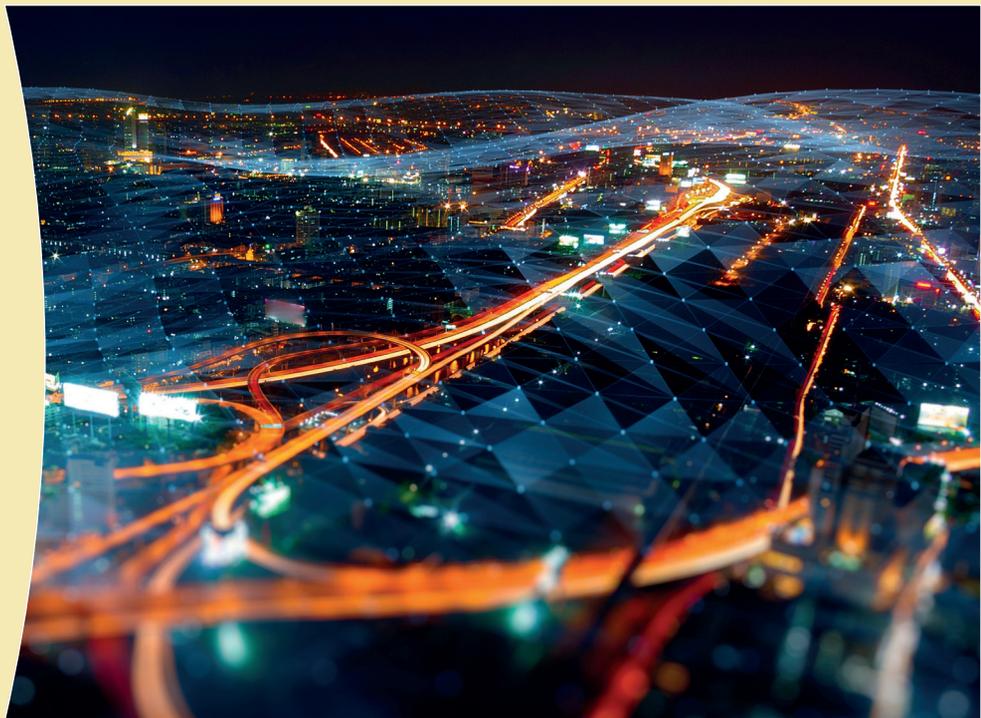


# Gigabit-Studie zur Ermittlung des Investitions- und Fördermittelbedarfs für einen flächendeckenden Gigabit- Netzausbau in Baden-Württemberg



Dr. Maximilian Willkomm  
Markus Emons  
Andreas Mescheder  
Andreas Spiegel

Im Auftrag von:



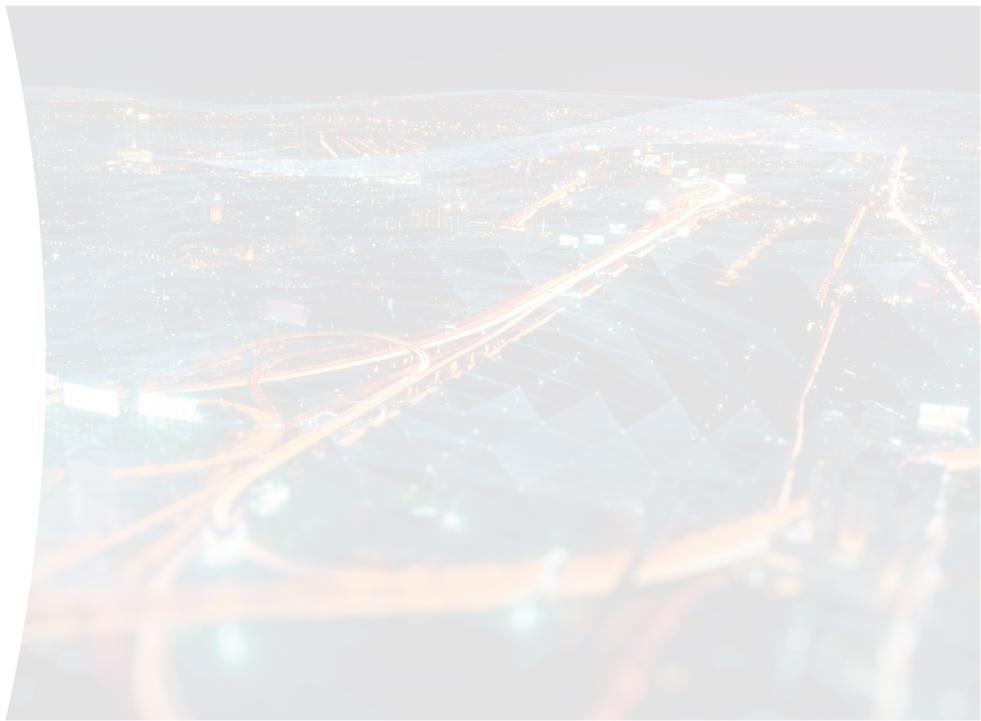
Baden-Württemberg

MINISTERIUM DES INNEREN, FÜR DIGITALISIERUNG UND KOMMUNEN

**micus**  
Strategieberatung GmbH



# Gigabit-Studie zur Ermittlung des Investitions- und Fördermittelbedarfs für einen flächendeckenden Gigabit- Netzausbau in Baden-Württemberg



Dr. Maximilian Willkomm  
Markus Emons  
Andreas Mescheder  
Andreas Spiegel

Im Auftrag von:



Baden-Württemberg

MINISTERIUM DES INNEREN, FÜR DIGITALISIERUNG UND KOMMUNEN

**micus**  
Strategieberatung GmbH



**MICUS Strategieberatung GmbH**

Pempelforter Straße 50, 40211 Düsseldorf  
+49 211 49769111  
info@micus.de · www.micus.de

Veröffentlichung: Juli 2022

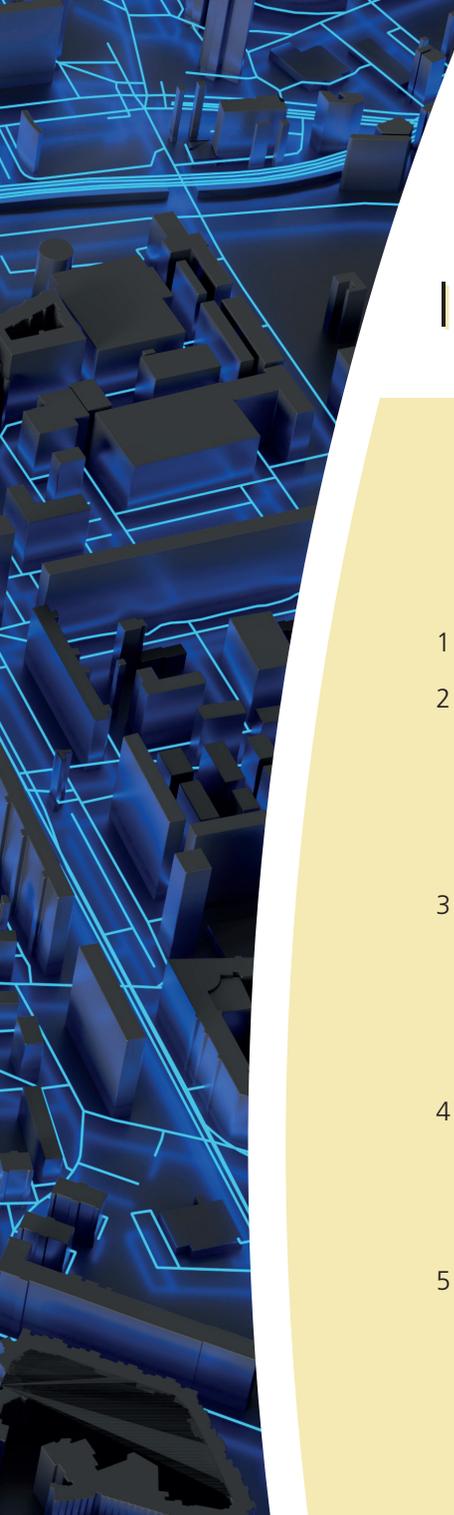
**Ministerium des Inneren, für Digitalisierung  
und Kommunen Baden-Württemberg**

Referat Digitale Infrastruktur  
Willy-Brandt-Straße 41, 70173 Stuttgart  
breitband@im.bwl.de · www.im.baden-wuerttemberg.de

Urheberrechtsvermerk: Dieses Dokument und alle seine Inhalte sind urheberrechtlich geschützt. Dem Auftraggeber sind alle Rechte vorbehalten. Urheberbezeichnung, Kennzeichen oder andere Hinweise dürfen weder verändert noch entfernt werden.

Dem Auftragnehmer ist es nach Genehmigung durch den Auftraggeber gestattet, dieses Dokument vollständig und unverändert an Dritte weiterzugeben und zu veröffentlichen, wobei im Falle der elektronischen Form gewährleistet sein muss, dass die Inhalte des Dokuments nicht verändert und nicht kopiert werden können (z. B. PDF-Dokument mit entsprechendem Dokumentenschutz).

Die Übersetzung und Veränderung von jeglichen Teilen des Dokuments sowie die Weitergabe von nur Auszügen bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Auftraggebers.



# Inhaltsverzeichnis

Vorwort	6
Management Summary	8
1 Einleitung	10
2 Situations- und Bedarfsanalyse – Bedeutung und Entwicklung von NGA-Netzen	13
2.1 Zugangstechnologien	13
2.2 Steigender Bedarf an Internetdiensten	18
3 Breitbandversorgung im Bundesland Baden-Württemberg	22
3.1 Baden-Württemberg – Rahmenbedingungen für den Breitbandausbau in einem vielfältigen Flächenland	22
3.2 Aktuelle Breitbandversorgungssituation in Baden-Württemberg	25
4 Der privatwirtschaftliche Netzausbau	30
4.1 Aktuelle Entwicklungen auf dem Breitbandmarkt	30
4.2 Szenarioanalyse	33
5 Investitions- und Fördermittelbestimmung zur Erschließung nicht-gigabitfähiger Gebäudeadressen	38
5.1 Konzeption einer landesweiten FTTB-Grobnetzplanung	38
5.1.1 FTTB-Planungsmethodik	39
5.1.2 Mengenbedarfe der FTTB-Grobnetzplanung	44
5.2 Investitionskostenermittlung	45
5.3 Betrachtung von Außenlagen in der Netzplanung	48
5.4 Wirtschaftlichkeitsanalysen	51
6 Zusammenfassung und Ausblick	54
Quellennachweise/Abkürzungsverzeichnis	58

# Vorwort

Sehr geehrte Damen und Herren,

oft sage ich fünf Worte: Die Digitalisierung verändert die Welt. Die Digitalisierung betrifft alle Bürgerinnen und Bürger, alle Altersgruppen, alle Lebensbereiche und Landesteile. Sie ist der zentrale Motor für die Transformation unserer Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft im 21. Jahrhundert.

Schon früh haben wir daher als Land Baden-Württemberg die besondere Relevanz des schnellen Internets erkannt. Deshalb unterstützen wir den kommunalen Breitbandausbau dort, wo die Erschließung von Haushalten, Gewerbebetrieben und öffentlichen Einrichtungen besonders schwierig und unwirtschaftlich ist. Mit unseren Förderprogrammen ergänzen wir bedarfsgerecht den Ausbau der privaten Telekommunikationsunternehmen.

Seit 2016 konnten wir so, gemeinsam mit dem Bund, bereits mehr als 250.000 Glasfaseranschlüsse mit knapp 3,3 Mrd. Euro fördern. Davon entfielen 1,69 Mrd. Euro auf das Land und 1,62 Mrd. Euro auf den Bund – so viel wie nirgendwo sonst in der Republik. Durch unsere kluge Förderpolitik verfügten 2021 bereits 88,9 Prozent der Haushalte über einen Internetanschluss mit einer Downloadgeschwindigkeit von mindestens 100 Mbit/s. Im Gigabit-Bereich verfügen derzeit 59,5 Prozent der Haushalte über einen Anschluss von 1.000 Mbit/s. Das zeigt: Baden-Württemberg geht kraftvoll voran.

Zugleich wollen wir die Zukunftschancen nutzen, um Prozesse zu vereinfachen, wirtschaftliche Potentiale auszuschöpfen, Bürokratie abzubauen und Menschen zusammenzubringen. Dabei gilt es, die Lebensbedingungen der Menschen überall, in der Stadt und auf dem Land, noch weiter zu verbessern. Mit unseren Investitionen schaffen wir bereits heute die Grundlagen unseres Wohlstands von morgen. Die Zukunft gehört dabei den Glasfasernetzen, denn nur mit ihnen wird es möglich sein, den künftigen Anforderungen auch technisch in Zukunft nachhaltig gerecht zu werden.

Unser Ziel haben wir dabei fest im Blick: Baden-Württemberg auch in Zukunft als die wirtschaftliche und innovative Leitregion Europas noch weiter zu stärken, die Lebensqualität unserer Bürgerinnen und Bürger zu erhöhen und bereits heute die Infrastruktur zu schaffen, damit wir auch morgen noch erfolgreich sein können.

Gerade für ein Flächen- und Technologieland wie Baden-Württemberg, in dem nicht nur die Bürgerinnen und Bürger, sondern vor allem auch die Unternehmen auf eine leistungsfähige Mobilfunk- und Festnetzversorgung angewiesen sind, brauchen



Minister Thomas Strobl © Leif Piechowski

wir daher eine flächendeckende Versorgung mit breitbandigem Mobilfunk und gigabitfähigem Festnetz. Ja, für unser Land gehört die flächendeckende Versorgung mit schnellem Internet zur Daseinsvorsorge und der fortschreitende Ausbau von Glasfasernetzen ist eine der bedeutendsten strukturpolitischen Herausforderungen unserer Zeit. Unsere Investitionen in den Breitbandausbau sind unverzichtbare Zukunftsinvestitionen.

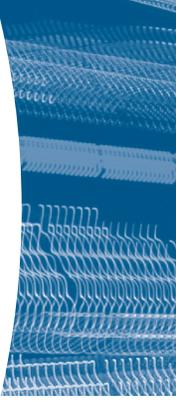
Um auch in Zukunft den eigenwirtschaftlichen Ausbau in Baden-Württemberg zielgerichtet unterstützen zu können, haben wir eine Gigabit-Studie in Auftrag gegeben. Mit der vorliegenden Gigabit-Studie wird die aktuelle Breitbandverfügbarkeit analysiert sowie eine Darstellung der potentiell geplanten eigenwirtschaftlichen Ausbaubestrebungen präsentiert. Darauf aufbauend zeigt die Studie eine Abschätzung des Investitions- und Fördermittelbedarfs für den Ausbau der gigabit-unterversorgten Gebiete.

Ich bin überzeugt, dass diese Studie ein wichtiges Mittel in der Fortentwicklung unserer Breitbandförderung ist und wichtige Impulse für die Zusammenarbeit und den Konsens aller Akteure liefert. Bei der Lektüre wünsche ich Ihnen interessante Einblicke und spannende Eindrücke.

Herzliche Grüße

Ihr Thomas Strobl

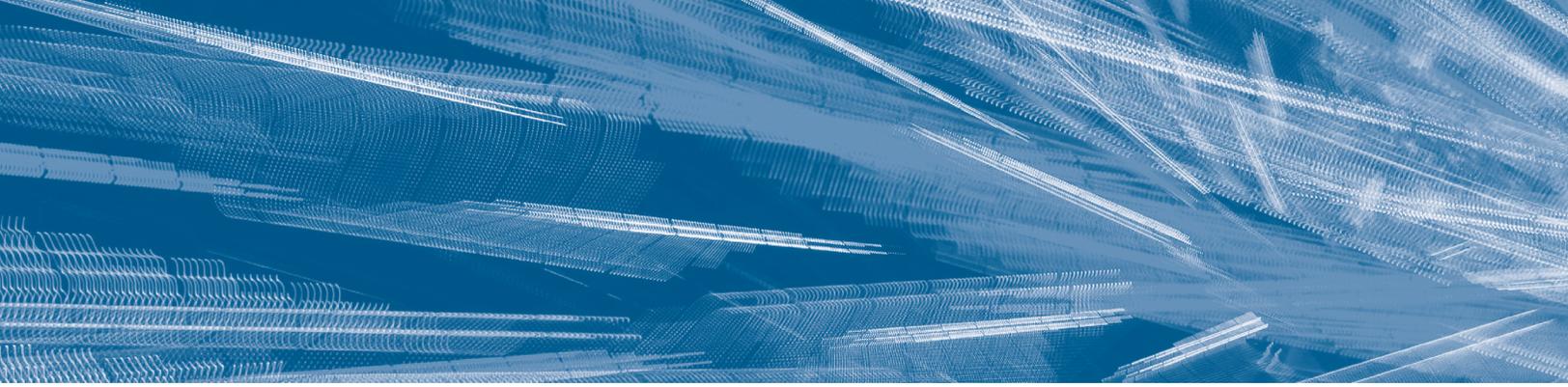
# Management Summary



Die Grundvoraussetzung unserer Wissens- und Informationsgesellschaft bilden zuverlässige Breitbandinfrastrukturen, die den wachsenden Anforderungen digitaler Anwendungen gerecht werden müssen. Moderne Gigabit-Netze ermöglichen die gesellschaftliche Partizipation und tragen dazu bei, wirtschaftliche Potenziale stärker auszuschöpfen. Vor diesem Hintergrund stellt der Glasfaserausbau in Baden-Württemberg eine der wichtigsten infrastrukturpolitischen Herausforderungen dar. Um auch zukünftig geeignete Rahmenbedingungen für eine flächendeckende Erschließung mit gigabitfähigen Internetverbindungen schaffen zu können, wurde die vorliegende Gigabit-Studie erstellt.

Die Gigabit-Studie erfüllt den Zweck einer Bestandsaufnahme der aktuellen Breitbandversorgungssituation in Baden-Württemberg und ermittelt unter Berücksichtigung eigenwirtschaftlicher Ausbauaktivitäten den zukünftigen Investitions- und Fördermittelbedarf für einen flächendeckenden Gigabit-Ausbau. Während die urbanen Agglomerationsräume in Baden-Württemberg bereits über einen hohen Anteil gigabit-versorgter Anschlüsse verfügen, stehen in einigen ländlich geprägten Regionen des Landes derzeit geringere durchschnittliche Bandbreiten zur Verfügung. In den gut versorgten Gebieten machen Koaxialkabelnetze im Gegensatz zu FTTB/H-Anschlüssen einen deutlich größeren Anteil der Gigabit-Versorgung aus. Insbesondere vor dem Hintergrund aktueller eigenwirtschaftlicher Ausbaudynamiken und den Förderprogrammen von Bund und Land wird eine deutliche Zunahme der FTTB/H-Anschlüsse im Land erwartet.

Im Rahmen einer Szenarioanalyse zeigt die Gigabit-Studie auf, wie sich der eigenwirtschaftliche Gigabit-Ausbau in den kommenden Jahren gestalten könnte. Unter Berücksichtigung getroffener Annahmen verbleiben langfristig rund 480.000 der insgesamt 2,7 Mio. Adressen in Baden-Württemberg, die voraussichtlich nicht im Rahmen des eigenwirtschaftlichen Ausbaus mit Glasfaserverbindungen erschlossen werden. Die Konzeption einer landesweiten FTTB-Grobnetzplanung ermöglicht die Bestimmung der Trassen- und Materialbedarfe, welche für eine Glasfasererschließung dieser Adressen benötigt werden. Unter Berücksichtigung differenzierter Kostenkategorien wurde der dazu notwendige Investitionsbedarf von rund 4,3 Mrd. € ermittelt. Im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsanalyse wurde die Differenz zwischen den notwendigen (Investitions-)Kosten und den Einnahmen ermittelt, um für das Land Baden-Württemberg den zukünftig zu erwartenden Fördermittelbedarf zu kalkulieren. In Summe beträgt die zu finanzierende Differenz zwischen Ausgaben und Einnahmen rund 3,7 Mrd. €. Bei Fortführung der aktuellen Förderkulisse von Bund und Land sind bei einem landesseitigen Kofinanzierungsanteil von 40 % ab 2022 etwa 1,5 Mrd. € einzukalkulieren.



Die durchgeführten Analysen der Gigabit-Studie verschaffen einen detaillierten Einblick in die aktuellen Dynamiken des Breitbandausbaus im Land Baden-Württemberg. Neben den inhaltlichen Untersuchungsergebnissen zum derzeitigen und zukünftigen Versorgungsstand sowie dem zu erwartenden Fördermittelbedarf münden die Erkenntnisse der Gigabit-Studie in einer fundierten Datenbasis.

Aus den Ergebnissen der Gigabit-Studie lassen sich insbesondere drei Handlungsfelder ableiten. Erstens sollten auch zukünftig die Rahmenbedingungen für den eigenwirtschaftlichen Glasfaserausbau attraktiv gestaltet werden. Hierbei sind die Kommunikation mit den Telekommunikationsunternehmen und die Ausschöpfung beihilferechtlicher Möglichkeiten von hoher Bedeutung. Zweitens ist ein fortlaufendes, landesweites Monitoring zur Versorgungssituation durchzuführen. Dies gilt sowohl für eine regelmäßige Identifikation unterversorgter Gebiete als auch für eine detaillierte Erfassung neuer Ausbaugebiete der Telekommunikationsunternehmen, die Aufschluss über die Strategien des Netzausbaus geben. Drittens ist ein landesweit flächendeckender Gigabit-Ausbau nur mithilfe öffentlicher Förderprogramme realisierbar. Zur zügigen Erschließung von Gebieten, in denen keine verbindlichen Ausbaus Zusagen der privaten Telekommunikationsunternehmen vorliegen und ein Ausbau in den kommenden Jahren nicht zu erwarten ist, sollten die Möglichkeiten der Förderung schon im aktuellen Graue-Flecken-Programm ausgeschöpft werden.

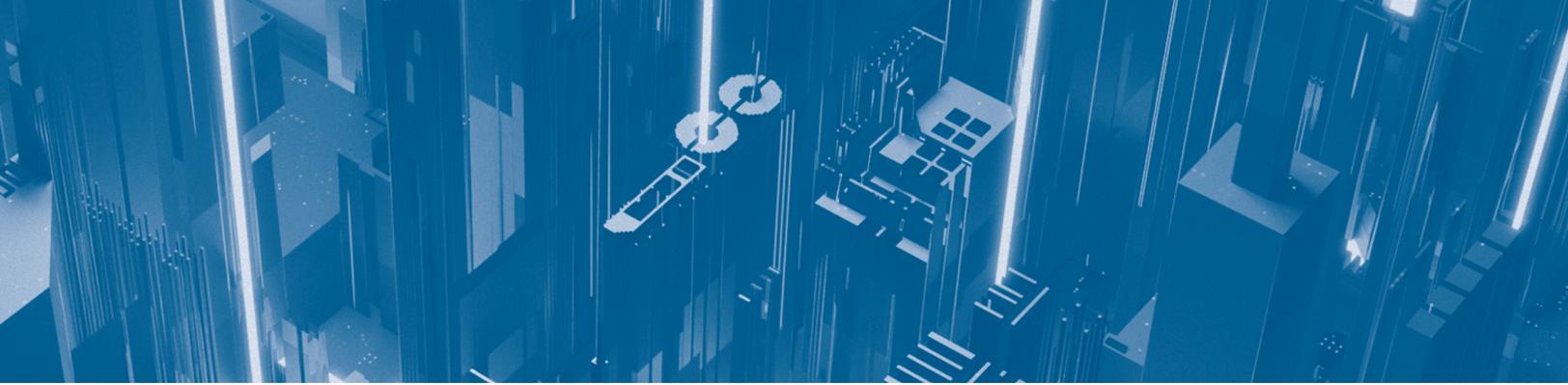
# 1 Einleitung

Zuverlässige Breitbandinfrastrukturen, die hohe Verbindungsgeschwindigkeiten im Down- und Upload ermöglichen, bilden eine Grundvoraussetzung unserer Wissens- und Informationsgesellschaft und sind für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen und für die Schaffung von hochwertigen Arbeitsplätzen unabdingbar. Gigabitfähige Internetverbindungen stellen darüber hinaus einen wichtigen Standortfaktor für Gewerbebetriebe wie auch für private Haushalte dar, da sie die Basis für nahezu alle Anwendungen der Digitalisierung bilden. Diese reichen von on-demand-Diensten wie Videostreaming für private Zwecke bis hin zu komplexen Vernetzungen im Internet der Dinge für den Industrie- und Dienstleistungssektor.

Damit Breitbandinfrastrukturen auch langfristig allen zukünftigen Anforderungen und Nutzungsszenarien gerecht werden können, ist ein flächendeckender Ausbau von Glasfasernetzen notwendig. Diese stellen nicht nur zuverlässige symmetrische Festnetzverbindungen im Gigabitbereich zur Verfügung, sondern ermöglichen durch den Anschluss von Antennenstandorten auch einen sicheren Rückhalt für das Mobilfunknetz. Glasfaserinfrastrukturen sind von hoher gesellschaftlicher Relevanz, da sie einerseits die Partizipation am sozialen Leben durch digitale Anwendungen ermöglichen und andererseits dazu beitragen, wirtschaftliche Potenziale stärker ausschöpfen zu können. Vor diesem Hintergrund stellt der Glasfaserausbau auch in Baden-Württemberg eine der wichtigsten infrastrukturpolitischen Herausforderungen dar.

Generell sind der Ausbau und Betrieb von Telekommunikationsnetzen in Deutschland marktgesteuert. Die Erbringung von Internetdienstleistungen durch Telekommunikationsunternehmen setzt privatwirtschaftliche Investitionen in Netzinfrastrukturen voraus. Aktuell sind vor diesem Hintergrund zwei Dynamiken zu beobachten. Einerseits werden bestehende Infrastrukturen aufgerüstet und erweitert. Zugangstechnologien auf Basis von Kupfer werden sukzessive bis zum Endkunden durch neue, zukunftssichere Glasfaserverbindungen ersetzt. Andererseits betreten neue Anbieter den Telekommunikationsmarkt und investieren in eigene Glasfasernetze.

Trotz der positiv zu bewertenden eigenwirtschaftlichen Ausbauaktivitäten werden vor allem im ländlichen Raum Gebiete verbleiben, für die die Schaffung eines Glasfaseranschlusses aufwändig und über viele Jahre gesehen unwirtschaftlich ist. Hierzu hat das Land Baden-Württemberg in der Vergangenheit neben der Kofinanzierung des Weiße-Flecken-Förderprogramms des Bundes auch eigene Förderprogramme gestartet und Investitionen in Milliardenhöhe getätigt. Derzeit fördert das Land die Errichtung kommunaler Breitbandinfrastrukturen durch ein reines Landesförderprogramm und beteiligt sich im Rahmen einer Kofinanzierung am bundesweiten Graue-Flecken-Programm, mit dem der Netzausbau über zwei Fördermodelle realisiert wird. Im Wirtschaftlichkeitslückenmodell werden Telekommunikationsunternehmen bezuschusst, die unterversorgte Adressen in einem Fördergebiet ausbauen. Hierbei



wird unter Berücksichtigung der Investitions- und Betriebskosten sowie der generierten Einnahmen die Wirtschaftlichkeitslücke gefördert. Im Betreibermodell hingegen wird eine Gebietskörperschaft (z.B. eine Kommune) bei der Errichtung passiver Netzkomponenten gefördert. Hier werden Einnahmen aus der Verpachtung des Netzes über einen Betrachtungszeitraum von sieben Jahren an einen Telekommunikationsanbieter berücksichtigt und im Rahmen der Förderung zuschussmindernd berücksichtigt.

Das Land Baden-Württemberg hat die gesellschaftliche Relevanz gigabitfähiger Internetanschlüsse sowie die Herausforderungen ihrer landesweiten Errichtung bereits frühzeitig erkannt und entsprechende Rahmenbedingungen für den Glasfaserausbau geschaffen. Hierbei ist es stets von hoher Bedeutung, den eigenwirtschaftlichen und den geförderten Ausbau eng aufeinander abzustimmen. Fördermittel werden gezielt und wirkungsvoll eingesetzt, ohne die Priorisierung des eigenwirtschaftlichen Ausbaus zu gefährden. Das Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen Baden-Württemberg analysiert stetig die aktuelle Versorgungssituation und die Dynamiken auf dem Breitbandmarkt im Bundesland. Hierzu steht das Ministerium auch in engem Austausch mit den Akteuren der Breitbandbranche, darunter insbesondere den Netzbetreibern, den Vertreterinnen und Vertretern der Landkreise und Kommunen, den Projektträgern und dem Fördermittelgeber auf Bundesebene.

Um aktuelle Erkenntnisse zum Ausbaustand der Glasfasernetze zu erlangen und die Maßnahmen des geförderten Gigabitausbaus auch in Zukunft zielgerichtet gestalten zu können, wurde die vorliegende Gigabit-Studie erarbeitet. Diese verfolgt die folgenden Ziele:

- Landesweite Ermittlung der derzeitigen Versorgungssituation mit festnetzgebundenen Internetanschlüssen auf Ebene der Haushalte und Gewerbebetriebe
- Abschätzung zukünftiger eigenwirtschaftlicher Ausbauaktivitäten
- Abgrenzung zukünftig unterversorgter und damit förderfähiger Haushalte und Gewerbebetriebe
- Abschätzung des Investitions- und Fördermittelbedarfs zur Erschließung der unterversorgten Gebiete
- Identifizierung regionaler Unterschiede

Zur Erreichung dieser Ziele wurden im Rahmen der vorliegenden Gigabit-Studie die folgenden Projektschritte durchgeführt. Zunächst gibt Kapitel 2 einen tieferen Einblick in die gesellschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung gigabitfähiger Internetanschlüsse. Das Kapitel macht außerdem deutlich, warum Glasfaserverbindungen die beste Zugangstechnologie darstellen, indem es die Vor- und Nachteile der zur Verfügung stehenden Technologieansätze diskutiert. In Kapitel 3 werden



anschließend die Ausgangsbedingungen für den zukünftigen Breitbandausbau in Baden-Württemberg erläutert. Neben der Darlegung topographischer Charakteristika, die Einfluss auf den Ausbau haben, wird die aktuelle Versorgungslage bestehender Breitbandverbindungen auf Ebene der Landkreise und kreisfreien Städte vorgestellt. Vor dem Hintergrund dynamischer Entwicklungen auf dem Breitbandmarkt geht Kapitel 4 auf die zu erwartenden eigenwirtschaftlichen Ausbauaktivitäten in Baden-Württemberg ein. Die Erkenntnisse der dort formulierten Betrachtungen münden in der Durchführung einer Szenarioanalyse, die eine mögliche, zu erwartende Ausgestaltung des privatwirtschaftlichen Netzausbaus in Baden-Württemberg darstellt.

Auf Grundlage der Auswertung der aktuellen Versorgungslage und der Szenarioanalyse lassen sich Gebäudeadressen abgrenzen, für die auch zukünftig keine eigenwirtschaftliche Gigabit-Erschließung zu erwarten ist. Für diese Adressen wird in Kapitel 5 ein Ansatz vorgestellt, der die Investitionskosten und den Fördermittelbedarf zur vollständigen gigabitfähigen Erschließung ermittelt. Der Ansatz basiert auf einer räumlichen FTTB-Grobnetzplanung zur Bestimmung des Trassen- und Mengenbedarfs der benötigten Netzinfrastrukturen. Die Grobnetzplanung wird anschließend mit einem Kostenmodell verknüpft, das unterschiedliche Kostenkategorien für den Trassenbau und mögliche Mitnutzungen bereits vorhandener Infrastrukturen berücksichtigt. Das Ergebnis der Analyse bildet die Ermittlung der Investitionskosten für die benötigten Infrastrukturen. Anschließend werden besonders schwer erschließbare Gebäudeadressen identifiziert, bei denen aufgrund ihrer hohen Erschließungskosten alternative Zugangstechnologien in Betracht gezogen werden können. In einem letzten Schritt werden die Ergebnisse einer Wirtschaftlichkeitsanalyse präsentiert, die die wesentliche Grundlage für den zukünftigen Fördermittelbedarf darstellt. Die Studie schließt mit einer Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse und leitet daraus zukünftige Handlungsfelder für den geförderten und eigenwirtschaftlichen Breitbandausbau in Baden-Württemberg ab.

## 2 Situations- und Bedarfsanalyse – Bedeutung und Entwicklung von NGA-Netzen

Mit der Entwicklung der Telekommunikation hat sich das Verhalten der Endnutzer stetig verändert. Während die Zeit der Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes vor der Jahrtausendwende insbesondere durch die festnetzgebundene Sprachtelefonie geprägt war, stellen sich die Anforderungen und das Nutzungsverhalten in heutiger Zeit deutlich differenzierter dar. Die Datennachfrage geht heute sowohl im privaten als auch im wirtschaftlichen Bereich weit über die Nutzung der Sprachtelefonie hinaus. Das Breitbandinternet ist durch das sehr weite Spektrum an Anwendungsmöglichkeiten zu einem wesentlichen Teil des sozialen, kulturellen und unternehmerischen Lebens geworden. Dabei hat im Laufe der Zeit neben der Nutzung von Festnetzzugängen auch der Anspruch, Internetdienste mobil zu nutzen, stark an Bedeutung zugenommen. Das vorliegende Kapitel stellt vor diesem Hintergrund die zur Verfügung stehenden Zugangstechnologien vor und diskutiert diese für verschiedene Anwendungsbedingungen. In einem zweiten Abschnitt werden die aktuellen Entwicklungen der Internetnutzung genauer betrachtet.

### 2.1 Zugangstechnologien

Der stark zunehmende Bedarf an Breitbanddiensten stellt hohe Anforderungen an die Leistungsfähigkeit verfügbarer Übertragungsinfrastrukturen. Im Zuge des technischen Fortschritts wurden für unterschiedliche Anwendungsbereiche verschiedene Zugangstechnologien etabliert und stetig weiterentwickelt. Dadurch bestehen heute mehrere technische Next-Generation-Access-Ausbaumöglichkeiten. Nach wie vor stellen Kupfernetze (FTTC- Fibre To The Curb) mit einem Anteil von 70 % den Großteil der festnetzgebundenen Infrastrukturen dar (BNetzA 2021). Weitere leitungsgebundene Zugangstechnologien bilden die Koaxialkabelnetze (TV) sowie Glasfasernetze in Form von FTTB (Fibre To The Building) und FTTH (Fibre To The Home). Daneben existieren zusätzliche funkbasierte Zugangstechnologien, insbesondere Mobilfunk, aber auch Satellitenverbindungen.

Jede der genannten Versorgungsmöglichkeiten eignet sich in unterschiedlichem Maße für verschiedene Anwendungsbereiche, wobei der derzeitige Einsatz ebenfalls von den bereits lokal verfügbaren Infrastrukturen und dem Bedarf der Haushalte und Gewerbetreibenden abhängt. Die heutigen technologischen Optionen zur Internetversorgung haben daher je nach Einsatzgebiet unterschiedliche Vor- und Nachteile, die in den folgenden Abschnitten diskutiert werden. Eine Zusammenfassung ist in Abbildung 1 dargestellt.

## Festnetzverbindungen

Über Festnetzverbindungen lassen sich bei ausreichender Bandbreite stabilere und weniger störungsanfällige Internetverbindungen herstellen als bei Funkverbindungen. Generell ist zwischen Koaxialnetzen, FTTC-Netzen und FTTB/H-Netzen zu unterscheiden. Alle drei Zugangstechnologien haben gemeinsam, dass ein Anschluss an das Weitverkehrsnetz ausschließlich über das sogenannte Backbone erfolgt. Landesweit werden somit auf vorderster Netzebene alle Kommunen an das Internet angeschlossen. Die drei genannten leitungsgebundenen Technologien unterscheiden sich im Wesentlichen in der Umsetzung der hinteren Netzebenen.

**Koaxialnetze** bestehen aus zweipoligen, konzentrisch aufgebauten Kabeln, die ursprünglich und auch heute noch zur Verbreitung von Fernsehsignalen genutzt wurden (WIK 2016). Mittels DOCSIS-3.1-Technologie können Bandbreiten von bis zu 1.000 Mbit/s im Download erreicht werden. Im Upload sind die Bandbreiten in der Regel deutlich geringer. Vor allem

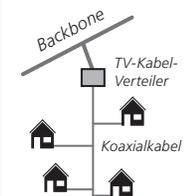
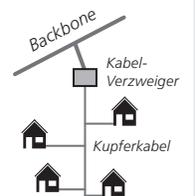
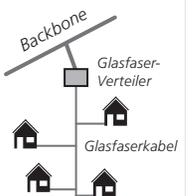
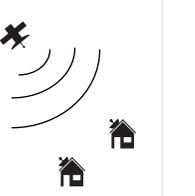
	Festnetzverbindungen			Funkverbindungen		
	Koaxialkabel	FTTC	FTTB/FTTH	Satellit	4G	5G
Aktuell vermarktete Bandbreite (Download)	bis zu 1 Gbit/s	bis zu 250 Mbit/s	> 1 Gbit/s	< 100 Mbit/s	bis zu 300 Mbit/s	1 Gbit/s
Vorteile	gigabitfähig, sehr hohe Bandbreiten zu geringen Kosten	hohe Bandbreite, Ausbaufähigkeit, geringe Kosten	gigabitfähig, sehr hohe und symmetrische Bandbreiten	flächendeckend schnell verfügbar	mobile breitbandige Anwendungen, 5G gigabitfähig	
Nachteile	Shared-Medium, weitere Erschließung nicht vorgesehen, derzeit keine symmetrischen Bandbreiten	nicht gigabitfähig, längenabhängige Technologie, erneuter Tiefbau bei Migration auf FTTB/H	hohe Kosten durch Tiefbaumaßnahmen bis zum Haus	nicht-gigabitfähig, Shared-Medium, vergleichbar hohe Latenz	Shared-Medium, Funkverbindungen u. U. störanfällig, Standortsuche schwierig	
Schematische Darstellung						

Abbildung 1: Technologiealternativen im Breitbandausbau

in dichteren Siedlungsgebieten, die seit den 1980er Jahren mit Kabelnetzen ausgestattet wurden, konnten Internetversorgungen sehr kostengünstig aufgebaut werden. Allerdings handelt es sich bei der Technologie um ein Shared-Medium, in dem sich alle Nutzer die verfügbare Bandbreite teilen. Zukünftig sind weitere DOCSIS-Aufrüstungen zu erwarten, die perspektivisch noch höhere Bandbreiten im Download, aber insbesondere auch im Upload ermöglichen. Eine räumliche Erweiterung der Kabelnetze findet jedoch nur in Ausnahmefällen statt.

Bei **FTTC**-Netzen werden die Kabelverzweiger mit Glasfaserleitungen angebunden (Abbildung 2). Durch die hohen Dämpfungswerte der dahinter liegenden Kupferleitungen auf der letzten Meile, dem Abschnitt zwischen Kabelverzweiger und dem Endkunden, sind die verfügbaren Bandbreiten begrenzt. Die Dämpfung hängt dabei insbesondere von der Leitungslänge ab. Je länger die Kupferleitungen sind, desto weniger Bandbreite ist beim Endnutzer verfügbar. Um die Dämpfung zu reduzieren, werden aufwendige Signalverarbeitungstechnologien eingesetzt, insbesondere Vectoring und Super-Vectoring. Damit

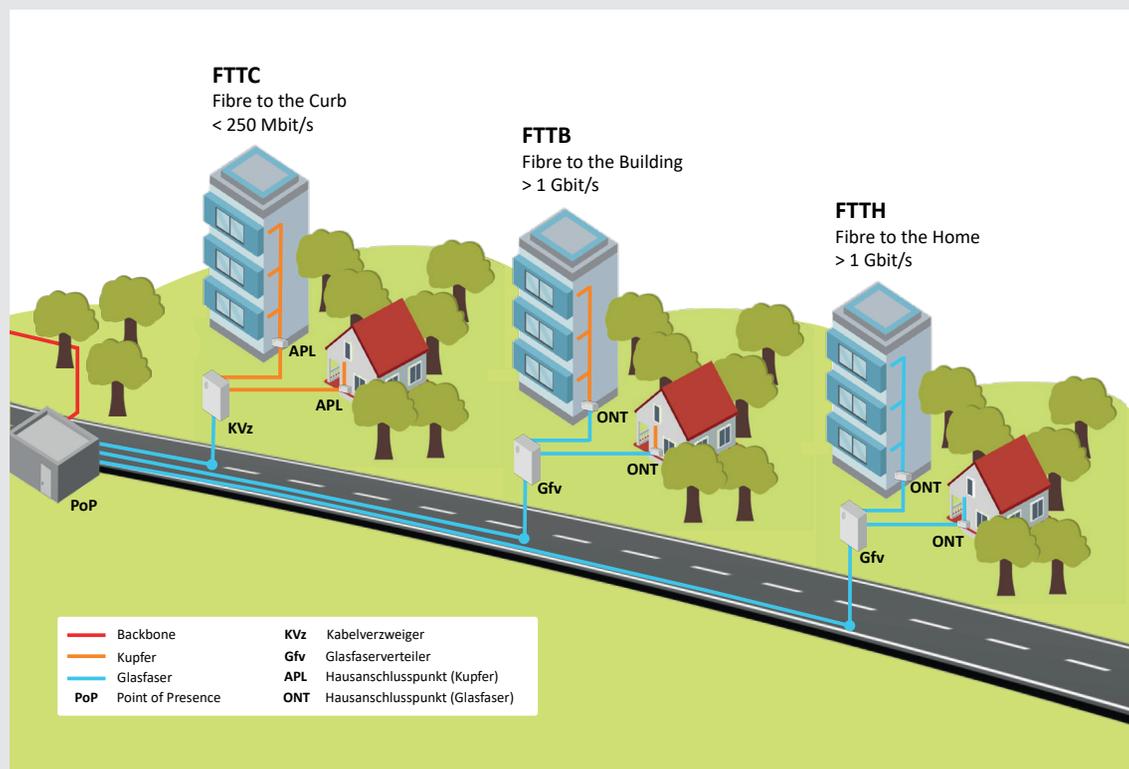
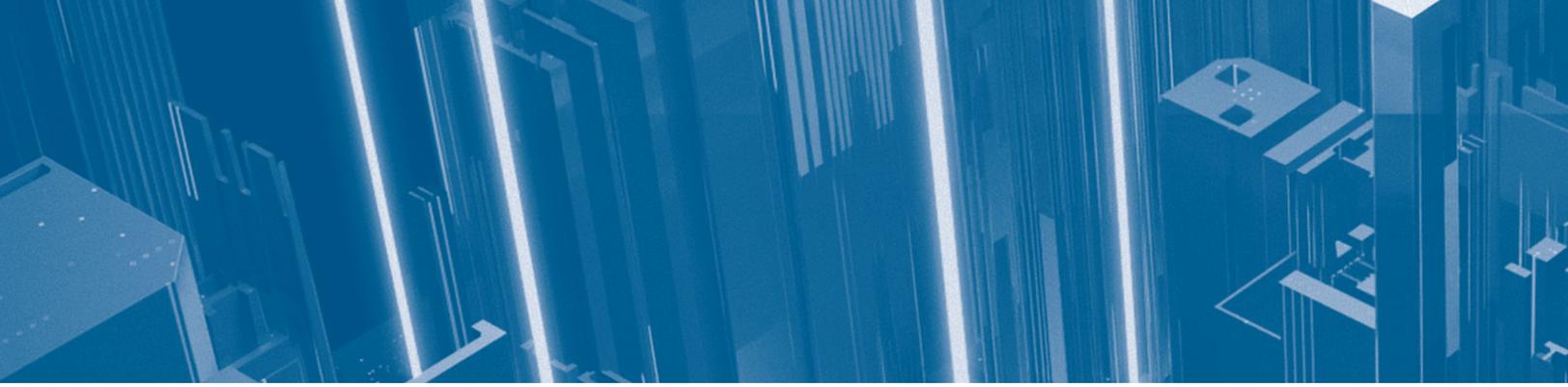


Abbildung 2: Glasfaser-Netzarchitekturen zum Breitbandausbau



sind Bandbreiten bis zu 100 Mbit/s bzw. bis zu 250 Mbit/s im Download erzielbar. Der Upload ist jedoch wesentlich niedriger. Symmetrische Bandbreiten sind daher nicht möglich. FTTC stellt als Aufrüstung der bestehenden Kupfernetze eine sinnvolle Brückentechnologie dar. Die Begrenzung der Leistungsfähigkeit und der Energieverbrauch durch die aufwendige Signalverarbeitung schränken die Zukunftsfähigkeit dieser Netze jedoch massiv ein.

Reine Glasfasernetze bieten dahingegen eine Vielzahl von Vorteilen. Während bei **FTTB** die Glasfaser bis zum Hausübergabepunkt reicht, wird diese bei **FTTH** auch im Bereich der Inhouse-Verkabelung bis hin zu den einzelnen Wohn- und Gewerbeeinheiten einer Adresse verlängert. In beiden Varianten sind symmetrische Bandbreiten von über 1.000 Mbit/s möglich. Zudem sind in Glasfasernetzen die Latenzzeiten stark reduziert. Im Falle von FTTH ist gerade bei Gebäuden mit vielen Wohn- oder Gewerbeeinheiten sichergestellt, dass die Vorteile der Gigabitfähigkeit und der geringen Latenz auch beim Endkunden ankommen. Eine Inhouse-Verkabelung aus Glasfaserleitungen ist zudem deutlich weniger störanfällig und minimiert das Risiko von Signalverlusten. Damit gehen die Möglichkeiten von Glasfasernetzen weit über die Nutzung des Video-Streaming hinaus. Vielmehr erlauben sie eine Vielzahl von echtzeitverbundenen Endgeräten im Netz, wie sie für Anwendungen in der Industrie 4.0, dem Internet der Dinge, Smart City oder E-Health erforderlich sind. Darüber hinaus ermöglichen sie jede Form von bidirektionaler Video-Kommunikation in Home-Office und E-Learning. Auch wenn der Netzausbau mit zum Teil hohen Kosten verbunden sein kann, sind FTTB/FTTH-Verbindungen die anzustrebende Ausbaumöglichkeit, um langfristig auf alle Anwendungsszenarien von Telekommunikationsnetzen vorbereitet zu sein. Dazu zählen ebenfalls die Mobilfunknetze, denn auch im Rahmen der 5G-Umsetzung ist das Kernnetz festnetzbasierend und keine Funklösung. Eine hohe Verfügbarkeit von Glasfaser bildet damit auch die Voraussetzung für die zukünftigen Mobilfunknetze.

## **Funkverbindungen**

Mit Funkverbindungen lassen sich Daten drahtlos mittels elektromagnetischer Strahlung übertragen. Im Laufe der Zeit wurden viele technologische Umsetzungsmöglichkeiten für verschiedene Anwendungsbereiche entwickelt. Diese Technologien sind auf unterschiedliche Reichweiten und eine unterschiedliche Anzahl von Nutzern ausgelegt. Für diese Studie sind vor allem Mobilfunk- und Satellitentechnologien zur Bereitstellung von Internetverbindungen relevant, weil sie aufgrund ihrer Reichweite zu einer flächendeckenden Versorgung beitragen können. Richtfunk kann zwar auch große Distanzen überbrücken und im Einzelfall sehr hohe Datenraten transportieren, ist für eine flächige Versorgung jedoch eher ungeeignet, da das Funksignal sehr stark gebündelt wird. WLAN bildet ebenfalls eine kabellose Zugangstechnologie, ist aber ein lokales Netzwerk, das nicht für eine flächenhafte Versorgung geeignet ist.

Mit dem Begriff **Mobilfunk** wird im Allgemeinen das Funknetz beschrieben, welches ursprünglich für die Übertragung von Sprach- und Textsignalen zwischen mobilen Endgeräten konzipiert wurde. Mit der Weiterentwicklung der Mobilfunkstandards konnte darüber hinaus ein mobiler Zugang zu Internetdiensten geschaffen werden. Systeme der zweiten Generation (2G) befinden sich in Deutschland weiterhin in der Nutzung und stellen im Mobilfunknetz die Grundversorgung sicher. Mit dem EDGE Standard sind Bandbreiten im Mobilfunk von bis zu 220 Kbit/s möglich. Deutlich höhere Bandbreiten von bis zu 300 Mbit/s sind im Netz der vierten Generation (4G/LTE) unter optimalen Bedingungen möglich. Diese zeichnet sich auch durch eine deutliche Leistungssteigerung der Datenkapazitäten des LTE-Netzes aus. Neben einer weiteren Steigerung der Bandbreite bis in den Gigabitbereich bietet die neuste Mobilfunkgeneration 5G auch eine Verbesserung der Latenzen. Dadurch können Echtzeitanwendungen ausgeführt werden und mehr Nutzer gleichzeitig im Netz agieren. Aktuell wird das 5G-Netz in Deutschland stark ausgebaut. Zum einen werden damit immer datenintensivere Anwendungen auf Smartphones möglich. Zum anderen zählen zu mobilen Anwendungen aber auch Echtzeitübertragungen etwa von Telemetriedaten von Fahrzeugen, von Augmented-Reality-Brillen, von Sensoren zur Erfassung von Vitaldaten im Bereich E-Health oder von Positionsdaten. Neben mobilen Anwendungen wird 5G zudem vorrangig zur Erfassung von stationären Sensordaten eingesetzt. In Anwendungsfeldern der Industrie 4.0 oder dem Internet der Dinge können dabei sehr hohe Datenmengen verarbeitet werden, so dass das 5G-Netz nicht als komplementärer Ersatz für das Festnetz fungieren kann. Im Falle von Versorgungsengpässen wird der Mobilfunk aber auch als Ergänzung zur stationären Versorgung insbesondere von Haushalten eingesetzt. Auch beim Mobilfunk handelt es sich um ein Shared-Medium, so dass eine zu hohe Anzahl an Nutzern in einer Funkzelle zur Reduzierung der Bandbreite führt.

Das **Satelliteninternet** basiert derzeit vor allem auf der Vernetzung von hochstehenden, geostationären Satelliten (Geostationary Earth Orbit, GEO), die die Errichtung von drahtlosen Internetverbindungen ermöglichen (WIK 2019). Da es nahezu flächendeckend verfügbar ist, eignet sich das Satelliteninternet insbesondere zur Breitbandanbindung von Außenlagen. Über GEO-Satelliten werden derzeit Bandbreiten von bis zu 100 Mbit/s vermarktet. Höhere Verbindungsraten werden in der Regel auch deshalb nicht angeboten, weil die Bandbreiten deutlich sinken, wenn mehrere Nutzer in räumlicher Nähe Internetdienste in Anspruch nehmen (Shared-Medium). Die hohen Übertragungsentfernungen führen außerdem zu vergleichsweise hohen Latenzen, wodurch die Nutzung von Echtzeitanwendungen eingeschränkt wird. Durch den Einsatz von tieffliegenden Satelliten (Low Earth Orbit, LEO) lassen sich Verbesserungen in der Bandbreite auf bis zu 150 Mbit/s und auch eine Verringerung der Latenz erzielen. So können mit Hilfe von LEO-Satelliten zukünftig auch komplexere Echtzeitanwendungen sowohl in der mobilen als auch in der stationären Nutzung



implementiert werden. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass die hier beschriebenen Bandbreiten sowohl bei GEO- als auch bei LEO-Satelliten nur für den Downstream verfügbar sind. Im Upstream können in der Regel nur geringe Bandbreiten erreicht werden. Unabhängig von der Wahl des Satellitensystems sind nutzerseitige Investitionskosten von etwa 300 bis 500 € je Anschluss zu berücksichtigen, weil spezielle Empfangs- und Sendeeinheiten installiert werden müssen.

Für eine flächendeckende Versorgung von Haushalten und Gewerbebetrieben kann das Satelliteninternet aufgrund der Bandbreite und den derzeit noch vergleichsweise hohen Latenzen trotz der technischen Verbesserungen in den letzten Jahren nicht mit den leitungsgebundenen Technologien konkurrieren. Es bietet allerdings eine technologische Ergänzung und stellt insbesondere für Außenlagen, wo die Erschließungskosten für das Festnetz sehr hoch sind, eine wichtige Alternativ- und Übergangstechnologie dar.

Zusammenfassend gibt es heute aufgrund der gestiegenen Anforderungen an die Breitbandnetze zum flächendeckenden Ausbau einer Glasfaserinfrastruktur keine Alternative. Der sukzessive Ausbau über FTTB/FTTH-Netze sollte aus diesem Grund auch zukünftig fortgesetzt werden. Auch die technologische Weiterentwicklung der Mobilfunknetze erfordert flächendeckende Glasfasernetze.

## 2.2 Steigender Bedarf an Internetdiensten

Die zunehmende Bedeutung des Internets in immer mehr Bereichen und die ständige Entwicklung neuer Anwendungen haben zur Folge, dass der Datenverkehr mit hohen Raten wächst und der Bedarf nach schnellen Verbindungen immer größer wird. Während deutschlandweit das über Festnetzanschlüsse übertragene Datenvolumen im Jahr 2011 noch etwa 6 Mrd. GB betrug, lag der Wert im Jahr 2021 bei etwa 100 Mrd. GB (BNetzA 2021, BNetzA2022, Abbildung 3). Auch das durchschnittliche Datenvolumen pro Festnetzanschluss hat sich im genannten Zeitraum von etwa 17 GB auf 226 GB deutlich erhöht, wobei ein geringerer, aber ebenfalls steigender Anteil des Datenverkehrs auf die Internetnutzung von Privatanwendern zurückzuführen ist. Der überwiegende Anteil resultiert aus dem steigenden Bedarf von Gewerbe und Industrie. Über den betrachteten Zeitraum sind auch die jährlichen Zuwachsraten stark angestiegen. In den kommenden Jahren sind daher weitere deutliche Steigerungen des übertragenen Datenvolumens zu erwarten. Auch im Mobilfunk ist das übertragene Datenvolumen in der vergangenen Dekade gestiegen. Es hat sich in Deutschland von etwa 156 Mio. GB im Jahre 2012 auf etwa 5.457 Mio. GB 2021 deutlich erhöht, wobei auch hier die höchsten Wachstumsraten erst in jüngerer Zeit zu verzeichnen sind (BNetzA 2021, BNetzA 2022).

Deutschlandweit machen DSL-Anschlüsse mit circa 70 % (25,4 Mio. Anschlüsse) heute immer noch den größten Anteil der aktiven Festnetzanschlüsse aus, obwohl die Zahl der aktiven Kabelanschlüsse und FTTB/H-Verbindungen seit 2011 deutlich zugenommen hat (BNetzA 2022). Der Zuwachs der Kabelanschlüsse schwächte sich allerdings ab 2017 merklich ab. Steigende Zuwachsraten sind wiederum für FTTB/H-Technologien zu beobachten, wobei deren Anteil mit rund 2,6 Mio. aktiven Anschlüssen Ende des Jahres 2021 (dies entspricht etwa 8,9 Mio. unmittelbar erreichte Endnutzer) immer noch gering ausfällt. Aktuelle Schätzungen gehen von einer weiteren Steigerung der aktiven FTTB/H-Anschlüsse auf 3,2 Mio. für Ende Juni 2022 aus (vatm 2022). Dies entspricht einem Wachstum von ca. 20 % im ersten Halbjahr 2022. Die Analysen zeigen allerdings auch, dass nur rund ein Drittel der FTTB/H-Anschlüsse aktiv genutzt werden, da weitere 6,9 Mio. Anschlüsse deutschlandweit zwar installiert wurden, diese allerdings aufgrund bisher ausbleibender Buchung nicht aktiv sind.

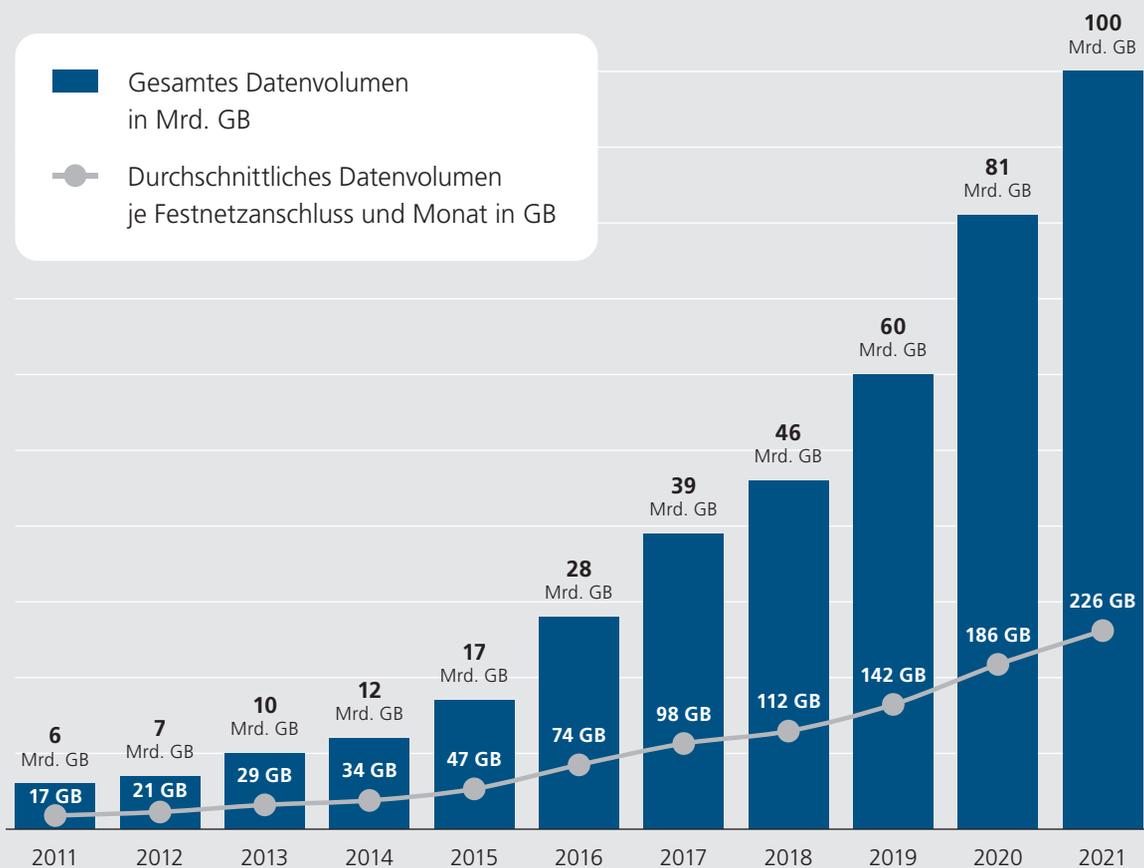


Abbildung 3: Entwicklung des Breitbandverkehrsvolumens von Festnetzanschlüssen in Deutschland von 2011–2021; Wert von 2021 prognostiziert (BNetzA 2021, BNetzA 2022)



Das zunehmende Datenvolumen und die steigende Nachfrage werden generell von zwei Faktoren beeinflusst. Einerseits ermöglichen die Aufrüstung und der Ausbau der Breitbandnetze sowie die Einführung und Ausweitung schnellerer Mobilfunkstandards die Übertragung höherer Datenmengen. Andererseits steigt die Anzahl der digitalen Anwendungsmöglichkeiten in nahezu allen Bereichen des sozialen, kulturellen und unternehmerischen Lebens. Die Bevölkerung profitiert von einer größeren Auswahl und besseren technischen Qualität an Streaming- und Gaming-Inhalten sowie Kommunikationsmöglichkeiten, die sie auf Abruf und in Echtzeit nutzen kann. Außerdem werden immer mehr Geräte und Einrichtungen im privaten Umfeld beispielsweise im Rahmen von Smart-Home-Anwendungen digital vernetzt, wodurch sensorische Daten aufgenommen und über Internetverbindungen ausgetauscht werden können. Standortrelevant werden schnelle Internetverbindungen für die Bevölkerung aber mehr und mehr durch die stetig steigende Zahl von Home-Office-Arbeitsplätzen, die nur mittels Videokonferenzsystemen für die breite Masse realisiert werden können.

Einen noch größeren Anteil am übertragenen Datenvolumen machen gewerbliche Nutzungen aus. Auch hier wird im Internet der Dinge von der zunehmenden Automatisierung und einer stärkeren Vernetzung von Geräten, IT-Systemen und Standorten profitiert. Ein wesentlicher Treiber des gewerblichen Bedarfs hoher Bandbreiten ist dabei die Nutzung von Diensten im sogenannten Cloud-Computing.

Durch die verbesserten Zugangsmöglichkeiten zu hohen Bandbreiten sind insbesondere für mittelständische Unternehmen mit einem dynamischen Bedarf an Ressourcen Cloud-Computing-Dienstleistungen von hoher wirtschaftlicher Bedeutung. Mit Cloud Computing können IT-Leistungen wie Serverleistungen, Speicherkapazität oder Anwendungen flexibel verwendet und je nach Bedarf abgerufen werden. Damit lassen sich die Kosten für Hardware, Software und Netzwerkkomponenten senken und fixe in variable Kosten umwandeln. Gerade für kleine und mittelständische Unternehmen kann dies zum Beispiel im Rahmen der Industrie 4.0 einen entscheidenden Effizienzvorteil bieten.

Nicht zuletzt hat die Covid19-Pandemie die hohe Datennachfrage nochmals verstärkt. Die Arbeitswelt hat sich durch den äußeren Einfluss der Kontaktbeschränkungen deutlich dezentralisiert. Angestellte arbeiten häufiger im Home-Office und die Zusammenarbeit an Projekten findet verstärkt auf digitalen Plattformen statt. Dabei gehen die Anwendungen weit über reine Videotelefonate hinaus, sondern beziehen beispielsweise Server-Plattformen oder Fernzugriffe auf Datensysteme mit ein. Die aufgezeigten Nutzungsszenarien machen zudem symmetrische Bandbreiten immer relevanter, da nur mit einer entsprechenden Uploadrate Datenaustausch und Videokonferenzen möglich sind.

Der wachsende Bedarf nach immer schnelleren Datenverbindungen kann nur durch einen kontinuierlichen Ausbau von Glasfasernetzen gedeckt werden. Insbesondere in städtischen Räumen erfolgt dieser Ausbau marktgetrieben durch private Netzbetreiber. In ländlichen Räumen führen das geringere Kundenpotential und größere Trassenlängen in den Telekommunikationsnetzen zu höheren Ausbauraten je Netzanschluss. Der Ausbau von Glasfasernetzen kann in ländlichen Regionen allein nach wirtschaftlichen Maßstäben oft unattraktiv sein. Der fehlende schnelle Internetzugang führt in den betroffenen Gebieten zu einer geringeren Wettbewerbsfähigkeit der örtlichen Unternehmen und Standortnachteilen für die Bevölkerung. Diese Situation verschärft sich dadurch, dass aufgrund des steigenden Bedarfs nun nicht mehr nur die ländlichen Regionen drohen abgehängt zu werden, sondern dass auch in städtischen Randbereichen, teilweise sogar innerstädtisch Versorgungsengpässe entstehen. Zwar sind hier die eigenwirtschaftlichen Ausbaupotenziale grundsätzlich größer, doch führt allein die Menge ausbaubedürftiger Gebiete zu hohen Gesamtinvestitionen und langen Ausbaueiträumen. Beides kann für einzelne Kommunen zu einer fortwährenden mittelfristigen Unterversorgung trotz guter Ausbauprospektiven führen. Um dieser Dynamik entgegenzuwirken und die Standortattraktivität unterversorgter Gebiete hochzuhalten, sind möglichst gute Rahmenbedingungen für einen weiteren Glasfasernetzausbau zu schaffen.

# 3 Breitbandversorgung im Bundesland Baden-Württemberg

Die größte Herausforderung für den Ausbau von Glasfasernetzen stellt der Trassenbau dar, da dieser in der Regel mit hohem Aufwand und hohen Kosten verbunden ist. Für Unternehmen, die eine Region eigenwirtschaftlich ausbauen möchten, ist es daher von hoher Relevanz, wie sich die potenziellen Endkunden mit einem möglichst kosteneffizienten Erschließungskonzept ausbauen lassen. Wichtige Faktoren sind die Anzahl, Art und insbesondere die räumliche Verteilung der zu erreichenden Kunden. Außerdem spielt die Untergrundbeschaffenheit entlang des Trassenverlaufs eine entscheidende Rolle, da diese den Tiefbauaufwand und damit die Kosten des Netzausbaus maßgeblich mitbestimmt. Tiefbaukosten für die Verlegung von Leerrohren und Glasfaserkabeln fallen beispielsweise im Verlauf von Landstraßen (unversiegelte Oberflächen) in der Regel deutlich niedriger aus als in dicht besiedelten Siedlungskernen (versiegelte Oberflächen).

Vor diesem Hintergrund wird in den folgenden Abschnitten die aktuelle Ausgangslage für den Breitbandausbau in Baden-Württemberg näher analysiert. Im ersten Schritt werden die topographischen Rahmenbedingungen relevanter Einflussfaktoren auf den Netzausbau zusammengefasst. Der zweite Abschnitt stellt die aktuelle landesweite Versorgungssituation mit festnetzgebundenen Breitbandanschlüssen dar. Die Betrachtungen bieten eine wichtige Grundlage zur späteren Abschätzung des Investitionsaufwandes und der Wirtschaftlichkeit zur Ertüchtigung aller bisher nicht-gigabitfähigen Anschlussadressen und rückt dabei auch regionale Unterschiede im Land Baden-Württemberg in den Fokus.

## 3.1 Baden-Württemberg – Rahmenbedingungen für den Breitbandausbau in einem vielfältigen Flächenland

Das Bundesland Baden-Württemberg erstreckt sich über eine Fläche von rund 35.766 km<sup>2</sup> und ist damit das drittgrößte Bundesland in Deutschland. Abbildung 4 zeigt, wie sich die generellen Landnutzungskategorien auf diese Fläche aufteilen. Während die landwirtschaftliche Nutzfläche mit rund 46 % sowie die forstwirtschaftliche Nutzfläche mit rund 39 % die größten Anteile in Baden-Württemberg ausmachen, sind etwa 10 % von Siedlungsflächen bedeckt. Der Großteil der Haushalte, Gewerbebetriebe und sonstigen Einrichtungen befindet sich innerhalb dieser Siedlungsflächen. Für einen Glasfaservollausbau müssen allerdings vor allem auch die Außenlagen berücksichtigt werden. Diese nehmen aufgrund langer Verbindungsstrassen und damit hoher Erschließungskosten pro potenziellem Kundenanschluss

eine Sonderstellung im Breitbandausbau ein (siehe hierzu auch Kapitel 5.3). Geringere Flächenanteile der Landnutzungskategorien in Baden-Württemberg machen sonstige Vegetationsflächen, Gewässer und weitere Nutzungen wie Verkehrs- oder Freizeitflächen aus. Die vielfältigen Landnutzungen in Baden-Württemberg beeinflussen die generelle Grabbarkeit der Untergründe, die für den Trassenbau von Bedeutung ist. In Siedlungsbereichen verursacht der Tiefbau in versiegelten Oberflächen höhere Baukosten gegenüber dem unversiegelten Tiefbau in Außenbereichen. Aber auch dort können hohe Baukosten pro Trassenabschnitt entstehen, wenn schwer grabbare Bodenklassen durchdringt werden müssen. Die vorliegende Gigabit-Studie berücksichtigt diese Grabbarkeitskategorien im Zuge der Investitionskostenermittlung für die Erschließung bisher nicht gigabitfähiger Gebäudeadressen. Details hierzu sind in Kapitel 5.2 zu finden.

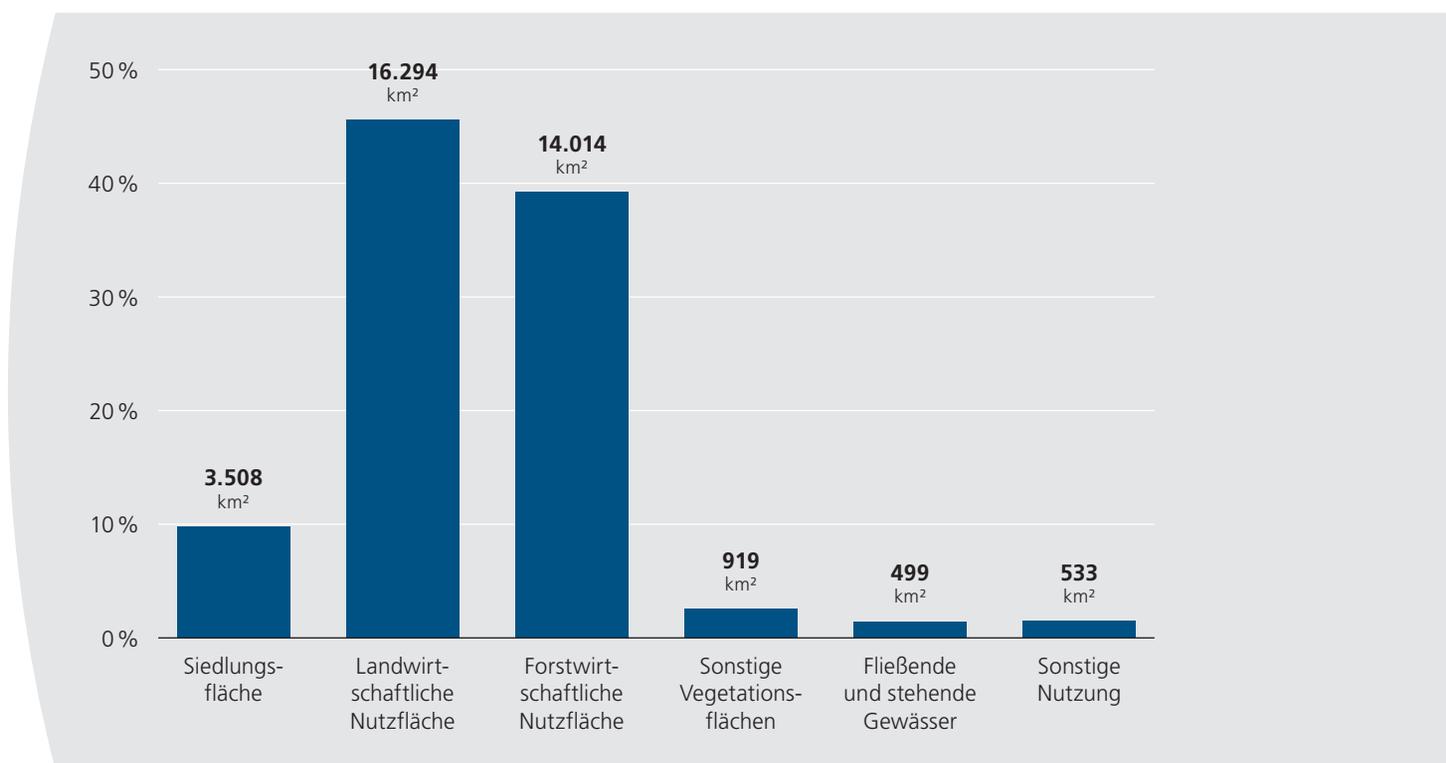


Abbildung 4: Verteilung der Landnutzungskategorien im Bundesland Baden-Württemberg (© GeoBasis-DE 2022)

Für den Glasfaserausbau ist die räumliche Verteilung und Dichte potenzieller Kundenanschlüsse aufgrund der benötigten Netzinfrastrukturen von entscheidender Bedeutung. Die Basisdaten, die dieser Gigabit-Studie zugrunde liegen, geben hierüber Aufschluss. Im Land Baden-Württemberg befinden sich rund 2,7 Mio. Adresskoordinaten. An diesen Adressen

sind rund 5,5 Mio. Haushalte und 715.000 Gewerbestandorte gemeldet. Abbildung 5 stellt die räumliche Verteilung der Haushaltsdichten auf Kommunalebene dar. Die Karte gibt einen landesweiten Überblick darüber, wo sich besonders viele Haushalte und damit für Internetprovider potenzielle Endkunden befinden. Neben der Landeshauptstadt Stuttgart und ihrem weitläufigen Agglomerationsraum besitzen naturgemäß auch die weiteren urbanen Zentren des Landes (darunter beispielsweise Mannheim, Freiburg, Ulm, Pforzheim, Karlsruhe, Heilbronn) eine hohe Dichte an Haushalten. Auch die Gewerbebetriebe, die ein generell hohes Kundepotenzial für Provider versprechen, konzentrieren sich in diesen Bereichen.

### Haushaltsdichte in Haushalte je km<sup>2</sup>

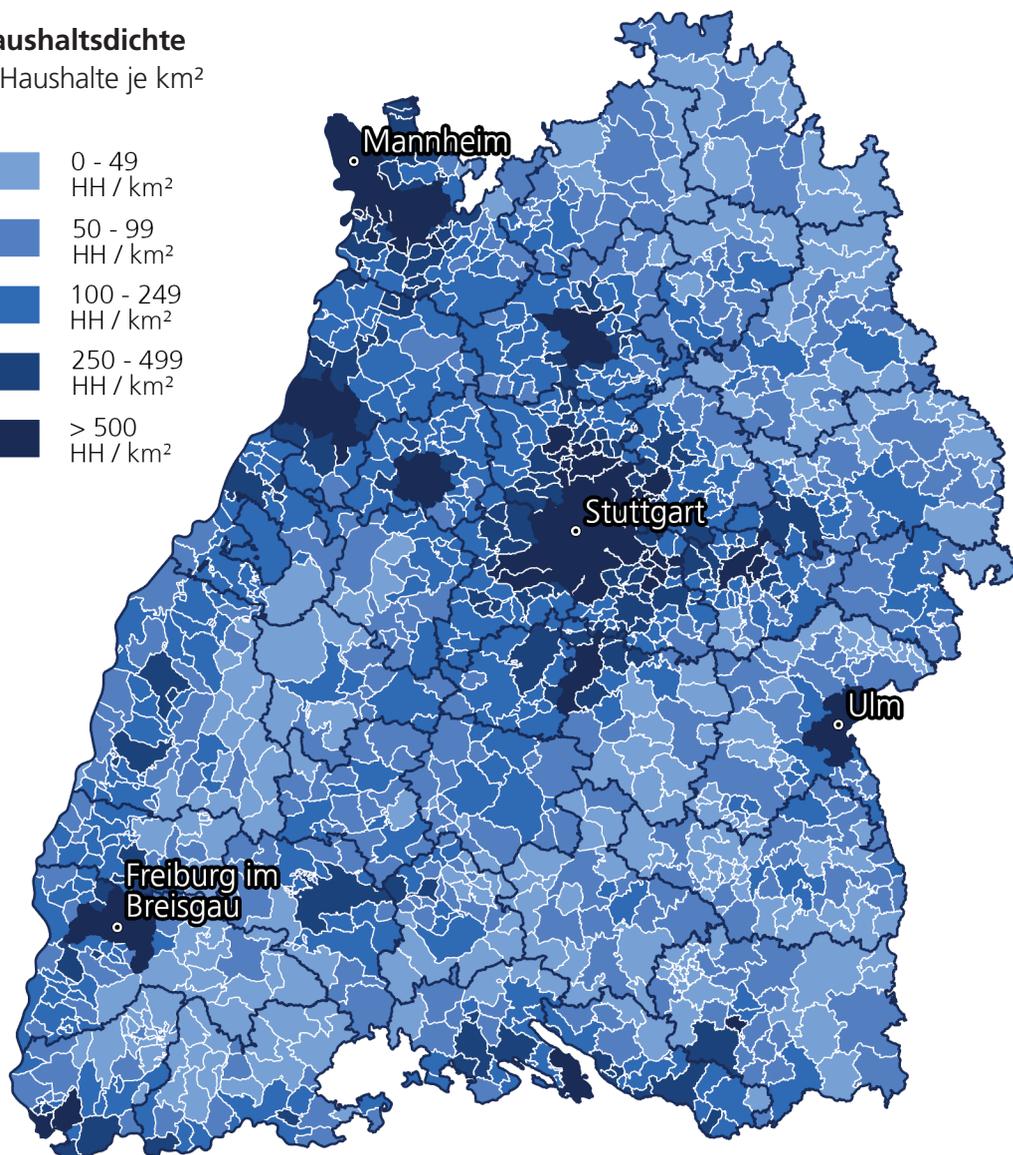


Abbildung 5: Haushaltsdichte auf Kommunalebene in Baden-Württemberg  
(Daten: INFAS 360 GmbH 2022)

Ein besonderer Fokus bei der landesweit angestrebten Gigabit-Erschließung ist aber vor allem auch auf die ländlich geprägten Räume zu setzen, die je nach Abgrenzungskriterium einen nicht zu vernachlässigenden Anteil Baden-Württembergs ausmachen. Laut einer Abgrenzung im Landesentwicklungsplan 2002 (LEP) des Ministeriums für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg sind etwa 70 % der Landesfläche dem ländlichen Raum zuzuordnen (IREUS 2011). Heute leben dort rund 35 % der mehr als 11 Mio. Einwohnerinnen und Einwohner. Als Beispiele sind zentrale Gebiete des Schwarzwaldes, der Nordosten der Heilbronn-Franken-Region und Gebiete im Übergang der Regionen Donau-Iller und Bodensee-Oberschwaben zu nennen. Diese ländlichen Räume sind nicht nur durch eine derzeit geringere Gigabit-Versorgung geprägt (siehe Kapitel 3.2), sondern auch durch deutlich längere Erschließungswege, die bei einem FTTB-Ausbau zu überbrücken sind. Diese Ausgangssituation bedingt die Investitionsbereitschaft im eigenwirtschaftlichen Ausbau und wirkt sich daher auch auf das Volumen im geförderten Glasfaserausbau aus.

## 3.2 Aktuelle Breitbandversorgungssituation in Baden-Württemberg

In Baden-Württemberg sind über 100 Telekommunikationsunternehmen tätig, die Internettarife über eigene oder gepachtete Netzinfrastrukturen anbieten. Darunter befinden sich sowohl große, deutschlandweit tätige Unternehmen, als auch kleinere, regionale Unternehmen sowie Stadt- und Gemeindewerke. Da sich die Landkreise in Baden-Württemberg in der Vergangenheit mehrheitlich an Förderverfahren in Form von Betreibermodellen beteiligt haben, befindet sich ein relevanter Teil der Netze im Besitz öffentlicher Trägerschaften. Die eigentlichen Internettarife bieten allerdings auch hier private Unternehmen an, die diese Netze für ihre eigenen Dienste pachten.

Zur Analyse der aktuellen Versorgungssituation der Breitbandanschlüsse in Baden-Württemberg liegen dieser Gigabit-Studie Ausbaudaten von Telekommunikationsanbietern von Ende 2021 und Anfang 2022 vor. Die Darstellung der Versorgungsdaten basiert auf dem landesweiten amtlichen Datensatz der Hauskoordinaten, die neben dem Standort der Adressen auch die jeweilige Anzahl an Haushalten und Gewerbebetrieben enthält. Die Summe aus Haushalten und Gewerbebetrieben je Adresse stellt für Telekommunikationsanbieter das Kundenpotenzial dar und wird im Folgenden als Einheiten bezeichnet.

Abbildung 6 stellt auf Kommunalebene dar, wie sich der Anteil der Einheiten mit einer verfügbaren Bandbreite von mindestens 100 Mbit/s in Baden-Württemberg räumlich verteilt. Eine räumliche Konzentration der mit mindestens 100 Mbit/s versorgten Anschlüsse ist in den urbanen Zentren und ihren umliegenden Agglomerationsräumen festzustellen. In einigen ländlich geprägten Kommunen, insbesondere im Süden des Bundeslandes, liegen dahingegen im Durchschnitt deutlich geringe Bandbreiten vor.

### Anschlüsse mit mindestens 100 Mbit/s

Anteil der Einheiten je Kommune in Prozent

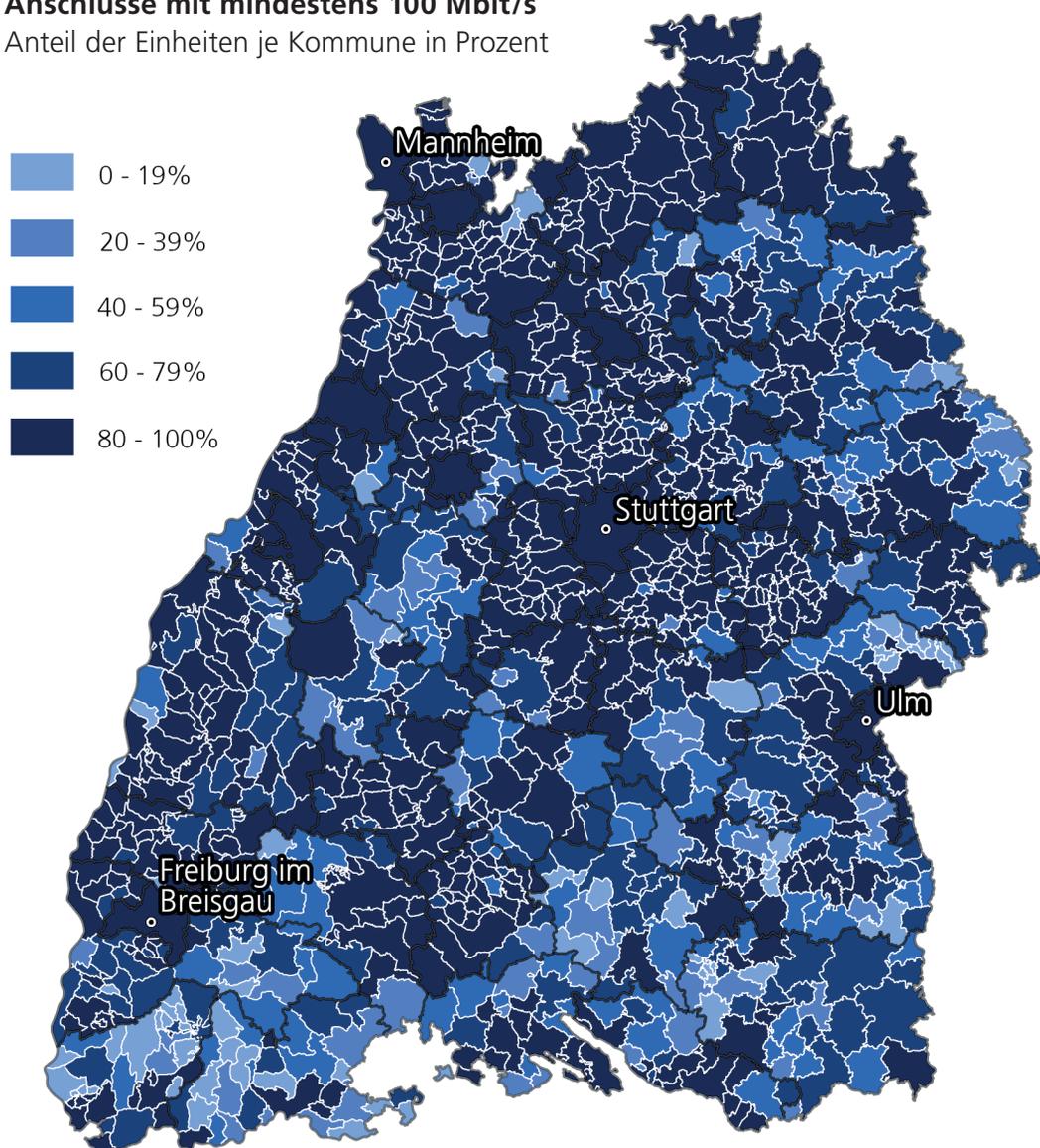


Abbildung 6: Anteile der Einheiten (Haushalte und Gewerbe) mit einer Versorgung von mindestens 100 Mbit/s auf Kommunalebene (Daten: Providerangaben 2021/2022)

In der landesweiten Betrachtung der gigabitfähigen Anschlüsse (Kabelversorgung und FTTB/H) stechen ebenfalls die größeren Städte Baden-Württembergs heraus (Abbildung 7). Die Kabelgebiete haben daran den größten Anteil, wohingegen FTTB/H-Anschlüsse nach dem vorliegenden Datensatz lediglich einen Anteil von etwa 1 % aufweisen. Im Rahmen der Providerabfrage sind die Angaben seitens der Telekommunikationsanbieter in diesem Segment gegebenenfalls nicht vollständig. Der Breitbandatlas des Bundes gibt eine landesweite FTTB/H-Versorgung der Haushalte von 7 % an ([www.breitbandatlas.de](http://www.breitbandatlas.de)).

### Gigabitfähige Anschlüsse

Anteil der Einheiten je Kommune in Prozent

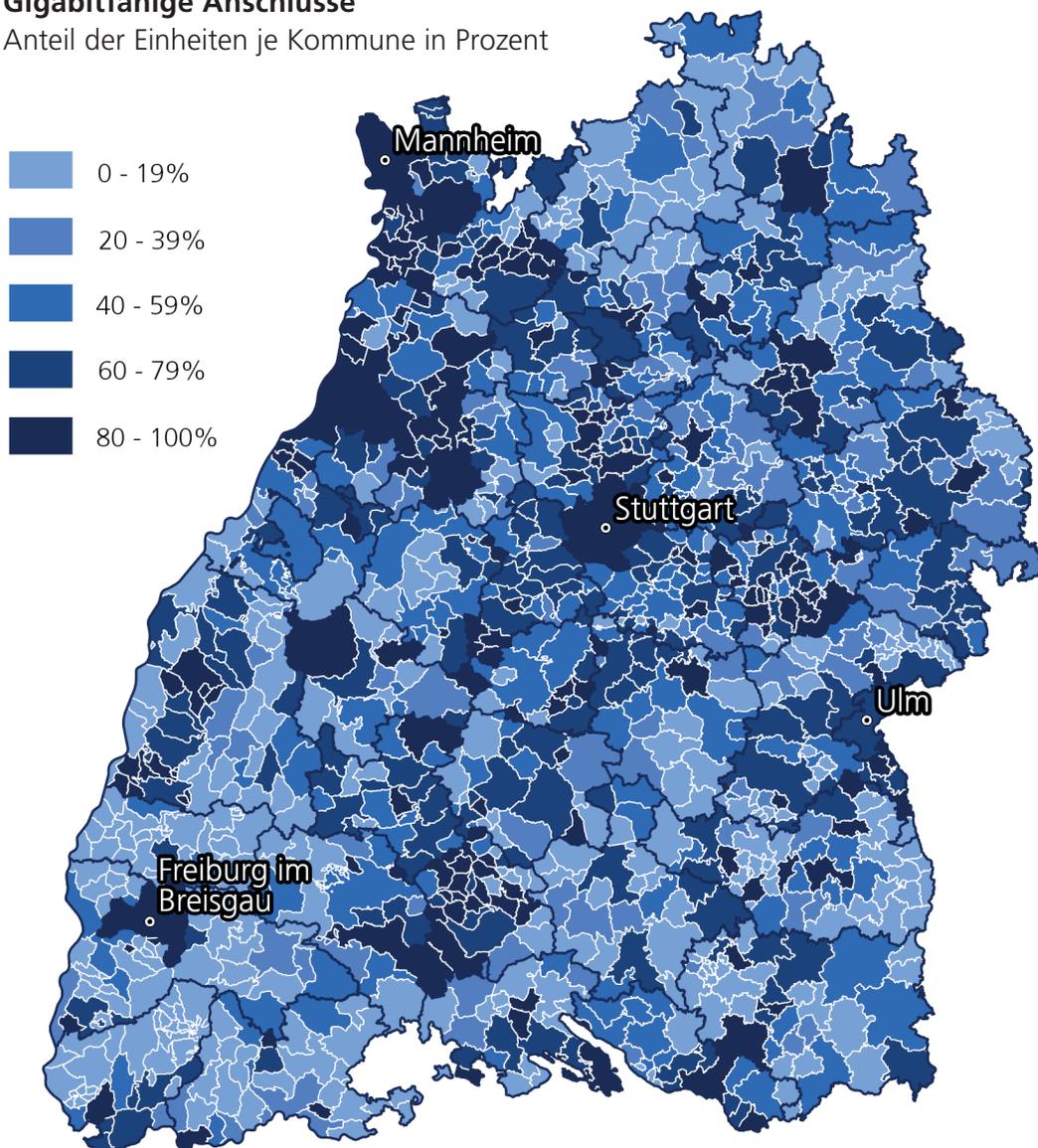


Abbildung 7: Anteile der Einheiten (Haushalte und Gewerbe) mit einem Gigabit-Anschluss auf Kommunalebene (Daten: Providerangaben 2021/2022)



Im Falle der Kabelversorgungen gleichen sich die Angaben des Breitbandatlas und der in der Gigabit-Studie zugrunde gelegten Providerdaten. Während laut Breitbandatlas rund 57 % der Haushalte (ohne Gewerbebetriebe) mit einem Kabelanschluss versorgt werden, liegt der hier untersuchte Anteil der Einheiten (Haushalte und Gewerbe) mit Kabelanschluss bei 61 %. Letzteres entspricht einer Kabelversorgung von etwa 3,3 Mio. Einheiten. Abbildung 7 zeigt neben den hohen Gigabit-Anteilen in den dicht besiedelten Kommunen allerdings auch ein Gefälle der Gigabit-Versorgungen in Richtung ländlich geprägter Kommunen. Insbesondere in den südlichen Regionen Bodensee-Oberschwaben, Hochrhein-Bodensee und Südlicher-Oberrhein ist die Anzahl der Kommunen mit einem Gigabit-Anteil unter 20 % hoch.

Die dargestellten Versorgungsdaten stellen eine erste Erkenntnis zur aktuellen Breitbandversorgung im Land Baden-Württemberg dar. Die anschließend durchgeführte Szenarioanalyse erfüllt einerseits den Zweck, den zukünftigen Gigabit-Ausbau auf Grundlage der Providermeldungen und der aktuellen Entwicklungen auf dem Breitbandmarkt (siehe Abschnitt 4.1) abzuschätzen. Gleichzeitig dient die Analyse auch der Ergänzung gegebenenfalls vorliegender Datenlücken. Auf Grundlage der im folgenden Kapitel vorgestellten Szenarioanalyse lassen sich somit der zukünftige Ausbaustand und eine darauf basierende Ermittlung des zu erwartenden Investitions- und Fördermittelbedarfs valide ableiten.

## 4 Der privatwirtschaftliche Netzausbau

Zur Abschätzung des Investitionsbedarfs für die zukünftige Erschließung von unterversorgten Gebäudeadressen, der für öffentlich geförderte Ausbaumaßnahmen einkalkuliert werden muss, müssen die Entwicklungen auf dem Breitbandmarkt und die Bereitschaft der Netzbetreiber zum eigenwirtschaftlichen Ausbau stetig beobachtet werden. Auch weil die zunehmende Nachfrage nach hohen Bandbreiten und die mit dem Netzausbau verbundenen langfristigen Renditechancen neue wirtschaftliche Potenziale für die Privatwirtschaft hervorrufen, ist auf dem Breitbandmarkt in den letzten Jahren die Etablierung neuer Akteure zu beobachten. Daraus ergeben sich neue Rahmenbedingungen, die auch von öffentlichen Trägerschaften für die Bewertung der Marktsituation und der Notwendigkeit des Einsatzes von Fördermitteln berücksichtigt werden müssen. Im vorliegenden Kapitel werden daher aktuelle Tendenzen auf dem Breitbandmarkt analysiert. Die beobachteten Entwicklungen bilden die Grundlage für eine qualitative Abschätzung des mittelfristigen Umfangs eigenwirtschaftlicher Ausbauaktivitäten in Baden-Württemberg in Form einer Szenarioanalyse.

### 4.1 Aktuelle Entwicklungen auf dem Breitbandmarkt

Im Zuge der Liberalisierung des Telekommunikationsmarktes in Deutschland in den 1990er Jahren wurde dieser schrittweise für Wettbewerber geöffnet. Aus der Beschränkung des staatlichen Monopols für Netzbetrieb und Telekommunikationsdienste ging die Deutsche Telekom hervor, die unter Gewährleistung eines diskriminierungsfreien Zugangs zu ihren Infrastrukturen heute immer noch den größten Wettbewerber auf dem Telekommunikationsmarkt darstellt. In der Vergangenheit wurden im Festnetzbereich die Internetdienste lange Zeit über das vorhandene Telefonnetz (Kupfernetz) realisiert. Die darüber angebotenen DSL-Produkte der Telekom konnten auch im Zuge fortschreitender Aufrüstungen auf FTTC die Nachfrage bzw. Bedarfe der Bevölkerung und Unternehmen lange Zeit bedienen. Ertüchtigungen des Netzes auf FTTB/H finden erst seit jüngerer Zeit und insbesondere in den größeren Agglomerationsräumen im Rahmen des eigenwirtschaftlichen und geförderten Netzausbaus statt.

Mit der Öffnung des Telekommunikationsmarktes und einer steigenden Nachfrage nach Internetdiensten hat sich heute ein differenzierter Markt mit größeren sowie kleineren und regionalen Wettbewerbern entwickelt. Aufgrund des immer höheren Bedarfs an zuverlässigen und schnellen Internetanschlüssen (siehe Kapitel 2.1) wird

es auch für kleine und mittelgroße Unternehmen zunehmend attraktiver, in den Glasfaserausbau zu investieren und eigene Produkte anzubieten. Der steigende Einfluss neuer Anbieter ist auch in der Verteilung der Festnetzanschlüsse erkennbar, die in Abbildung 8 dargestellt ist. Der Anteil der Festnetzanschlüsse der Deutsche Telekom AG ist von 45,1 % im Jahr 2011 auf 39,1 % im Jahr 2021 gesunken. Aufgrund der derzeitigen Marktentwicklungen und einem steigenden Investitions- und Umsatzvolumens ist von einer Verstärkung dieses Prozesses in den kommenden Jahren auszugehen. Während die Sachanlageninvestitionen sich anbieterübergreifend in der vergangenen Dekade auf rund 11,0 Mrd. € fast verdoppelt haben, nimmt vor allem seit 2018 der Anteil der Wettbewerber an diesen Investitionen gegenüber der Deutschen Telekom deutlich zu (BNetzA 2022). Der größte Anteil dieser Investitionen fließt neben der Instandhaltung und dem Ausbau von Rechenzentren vor allem in die Erstellung neuer Infrastrukturen (rund 70 %, BNetzA 2021).

### Anteil der Festnetz-Breitbandanschlüsse

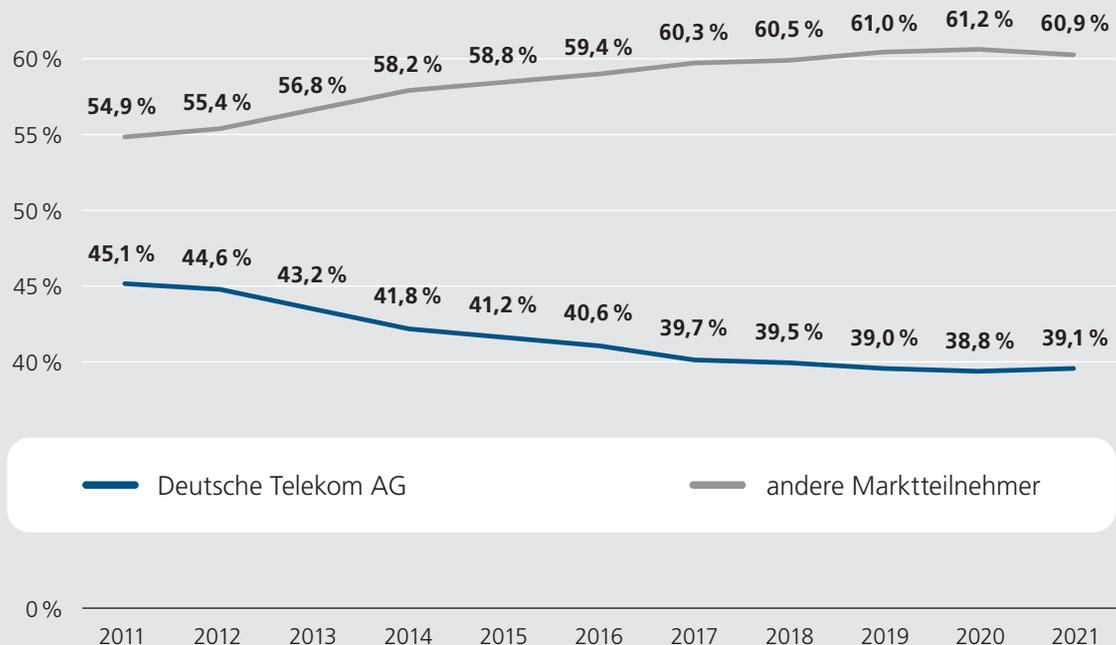


Abbildung 8: Prozentuale Anteile der Festnetzbreitbandanschlüsse in Deutschland (BNetzA 2022)

Zu den neuen Akteuren gehören einerseits regional tätige Unternehmen, die ihr Produktportfolio erweitern möchten. Hierzu zählen vor allem Stadt- und Gemeindewerke, die neben ihren etablierten Tätigkeiten zur Strom- und Wasserversorgung das Potenzial von Telekommunikationsdienstleistungen und des Betriebs von Glasfasernetzen erkannt haben (MICUS 2022). Andererseits stellen zunehmend finanzstarke Unternehmen, die mit neuem Kapital auch bisher eher als unwirtschaftlich eingestufte Versorgungsgebiete erschließen, neue Treiber des Glasfaserausbaus dar. Deutschlandweit und insbesondere auch im Bundesland Baden-Württemberg lässt sich in diesem Zusammenhang seit einigen Jahren der Trend erkennen, dass die Intensivierung des eigenwirtschaftlichen Glasfasernetzausbaus zunehmend von externen Investoren angetrieben wird, die den Netzausbau vor allem als langfristige Renditechance betrachten.

Die dargestellten Entwicklungen führen nicht nur zu einem zunehmenden Infrastrukturwettbewerb in urbanen Räumen, sondern auch zu einem zunehmenden Ausbau in ländlichen Regionen, die vormals aufgrund ihrer hohen Investitionskosten als unwirtschaftlich galten (vatm 2022). Diese Gebiete zeichnen sich dadurch aus, dass dort wenige oder häufig sogar keine anderen Wettbewerbs Teilnehmer im Glasfasersegment tätig sind. Da die Strategien der Investitionen in Breitbandinfrastrukturen besonders bei einer niedrigen Zinslage langfristige Renditen versprechen, versuchen neue und wachsende Marktteilnehmer sich hier zu etablieren. Ein zusätzlicher Ausbau oder das Angebot von Diensten dort, wo bereits ein konkurrierende Telekommunikationsunternehmen auftritt, wird nur in seltenen Fällen angestrebt. Aufgrund der zusammenhängenden Netzinfrastruktur erweitern Telekommunikationsunternehmen ihre Netze ausgehend von einem Kerngebiet. Alternativ erschaffen sie neue Netze, die an eigene oder gepachtete Backbone-Infrastrukturen anschließen.

Im Rahmen einer für diese Gigabit-Studie durchgeführten Betrachtung der aktuellen Marktsituation zeigt sich auch für das Land Baden-Württemberg, dass die Anzahl der neuen Unternehmen in der Breitbandbranche in jüngerer Zeit zugenommen hat. Landesweit bieten derzeit über 100 Unternehmen Internetverträge an Privat- und Gewerbekunden an. Im Zuge der vorliegenden Studie wurden diese Unternehmen zu ihren Versorgungsgebieten, aktuellen Ausbaubemühungen und der generellen Situation auf dem Breitbandmarkt befragt. Auch wenn die Rücklaufquote dieser Befragung gering und die Ergebnisse der Auswertungen dadurch landesweit nur eingeschränkt repräsentativ sind, zeigt sich eine Präsenz von Unternehmen, die in der jüngeren Vergangenheit neu in den Breitbandmarkt eingestiegen sind. Die erfassten Beispiele zeigen außerdem, dass generelle Bestrebungen des Netzausbaus seitens der Anbieter kommuniziert werden. Unter den Befragten werden vor dem

Hintergrund der oben dargestellten Dynamiken insbesondere ländliche Räume für den zukünftigen Netzausbau in Betracht gezogen. Ein deutschlandweit aktives Unternehmen erläutert beispielsweise, dass der Fokus des Ausbaus auf Gebiete gerichtet wird, in denen bisher kein konkurrierender Wettbewerber Gigabit-Tarife anbietet. Im Falle „unwirtschaftlicher Einzellagen“ so das Unternehmen will man sich bei gleichzeitigem eigenwirtschaftlichem Ausbau eines Kernnetzes an öffentlichen Förderverfahren beteiligen. Generell konzentrieren sich die Telekommunikationsunternehmen gleichermaßen auf die Erschließung von Privatadressen und Gewerbestandorten, wobei letztere in der Regel höheren Gewinnmargen pro Anschluss erwarten lassen.

## 4.2 Szenarioanalyse

Im Rahmen einer Szenarioanalyse wurden mögliche Auswirkungen der oben beschriebenen aktuellen Markt- und Investitionsdynamiken auf den Glasfaserausbau in Baden-Württemberg untersucht. Die Szenarioanalyse folgt dem methodischen Ansatz der Abschätzung möglicher und zu erwartender eigenwirtschaftlicher Ausbauaktivitäten der im Land tätigen Telekommunikationsunternehmen. Ziel der Analyse ist es dabei weniger, den privatwirtschaftlichen Netzausbau im Detail vorherzusagen, sondern vielmehr ein mögliches Ausbauszenario für die kommenden Jahre zu entwickeln und dessen Auswirkungen darzustellen. Das Szenario basiert auf getroffenen Annahmen, die aus den vorgelagerten Markt Betrachtungen hervorgehen (siehe Kapitel 4.1), und dient darauf basierend dem Zweck, die Auswirkungen auf die zukünftige Versorgungssituation zu untersuchen. Mit diesem Ansatz lassen sich im Sinne der übergeordneten Ziele dieser Gigabit-Studie zukünftig unterversorgte und damit förderfähige Haushalte und Gewerbetriebe abgrenzen.

In der oben dargestellten Versorgungsanalyse wurden basierend auf der vorliegenden Datenlage alle Adresspunkte identifiziert, die bereits über einen FTTB/H- oder einen Koaxialkabelanschluss verfügen (siehe Kapitel 3.2). In der vorliegenden Studie bezieht sich der Begriff der Gigabitfähigkeit auf diese beiden Zugangstechnologien, obschon bei Kabelanschlüssen aktuell nur im Download Gigabitgeschwindigkeiten realisiert werden können (siehe auch WIK 2016). Die Restmenge der übrigen nicht gigabitfähigen Adressen wurde an die Szenarioanalyse übergeben, um eine weitere Abgrenzung von zukünftigen Ausbaugebieten vorzunehmen. Die Adressen dieser Restmenge wurden in fünf Untersuchungsschritten auf die Anwendbarkeit definierter Kriterien schrittweise überprüft. Für die Teilmengen, für die ein jeweiliges Kriterium zutrifft, wird ein zukünftiger eigenwirtschaftlicher FTTB-Ausbau angenommen. Am

Ende dieser sukzessiven Analyse ergibt sich wiederum eine Restmenge von Adresskoordinaten, die die Grundlage für die Investitionskosten- und Wirtschaftlichkeitsermittlungen darstellt. Tabelle 1 listet die angewendeten Kriterien auf und erläutert deren dahinterstehende inhaltliche Annahmen.

Schritt	Kriterium	Getroffene Annahme	Anzahl der zusätzlichen Adressen, für die das Kriterium zutrifft
1	Liegt die Adresse in einem aktuellen Fördergebiet oder wurde sie im Rahmen einer unverbindlichen Ausbauzusage an das Land Baden-Württemberg gemeldet?	Im Rahmen einer Providerabfrage wurden der aktuelle und der zukünftige Versorgungsstand landesweit ermittelt. Einige Provider haben hierzu unverbindliche Angaben zum geplanten Netzausbau eingereicht.	224.121
2	Liegt die Adresse in einem Industrie- bzw. Gewerbegebiet? Ausnahmen: Das Gebiet hat weniger als drei Adressen oder liegt in unmittelbarer Nähe zu Siedlungsflächen.	Telekommunikationsanbieter sehen ein stärkeres Potenzial in Gewerbekunden, die sich in Gewerbegebieten konzentrieren, und werden die entsprechenden Adressen mittelfristig ausbauen. Kleinere, außenliegende Gewerbeflächen sind davon aufgrund der hohen Erschließungskosten nicht betroffen.	51.577
3	Liegt die Adresse in einem zusammenhängenden Siedlungsgebiet, in dem mindestens 5 % der Haushalte bzw. Gewerbe bereits mit FTTB versorgt sind?	Die Erschließung von Adressen in einem zusammenhängenden Siedlungsgebiet, in dem ein Anbieter bereits Netzinfrastrukturen errichtet hat, ist in der Regel aufgrund der kurzen verbleibenden Trassen kostengünstig durchzuführen.	110.509
4	Liegt die Adresse in einem Siedlungsgebiet, das mehr als 2.000 Einheiten (Summe aus Haushalten und Gewerben) umfasst?	Auch im ländlichen Raum wird die Erschließung von zusammenhängenden Siedlungsgebieten immer attraktiver. Mittelfristig werden Siedlungen mit der angenommenen Siedlungsgröße aufgrund des räumlich konzentrierten Kundenpotenzials ausgebaut.	284.531
5	Ist die Adresse durch vorangegangene Fördermaßnahmen bereits homespassed erschlossen?	Einige Adresskoordinaten befinden sich entlang von geförderten Trassen. Es ist davon auszugehen, dass diese aufgrund der geringen Kosten von den Betreibern zukünftig angeschlossen werden.	39.254

*Tabelle 1: Schrittfolge der Szenarioanalyse mit den Prüfkriterien und getroffenen Annahmen zur Abgrenzung von Adressen, für die eine Glasfasererschließung erwartet wird*

Während sich die Telekommunikationsunternehmen auf unterschiedliche regionale Präferenzen im Netzausbau konzentrieren, basieren die dargestellten methodischen Schritte der Szenarioanalyse auf landesweit einheitlichen Annahmen und Kriterien. Mit diesem Vorgehen wird die Vergleichbarkeit der Analyseergebnisse zwischen den Regionen und Landkreisen in Baden-Württemberg gewährleistet.

In Schritt 1 der Szenarioanalyse wurden diejenigen Adressen identifiziert, die sich einerseits in aktuellen Förderverfahren befinden oder für die andererseits Telekommunikationsunternehmen eine unverbindliche Ausbauankündigung im Rahmen der landesweiten Providerbefragung getätigt haben. Beide Annahmen betreffen 224.121 Adresspunkte. Aufgrund des Umstandes, dass Industrie- und Gewerbegebiete im Land Baden-Württemberg bereits zu großen Teilen mit gigabitfähigen Breitbandnetzen erschlossen sind, wurden in Schritt 2 der Szenarioanalyse mit 51.577 nur relativ wenige zusätzliche Adressen identifiziert, die aufgrund ihrer Lage in Industrie- und Gewerbegebieten eine hohe Ausbauwahrscheinlichkeit aufweisen.

Größere Auswirkungen haben die Schritte 3 und 4, bei denen die Ausbauwahrscheinlichkeit von der Lage in Siedlungsgebieten mit teilweiser FTTB-Erschließung sowie in Siedlungsgebieten gewisser Größe abgeleitet wird. Da 110.509 Adressen in Siedlungen liegen, in denen bereits FTTB/H-Anschlüsse vorhanden sind, und weitere 284.531 Adressen in Siedlungen mit mindestens 2.000 Einheiten (Haushalte und Gewerbe) liegen, werden in diesen Gebieten eigenwirtschaftliche Ausbauaktivitäten angenommen. 39.254 weitere Adressen liegen außerdem entlang von geförderten Ausbautrassen und sind somit bereits homes-passed erschlossen (Schritt 5), sodass lediglich noch die Hausanschlussleitungen auf dem jeweiligen Grundstück für die Netzanbindung erforderlich sind. Diese stellen in den meisten Fällen keinen erheblichen Investitionsaufwand für die Netzbetreiber dar.

Abbildung 9 zeigt, wie sich im Ergebnis der Szenarioanalyse die zu erwartenden Gigabitversorgungsanteile im Land Baden-Württemberg räumlich verteilen. Der Anteil der voraussichtlich gigabitfähigen Einheiten (Haushalte und Gewerbe) ist im betrachteten Szenario in den kreisfreien Städten und städtisch geprägten Kommunen besonders hoch. Dies hängt sowohl mit der derzeit guten Ausgangslage der Versorgung als auch mit dem hohen Einfluss der zusammenhängenden Siedlungen mit über 2.000 Einheiten zusammen (Schritt 4). Insbesondere in südlichen Regionen des Bundeslandes ist der Anteil kleinerer Siedlungen höher, weshalb die Versorgungsanteile im betrachteten Szenario dort in einigen Kommunen deutlich geringer ausfallen. Auf Landkreisebene liegen die Versorgungsanteile um einige Prozentpunkte über den statistischen Durchschnittswerten zur derzeitigen Breitbandversorgung,

die dem Breitbandatlas des Bundes zu entnehmen sind. Dies stellt neben der qualitativen Abschätzung des Ausbaus einen wichtigen Validierungsindikator für die durchgeführte Methodik der Szenarioanalyse dar.

### Erwarteter Anteil gigabitfähiger Einheiten nach Szenarioanalyse

Anteil der Einheiten in Prozent

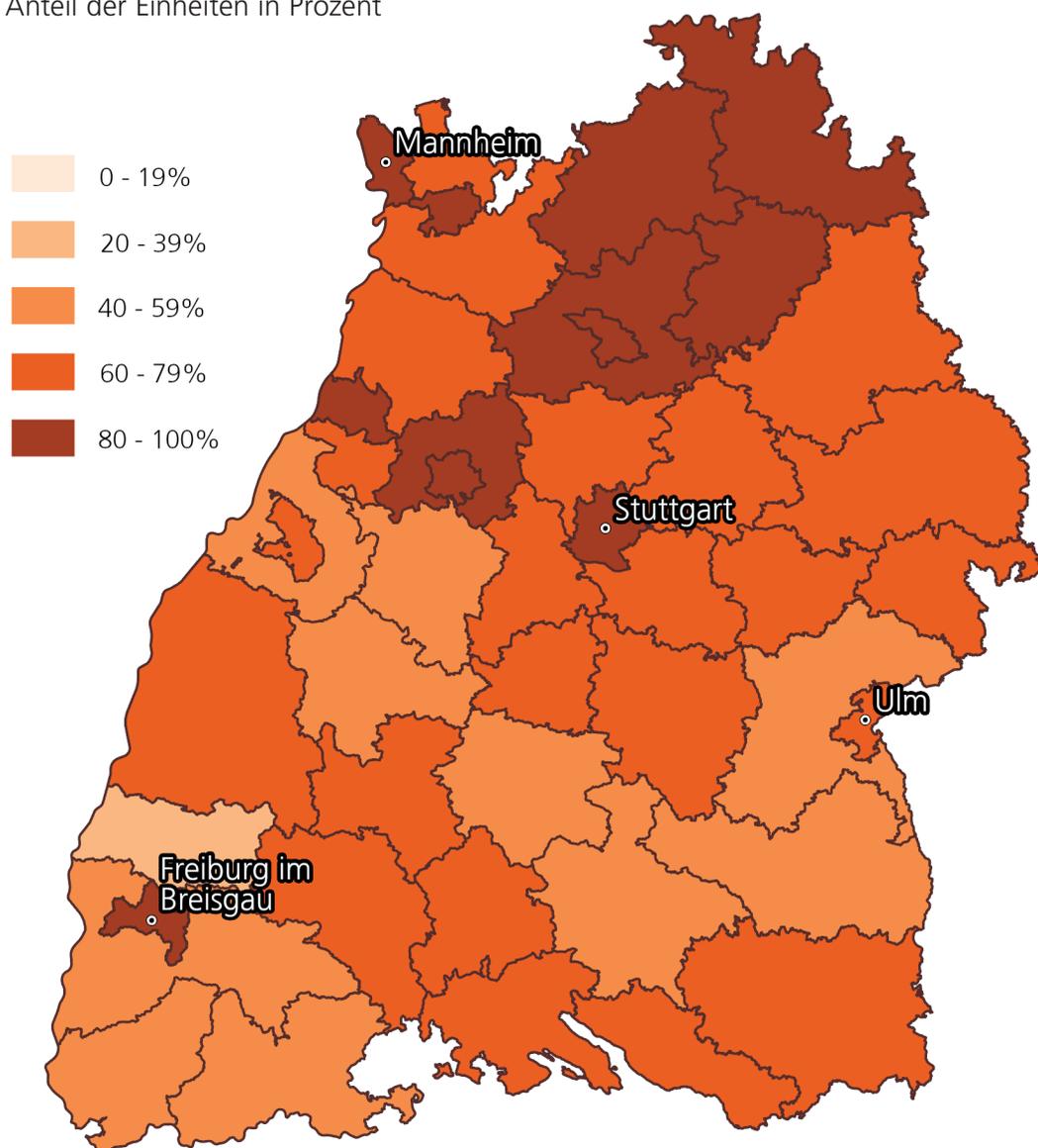


Abbildung 9: Zukünftige Gigabit-Anteile der Einheiten (Haushalte und Gewerbe) auf Landkreisebene als Ergebnis der Szenarioanalyse

Im Gesamtergebnis der Versorgungs- und Szenarioanalyse verbleiben 482.787 Adressen im Land Baden-Württemberg, für die bisher kein gigabitfähiger Internetanschluss besteht und ein solcher gemäß den getroffenen Annahmen mittelfristig nicht zu erwarten ist. Dies entspricht einem Anteil von rund 18 % der Gesamtanzahl der Adressen im Land. Es ist dabei allerdings wichtig zu betonen, dass die durchgeführte Analyse keinen Anspruch auf eine adressscharfe Prognose der Gigabitversorgung stellt, sondern vielmehr basierend auf den bisherigen Erfahrungen des Netzausbaus und der Berücksichtigung aktueller Marktdynamiken ein mögliches, zu erwartendes Ausbauszenario bildet. Somit lässt sich nicht für eine konkrete Kommune sagen, dass aufgrund der getroffenen Annahmen tatsächlich ein eigenwirtschaftlicher Ausbau erfolgen wird. Insbesondere lässt sich kein Zeitraum ableiten, innerhalb dessen ein eigenwirtschaftlicher Ausbau und damit die Beendigung einer Unterversorgung erfolgen könnte. Die ermittelte Restmenge der Adressen stellt die Ausgangsmenge der nachgelagerten landesweiten Investitionskosten- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung dar, deren Ansatz und Ergebnisse in den folgenden Abschnitten erläutert werden. Diese Restmenge konkretisiert die voraussichtlich unterversorgten Adresspunkte, für die eine eigenwirtschaftliche Ausbauwahrscheinlichkeit am geringsten ist.

# 5 Investitions- und Fördermittelbestimmung zur Erschließung nicht-gigabitfähiger Gebäudeadressen

Eines der zentralen Ziele der vorliegenden Gigabit-Studie ist die Abschätzung des Investitions- und Fördermittelbedarfs zur zukünftigen Erschließung der unterversorgten Gebiete im Land Baden-Württemberg. Ausgangslage für eine solche Ermittlung bildet die Abgrenzung bisher und zukünftig nicht-gigabitfähiger Anschlussadressen im Land, die aus der vorangegangenen Versorgungs- und Szenarioanalyse hervorgegangen sind. Eine präzise Methode zur Kostenermittlung stellt eine GIS-basierte Netzplanung zur konkreten Erschließung der nicht-gigabitfähigen Gebäudeadressen dar, da diese den benötigten Material- und Installationsaufwand als Ergebnis ausgibt. Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen der Gigabit-Studie eine landesweite FTTB-Grobnetzplanung erstellt, mit dessen Ergebnis sich die notwendigen Trassenlängen und der Mengenbedarf an Verteilereinrichtungen, Leerrohren und Glasfaserkabeln ermitteln lässt. Die Methodik der Grobnetzplanung ist zur Kostenermittlung geeignet, da der Trassenbau als größter Kostentreiber einen wesentlichen Einfluss auf die Investitionskosten der Gigabit-Erschließung hat und daher präzise abgeschätzt werden muss. Darüber hinaus kann die Planung als Entscheidungshilfe für den Ausbau oder die Mitverlegung von Leerrohren dienen.

In diesem Kapitel wird zunächst die Konzeption der landesweiten FTTB-Grobnetzplanung dargestellt (Abschnitt 5.1), welche der Gliederungssystematik moderner NGA-Netze unterliegt. Die Ermittlung der Investitionskosten basiert einerseits auf den Längen- und Mengenbedarfen der Grobnetzplanung und andererseits auf den veranschlagten Preisen der einzelnen Kostenpositionen. Die Ergebnisse dieser Betrachtungen sind in Abschnitt 5.2 dargestellt. Das Kapitel setzt mit einer gesonderten Betrachtung der gigabitfähigen Erschließung ausstehender Außenlagen im Land fort. Diese erfordern aufgrund ihrer hohen Erschließungskosten und dem geringen Kundenpotenzial eine besondere Aufmerksamkeit für den geförderten Glasfaserausbau. Das Kapitel schließt mit einer Wirtschaftlichkeitsanalyse, die die zu erwartenden Investitions- und Betriebskosten mit den prognostizierten Einnahmen vergleicht.

## 5.1 Konzeption einer landesweiten FTTB-Grobnetzplanung

Dieser Abschnitt der Studie konzentriert sich auf die Konzeption der FTTB-Grobnetzplanung. Dabei wird zunächst der generelle Aufbau von NGA-Glasfasernetzen mit ihren Netzebenen und unterschiedlichen Knotenelementen erläutert. Anschließend erfolgt eine Darstellung des Vorgehens und der Ergebnisse der landesweiten Grobnetzplanung und ihrer regionalen Unterschiede, die sich aufgrund der heterogenen Topografie in Baden-Württemberg ergeben.



## 5.1.1 FTTB-Planungsmethodik

Die Grundlage der FTTB-Grobnetzplanung bilden die zu erschließenden Planungspunkte, die im Rahmen dieser Studie wie folgt definiert sind: Planungspunkte umfassen alle Adresskoordinaten des Landes Baden-Württemberg, die einerseits bisher nicht mit einer gigabitfähigen Anschlusstechnologie erschlossen sind und für die andererseits auch in Zukunft keine gigabitfähige Erschließung zu erwarten ist. Die Planungspunkte gehen damit sowohl aus der vorangegangenen Versorgungs- als auch aus der Szenarioanalyse hervor. Die Verteilung der Planungspunkte, dessen Gesamtanzahl 482.787 (inkl. 702.788 Haushalte und 77.499 Gewerbebetriebe) beträgt, ist in Abbildung 10 dargestellt. Für Kommunen, in denen der Anteil der Planungspunkte im Verhältnis zur Gesamtzahl der Adressen gering ist, ist nicht zwangsläufig im Vorhinein der Grobnetzplanung von geringen Ausbaurkosten auszugehen. Dies liegt insbesondere am Einfluss der räumlichen Verteilung der Planungspunkte auf die Investitionskosten. Da zur Erschließung weniger, aber weit entfernter Adresspunkte hohe Distanzen überbrückt werden müssen, ergeben sich entsprechend höhere Kosten für den Trassenbau.

## Planungspunkte nach Szenarioanalyse

Anteil der Adressen in Prozent

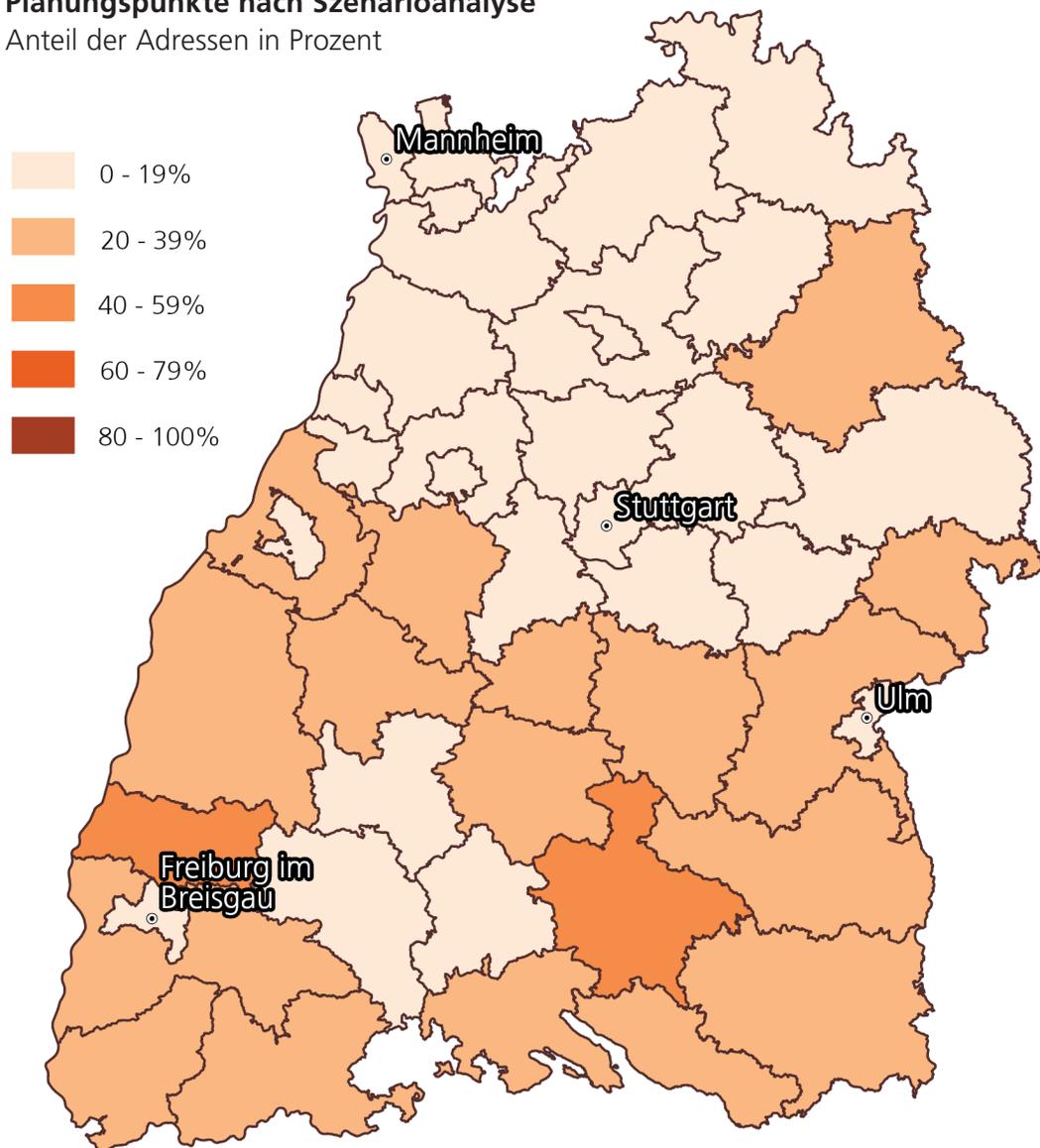


Abbildung 10: Kartographische Darstellung der Planungspunktanteile auf Landkreisebene als Ergebnis der Versorgungs- und Szenarioanalyse

Bevor das technische Vorgehen zur Erschließung der Planungspunkte in Baden-Württemberg erläutert wird, widmet sich die Studie zunächst der generellen Struktur von NGA-Glasfasernetzen. Abbildung 11 stellt die für die Grobnetzplanung relevanten Betrachtungsebenen im Erschließungsnetz dar. Generell lässt sich zwischen der Weitverkehrsnetz- bzw. Backbone-Ebene und der Verteilnetzebene unterscheiden.

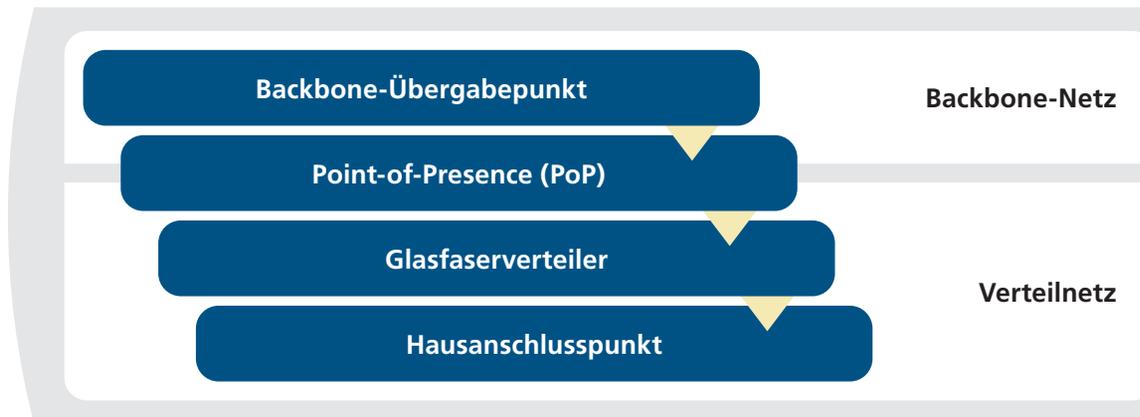


Abbildung 11: Schematische Grobgliederung moderner NGA-Glasfasernetze

### Weitverkehrsnetz-/Backbone-Ebene

Die Weitverkehrs- bzw. Backbone-Ebene stellt das Rückgrat moderner Telekommunikationsnetze dar, weil es auf oberster Netzebene die großen Internet Exchange Points (IXP) mit den zu versorgenden Regionen eines Landes verbindet. Backbones bestehen aus einem Netz von Lichtwellenleitern (LWL), die sehr hohe Bandbreiten zulassen und deren Kapazität aufgrund verbesserter Übertragungstechnologien in den vergangenen Jahren weiter angestiegen ist. Über die Leitungen des Backbones läuft der gesamte Datenverkehr zwischen Endnutzern, Netzknoten und den IXPs. Das Backbone stellt damit für den regionalen Breitbandausbau den Ausgangspunkt dar, von dem die Leitungen über Backbone-Übergabepunkte zu den Glasfaserverteilern und schließlich zu den Endkunden verbunden sind. Für das Backbone können grundsätzlich alle überregionalen Linieninfrastrukturen verwendet werden, die über LWL-Verbindungen mit ausreichenden Kapazitäten verfügen. Betreiber solcher LWL sind neben Telekommunikationsunternehmen auch Infrastrukturbetreiber von überregionalen Mobilitäts- und Versorgungstrassen. So bieten beispielsweise Bahn-, Hochspannungs- oder Pipeline-Betreiber Anschlussmöglichkeiten an eigene Backbone-Leitungen an.

### Verteilnetzebene

An den Backbone-Übergabepunkten geht das Breitbandnetz in die Verteilnetzebene über. Die größten Netzknoten auf dieser Ebene stellen die sogenannten Points of Presence (PoP) dar, bei denen es sich um aktive Bündelungs- und Verteilstandorte handelt, über die je nach Größe mehrere tausend Endnutzer angeschlossen werden können. Die Verteilnetzebene lässt sich in zwei Abschnitte untergliedern. Den ersten Abschnitt bilden die Verbindungen zwischen den PoPs und den nachgelagerten Glasfaserverteilern, die wiederum einen weiteren Bündelungspunkt geringerer Ordnung darstellen. Im nachgelagerten zweiten Abschnitt, dem sogenannten Verteilerbereich, befinden sich die Verbindungen zwischen den Glasfaserverteilern und den Hausanschlussleitungen. In der Praxis sind bei der Planung und Erstellung von Glasfasernetzen die Kapazitäten und Dimensionierungen der einzelnen Punkt- und Trasseninfrastrukturen zu beachten. Über einen Verteilerschrank kann beispielsweise nur eine bestimmte Anzahl von Verbindungen der Verteilerbereiche angeschlossen werden, die sich auch



in den Rohrverbandkapazitäten der Trassenplanung widerspiegeln muss. Je nach Größe und Dichte der Erschließungsgebiete lassen sich unterschiedliche Verteiler- und Leerrohrdimensionen installieren.

### **Hausanschlüsse**

Am Ende der Verteilnetzebene gelangen die Einzel- bzw. Mikrorohre eines Rohrverbands zum Hausübergabepunkt des Endnutzers. Man unterscheidet bei der Beurteilung von Versorgungsgebieten zwischen den beiden Anschlusskonzepten homes-connected und homes-passed. Homes-connected ist dann erreicht, wenn die Längstrasse des Verteilnetzes über einen Hausanschluss mit einem internen Gebäudenetz tatsächlich verbunden ist. Im Rahmen von homes-passed führt die Verteilnetztrasse entlang einer Straße am Gebäude vorbei, ohne dass eine Verbindung über eine Hausanschlussleitung geschaffen wurde. Obwohl keine einheitliche Begriffsdefinition besteht (es gibt beispielsweise Unterscheidungen bezüglich der Vorbereitung eines möglichen Anschlusses), ist eine Abgrenzung der beiden Anschlusskonzepte vor dem Hintergrund von Förderprogrammen wichtig. Sie dienen hier der Bestimmung der Versorgungssituation einer Adresse mit geforderten Mindestbandbreiten bzw. -technologien. Bei der im Rahmen dieser Gigabit-Studie durchgeführten Grobnetzplanung handelt es sich um eine FTTB-Planung, bei der die Hausanschlussleitungen im Sinne einer homes-connected-Verbindung Berücksichtigung finden. Als weitere Netzebene wird häufig auch die interne Gebäudeverkabelung angesehen. Da diese im Verantwortungsbereich der Gebäudebesitzer liegen, sind sie für die vorliegende Analyse nicht von Relevanz.

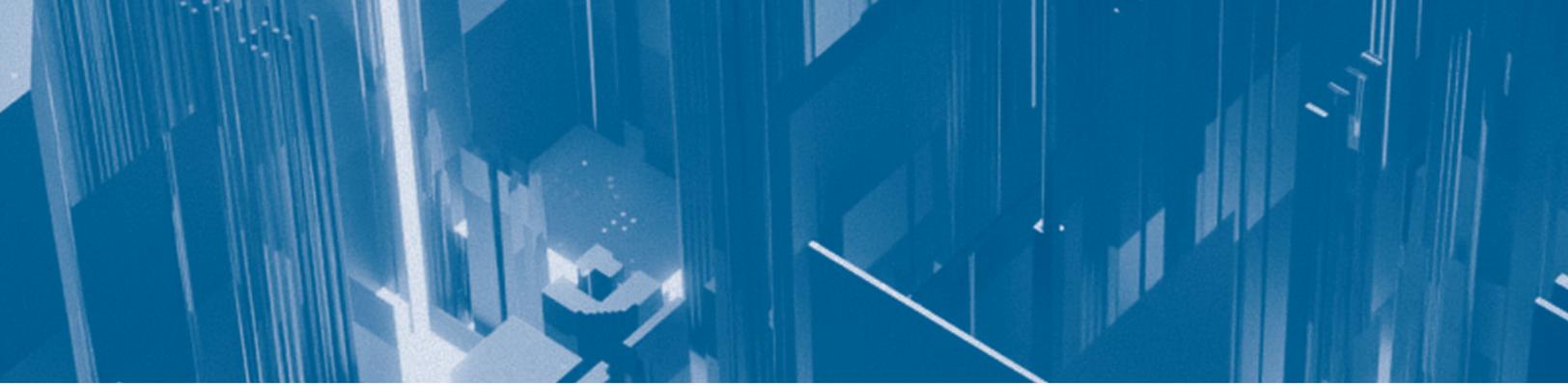
Unter Berücksichtigung der drei oben genannten Betrachtungsebenen wurde für alle im Land Baden-Württemberg identifizierten Planungspunkte eine flächendeckende FTTB-Grobnetzplanung entwickelt. Das Planungskonzept verfolgt dabei den Ansatz, dass das Telekommunikationsnetz ausgehend von den Planungspunkten über die einzelnen Verteiler- und PoP-Bereiche bis hin zum Backbone-Übergabepunkt konzipiert wird. Im ersten Schritt der Planung wurden möglichst zentrale und kostengünstig anzuschließende Backbone-Übergabepunkte identifiziert. Der Ansatz nutzt hierzu Übergabepunkte gängiger Anbieter, darunter Betreiber von Gaspipelines und Schienenverkehrswegen, von denen bekannt ist, dass sie ihre Backbone-Anschlüsse zu marktüblichen Konditionen anbieten. Die Anzahl und Lage der Übergabepunkte orientiert sich dabei an der räumlichen Dichte und Verteilung der angeschlossenen Planungspunkte (inkl. ihrer Angaben zur Anzahl von Haushalten und Gewerbebetrieben), wobei ausreichende Kapazitäten für Redundanzen beispielsweise zur Überbrückung von Netzunterbrechungen und -ausfällen berücksichtigt wurden.

Da bei der Netzerstellung insbesondere der Tiefbau mit hohen Kosten verbunden ist, erfolgte die Planung der Verteilnetzebene unter der Prämisse, die einzelnen Verbindungen zu einem möglichst günstigen Gesamtnetz zu aggregieren. Die FTTB-Planungskonzeption folgt daher einem intelligenten, streckenoptimierten Planungsalgorithmus, der möglichst kurze Verbindungstrassen zwischen den Planungs- und Übergabepunkten identifiziert. Im Falle der Überwindung schwer grabbarer Bodenklassen prüft der Planungsalgorithmus, ob auf Grundlage der angenommenen Streckenkosten (siehe Abschnitt 5.2) günstigere Alternativrouten bestehen. Die gesamte Planungsmethodik wurde mit Daten eines klassifizierten Straßen- und Wegenetzes realisiert, das nicht nur Verkehrsstraßen, sondern auch Wirtschafts- oder Fußwege umfasst, die sich für die Verlegung von Glasfasertrassen eignen.

Im Ergebnis der Planungskonzeption steht ein streckenoptimiertes Verteilnetz, das jeden Planungspunkt an ein Übergabepunkt einer Backbone-Verbindung anschließt. Die Anzahl der PoP-Standorte gleicht der Anzahl der Übergabepunkte, da diese entsprechend den benötigten Kapazitäten dimensioniert wurden. Auch die Glasfaserverteiler wurden auf Grundlage der räumlichen Verteilung und der Anzahl der Planungspunkte sowie ihrer enthaltenen Haushalte und Gewerbebetriebe inklusive ausreichender Reservekapazitäten konzipiert. Im letzten Schritt der Planung wurden die Hausanschlussleitungen hinzugefügt, die eine Verbindung zwischen den Längstrassen des Verteilnetzes und den Hausübergabepunkten darstellen. Diese sind ebenfalls in der Mengen- und Kostenkalkulation zu beachten, da auch sie einen entsprechenden Tiefbau- und Installationsaufwand darstellen. Ein beispielhafter Ausschnitt der FTTB-Grobnetzplanung visualisiert Abbildung 12.



Abbildung 12: Bestandteile der FTTB-Grobnetzplanung in der Detailansicht  
(Basemap: © ESRI World Imagery)



Der konzipierte Planungsansatz in Kombination mit individuellen Qualitätskontrollen nach jedem Arbeitsschritt ermöglicht die Schaffung eines streckenoptimierten FTTB-Netzes, welches in seinem Ergebnis eine Ableitung des Längen- und Materialbedarfs ermöglicht. Die ausgegebenen Trassenlängen und Materialmengen gehen dabei von einer Neuerschließung der ausstehenden Planungspunkte auf Landesebene aus. Mit Ausnahme der Berücksichtigung möglicher Mitnutzungen von bereits geförderten Glasfaser- und Leerrohrtrassen im Land (siehe Kapitel 5.2), schießt die Planung auf Verteilnetzebene explizit nicht bereits bestehende Infrastrukturen privater Netzbetreiber und Telekommunikationsanbieter mit ein. Dies stellt einen üblichen und anbieterneutralen Ansatz zur Abschätzung von Investitionskosten für die Erschließung unterversorgter Gebäudeadressen dar. Die benötigten Mengenbedarfe der Trassen und des Materials zur Erschließung der identifizierten Planungspunkte sind im folgenden Abschnitt dargestellt.

## 5.1.2 Mengenbedarfe der FTTB-Grobnetzplanung

Aufgrund der großen Flächenausdehnung der FTTB-Grobnetzplanung wurde das landesweite Projektgebiet in Erschließungscluster unterteilt. Diese Cluster basieren auf der räumlichen Ausdehnung der zwölf Regionen Baden-Württembergs. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der FTTB-Grobnetzplanung in Form der benötigten Trassen und Mengenbedarfe dargestellt. Neben der Anzahl der Planungspunkte und ihrer Einheiten (Summe aus Haushalten und Gewerbebetrieben) beinhaltet die Tabelle die aus der Planung abgeleiteten Stückzahlen der PoPs bzw. Backbone-Übergabepunkte und der Glasfaserverteiler, die die Punktinfrastrukturen der Planung darstellen. Das streckenoptimierte Verteilnetz und die Hausanschlussleitungen stellen die Linieninfrastrukturen dar, deren Trassenlängen ebenfalls in Tabelle 2 dargestellt sind.

Die FTTB-Grobnetzplanung sieht einen Gesamtbedarf von rund 31.365,5 km Verteilnetztrasse und rund 6.622,5 km Hausanschlussleitungen vor. Die Aufteilung dieser Längen auf die einzelnen Regionen wird maßgeblich von der Anzahl und räumlichen Verteilung der Planungspunkte bestimmt. Aufgrund des geringen Versorgungsgrades beispielsweise in der Region Südlicher Oberrhein sind hier mit 70.113 Planungspunkte viele Adressen von der FTTB-Grobnetzplanung zu erschließen. Dies wirkt sich entsprechend auf den benötigten Trassenbau aus. Tabelle 2 zeigt darüber hinaus, dass die Anzahl der PoPs bzw. Backbone-Übergabepunkte nicht ausschließlich mit der Anzahl an Einheiten zusammenhängt, sondern insbesondere auch von der räumlichen Verteilung der Planungspunkte beeinflusst wird. In der Region Hochrhein-Bodensee sind beispielsweise verhältnismäßig viele Übergabepunkte eingeplant worden, um längere Verbindungstrassen zwischen den einzelnen Regionsbereichen einzusparen.

Region	PoPs/ Übergabe- punkte	Glasfaser- verteiler	Planungs- punkte	Einheiten (HH+Gew.)	Verteil- netz, km	Haus- anschluss- leitungen, km
Bodensee-Oberschwaben	38	739	48.045	74.742	3.041,1	711,8
Donau-Iller	35	712	46.298	66.592	2.629,9	595,7
Heilbronn-Franken	15	369	24.006	35.219	2.565,1	350,6
Hochrhein-Bodensee	47	869	56.455	99.567	3.337,3	784,0
Mittlerer Oberrhein	21	556	36.165	61.371	2.143,1	465,9
Neckar-Alb	26	793	51.555	74.096	2.598,2	725,8
Nord-Schwarzwald	34	529	34.377	54.938	2.210,6	485,5
Ostwürttemberg	14	389	25.273	36.022	1.706,1	364,2
Rhein-Neckar	24	263	17.098	28.767	1.749,9	227,0
Schwarzwald-Baar-Heuberg	26	238	15.439	24.618	1.840,8	240,9
Stuttgart	40	892	57.963	94.577	3.496,6	787,4
Südlicher Oberrhein	31	1.079	70.113	129.778	4.046,8	884,0
<b>Summe</b>	<b>351</b>	<b>7.428</b>	<b>482.787</b>	<b>780.287</b>	<b>31.365,5</b>	<b>6.622,5</b>

*Tabelle 2: Übersicht über die aus der landesweiten Grobnetzplanung abgeleiteten Trassen- und Mengenbedarfe auf Ebene der Regionen Baden-Württembergs*

## 5.2 Investitionskostenermittlung

Auf Basis der oben dargestellten Trassen- und Infrastrukturbedarfe lassen sich die Gesamtinvestitionskosten ermitteln, die zur Erschließung der bisher und zukünftig nicht gigabit-fähigen Planungspunkte aufgewendet werden müssen. Der in dieser Gigabit-Studie gewählte Ansatz basiert dabei auf einem komplexen Kostenmodell, das eine detaillierte Kostenschätzung zur Erstellung der benötigten Netzkomponenten ermöglicht. Das Modell legt hierzu verschiedene Kostenkategorien zugrunde aus denen sich in der Gesamtbetrachtung die aggregierten Kosten auf Landesebene zusammenfassen lassen.

### Entwicklung des Kostenmodells

Um die Investitionskosten des Netzausbaus detailliert abbilden zu können, wurden verschiedene Kostenkategorien betrachtet. Diese basieren neben der Erfassung regional-spezifischer Erfahrungswerte auf Datenbanken, die einen detaillierten Einblick in die

bundesweite Entwicklung von Tiefbau-, Material-, und Mitnutzungskosten geben. Die einzelnen veranschlagten Kostenpositionen legen für Baden-Württemberg marktübliche Werte zugrunde. Aufgrund der derzeit sehr dynamischen Marktentwicklungen insbesondere im Hinblick auf Tiefbaukapazitäten und die Verfügbarkeit von Bau- und Installationsmaterialien ist zu berücksichtigen, dass es sich bei den im Kostenmodell festgesetzten Werten letztlich um Erwartungsbeträge handelt. In zukünftigen Betrachtungen können die Kostenparameter aktuellen Marktentwicklungen entsprechend angepasst werden. Obwohl sich die derzeitigen Preise je nach Region teilweise unterschiedlich darstellen können, wurde in dieser Studie ein landesweit einheitlicher Ansatz gewählt. Dies wahrt die Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Regionen bzw. Landkreisen.

Die Ableitung der berücksichtigten Kostenkategorien betrifft einerseits die Punktinfrastrukturen der Backbone-Übergabepunkte bzw. PoPs und die Glasfaserverteiler. Für beide Positionen wurden jeweils Mischkalkulationen in der Bepreisung angewendet, da landesweit je nach Anschlussdichte unterschiedliche Dimensionierungen verwendet werden müssen. Im Falle der PoPs wurde mit einer höheren Anzahl, dafür aber mit einer geringeren Dimensionierung kalkuliert, so dass pro PoP Kosten in Höhe von 20.000 € angenommen wurden. Die Glasfaserverteiler sind im Kostenmodell mit 5.000 € pro Stück eingerechnet (Tabelle 3).

Eingabeparameter	Wirtschaftlichkeitslückenmodell
PoP/Backbone-Übergabepunkt	20.000 €/Stück
Glasfaserverteiler	5.000 €/Stück
Trassenbau, unversiegelt	100 €/m
Trassenbau, versiegelt	160 €/m
Trassenbau, unversiegelt, Grabbarkeitsklasse 7 oder 8	150 €/m
Trassenbau, versiegelt, Grabbarkeitsklasse 7 oder 8	225 €/m
Mitnutzung	42 €/m
Hausanschlussleitung	60 €/m

*Tabelle 3: Darstellung der dem Kostenmodell zugrunde gelegten Kostenkategorien für Punkt- und Linieninfrastrukturen der FTTB-Grobnetzplanung*

Andererseits wurden auch für die Linieninfrastrukturen des Verteilnetzes Kostenkategorien berücksichtigt. Das Spektrum an Kategorien reicht von der kostengünstigen Mitnutzung bis hin zum aufwändigen Tiefbau in sehr schwer grabbaren Untergründen (Tabelle 3). Der Ansatz prüft im Rahmen einer geographischen Analyse, welcher Kostenkategorie ein jeder Abschnitt zuzuordnen ist. Bei zwei oder mehreren Kategorien in einem Abschnitt wurde dieser an der Übergangsstelle getrennt, sodass jedem Trassenmeter ein eindeutiger Kostenwert zugeordnet werden konnte. Die Kostenkategorien enthalten dabei jeweils die Kosten für den Tiefbau (inkl. Planung und Projektierung) und das benötigte Material an Leerrohren und Glasfaserkabeln. Während für die Mitnutzung von Leerrohren lediglich 42 €/m anfallen (Einbringen der Glasfaser und Material), wurden für den unversiegelten Trassenbau 100 €/m sowie für den versiegelten Trassenbau 160 €/m angenommen. Für Trassenabschnitte in sehr oder extrem schwer grabbaren Untergründen (Grabbarkeitsklassen 7 oder 8) erhöhen sich die Kosten jeweils auf 150 €/m im unversiegelten Bereich und auf 225 €/m im versiegelten Bereich. Die Hausanschlussleitungen wurden mit 60 €/m im Kostenmodell eingepreist. Durch Verschneidung der genannten Kategorien mit den jeweiligen Gesamtlängen des Verteilnetzes lassen sich die Gesamtinvestitionskosten landesweit bestimmen.

### **Ableitung der Gesamtinvestitionskosten**

Gemäß des dargestellten Kostenmodells wurden die Investitionskosten auf Basis der ermittelten Netzelemente aus der Planung berechnet. Tabelle 4 fasst die Zusammensetzung der Gesamtkosten zur Erstellung des Netztes der FTTB-Grobnetzplanung für das Land Baden-Württemberg zusammen. Die Übersicht zeigt, dass die Höhe der Investitionskosten maßgeblich vom Umfang der Trassenlängen sowie der einzubringenden Netzknoten abhängt. In der Summe ergeben sich für das erstellte Planungsszenario Kosten in Höhe von rund 4,31 Mrd. €. Die Hälfte dieser Kosten sind auf den versiegelten Trassenbau zurückzuführen, der bei rund 36 % der Verteilnetztassen anfällt. Der unversiegelte Trassenbau macht circa ein Viertel der Ausbaukosten aus (26 %). Deutlich geringere Anteile haben die Trassen der Kostenkategorien mit sehr oder extrem schwerer Grabbarkeit. Hier liegt der Anteil beider Klassen an den Gesamtkosten mit rund 385 Mio. € bei unter 9 %. Einen ähnlichen Kostenanteil machen mit 397 Mio. € die Kosten für sämtliche Hausanschlüsse aus. In der Grobnetzplanung lassen sich rund 11 % der konzipierten Trassenlänge über Mitnutzungen realisieren. Dieser Wert ist angesichts einer angestrebten landesweiten Gigabit-Vollerschließung als hoch einzuschätzen und führt zu erheblichen Einsparungen in der Kostenkalkulation. Zukünftig sollten die Möglichkeiten der Mitnutzungen von Infrastrukturen und auch bereits geförderten, zu Open-Access verpflichteten Trassen verfolgt werden. Im Kostenmodell wird darüber hinaus deutlich, dass die Installation und das Material für die Netzstandorte (PoPs und Glasfaserverteiler) mit unter 1 % einen sehr geringen Einfluss auf die Gesamtkosten der Netzerstellung haben.

Kostenkategorie	Menge	Kosten je Einheit	Gesamtkosten
PoP/Backbone-Übergabepunkt	351 Stück	20.000 €/Stück	7.020.000 €
Glasfaserverteiler	7.428 Stück	5.000 €/Stück	37.140.000 €
Trassenbau, unversiegelt	11.273.439 m	100 €/m	1.127.343.876 €
Trassenbau, versiegelt	13.632.600 m	160 €/m	2.181.216.038 €
Trassenbau, unversiegelt, Grabbarkeitsklasse 7 oder 8	1.797.545 m	150 €/m	269.631.760 €
Trassenbau, versiegelt, Grabbarkeitsklasse 7 oder 8	514.133 m	225 €/m	115.679.992 €
Mitnutzung	4.147.764 m	42 €/m	174.206.104 €
Hausanschlussleitung	6.622.594 m	60 €/m	397.355.610 €
<b>Summe</b>			<b>4.309.593.381 €</b>

*Tabelle 4: Ergebnisdarstellung der landesweiten Investitionskostenermittlung*

## 5.3 Betrachtung von Außenlagen in der Netzplanung

Im Rahmen des Breitbandausbaus sollte abgelegenen Außenlagen generell eine besondere Aufmerksamkeit zukommen. Einerseits können Außenlagen in der Regel nur mit einem hohen Erschließungsaufwand ausgebaut werden. Andererseits steht dem ein geringes Kundenpotenzial gegenüber. Insbesondere im Bereich des geförderten Ausbaus müssen strategische Ansätze entwickelt werden, wie abgelegene Standorte an das Gigabitnetz angeschlossen werden können. Auch unter den in dieser Studie ermittelten Planungspunkten gibt es zahlreiche Außenlagen, für die zukünftig kein eigenwirtschaftlicher Ausbau zu erwarten ist. Außenlagen werden dabei als Adresspunkte definiert, die aufgrund ihrer räumlichen Entfernung zu zusammenhängenden und dichter besiedelten Versorgungsgebieten hohe Kosten je Anschluss beim Netzausbau verursachen. Um ein besseres Verständnis über die Verteilung und dessen Bedeutung für die Investitionskostenbetrachtung zu gewinnen, wurde ein Ansatz der Identifikation und Analyse dieser Außenlagen entwickelt.

Die für die Netzplanung durchgeführte Modellierung enthält detaillierte Informationen über die Kosten der Netztrassen. Über diese Informationen lässt sich ableiten, wie hoch das Investitionsvolumen des Ausbaus einzelner Adresspunkte in der Netzkonzeption ist. Zu diesem Zweck wurde das Verteilnetz an jeder Abzweigung und jedem Hausanschluss in einzelne Trassenabschnitte unterteilt. Zur Abschätzung der Kosten bezogen auf die Adressenebene wurden die absoluten Kosten der Trassenabschnitte ins Verhältnis mit den in der

Netzarchitektur nachgelagerten, zu erschließenden Adresspunkte gesetzt. In Abbildung 13 ist der Ansatz kartographisch dargestellt. Im abgebildeten Siedlungsbereich sind die Kosten der Trassenabschnitte je nachgelagertem Adresspunkt vergleichsweise gering, da über kurze Trassendistanzen viele Adresspunkte erschlossen werden können (siehe rote Trassen). Die blau markierten Trassen der Außenlagen sind demgegenüber kostenintensiv, da lange Trassenstrecken für wenige Adresspunkte (im Beispiel sind es jeweils zwei Adresspunkte) benötigt werden. Zur landesweiten Abgrenzung der Außenlagen wurden alle Trassenabschnitte mit Erschließungskosten von über 50.000 € pro zu erschließender Adresse identifiziert. Die einzelnen Kostenkategorien des Trassenbaus wurden im Rahmen dieses Ansatzes berücksichtigt.

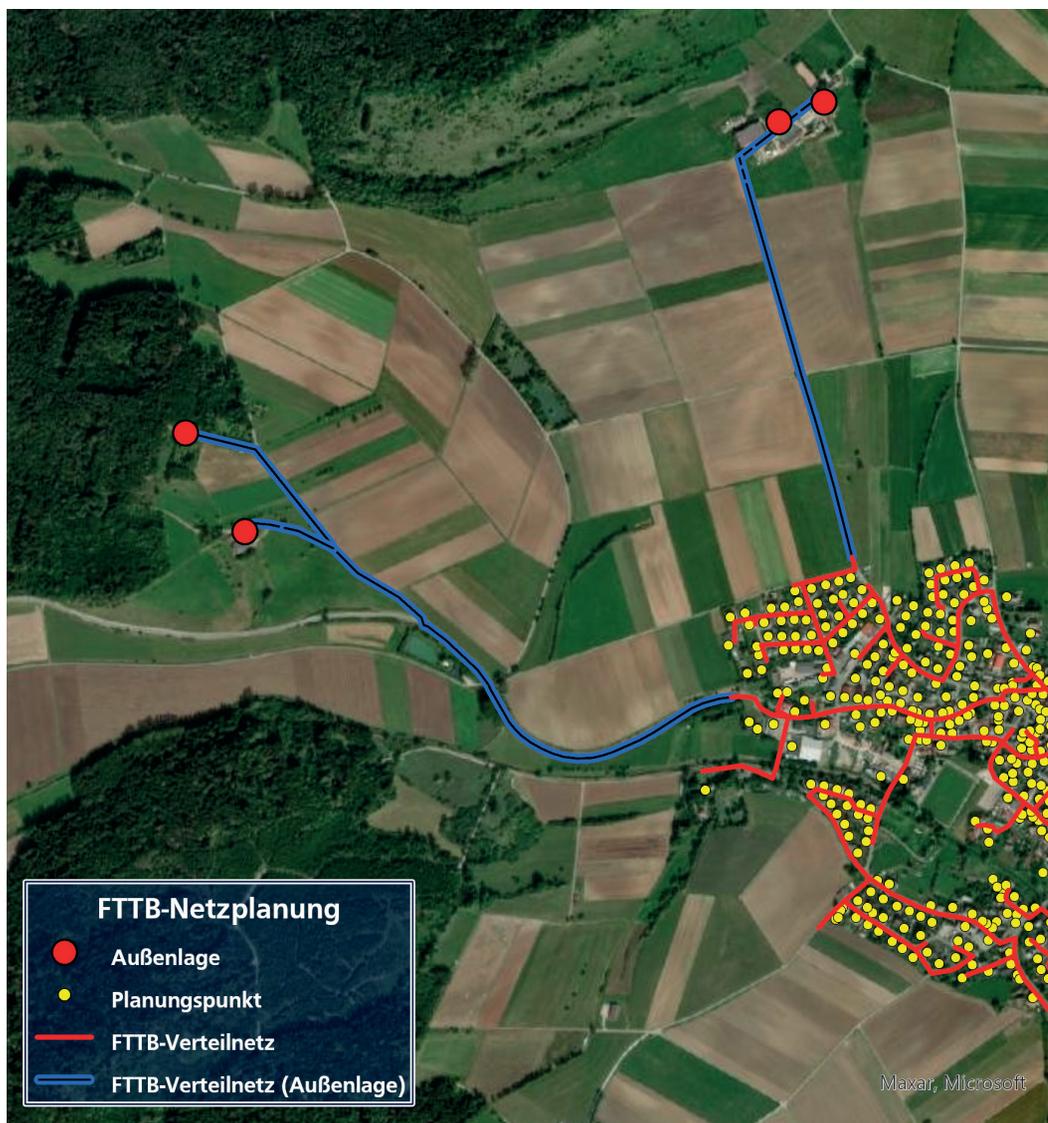


Abbildung 13: Identifikation von Außenlagen der FTTB-Grobnetzplanung  
(Basemap: © ESRI World Imagery)



Alle dem identifizierten Trassenabschnitt nachgelagerten Adresspunkte stellen nach diesem Ansatz die Außenlagen dar. Landesweit konnten mit dem dargestellten Vorgehen 5.595 Außenlagen identifiziert werden, die einen Anteil von 1,2 % der Planungsadressen ausmachen. Aufgrund der langen Erschließungswege beträgt die Verteilnetzlänge zu den Außenlagen insgesamt rund 4.976 km, was einem Anteil von 15 % der Gesamtnetzlänge entspricht. Diese Werte verdeutlichen, wie hoch der Einfluss der geringen Anzahl an Außenlagen auf die Netzkonzeption ist. In der Betrachtung der Kosten lässt sich festhalten, dass die Außenlagen trotz ihres geringen Anteils an den Planungsadressen mit rund 600 Mio. € etwa 14 % des Gesamtbetrages der Kostenmodellierung ausmachen. Diese Statistik gibt Aufschluss darüber, warum die Außenlagen für den marktgetriebenen Netzausbau in der Regel unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten unattraktiv sind. Sie stellen auch bei einem zunehmenden Voranschreiten des Glasfaserausbaus in Baden-Württemberg ein wichtiges Handlungsfeld für öffentliche Trägerschaften dar. Im Rahmen von Einzelfallbetrachtungen gilt es sorgfältig abzuwägen, inwiefern ein FTTB-Ausbau der Außenlagen realisiert werden kann oder auf alternative Zugangstechnologien zurückgegriffen werden sollte. Zumindest als Übergangslösung können die Funktechnologien gute und zügig einzurichtende Alternativen darstellen (vgl. Kapitel 2.1).

## 5.4 Wirtschaftlichkeitsanalysen

Die durchgeführten Versorgungs- und Szenarioanalysen geben Aufschluss über diejenigen Haushalte und Gewerbebetriebe im Land Baden-Württemberg, für die zukünftig kein eigenwirtschaftlicher Glasfaserausbau zu erwarten ist. Da die betroffenen Einheiten der Planungspunkte allerdings einen wichtigen Anteil der Bevölkerung und Wirtschaftskraft ausmachen und ebenfalls Anspruch auf die digitale Teilhabe im Land haben, müssen diese im Rahmen geförderter Ausbaumaßnahmen berücksichtigt werden. Im aktuellen Bundesprogramm der Graue-Flecken-Förderung, an dem sich auch das Land Baden-Württemberg im Rahmen einer Kofinanzierung beteiligt, wird die Wirtschaftlichkeits- bzw. Deckungslücke gefördert, die beim Ausbau von unterversorgten Adresspunkten entsteht. Diese Förderung kann von Landkreisen und Kommunen sowie von Stadt- und Gemeindewerken im Rahmen zweier Modellansätze beantragt werden.

Im Wirtschaftlichkeitslückenmodell wird ein privates Telekommunikationsunternehmen mit dem Ausbau der förderfähigen Adressen beauftragt. Unter Berücksichtigung der Investitions- und Betriebskosten sowie der Einnahmen der ersten sieben Jahre wird die entstandene Wirtschaftlichkeitslücke finanziert. Im Betreibermodell wird wiederum eine Gebietskörperschaft (z.B. eine Kommune) hinsichtlich der Errichtung passiver Netzkomponenten gefördert. Auch hier werden sämtliche Kosten sowie die Einnahmen aus der Verpachtung des Netzes über sieben Jahre an einen Telekommunikationsanbieter berücksichtigt. Da sich die endgültige Fördersumme aus den jeweiligen Wirtschaftlichkeits- bzw. Deckungslücken ergibt, wurden im Rahmen der Gigabit-Studie für beide Fördermodelle Wirtschaftlichkeitsanalysen durchgeführt. Im Ergebnis dient dies einer landesweiten Abschätzung des zukünftig zu erwartenden Fördermittelbedarfs.

Für jeden Landkreis bzw. jede kreisfreie Stadt wurde zunächst auf Grundlage der vergangenen Förderpraxis bestimmt, auf Basis welchen Fördermodells die Wirtschaftlichkeitsanalyse jeweils durchgeführt wird. Bei der Bestimmung der Wirtschaftlichkeits- bzw. Deckungslücken handelt es sich ähnlich wie bei den vorangegangenen Analysen ebenfalls um eine Szenariobetrachtung, da die zu erwartenden Ausprägungen der jeweiligen Eingabeparameter auf Basis derzeitiger Entwicklungen angenommen werden müssen. Auch hier greift die Auswertung auf umfassende Datenbanken und regionsspezifische Erfahrungswerte zurück. Die Eingabeparameter für die beiden Fördermodelle sind in Tabelle 5 dargestellt. Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsanalyse wurden zur besseren Vergleichbarkeit die Annahmen ebenfalls landesweit einheitlich definiert.

Eingabeparameter	Wirtschaftlichkeitslückenmodell	Betreibermodell
Startanschlussquote	35,0 %	35,0 %
Neukundenquote	4,00 %	4,00 %
Betriebskostenquote	1,50 %	---
Quote sonstiger Kosten	1,00 %	---
Abzinsungssatz	1,21 %	1,21 %
Tarif/Pachteinnahmen je Privatkunde	50,00 €	16,00 €
Tarif/Pachteinnahmen je Gewerbekunde	100,00 €	35,00 €

*Tabelle 5: Unterscheidung der angenommenen Eingabeparameter in den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen*

Für beide Modelle wurden einheitliche Werte für die Startanschlussquote (35 %) und die Neukundenquote (4 %) veranschlagt. Laufende Betriebs- und sonstige Kosten fallen in einer Förderung im Betreibermodell nicht an. Im Wirtschaftlichkeitslückenmodell beziehen sich die Anteile auf die getätigten Investitionskosten. Der Abzinsungssatz wurde entsprechend der Förderrichtlinien in beiden Modellen auf 1,21 % festgesetzt. Auch die Abschätzung der Einnahmenseite basiert auf einer Auswertung von regionalen Erfahrungswerten. Im Wirtschaftlichkeitslückenmodell wurden Tarifeinnahmen von 50,00 € je Privatkundenanschluss und 100,00 € je Gewerbekundenanschluss angenommen. Im Betreibermodell wurden die Pachteinahmen wie üblich ebenfalls auf Ebene der Kundenanschlüsse festgelegt. Diese betragen für Privatkundenanschlüsse 16,00 € und für Gewerbekundenanschlüsse 35,00 €. Die Verhältnisse zwischen den beiden Kundentypen sind somit in den beiden Fördermodellen vergleichbar.

Unter Berücksichtigung einer Barwertkalkulation lassen sich die zu erwartenden Wirtschaftlichkeits- bzw. Deckungslücken der einzelnen Landkreise und kreisfreien Städte ableiten. Während der Barwert der Einnahmen in der landesweiten Kalkulation rund 770 Mio. € beträgt, liegt der Barwert der Betriebskosten bei circa 180 Mio. €. In der Summe der Wirtschaftlichkeitsanalysen beträgt die landesweite Wirtschaftlichkeits-/ Deckungslücke somit unter Berücksichtigung der Abzinsung rund 3,7 Mrd. €. Dies entspricht etwa 85 % der Investitionskosten und spiegelt damit im Rahmen einer bundesweiten Betrachtung der Förderkulissen einen üblichen Wert wider. Das Land Baden-Württemberg beteiligt sich an der aktuellen Grauen-Flecken-Förderung in Form einer Kofinanzierung, welche einen Landesanteil von 40 % der förderfähigen Gesamtkosten in den einzelnen Förderverfahren vorsieht. Unter Berücksichtigung der getätigten Annahmen im Rahmen der Szenarioanalyse, der Investitionskostenermittlung und der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ergibt sich daher ein Fördermittelbedarf von rund 1,5 Mrd. €, den das Land Baden-Württemberg ab 2022 für eine vollständige Gigabit-Erschließung einkalkulieren sollte.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Vor dem Hintergrund der hohen gesellschaftlichen Relevanz von gigabitfähigen Breitbandanschlüssen und aktuellen Dynamiken des eigenwirtschaftlichen sowie geförderten Glasfaserausbau gibt die vorliegende Gigabit-Studie einen detaillierten Einblick in den aktuellen Stand des Breitbandausbaus im Bundesland Baden-Württemberg. Die Erfassung der derzeitigen Versorgungssituation und eine Abschätzung des zukünftig zu erwartenden Breitbandausbaus in Form einer Szenarioanalyse bilden dabei die Grundlage für die Ermittlung des Investitions- und Förderbedarfs. Die Konzeption einer landesweiten FTTB-Grobnetzplanung ermöglicht es, den benötigten Trassen- und Materialbedarf für eine flächendeckende Gigabit-Versorgung bestimmen zu können. Unter Berücksichtigung differenzierter Kostenkategorien lässt sich so der Investitionsbedarf des Gigabit-Ausbau ermitteln. Im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsanalyse wurden darüber hinaus differenziert nach dem Wirtschaftlichkeitslücken- und Betreibermodell die zu erwartenden Betriebskosten und Einnahmen berücksichtigt, um für das Land Baden-Württemberg den zukünftig zu erwartenden Fördermittelbedarf zu kalkulieren.

Die Untersuchung der aktuellen Versorgungssituation zeigt, dass die urbanen Agglomerationsräume in Baden-Württemberg bereits über einen hohen Anteil gigabit-versorgter Anschlüsse verfügen. Landesweit machen Koaxialkabelnetze im Gegensatz zu FTTB/H-Anschlüssen den deutlich größeren Anteil der Gigabit-Versorgung aus. Insbesondere vor dem Hintergrund aktueller eigenwirtschaftlicher Ausbaudynamiken wird allerdings eine weitere Zunahme der FTTB/H-Anschlüsse im Land erwartet. Die durchgeführte Szenarioanalyse zeigt dabei auf, wie sich der eigenwirtschaftliche Gigabit-Ausbau in den kommenden Jahren gestalten könnte. Unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen verbleiben zukünftig rund 480.000 Adressen in Baden-Württemberg, die nicht im Rahmen des eigenwirtschaftlichen Ausbaus mit Glasfaserverbindungen erschlossen werden. Diese Adressen konzentrieren sich nicht ausschließlich, aber verstärkt in ländlich geprägten Räumen, in denen derzeit geringere Bandbreiten zur Verfügung stehen und der zukünftige Glasfaserausbau aufgrund längerer Erschließungswege langsamer voranschreitet. Zur Erschließung der ausstehenden Adressen wurde ein Verteilernetz von über 30.000 km Länge kalkuliert. Die Investitionskosten für die gesamte Netzerstellung liegen bei rund 4,3 Mrd. €. Die Wirtschaftlichkeits- bzw. Deckungslücke beträgt in einem Betrachtungszeitraum von sieben Jahren in Summe rund 3,7 Mrd. €. Bei Fortführung der aktuellen Förderkulisse von Bund und Land sind bei einem landesseitigen Kofinanzierungsanteil von 40 % ab 2022 etwa 1,5 Mrd. € einzukalkulieren (Tabelle 6).

Neben den inhaltlichen Untersuchungsergebnissen zum derzeitigen und zukünftigen Versorgungsstand und dem zu erwartenden Fördermittelbedarf münden die



Ergebnisse dieser Gigabit-Studie darüber hinaus in einer fundierten Datenbasis, auf deren Grundlage weiterführende Analysen durchgeführt werden können. Hierzu zählen mögliche Priorisierungsbetrachtungen, das fortgeschriebene Monitoring der Versorgungsdaten sowie Auswertungen zukünftig stattfindender, eigenwirtschaftlicher Ausbauaktivitäten. Datengestützte Betrachtungen wie diese können dazu beitragen, den folgenden Handlungsfeldern zu begegnen, die sich aus den Erkenntnissen der Gigabit-Studie ableiten.

Kategorie	Wert
Zu erwartende Anzahl unterversorgter Gebäudeadressen	482.787 Adressen
Investitionskosten	4.309.593.381,00 €
Einnahmen, Betriebskosten und Abzinsung	-641.669.453,00 €
Wirtschaftlichkeits- bzw. Deckungslücke	3.667.923.928,00 €
Fördermittelbedarf (40 %)	1.467.169.571,20 €

*Tabelle 6: Zusammenfassung der landesweiten Investitions- und Fördermittelbestimmung für den zukünftigen geförderten Gigabitausbau in Baden-Württemberg*

# Zukünftige Handlungsfelder: **3** Schritte zur erfolgreichen Gigabit-Erschließung

## **1** Eigenwirtschaftlichen Ausbau forcieren

Vor dem Hintergrund der dargestellten aktuellen Dynamiken auf dem Breitbandmarkt, die in jüngerer Vergangenheit eine zunehmende Investitionsbereitschaft in Glasfaserinfrastrukturen durch unterschiedliche Akteure erkennen lassen, sind die Rahmenbedingungen für den eigenwirtschaftlichen Netzausbau weiterhin seitens Bund, Land, Landkreisen und Kommunen attraktiv zu gestalten. Hierbei ist es wichtig, in engen Austausch mit den Telekommunikationsunternehmen zu treten, um Chancen und Herausforderungen der Marktteilnehmer aufnehmen und bewerten zu können. Ein fortlaufendes Monitoring der jeweiligen Versorgungssituation in den Landkreisen und kreisfreien Städten Baden-Württembergs unterstützt dabei, attraktive, zusammenhängende Ausbau-Cluster zu identifizieren und deren zeitnahen Ausbau mit den Telekommunikationsunternehmen zu diskutieren sowie nach Möglichkeit zu fixieren. Hierbei ist es von hoher Bedeutung, verbindliche Ausbauszusagen der Betreiber inklusive konkreter Zeitpläne für zukünftige Ausbauggebiete einzuholen. Im Rahmen der Unterstützung sind zudem die beihilferechtlichen Möglichkeiten bei Breitbandinvestitionen auszuschöpfen. Die Gigabit-Studie hat des Weiteren gezeigt, dass sich durch die Mitnutzung bestehender Infrastrukturen die Investitionskosten des Netzausbaus reduzieren lassen. Die Mitnutzung öffentlicher Infrastrukturen ist in Kooperation mit privaten Unternehmen daher stets zu berücksichtigen.

## **2** Versorgung und Ausbau stets im Blick behalten

Die stetige Identifizierung von unterversorgten Gebieten im Land muss regelmäßig erfolgen. Dies dient einerseits einem ständigen Monitoring und damit einem besseren Verständnis des Marktgeschehens, welches regionalen Unterschieden in Baden-Württemberg unterliegt. Andererseits lassen sich Fördermaßnahmen besser vorbereiten. Vor dem Hintergrund dieser beiden Dimensionen sollte ebenfalls ein enger Kontakt mit den Vertreterinnen und Vertretern der Landkreise und kreisfreien Städte des Landes gepflegt werden, da diese eine betreiberübergreifende Einsicht in die Versorgungssituationen und das Ausbaugeschehen vor Ort haben. Im Rahmen der datenschutzrechtlichen Möglichkeiten sollten regelmäßig Informationen über Versorgungsgebiete ausgetauscht werden. Dies ermöglicht es, durch eine landesweite Perspektive auf die Geschehnisse regionale Disparitäten zu erkennen. Versorgungsdaten geben einen detaillierten Einblick in den Ist-Zustand und ermöglichen es, die Charakteristika weiterhin unterversorgter Gebiete besser zu verstehen. Gleiches gilt für eine möglichst detaillierte Erfassung neuer Ausbauggebiete der Telekommunikationsunternehmen, die Aufschluss über die Strategie des Netzausbaus geben. Ein differenziertes Verständnis hierüber trägt zur weiteren Identifizierung möglicher Ausbaucuster bei.

In diesem Kontext hat die vorliegende Gigabit-Studie für das Land-Baden-Württemberg bestätigt, dass Außenlagen eine Sonderstellung im Breitbandausbau einnehmen. Die Erschließung dieser Lagen geht einher mit hohen Ausbaurkosten bei gleichzeitig geringem

Kundenpotential. Es ist daher auch in Zukunft zu erwarten, dass Außenlagen für den privatwirtschaftlichen Ausbau unrentabel bleiben. Umso wichtiger ist es daher, diese Adresspunkte im Blick zu behalten und zu verhindern, dass sie langfristig unterversorgt bleiben. Hierzu ist im Einzelfall abzuwägen, inwiefern die dargestellten alternativen Zugangstechnologien für eine Erschließung als Überbrückung oder dauerhaft infrage kommen, sofern eine Förderperspektive nicht unmittelbar besteht.

### **3 Förderung des Ausbaus unterversorgter Erschließungsgebiete**

Es ist ein gesamtgesellschaftliches Ziel, gleichwertige Lebensverhältnisse im gesamten Bundesgebiet, so auch im Land Baden-Württemberg, zu ermöglichen. Hierzu trägt eine flächendeckende Gigabit-Erschließung maßgeblich bei. Dort wo keine verbindlichen Ausbauzusagen der privaten Telekommunikationsunternehmen vorliegen und ein Ausbau in den kommenden Jahren nicht absehbar ist, müssen die Möglichkeiten der öffentlichen Förderprogramme zur Glasfasererschließung konsequent ausgenutzt werden. Eine weitere Vereinfachung und Beschleunigung der Förderantragstellung sowie das Abrufen von Fördermitteln durch Antragsteller soll fortgeführt werden. Die hierfür benötigten Mittel sind durch das Land Baden-Württemberg für die kommenden Haushaltsperioden zügig bereitzustellen. Auch im Kontext des aktuellen Graue-Flecken-Programms sind die potenziellen Antragsteller aufzufordern, Förderverfahren möglichst zeitnah anzustoßen und nicht auf die Änderung der Förderbedingungen bzw. den Wegfall der Aufgreifschwelle zu warten. Dieses Vorgehen weist zahlreiche Vorteile auf. Eine Überlastung der Fördermittelgeber durch eine Vielzahl gleichzeitig gestellter Anträge zu Beginn des Jahres 2023 und damit verbundene Bearbeitungszeiträume werden hiermit reduziert. Eine frühe Antragsstellung kann angesichts der derzeitigen Kostenentwicklung zudem zu einem besseren Preisgefüge der Angebote und einem geringeren Fördermittelbedarf führen. Die Ausbaueiträume können darüber hinaus kürzer ausfallen, da auch bei den Telekommunikationsunternehmen eine Konzentration von gleichzeitigen Projektanfragen vermindert wird. Hierunter fallen insbesondere die notwendigen Markterkundungs- und Ausschreibungsverfahren. Die vom Bund bereitgestellten Beratungsmittel sollten außerdem konsequent beantragt und ausgeschöpft werden. Dies trägt dazu bei, Landkreise und Kommunen zu entlasten und deren Projekte mit dem notwendigen Know-how zielgerichtet und effizient durchzuführen.

Zu Beginn dieser Gigabit-Studie wurde auf die infrastrukturpolitische Bedeutung des Glasfaserausbau in Baden-Württemberg hingewiesen. Das Ministerium des Inneren, für Digitalisierung und Kommunen Baden-Württemberg übernimmt in diesem Kontext die Aufgabe, die Dynamiken auf dem Breitbandmarkt stetig im Rahmen einer Gesamtbetrachtung zu erfassen und zu bewerten. Erkenntnisse aus der Breitbandförderung können hier direkt genutzt werden. Diese Gesamtbetrachtung erfolgt dabei sowohl in räumlicher Hinsicht, indem die regionalen Unterschiede im Land Berücksichtigung finden, als auch auf inhaltlicher Ebene, auf welcher der eigenwirtschaftliche sowie der geförderte Glasfaser- und Mobilfunkausbau aufeinander abgestimmt werden. Zum Zwecke der flächendeckenden Gigabitversorgung sollte dieser Ansatz im Land Baden-Württemberg auch zukünftig konsequent verfolgt und vorangetrieben werden.

# Quellennachweise / Abkürzungsverzeichnis

## Quellennachweise

### **BNetzA (Bundesnetzagentur), 2021:**

Tätigkeitsbericht 2020/2021 – Bericht gemäß § 195 Abs. 1 Telekommunikationsgesetz, Bonn

### **BNetzA (Bundesnetzagentur), 2022:**

Jahresbericht 2021 – Unsere Zukunft sicher vorbereiten, Bonn

### **IREUS (Institut für Raumordnung und Entwicklungsplanung), 2011:**

Der Beitrag der ländlichen Räume Baden-Württembergs zu wirtschaftlicher Wettbewerbsfähigkeit und sozialer Kohäsion – Positionsbestimmung und Zukunftsszenarien, Stuttgart

### **MICUS, 2022:**

Glasfaser als Bestandteil eines fortschrittlichen Stadtwerkeportfolios – Eine empirische MICUS-Studie, Düsseldorf

### **vatm (Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten e.V.), 2022:**

4. Marktanalyse Gigabit-Anschlüsse 2022 – Ergebnisse einer Befragung der Mitgliedsunternehmen im „Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten e.V.“ im ersten Quartal 2022, Berlin

### **WIK (Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH), 2019:**

Breitbandzugang über Satellit in Deutschland – Stand der Marktentwicklung und Entwicklungsperspektiven, Working Paper 444, Bad Honnef

### **WIK (Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH), 2016:**

Gigabitnetze für Deutschland, Bad Honnef

## Abkürzungsverzeichnis

<b>APL</b>	Anschlusspunkt Linientechnik
<b>DOCSIS</b>	Data over Cable Service Interface Specification
<b>FTTB</b>	Fibre to the Building
<b>FTTC</b>	Fibre to the Curb
<b>FTTH</b>	Fibre to the Home
<b>Gfv</b>	Glasfaserverteiler
<b>HVt</b>	Hauptverteiler
<b>IXP</b>	Internet Exchange Point
<b>KVz</b>	Kabelverzweiger
<b>LTE</b>	Long Term Evolution (4G-Mobilfunk)
<b>LWL</b>	Lichtwellenleiter
<b>NGA-Netz</b>	Next Generation Access Network
<b>ONT</b>	Optical Network Termination
<b>PoP</b>	Point of Presence



MICUS Strategieberatung GmbH ist eines der deutschlandweit führenden Beratungsunternehmen in den Bereichen Breitbandausbau, Glasfasernetzplanungen, Geschäftsfeldentwicklungen sowie Digitalisierungsstrategien. Wir unterstützen und beraten unsere Kunden in ihren wichtigsten Entscheidungsprozessen. MICUS steht für maßgeschneiderte Lösungen und eine zielorientierte Umsetzung von Projekten. Seit unserer Gründung im Jahr 2000 lassen wir uns am Erfolg unserer Beratungsarbeit messen.

Unser Erfolg spiegelt sich an der Vielzahl zufriedener Kunden und den erfolgreichen Umsetzungen unserer Planungen wider. Nach unseren Plänen wurden bereits Breitbandprojekte in über 200 Landkreisen und Kommunen mit mehreren Millionen Kunden mit und ohne Förderung durchgeführt.