittel, sondern auch zu einer Verlangsamung des Ausbaus an sich.²³

Zum anderen wurde zwischen 2017 und 2019 weiterhin massiv der Ausbau von FTTC-Infrastruktur gefördert, der nun, zur Erreichung des Gigabitziels 2025 des Bundes und der Staatsregierung, in vielen Fällen weitere Fördermaßnahmen und damit öffentliche Subventionen nach sich ziehen wird. Da in vielen Fällen der Förderempfänger aus der ersten Runde (zum Ausbau von FTTC) über einen Incumbency Vorteil gegenüber seinen Wettbewerbern verfügt, ist in der Ausschreibung der zweiten Förderrunde (zum Ausbau von FTTH) weniger Wettbewerb zu erwarten, was sich in den Angeboten und damit den identifizierten Wirtschaftlichkeitslücken niederschlagen wird. Berücksichtigt man zusätzlich die in den letzten Jahren beobachtbaren Preissteigerungen beim Tief-

²² https://www.gesetze-bayern.de/Content/Document/BayVV_7074_F_10600.

²³ Vgl. Wernick, C. et al. (2020): Der deutsche Telekommunikationsmarkt im internationalen Vergleich, Studie von WIK-Consult für das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, verfügbar unter: https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2020/Der_deutsche_TK-Markt_im_internationalen_Vergleich.pdf.

bau²⁴, ist davon auszugehen, dass der Förderbedarf in einem solchen zweistufigen Förderverfahren deutlich höher ist, als wenn direkt FTTH ausgebaut worden wäre.²⁵

Die Neujustierung in Richtung Gigabit wird mit der Einstellung der Bayerischen Breitbandrichtlinie realisiert. Zum Zweck der Aufrüstung von mit FTTC erschlossenen Gebieten mit FTTH hat die Bayerische Staatsregierung die Bayerische Gigabitrichtlinie verabschiedet. Auch wenn der Fokus auf Gigabit als Zielbandbreite positiv hervorzuheben ist, ist die Definition der Aufgreifschwelle auf 100 Mbps, die zuverlässig zur Verfügung stehen sollen, problematisch. Je nach Distanz vom Kabelverzweiger können über Vectoring bzw. (Super-)Vectoring-Technologie entsprechende Bandbreiten erreicht werden oder nicht. Entsprechend drohen im Ausbau Flickenteppiche. Hinzu kommt, dass es in einem solchen Fall schwer vermittelbar erscheint, warum bei gleicher Anschlusstechnologie innerhalb einer Gemeinde oder ggf. sogar Straße einige Haushalte die Voraussetzungen für eine Förderung erfüllen und andere nicht.

²⁴ Vgl. Wernick, C. et al. (2018): Tiefbaukapazitäten als Engpass für den FTTB/H-Ausbau? Empfehlungen zur Effizienzsteigerung und Kostensenkung für den Markt und die öffentliche Hand, Studie von WIK-Consult für den BREKO, verfügbar unter: <https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/WIK-Tiefbaustudie.pdf>.

²⁵ Vgl. Plückebaum, T.; Ockenfels, M. (2020): Kosten und andere Hemmnisse der Migration von Kupfer auf Glasfasernetze, WIK-Diskussionsbeitrag Nr. 457, Bad Honnef, Februar 2020, elektronisch verfügbar unter: https://www.wik.org/uploads/media/WIK_Diskussionsbeitrag_Nr_457_01.pdf.

3 Entwicklung der Breitbandverfügbarkeit in Bayern im Bundes/Ländervergleich

Die Versorgung mit Breitbandanschlüssen mit mindestens 50 Mbps²⁶ im Download hat in Bayern, wie auch im Rest Deutschlands, in den letzten drei Jahren stark zugenommen. Ende 2016 hatten 72,1 % der bayerischen Haushalte Zugang zu einem Anschluss mit 50 Mbps, Ende 2019 lag der Wert bei 94 %. Damit liegt Bayern im Bundesdeutschen Vergleich hinter den Stadtstaaten, dem Saarland und Nordrhein-Westfalen auf Rang 6.²⁷

²⁶ Diese Art von Anschlüssen wird über FTTC, FTTB/H oder Kabel realisiert.

²⁷ https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/Digitales/bericht-zum-breitbandatlas-ende-2016-ergebnisse.pdf?__blob=publicationFile sowie https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/breitband-verfuegbarkeit-ende-2019.pdf?__blob=publicationFile.

Tabelle 3-1: Versorgung mit mindestens 50 Mbps im Download in den Bundesländern im zeitlichen Verlauf, in % der Haushalte

Bundesland	≥ 50 Mbps Ende 2016	≥ 50 Mbps Ende 2017	≥ 50 Mbps Ende 2018	≥ 50 Mbps Ende 2019
Baden-Württemberg	77,3	81,3	87,4	91,9
Bayern	72,1	80,1	88,7	94,0
Berlin	90,2	92,2	96,0	98,0
Brandenburg	62,3	67,3	82,5	88,2
Bremen	93,6	95,0	97,2	98,3
Hamburg	94,6	97,3	97,0	98,2
Hessen	78,3	84,0	89,7	92,3
Mecklenburg-Vorpommern	57,4	62,5	72,6	76,2
Niedersachsen	76,4	79,7	87,4	90,8
Nordrhein-Westfalen	82,2	86,5	91,3	94,4
Rheinland-Pfalz	75,5	79,5	85,8	90,1
Saarland	76,5	78,9	92,8	96,7
Sachsen	57,6	65,7	78,1	85,1
Sachsen-Anhalt	48,4	55,1	68,4	78,3
Schleswig-Holstein	80,0	84,7	88,8	91,7
Thüringen	59,4	66,2	83,8	88,5
Deutschland	75,5	80,5	87,8	91,9

Quelle: TÜV Rheinland (2017/2018), atene KOM (2019/2020) im Auftrag des BMVI.

Auch im ländlichen Raum sind die Lücken in der Versorgung mit Bandbreiten von 50 Mbps zurückgegangen. Die Abdeckung stieg in Bayern im Betrachtungszeitraum von 36,7 % auf 83,9 %. Damit liegt Bayern unter den Flächenländern an erster Stelle.

Tabelle 3-2: Versorgung im ländlichen Raum mit mindestens 50 Mbps im Download in den Bundesländern²⁸ im zeitlichen Verlauf, in % der Haushalte

Bundesland	≥ 50 Mbps Ende 2016	≥ 50 Mbps Ende 2017	≥ 50 Mbps Ende 2018	≥ 50 Mbps Ende 2019
Baden-Württemberg	37,6	44,7	62,5	71,2
Bayern	36,7	54,0	74,8	83,9
Brandenburg	35,0	42,3	71,1	78,8
Hessen	32,1	38,3	56,4	62,2
Mecklenburg-Vorpommern	19,5	26,1	44,0	51,0
Niedersachsen	43,5	48,9	68,8	74,3
Nordrhein-Westfalen	45,1	56,1	71,8	78,4
Rheinland-Pfalz	44,3	53,3	64,2	72,4
Sachsen	15,2	25,3	47,6	57,9
Sachsen-Anhalt	20,8	28,6	47,9	63,9
Schleswig-Holstein	37,1	47,1	57,3	67,0
Thüringen	30,4	39,4	69,4	77,8
Deutschland	33,8	43,8	64,1	72,8

Quelle: TÜV Rheinland (2017/2018), atene KOM (2019/2020) im Auftrag des BMVI.

Auch die FTTH-Verfügbarkeit ist in den letzten 3 Jahren in allen Bundesländern gestiegen, allerdings in geringerem Umfang. Bayern liegt hier hinter Hamburg und Schleswig-Holstein mit einer Abdeckung von 15,5 % der Haushalte an dritter Stelle.

²⁸ Ländlicher Raum ist als Gebiet mit einer Bevölkerungsdichte unter 100 Einwohnern pro km² definiert. In den Stadtstaaten Berlin, Bremen und Hamburg gibt es einen solchen per definitionem nicht, im Saarland stehen dafür, falls vorhanden, seit 2018 keine Daten mehr zur Verfügung.

Tabelle 3-3: FTTH-Verfügbarkeit nach Bundesland in Prozent der Haushalte

Bundesland	Ende 2016	Ende 2017	Ende 2018	Ende 2019
Baden-Württemberg	1,7	1,9	2,2	5,5
Bayern	9,3	10,6	11,7	15,5
Berlin	0,3	0,9	1,0	7,2
Brandenburg	3,0	4,5	5,4	6,9
Bremen	0,0	0,0	0,1	3,0
Hamburg	70,9	70,9	71,0	71,0
Hessen	6,6	7,1	7,7	8,7
Mecklenburg-Vorpommern	2,5	3,5	8,0	11,7
Niedersachsen	4,7	4,9	7,4	10,9
Nordrhein-Westfalen	7,2	8,2	9,0	11,4
Rheinland-Pfalz	2,3	2,4	2,6	3,8
Saarland	1,3	2,5	2,4	2,6
Sachsen	6,8	7,9	8,8	12,4
Sachsen-Anhalt	2,8	5,4	6,1	7,9
Schleswig-Holstein	17,2	20,1	21,9	26,3
Thüringen	0,3	0,9	1,3	3,6
Deutschland	7,1	8,0	9,0	11,8

Quelle: TÜV Rheinland (2017/2018), atene KOM (2019/2020) im Auftrag des BMVI.

Wesentlich deutlicher als die FTTH-Verfügbarkeit hat sich die Abdeckung mit gigabitfähigen Anschlüssen erhöht, insbesondere seit 2018. Dies ist auf die großflächige Aufrüstung der bestehenden Breitbandkabelnetze auf DOCSIS 3.1 zurückzuführen, die die verfügbaren und vermarkteten Downloadbandbreiten von 400-500 Mbps auf 1000 Mbps vergrößert. In Bayern startete Vodafone damit Ende September 2018 in Nürnberg und Landshut, mit dem Ziel Gigabit-Anschlüsse innerhalb von 100 Tagen für 5 Millionen Menschen in Bayern und 12 Millionen Menschen in ganz Deutschland verfügbar zu machen.²⁹ Auch der beschleunigte FTTH-Ausbau führt zu einer höheren Gigabit-Verfügbarkeit, kann jedoch nur einen kleinen Teil des Anstiegs erklären.

²⁹ <https://www.vodafone.de/newsroom/netz/gigakabel-fuer-deutschlands-digitale-zukunft-heute-startschuss-in-bayern/>.

Tabelle 3-4: Gigabit-Verfügbarkeit³⁰ in Prozent der Haushalte

Bundesland	Ende 2016	Ende 2017	Ende 2018	Ende 2019
Baden-Württemberg	1,7	1,9	6,2	8,2
Bayern	9,3	10,6	47,9	54,6
Berlin	0,3	0,9	54,0	85,3
Brandenburg	3,0	4,5	6,6	19,4
Bremen	0,0	0,0	92,5	95,1
Hamburg	70,9	70,9	87	94,6
Hessen	6,6	7,1	19,3	25,5
Mecklenburg-Vorpommern	2,5	3,5	14,9	31,5
Niedersachsen	4,7	4,9	37,4	51,3
Nordrhein-Westfalen	7,2	8,2	14,2	48,7
Rheinland-Pfalz	2,3	2,4	12,8	43,1
Saarland	1,3	2,5	46,9	49,2
Sachsen	6,8	7,9	31,5	38,6
Sachsen-Anhalt	2,8	5,4	6,2	9,5
Schleswig-Holstein	17,2	20,1	48,0	70,7
Thüringen	0,3	0,9	14,1	22,0
Deutschland	7,1	8,0	27,3	43,2

Quelle: TÜV Rheinland (2017/2018), atene KOM (2019/2020) im Auftrag des BMVI.

Im Vergleich der Bundesländer sieht man, dass die Stärke des Anstiegs sehr heterogen ist. Maßgeblich sind hierfür einerseits die Priorisierungen der Anbieter beim Gigabit-Rollout und andererseits die Abdeckung der Kabelnetze, die insbesondere in den neuen Bundesländern häufig geringer ist.

Auch wenn über Kabel-Internet Gigabitbandbreiten angeboten werden können, ist die FTTH-Technologie dem Kabel in technischer Hinsicht überlegen. Dies liegt insbesondere am „shared medium“ Charakteristikum der Kabelnetze, d.h., dass sich mehrere Nut-

³⁰ Für 2016 und 2017 wurden keine expliziten Daten für Gigabit-Verfügbarkeiten in den Berichten für das BMVI ausgewiesen, sondern nur Technologie-Verfügbarkeiten. Für die Berechnung der Zahlen für 2016 und 2017 in Tabelle 3-4 wurde daher angenommen, dass über alle, zu diesem Zeitpunkt existierenden FTTH/H-Anschlüsse, Gigabit-Geschwindigkeiten angeboten werden konnten. Da die Aufrüstung auf den DOCSIS 3.1-Standard erst Mitte 2018 gestartet wurde, haben wir unterstellt, dass über Kabelnetze zu den Zeitpunkten 2016 und 2017 keine Gigabitgeschwindigkeiten verfügbar waren.

zer in einem Cluster die verfügbare Bandbreite teilen müssen. Je nachdem wie viele Nutzer sich innerhalb eines Cluster befinden, kann dies insbesondere bei gleichzeitiger Nutzung in Stoßzeiten zu einem Abfall der Downloadgeschwindigkeiten führen.³¹ Außerdem ist die Uploadbandbreite zugunsten des Downloads deutlich limitierter als bei FTTH³², was insbesondere bei Unternehmen, in Zeiten von starker Nutzung von Video-Konferenzen und Clouddiensten jedoch ggf. auch bei Privathaushalten, problematisch sein kann. Auch die Latenzzeiten der Anschlüsse sind bei FTTH deutlich niedriger, was insbesondere bei Mehrspieler-Videospielen übers Internet, aber auch bei Augmented-Reality-Anwendungen relevant ist.³³

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Bayern im bundesdeutschen Vergleich in den letzten drei Jahren gut abgeschnitten hat. Die Zahl der unterversorgten Haushalte mit Bandbreiten kleiner 50 Mbps hat sich deutlich reduziert – gleichzeitig wuchs die Zahl der Haushalte mit Gigabitzugang. Letzteres ist vor allem dem eigenwirtschaftlichen Upgrade der Kabelnetze durch Vodafone geschuldet und weniger der Expansion der FTTH-Netze. Auch wenn die FTTH-Abdeckung in Bayern durchschnittlich um 2,1% p.a. gestiegen ist, liegt diese, ebenso wie die bundesweite Coverage, im internationalen Vergleich weiterhin auf bescheidenem Niveau.

31 <https://www.inside-digital.de/ratgeber/shared-medium-kabel-internet-lte-vorteile-nachteile#shared-medium-im-kabelnetz-gefuemlht-negativ>.

32 Während FTTB/H-Anbieter wie die Deutsche Glasfaser oder Inexio bei einem Gigabit Downloadgeschwindigkeit oftmals 500 Mbps Upload bieten, sind es beim größten Kabelnetzbetreiber, der Vodafone, nur 50 Mbps im Upload.

33 Laut Breitbandmessung der Bundesnetzagentur hatten z. B. Anschlüsse im Netz des reinen Kabelanbieters Unitymedia 2018/19 eine im Median um 75 % höhere Round Trip Time (Paketlaufzeit bei der Messung, die als Indikator für die Latenzzeit gesehen werden kann) als Anschlüsse im Netz des reinen FTTB/H-Anbieters Deutsche Glasfaser, elektronisch verfügbar unter: <https://breitbandmessung.de/interaktive-darstellung>.

Abbildung 3-1: FTTH-Abdeckung im europäischen Vergleich inkl. Bayern, Stand Mitte 2019



Quelle: WIK basierend auf Daten der Europäischen Kommission und der atene KOM (2020).

Das im Vergleich deutlich stärkere Wachstum bei der Verfügbarkeit von Anschlüssen mit 50 Mbps weist auch daraufhin, dass die Verbesserung bei der Breitbandabdeckung insbesondere auf den Ausbau von FTTC-Infrastruktur zurückzuführen ist. Dies ist ein Indiz dafür, dass auch zwischen Ende 2016 und Ende 2019 ein relevanter Anteil der Fördermittel für den Ausbau von FTTC-basierten Anschlüssen verwendet wurde, aber auch die Deutsche Telekom ihrer Verpflichtung zum Ausbau der Nahbereiche nachgekommen ist, die sie im Gegenzug zum Recht des Einsatzes von Vectoring im HVT eingegangen ist.

4 Kosten des flächendeckenden FTTH-Ausbaus

4.1 Vorgehen

Um eine weitestgehende Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erreichen, wurden die Parameter der Modellierung im Vergleich zur Studie von 2017 nicht angepasst. Es ist zu beachten, dass eventuelle Kostensteigerungen, insbesondere für Tiefbauarbeiten als wesentliche Kostentreiber des Glasfaserausbaus, daher in den quantitativen Ergebnissen nicht berücksichtigt sind.

Wir modellieren einen eingeschwungenen Zustand des Marktes ("Steady State") etwa 10 Jahre in der Zukunft. Insofern nehmen wir eine Analyse des mittel- bis langfristigen Wettbewerbszustands vor und stellen uns die Frage, welchen Marktanteil und welche Einnahmen Glasfaseranschlussnetze erzielen können bzw. müssen. Mit Blick auf die strukturellen Parameter und die Modellparameter unserer Berechnungen verweisen wir auf die entsprechenden Kapitel der Vorgängerstudie.³⁴

In unserer Berechnung geht die bestehende Versorgung zum Stand Ende 2019 ein. Wir bestimmen den über die bestehende Netzabdeckung hinaus noch erforderlichen Netzabdeckungsbedarf, um zu einer flächendeckenden Versorgung zu gelangen.

Die notwendigen Investitionen bis zur Erlangung einer flächendeckenden Versorgung werden hierbei auf der Basis eines FTTH-Ausbaus abgeschätzt. Anders als noch in der Studie 2017 stehen heute besser differenzierte Daten zur bestehenden Versorgung zur Verfügung. Während in 2017 lediglich der bestehende FTTH-Ausbau differenziert war und die anderen leitungsgebunden Technologien (DSL, FTTC, HFC) nicht weiter unterscheidbar waren, liegen heute Daten vor, die aufgrund der angegebenen Übertragungsgeschwindigkeiten auch Rückschlüsse auf die Verfügbarkeit von HFC (Breitbandkabel) mit Bandbreiten von ≥ 400 Mbps bzw. ≥ 1.000 Mbps zulassen. Allerdings ist zu beachten, dass FTTH auch immer in den Werten der leitungsgebundenen Technologien enthalten ist. Daher wurde in dieser Studie die Brownfield-Betrachtung dreifach durchgeführt:

- FTTH
- Leitungsgebunden ≥ 400 Mbps („LTG400“)
- Leitungsgebunden ≥ 1.000 Mbps („LTG1000“)

Diese Differenzierung ist aus mehreren Gründen relevant. Zum einen können wir auf dieser Basis den Investitions- und Subventionsbedarf für eine flächendeckende Glasfaser- und eine flächendeckende Gigabitinfrastruktur bestimmen, die sich aufgrund der in

³⁴ Queder, F. et al. (2017): Flächendeckende Glasfasernetze für Bayern, Studie von WIK-Consult für die Bayerische Landtagsfraktion von Bündnis 90/Die Grünen, Kapitel 5.

Kapitel 3 beschriebenen Aufrüstung der Kabelnetze deutlich voneinander unterscheiden. Die Berechnung LTG400 wird durchgeführt, da davon auszugehen ist, dass die Kabelanschlüsse, über die heute Bandbreiten von 400 Mbps angeboten werden, kurz bis mittelfristig eigenwirtschaftlich auf DOCSIS 3.1 Technologie aufgerüstet werden und damit ebenfalls das Kriterium der Gigabitfähigkeit erfüllen.

Für die Anwendung des NGA-Modells ist die bestehende Ausgangsversorgung der Anschlüsse mit FTTH/LTG400/LTG1000 in Bayern den 20 Clustern zuzuordnen, die nach Anschlussbereichen fallender Anschlussdichte gruppiert wurden. Diese Clusterstruktur wurde bereits in der Vorgängerstudie verwendet. Ausgangspunkt hierfür sind die Daten zur Breitbandversorgung aus der Antwort der Bundesregierung auf die kleine Anfrage des Bundestagsabgeordneten Dieter Janecek zur Breitbandversorgung in Bayern.³⁵ Darin sind für jeden Landkreis bzw. jede kreisfreie Stadt Bayerns die prozentuale und absolute bestehende Versorgung dargestellt.

Die Zuordnung der Anschlussbereiche zu den Clustern ist eindeutig. Bei der Zuordnung der Anschlussbereiche zu den Kreisen bzw. kreisfreien Städten wurde jeweils der Anschlussbereich gewählt, dessen zugehöriger MPoP innerhalb der Kreisgrenzen liegt. Da nicht davon ausgegangen werden kann, dass jeder einem Kreis zugeordnete Anschlussbereich im gleichen Maße bereits mit FTTH versorgt ist, war es notwendig, die vorliegenden Informationen auf die Ebene der Anschlussbereiche zu überführen. Hierzu wurden in der Vorgängerstudie die nach Clusterzugehörigkeit aufsteigend (fallende Anschlussdichte) und innerhalb einer Clusterzugehörigkeit nach Anschlusszahl fallend sortierten Anschlussbereiche von den niedrigen Clustern (hohe Anschlussdichte) ausgehend nach dem Pareto-Prinzip zu jeweils 80 % als versorgt angenommen, bis alle vorhandenen FTTH-Anschlüsse verteilt waren. Diese Logik folgt der Annahme, dass ein Netzbetreiber zunächst die urbanen (lukrativen Bereiche) eines Kreises (oder einer kreisfreien Stadt) mit FTTH versorgen würde und danach erst die suburbanen (weniger lukrativen) oder ruralen (ggf. defizitären) Gebiete. Durch Anwendung des Pareto-Prinzips wird der Tatsache Rechnung getragen, dass zwar eine Ausrüstung von ganzen Straßenzügen mit FTTH angenommen werden kann, aber immer auch eine Restmenge je Anschlussbereich noch nicht mit FTTH versorgt ist.

Im Rahmen dieser Studie wurde dieser Ansatz etwas erweitert, da (insbesondere bei den Betrachtungen LTG400 und LTG1000) bereits Kreise mit einem Ausbaustand von mehr als 80 % ausgewiesen sind. Daher wurden nun für alle Kreise mit einem Ausbaustand (der jeweils betrachteten Technologie) von weniger als 80% die bisherige Zuordnung durchgeführt. Für alle Kreise mit einem Ausbaustand von mehr als 80% wurde die Annahme getroffen, dass der Ausbaustand des jeweiligen Anschlussbereichs dem Ausbaustand des Kreises entspricht, was dann zu einer angenommenen Gleichverteilung

³⁵ Diese wurden entnommen, vgl. Deutscher Bundestag (2017): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dieter Janecek, Tabea Rößner, Matthias Gastel, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 18/13438 – , elektronisch verfügbar unter: <http://dipbt.bundestag.de/doc/btd/18/136/1813620.pdf>.

lung über die Anschlussbereiche hinweg führt. Bezogen auf die 20 Cluster ergibt sich der in den folgenden Tabellen dargestellte angenommene Ausbaustand je Cluster.

Tabelle 4-1: Bestehender FTTH-Ausbau je Cluster (2017)

Cluster FTTH Ausbau		Cluster FTTH Ausbau		Cluster FTTH Ausbau		Cluster FTTH Ausbau	
1	76%	6	21%	11	1%	16	0%
2	57%	7	16%	12	2%	17	0%
3	11%	8	7%	13	0%	18	0%
4	17%	9	6%	14	0%	19	0%
5	8%	10	1%	15	0%	20	0%

Quelle: WIK.

Tabelle 4-2: Bestehender FTTH-Ausbau je Cluster (2020)

Ausbau		Ausbau		Ausbau		Ausbau	
Cluster	FTTH	Cluster	FTTH	Cluster	FTTH	Cluster	FTTH
1	77%	6	27%	11	6%	16	0%
2	47%	7	26%	12	4%	17	0%
3	14%	8	16%	13	6%	18	0%
4	26%	9	14%	14	1%	19	0%
5	15%	10	14%	15	0%	20	0%

Quelle: WIK.

Tabelle 4-3: Bestehender LTG1000-Ausbau je Cluster (2020)

Ausbau		Ausbau		Ausbau		Ausbau	
Cluster	>= 1000Mbps						
1	94%	6	79%	11	55%	16	17%
2	92%	7	80%	12	55%	17	20%
3	89%	8	71%	13	42%	18	3%
4	88%	9	65%	14	41%	19	1%
5	85%	10	56%	15	32%	20	0%

Quelle: WIK.

Tabelle 4-4: Bestehender LTG400-Ausbau je Cluster (2020)

Ausbau		Ausbau		Ausbau		Ausbau	
Cluster	>=400Mbps	Cluster	>=400Mbps	Cluster	>=400Mbps	Cluster	>=400Mbps
1	95%	6	85%	11	67%	16	25%
2	92%	7	81%	12	65%	17	26%
3	90%	8	79%	13	59%	18	8%
4	89%	9	79%	14	53%	19	8%
5	86%	10	73%	15	40%	20	0%

Quelle: WIK.

Da in den Verfügbarkeiten auf Clusterebene in 2017 Kabelanschlüsse nicht enthalten waren, lassen sich über den Vergleich der Ergebnisse in Tabelle 5-1 und Tabelle 5-2 Rückschlüsse über die Expansion von FTTH aggregiert auf Clusterebene ziehen. Es wird deutlich, dass der Aufwuchs an FTTH im Betrachtungszeitraum insbesondere in den Clustern 3-13 stattgefunden hat und in Cluster 10 am stärksten war.³⁶ In den am dünnsten besiedelten Clustern 15-20 haben im Betrachtungszeitraum trotz der umfangreichen Förderung hingegen keine nennenswerten FTTH-Ausbauten stattgefunden.

4.2 Ergebnis der Modellierung

Auf Basis der Zuordnung der bestehenden Ausbauten mit FTTH auf die 20 Cluster können die für die Restversorgung mit FTTH benötigten Investitionsvolumina berechnet werden. In Cluster 1 wäre demnach noch ein Investitionsvolumen in Höhe von 15,5 Mio. € erforderlich, in Cluster 10 belief sich die Summe auf rund 540 Mio. € und in Cluster 20 auf 1,16 Mrd. €. Insgesamt müsste für eine flächendeckende Erschließung Bayerns ein Investitionsvolumen von 10,6 Mrd. € erbracht werden.

Bei Betrachtung des bestehenden Ausbaus mit LTG1000 bzw. LTG400 ergeben sich für Cluster 1 Investitionsvolumina von jeweils 2,8 Mio. €, für Cluster 10 von 246 Mio. € bzw. 125 Mio. € und für Cluster 20 von jeweils 1,16 Mrd. €. Insgesamt beläuft sich das Investitionsvolumen auf 6,7 Mrd. € bzw. 5,9 Mrd. €.

³⁶ Der vermeintliche Rückgang in Cluster 2 ist der oben beschriebenen Verteilungslogik geschuldet. Es ist davon auszugehen, dass in Cluster 2 keine maßgebliche Veränderung stattgefunden hat.

Tabelle 4-5: Flächendeckung FTTH bei bestehender Versorgung FTTH

FTTH >= 1000Mbps																			
Cluster	Fehlende Anschlüsse	Ansl. Kum.	Anteil	Subscriber	Subs. Kum.	Invest [EUR]	Invest kumuliert [EUR]	Invest/Subscriber [EUR]	Invest/Anschluss [EUR]	OPEX [EUR/Monat]	OPEX kumuliert [EUR/Monat]	Kosten/Subscriber [EUR/Monat]	Kosten [EUR/Monat]	Kosten kumuliert [EUR/Monat]	ARPU [EUR/Monat]	Profit(Loss) [EUR/Monat]	Profit(Loss)/Subscriber [EUR/Monat]	Profit(Loss) kumuliert [EUR/Monat]	Invest Delta [EUR]
1	18.075	0%	5%	14.460	0%	15.500.515	15.500.515	1.072	858	71.059	71.059	21,25	307.245	307.245	37,58	236.203	16,33	236.203	0
2	228.780	4%	70%	183.024	4%	224.054.011	239.554.526	1.224	979	924.050	995.109	22,46	4.110.619	4.417.864	37,58	2.767.954	15,12	3.004.157	0
3	275.440	9%	85%	220.352	9%	293.186.336	532.740.861	1.331	1.064	1.137.866	2.132.975	23,31	5.135.831	9.553.696	37,58	3.145.636	14,28	6.149.793	0
4	238.704	14%	71%	190.963	14%	284.533.330	817.274.192	1.490	1.192	1.004.165	3.137.140	24,51	4.679.769	14.233.464	37,58	2.497.182	13,08	8.646.975	0
5	262.637	19%	86%	226.110	19%	345.588.321	1.162.862.512	1.528	1.223	1.199.629	4.336.769	24,82	5.611.972	19.845.437	37,58	2.885.882	12,76	11.532.857	0
6	241.127	23%	72%	192.902	23%	341.185.634	1.504.048.146	1.769	1.415	1.098.599	5.435.368	26,90	5.189.620	25.035.057	37,58	2.060.182	10,68	13.593.039	0
7	240.373	27%	74%	192.298	27%	381.080.897	1.885.129.043	1.982	1.585	1.157.652	6.593.021	28,72	5.523.138	30.558.195	37,58	1.703.994	8,86	15.297.032	0
8	286.346	32%	87%	229.077	32%	473.608.018	2.358.737.062	2.067	1.654	1.407.791	8.000.811	29,44	6.745.124	37.303.318	37,58	1.864.247	8,14	17.161.279	0
9	280.483	37%	86%	224.386	37%	495.140.562	2.853.877.623	2.207	1.765	1.432.089	9.432.901	30,67	6.881.805	44.185.123	37,58	1.551.287	6,91	18.712.566	0
10	283.508	42%	86%	226.806	42%	539.905.546	3.393.783.169	2.380	1.904	1.500.853	10.933.754	32,11	7.283.431	51.468.554	37,58	1.240.611	5,47	19.953.177	0
11	310.748	48%	95%	248.598	48%	590.135.598	3.983.918.767	2.374	1.899	1.653.229	12.586.983	32,12	7.984.562	59.453.117	37,58	1.358.487	5,46	21.311.664	0
12	317.183	54%	96%	253.746	54%	592.573.834	4.576.492.601	2.335	1.868	1.689.918	14.276.900	31,87	8.087.850	67.540.967	37,58	1.448.675	5,71	22.760.339	0
13	310.748	59%	95%	248.598	59%	636.118.369	5.212.610.970	2.569	2.047	1.758.339	16.035.239	33,88	8.421.570	75.962.537	37,58	921.479	3,71	23.681.818	0
14	324.896	65%	99%	259.917	65%	679.427.920	5.892.038.890	2.614	2.091	1.888.547	17.923.787	34,50	8.966.630	84.929.167	37,58	801.797	3,08	24.483.615	0
15	327.509	71%	100%	262.007	71%	671.879.862	6.563.918.752	2.564	2.051	1.898.768	19.822.554	34,15	8.946.807	93.875.973	37,58	900.184	3,44	25.383.799	0
16	327.562	77%	100%	262.042	77%	663.344.494	7.227.263.246	2.531	2.025	2.083.394	21.905.948	34,88	9.140.593	103.016.566	37,58	707.690	2,70	26.091.489	0
17	328.003	82%	100%	262.402	82%	663.652.727	7.890.915.973	2.529	2.023	2.166.492	24.072.441	35,28	9.258.754	112.275.321	37,58	603.089	2,30	26.694.578	0
18	329.577	88%	100%	263.662	88%	730.133.042	8.621.049.015	2.769	2.215	2.382.998	26.455.439	37,84	9.977.573	122.252.893	37,58	-68.405	-0,26	26.626.173	8.137.833
19	327.975	94%	100%	262.380	94%	826.291.633	9.447.340.648	3.149	2.519	2.696.812	29.152.250	41,86	10.982.868	133.235.762	37,58	-1.121.867	-4,28	25.504.306	126.638.533
20	331.015	100%	100%	264.812	100%	1.162.294.853	10.609.635.501	4.389	3.511	3.703.812	32.856.062	54,30	14.378.380	147.614.141	37,58	-4.425.977	-16,71	21.078.329	371.720.422
Σ	5.610.679			4.488.543		10.609.635.501		2.244	1.795	32.856.062		31,75	147.614.141			21.078.329	4,70		506.496.788

Quelle: WIK.

Tabelle 4-6: Flächendeckung FTTH bei bestehender Versorgung LTG \geq 1000

Leitungsgebunden \geq 1000Mbps																			
Cluster	Fehlende Anschlüsse	Ansl. Kum.	Anteil	Subscriber	Subs. Kum.	Invest [EUR]	Invest kumuliert [EUR]	Invest/ Subscriber [EUR]	Invest/ Anschluss [EUR]	OPEX [EUR/Monat]	OPEX kumuliert [EUR/Monat]	Kosten/ Subscriber [EUR/Monat]	Kosten [EUR/Monat]	Kosten kumuliert [EUR/Monat]	ARPU [EUR/Monat]	Profit(Loss) [EUR/Monat]	Profit(Loss) Subscriber [EUR/Monat]	Profit(Loss) kumuliert [EUR/Monat]	Invest Delta [EUR]
1	3.295	0%	1%	2.636	0%	2.825.705	2.825.705	1.072	868	12.954	12.954	21,25	56.010	56.010	37,58	43.059	16,33	43.059	0
2	3.269	0%	1%	2.615	0%	3.201.471	6.027.176	1.224	979	13.204	26.157	22,46	58.736	114.746	37,58	39.551	15,12	82.610	0
3	6.460	0%	2%	5.168	0%	6.876.425	12.903.601	1.331	1.064	26.687	52.844	23,31	120.453	236.198	37,58	73.776	14,28	156.386	0
4	10.697	1%	3%	8.558	1%	12.750.734	25.654.335	1.490	1.192	44.999	97.844	24,51	209.714	444.912	37,58	111.906	13,08	268.291	0
5	64.053	3%	20%	51.242	3%	78.318.934	103.973.269	1.528	1.223	271.867	369.711	24,82	1.271.821	1.716.733	37,58	654.017	12,76	922.308	0
6	78.821	5%	24%	63.057	5%	111.526.904	215.500.173	1.769	1.415	359.117	728.828	26,90	1.696.413	3.413.146	37,58	673.444	10,68	1.595.753	0
7	35.089	7%	11%	28.071	7%	55.628.615	271.128.788	1.982	1.585	168.991	897.819	28,72	806.253	4.219.399	37,58	248.744	8,86	1.844.497	0
8	88.125	9%	27%	70.500	9%	145.754.956	416.883.745	2.067	1.654	433.257	1.331.076	29,44	2.075.859	6.295.258	37,58	573.735	8,14	2.418.232	0
9	104.280	13%	32%	83.424	13%	184.087.846	600.971.590	2.207	1.765	532.433	1.863.509	30,67	2.558.567	8.853.825	37,58	576.749	6,91	2.994.981	0
10	129.361	17%	39%	103.489	17%	246.351.894	847.323.485	2.380	1.904	684.820	2.548.328	32,11	3.323.335	12.177.160	37,58	566.075	5,47	3.561.055	0
11	150.371	22%	46%	120.297	22%	285.568.524	1.132.892.009	2.374	1.899	799.998	3.348.326	32,12	3.863.731	16.040.891	37,58	657.372	5,46	4.218.427	0
12	147.869	27%	45%	118.295	27%	276.252.788	1.409.144.797	2.335	1.868	787.830	4.136.157	31,87	3.770.512	19.811.403	37,58	675.365	5,71	4.893.792	0
13	201.438	33%	62%	161.150	33%	412.351.151	1.821.495.948	2.559	2.047	1.139.818	5.275.975	33,88	5.459.164	25.270.566	37,58	597.336	3,71	5.491.128	0
14	224.393	40%	68%	179.514	40%	469.251.928	2.290.747.876	2.614	2.091	1.304.346	6.580.321	34,50	6.192.902	31.463.468	37,58	553.770	3,08	6.044.897	0
15	249.593	48%	76%	199.674	48%	512.037.239	2.802.785.115	2.564	2.051	1.447.042	8.027.363	34,15	6.818.317	38.281.785	37,58	686.026	3,44	6.730.923	0
16	290.623	58%	88%	232.498	58%	588.557.575	3.391.342.690	2.531	2.025	1.848.507	9.875.870	34,88	8.110.060	46.391.846	37,58	627.904	2,70	7.358.827	0
17	311.510	68%	95%	249.208	68%	630.283.052	4.021.625.742	2.529	2.023	2.057.554	11.933.424	35,28	8.793.196	55.185.042	37,58	572.764	2,30	7.931.590	0
18	329.577	79%	100%	253.662	79%	730.133.042	4.751.758.784	2.769	2.215	2.382.998	14.316.422	37,84	9.977.573	65.162.614	37,58	-68.405	-0,26	7.863.185	8.137.833
19	327.975	89%	100%	252.380	89%	826.291.633	5.578.050.416	3.149	2.519	2.696.812	17.013.234	41,86	10.982.868	76.145.483	37,58	-1.121.867	-4,28	6.741.318	126.638.533
20	331.015	100%	100%	254.812	100%	1.162.294.853	6.740.345.269	4.389	3.511	3.703.812	20.717.046	54,30	14.378.380	90.523.862	37,58	-4.425.977	-16,71	2.315.341	371.720.422
ΣØ	3.087.814			2.470.251		6.740.345.269		2.244	1.795	20.717.046		31,75	90.523.862			2.315.341	0,94		506.496.788

Quelle: WIK.

Tabelle 4-7: Flächendeckung FTTH bei bestehender Versorgung LTG>=400

Leitungsgebunden >=400Mbps																			
Cluster	Fehlende Anschlüsse	Ansl. Kum.	Anteil	Subscriber	Subs. Kum.	Invest [EUR]	Invest kumuliert [EUR]	Invest/ Subscriber [EUR]	Invest/ Anschluss [EUR]	OPEX [EUR/Monat]	OPEX kumuliert [EUR/Monat]	Kosten/ Subscriber [EUR/Monat]	Kosten [EUR/Monat]	Kosten kumuliert [EUR/Monat]	ARPU [EUR/Monat]	Profit(Loss) [EUR/Monat]	Profit(Loss) Subscriber [EUR/Monat]	Profit(Loss) kumuliert [EUR/Monat]	Invest Delta [EUR]
1	3.295	0%	1%	2.636	0%	2.825.705	2.825.705	1.072	858	12.954	12.954	21,25	56.010	56.010	37,58	43.059	16,33	43.059	0
2	3.269	0%	1%	2.615	0%	3.201.471	6.027.176	1.224	979	13.204	26.157	22,46	58.736	114.746	37,58	39.551	15,12	82.610	0
3	3.243	0%	1%	2.594	0%	3.451.944	9.479.120	1.331	1.064	13.397	39.554	23,31	60.469	175.214	37,58	37.036	14,28	119.646	0
4	6.233	1%	2%	4.986	1%	7.429.601	16.908.720	1.490	1.192	26.221	65.775	24,51	122.197	297.412	37,58	65.206	13,08	184.852	0
5	51.055	3%	16%	40.844	3%	62.427.108	79.335.828	1.528	1.223	216.699	282.474	24,82	1.013.736	1.311.147	37,58	521.300	12,76	706.152	0
6	64.445	5%	19%	51.556	5%	91.186.154	170.521.982	1.769	1.415	293.618	576.092	26,90	1.387.008	2.698.155	37,58	550.616	10,68	1.256.768	0
7	27.220	6%	8%	21.776	6%	43.153.828	213.675.811	1.982	1.585	131.093	707.185	28,72	625.444	3.323.599	37,58	192.961	8,86	1.449.730	0
8	54.635	8%	17%	43.708	8%	90.363.416	304.039.226	2.067	1.654	268.607	975.792	29,44	1.286.974	4.610.573	37,58	355.700	8,14	1.805.429	0
9	45.779	10%	14%	36.623	10%	80.813.067	384.852.294	2.207	1.765	233.738	1.209.531	30,67	1.123.213	5.733.786	37,58	253.193	6,91	2.058.622	0
10	65.834	12%	20%	52.667	12%	125.372.445	510.224.739	2.380	1.904	348.516	1.558.047	32,11	1.691.301	7.425.087	37,58	288.085	5,47	2.346.707	0
11	102.415	16%	31%	81.932	16%	194.493.441	704.718.180	2.374	1.899	544.864	2.102.911	32,12	2.631.518	10.056.605	37,58	447.724	5,46	2.794.432	0
12	109.440	20%	33%	87.552	20%	204.458.666	909.176.846	2.335	1.868	583.085	2.685.996	31,87	2.790.611	12.847.216	37,58	499.847	5,71	3.294.279	0
13	138.596	26%	42%	110.877	26%	283.710.244	1.192.887.090	2.559	2.047	784.233	3.470.229	33,88	3.756.085	16.603.301	37,58	410.987	3,71	3.705.265	0
14	191.353	33%	58%	153.062	33%	400.159.345	1.593.046.436	2.614	2.091	1.112.292	4.582.521	34,50	5.281.049	21.884.360	37,58	472.232	3,08	4.177.497	0
15	217.406	41%	66%	173.925	41%	446.004.559	2.039.050.994	2.564	2.051	1.260.434	5.842.955	34,15	5.939.041	27.823.391	37,58	597.557	3,44	4.775.055	0
16	277.271	52%	84%	221.817	52%	561.516.302	2.600.567.297	2.531	2.025	1.763.582	7.606.536	34,88	7.737.463	35.560.853	37,58	599.056	2,70	5.374.111	0
17	292.356	63%	89%	233.885	63%	591.528.505	3.192.095.802	2.529	2.023	1.931.040	9.537.576	35,28	8.252.523	43.813.377	37,58	537.546	2,30	5.911.656	0
18	323.222	75%	98%	258.578	75%	716.053.923	3.908.149.724	2.769	2.215	2.337.049	11.874.625	37,84	9.785.182	53.598.559	37,58	-67.086	-0,26	5.844.570	7.980.917
19	318.174	87%	97%	254.539	87%	801.600.227	4.709.749.951	3.149	2.519	2.616.222	14.490.847	41,86	10.654.653	64.253.222	37,58	-1.088.342	-4,28	4.756.228	122.854.146
20	331.015	100%	100%	254.812	100%	1.162.294.853	5.872.044.804	4.389	3.511	3.703.812	18.194.659	54,30	14.378.380	78.631.602	37,58	-4.425.977	-16,71	330.252	371.720.422
Σ	2.626.256			2.101.005		5.872.044.804		2.244	1.795	18.194.659		31,75	78.631.602		330.252	0,16		502.555.486	

Quelle: WIK.

Gemäß unserer Ergebnisse wäre der FTTH-Ausbau in den Clustern 1 bis 17 im Steady State profitabel und damit eigenwirtschaftlich darstellbar. In den letzten drei Clustern müssten noch ca. 1 Mio. Anschlüsse mit einem Investitionsbudget von insgesamt ca. 2,7 Mrd. € errichtet werden. Hierfür müssten den ausbauenden Netzbetreibern Investitionsbeihilfen in Höhe von rund 0,5 Mrd. € bereitgestellt werden, um die bestehenden Wirtschaftlichkeitslücken auszugleichen.³⁷

Mit Blick auf die Übertragung der Modellergebnisse in die Praxis müssen mehrere Aspekte erwähnt werden, die zu zusätzlichen Kosten im Business Case des Netzbetreibers gegenüber der von uns betrachteten Modell-Kostenwelt führen. Zum einen bedarf es einer Hochlaufphase, bis die von uns prognostizierte Penetration erreicht wird, während der aufseiten des ausbauenden Anbieters in der Regel Anlaufverluste anfallen werden. Zudem müssen während der Hochlaufphase alte und neue Infrastrukturen parallel betrieben werden, weswegen im Zuge der Migration Kosten für die Umstellung der Kunden von der Kupfer- auf die Glasfaserinfrastruktur und die Abschaltung der alten Technik anfallen. Schließlich haben wir, wie eingangs erwähnt, die Inputparameter der Modellierung aus Gründen der Vergleichbarkeit nicht verändert. Entsprechend berücksichtigen die genannten Zahlen nicht die Preissteigerungen im Tiefbausektor, die in den letzten Jahren zu beobachten waren. In einer Studie vom November 2018 hatten wir in diesem Bereich Preissteigerungen in einer Größenordnung von 16% p.a. ermittelt.³⁸ Diese Aspekte werden in der Praxis den Business Case des ausbauenden Unternehmens belasten und den Break Even auf einen späteren Zeitpunkt verschieben. Dies dürfte zur Folge haben, dass die im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitslücke ermittelten Fehlbeträge höher als die oben aufgeführten Werte ausfallen dürften.

Umgekehrt bleibt festzuhalten, dass die hier vorgestellten Modellberechnungen nicht berücksichtigen, dass in einer Vielzahl von Anschlussbereichen bereits bestimmte Glasfaserstrecken, die z. B. für FTTC errichtet wurden, auch für eine Migration des Netzes auf FTTH genutzt werden können. Dadurch können Investitionen in einer Größenordnung von 10 % bis 15 % der für FTTH erforderlichen Investitionen eingespart werden. Diese Einsparungseffekte sollten den o. g. Effekten entgegenwirken.³⁹

Ein marktgetriebener FTTH-Ausbau ist grundsätzlich immer dann zu erwarten, wenn der Netzbetrieb profitabel erfolgen kann. Nach den vorausgegangenen Berechnungen wäre dies in einer Steady-State-Betrachtung für Anschlussbereiche in den Clustern 1 bis 17 möglich. Zu beachten ist, dass eine solche Betrachtung nicht mit einer Business

³⁷ Da ein geförderter Überbau von HFC-Infrastruktur den Förderrichtlinien der Kommission widerspricht, sind die berechneten Ergebnisse aus dem FTTH und LTG1000 Szenario für die Subventionsbetrachtung faktisch nicht relevant.

³⁸ Vgl. Wernick, C. et al. (2018): Tiefbaukapazitäten als Engpass für den FTTH/H-Ausbau? Empfehlungen zur Effizienzsteigerung und Kostensenkung für den Markt und die öffentliche Hand, Studie von WIK-Consult für den BREKO, verfügbar unter: <https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/WIK-Tiefbaustudie.pdf>.

³⁹ Vgl. Plückebaum, T.; Ockenfels, M. (2020): Kosten und andere Hemmnisse der Migration von Kupfer auf Glasfasernetze, WIK-Diskussionsbeitrag Nr. 457, Bad Honnef, Februar 2020, elektronisch verfügbar unter: https://www.wik.org/uploads/media/WIK_Diskussionsbeitrag_Nr_457_01.pdf.

Case-Betrachtung eines Unternehmens gleichzusetzen ist, da ein eingeschwungener Zustand modelliert wird. In der Praxis könnte sich die Zahl der eigenwirtschaftlich erschließbaren Cluster und Haushalte daher entsprechend reduzieren, da ein Unternehmen mögliche Anlaufverluste und Migratonskosten in sein Kalkül einbeziehen wird. Gleiches gilt für die in der Praxis zu erwartenden Subventionsbedarfe.

Der Subventionsbedarf ergibt sich aus der Tatsache, dass für die Cluster 18, 19 und 20 kein profitabler Ausbau möglich sein wird, da in diesen Clustern der zu erwartende durchschnittliche monatliche Erlös in Höhe von 37,58 € nicht zur Deckung der Kosten je Teilnehmer ausreicht. Im Cluster 18 ist diese Unterdeckung mit 0,26 € noch relativ gering, sie steigt in Cluster 19 aber bereits auf 4,28 € und erreicht im Cluster 20 einen Höchstwert von 16,71 €. Immerhin 38 Kreise umfassen mindestens einen Anschlussbereich aus allen drei defizitären Clustern.

4.3 Beurteilung der Ergebnisse

Unsere Modellergebnisse weisen darauf hin, dass mit Blick auf die für eine flächendeckende Gigabitversorgung Bayerns erforderlichen Investitionen ein großer Unterschied besteht, ob die Flächendeckung über einen Technologiemark aus Breitbandkabel und Glasfaser oder über Glasfaser erreicht werden soll.

Für eine komplette FTTH-Erschließung wären auf Basis unserer Berechnungen Investitionen in Höhe von 10,61 Mrd. € erforderlich. Dieser Wert hat sich im Vergleich zu unserer früheren Berechnung aus 2017 um 384 Mio. € reduziert. Berücksichtigt man die vorhandenen Kabelnetze und setzt sich anstelle einer Glasfaservollerschließung eine Gigabitererschließung Bayerns zum Ziel reduziert sich der Investitionsbedarf auf 6,74 bzw. 5,87 Mrd. €.

Zu beachten ist, dass ein geförderter Überbau der Kabelnetzinfrastrukturen nach den Förderrichtlinien der EU-Kommission nicht zulässig ist, so dass es sich beim Ausbau paralleler gigabitfähiger Infrastrukturen um eine rein marktwirtschaftliche Entscheidung handelt. Für diese dürfte insbesondere maßgeblich sein, ob und wenn ja in welchem Umfang seitens der Kabelnetzbetreiber eine Bereitschaft zur Öffnung ihrer Netze für Dritte besteht bzw. diese ihnen zukünftig regulatorisch auferlegt wird.

Da sich in den nicht eigenwirtschaftlich erschließbaren Clustern 18-20 nur in geringem Umfang Kabelnetze befinden, weicht der Subventionsbedarf in den drei betrachteten Szenarien nur in geringem Umfang voneinander ab. Dieser liegt mit 506 Mio. € in den Szenarien FTTH-only und LTG \geq 1000 und mit 503 Mio. € im Szenario LTG \geq 400 im Übrigen annähernd auf dem selben Niveau wie in unserer Berechnung aus dem Jahr 2017, was darauf hinweist, dass in den benannten Clustern, trotz der umfangreichen Fördermittel die zur Verfügung standen, zwischen 2017 und 2019 kein nennenswerter Gigabitausbau stattgefunden hat. Vielmehr zeigt der Vergleich der Expansion auf Clus-

terebene, dass die größten Zuwächse bei FTTH-Anschlüssen in den Clustern 3-11 und damit in Bereichen zu verzeichnen sind, die grundsätzlich eigenwirtschaftlich erschließbar sind.⁴⁰

40 Ob hierfür Fördermittel eingesetzt wurden, lässt sich auf Basis der verfügbaren Daten nicht nachvollziehen.

5 Resüme

Unsere Analyse zeigt, dass sich die Breitbandabdeckung in Bayern zwischen 2017 und 2019 in allen Metriken besser als im Bundesvergleich entwickelt hat. Dies ist vordringlich auf die eigenwirtschaftliche Aufrüstung der Kabelnetzinfrastruktur mit DOCSIS 3.1 Infrastruktur und den eigenwirtschaftlichen und geförderten Ausbau von FTTC zurückzuführen. Auch die Expansion von FTTH lag über dem Bundesdurchschnitt, die Abdeckung ist jedoch insgesamt und insbesondere im internationalen Vergleich weiterhin relativ gering.

Unsere Modellberechnungen weisen darauf hin, dass für die von der Staatsregierung angestrebte Vollabdeckung mit Gigabitnetzen ein Subventionsbedarf von einer halben Milliarde € erforderlich wäre. Dieser hat sich seit der Analyse im Jahr 2017 kaum verändert. Dies bedeutet, dass sich die Verfügbarkeit von Glasfaser in den am wenigsten dicht besiedelten Gebieten trotz der starken Inanspruchnahme von Fördermitteln für den Breitbandausbau innerhalb der letzten drei Jahre nicht verbessert hat. Vielmehr ist ein relevanter Teil der Fördermittel zwischen 2017 und 2019 in den Ausbau mit FTTC-Technologie geflossen. Durch das Auslaufen der Breitbandrichtlinie und die Neujustierung auf die Gigabitrichtlinie wird die Neujustierung auf das Gigabitziel nun praktisch umgesetzt.

Die Inanspruchnahme von Breitbandförderung durch 98 % der bayerischen Kommunen deutet darauf hin, dass private Investitionen durch öffentliche Fördermittel verdrängt worden sind. Auch wenn viele Fördervorhaben nur dünn besiedelte Ortsteile innerhalb der Gemeinden betroffen haben, ist es naheliegend, dass viele Projekte in den Genuss von Fördermitteln gekommen sind, die diese nicht zwingend benötigt hätten – diese ineffiziente Allokation öffentlicher Mittel ist fiskalisch kritisch zu sehen und verlangsamt mittelbar auch die Ausbaugeschwindigkeit. Mit Blick auf die weitere Breitbandpolitik in Bayern wäre es wünschenswert, dass nur dort Fördermittel eingesetzt werden, wo diese tatsächlich benötigt werden. Darüber hinaus wäre es überlegenswert, das Instrumentarium der angebotsseitigen Förderung ggf. durch nachfrageseitige Fördermaßnahmen zu ergänzen, bei denen die Subventionen der öffentlichen Hand in der Regel deutlich geringer sind.

Literaturverzeichnis

Plückebaum, T.; Ockenfels, M. (2020): Kosten und andere Hemmnisse der Migration von Kupfer- auf Glasfasernetze, WIK-Diskussionsbeitrag Nr. 457, Bad Honnef, Februar 2020, elektronisch verfügbar unter:

https://www.wik.org/uploads/media/WIK_Diskussionsbeitrag_Nr_457_01.pdf

Queder, F; Ockenfels, M.; Wernick, C.; Plückebaum, T. (2017): Flächendeckende Glasfasernetze für Bayern, Studie von WIK-Consult für die Bayerische Landtagsfraktion von Bündnis 90/Die Grünen, verfügbar unter:

https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Buendnis_90_Glasfaserausbau.pdf

Wernick, C.; Tenbrock, S.; Gries, C.; Henseler-Unter, I.; Plückebaum, T. (2018): Tiefbaukapazitäten als Engpass für den FTTB/H-Ausbau? Empfehlungen zur Effizienzsteigerung und Kostensenkung für den Markt und die öffentliche Hand, Studie von WIK-Consult für den BREKO, verfügbar unter:

<https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/WIK-Tiefbaustudie.pdf>

Wernick, C.; Knips, J.; Tenbrock, S.; Strube Martins, S.; Braun, M. R.; Stronzik, M. (2020): Der deutsche Telekommunikationsmarkt im internationalen Vergleich, Studie von WIK-Consult für das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, verfügbar unter:

https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2020/Der_deutsche_TK-Markt_im_internationalen_Vergleich.pdf