



# Hochbreitband in der Schweiz

Erfolgreiche kompetitive Netzvielfalt heute und in den kommenden Jahren

Studie im Auftrag von Swisscom AG



## Impressum

Auftraggeberin

Swisscom AG

Auftragnehmerin

Polynomics AG

Autoren der Studie

Dr. Stephan Vaterlaus, Geschäftsführer, Polynomics AG

Dr. Wolfgang Briglauer, Wirtschaftsuniversität Wien

Patrick Zenhäusern, Bereichsleiter, Polynomics AG

Dr. Beatrice Mäder, Beraterin, Polynomics AG

André Scholl, Polynomics AG

Begleitgruppe

Peter Ehsam, Leiter Regulierung, Swisscom

Meret Meier, Public Affairs & Communications Manager, Swisscom

Adrian Raass, Senior Regulatory Manager, Swisscom

Ralf Koschmann, Community Affairs, Swisscom

Adresse Auftragnehmerin

Polynomics AG

Baslerstrasse 44

4600 Olten

Tel. +41 62 205 15 70

[www.polynomics.ch](http://www.polynomics.ch)

[polynomics@polynomics.ch](mailto:polynomics@polynomics.ch)

Bern und Wien, 17. April 2020

## Inhaltsverzeichnis

---

<b>Management Summary</b> .....	<b>4</b>
<b>Zusammenfassung der wichtigsten Studienergebnisse</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Ausgangslage und Studienfragen</b> .....	<b>8</b>
<b>2 Hervorragende Position der Schweiz im Hochbreitband-Ländervergleich</b> .....	<b>9</b>
2.1 Breitbandziele und Fördermassnahmen auf europäischer Ebene .....	10
2.2 Vielfältiges Breitbandangebot im Ländervergleich.....	11
2.3 Breitbandnachfrage im internationalen Vergleich.....	16
2.4 Die Rolle des Mobilfunks: Fest-Mobilsubstitution .....	21
2.5 Fazit .....	22
<b>3 Faktisch keine «white areas» bei der Hochbreitband-Versorgung</b> .....	<b>23</b>
3.1 Ausbaustand, Breitbandadoption und Marktakteure .....	23
3.2 Abdeckung der Kundennachfrage nach Bandbreiten 2019 .....	24
3.2.1 Aktuell beobachtbare Bandbreitennutzung bei Haushalten und KMU.....	25
3.2.2 Lokaler Abdeckungsgrad der Nachfrage nach Bandbreiten .....	28
3.3 Szenarien der zukünftigen Abdeckung der Nachfrage nach Bandbreiten .....	33
3.3.1 Grundlagen für die Szenarienberechnungen.....	33
3.3.2 Voraussichtliches Nutzungsverhalten 2021/22.....	35
3.3.3 Voraussichtlicher Abdeckungsgrad der Bandbreitennachfrage 2021/22.....	36
3.3.4 Mögliches Nutzungsverhalten und Abdeckung der Nachfrage im Zeitraum 2025 .....	38
3.4 Fazit .....	44
<b>4 Ordnungspolitische Leitlinien und pragmatische Lösungen für «white spots»</b> .....	<b>46</b>
4.1 Technologieneutralität als regulierungspolitischer Referenzpunkt .....	46
4.2 Geografische Heterogenität und Lösungsbedarf für «white spots» .....	49
4.3 Fazit .....	50
<b>5 Anhang</b> .....	<b>51</b>
<b>6 Verzeichnisse</b> .....	<b>54</b>
6.1 Abbildungen .....	54
6.2 Literatur .....	55

---

## Management Summary

Die **Standesinitiative 16.306** («Gewährleistung eines landesweit dichten Hochbreitbandangebots») des Kantons Tessin vom April 2016 fordert den Bund auf, im Rahmen seiner Kompetenzen mit geeigneten finanziellen Förderungsmitteln aktiv in jenen Regionen der Schweiz einzuschreiten, in denen das Hochbreitbandnetz via Kabel von den Fernmeldedienstanbieterinnen aus marktpolitischen Gründen nicht realisiert wird. Damit soll eine landesweit dichte Abdeckung mit einem leitungsgebundenen Hochbreitbandangebot gewährleistet werden.

In seiner Stellungnahme dazu betont das **BAKOM (2018)** die sehr gute Schweizer Breitbandabdeckung und dass die Netzbetreiber ihre Netze laufend weiter ausbauen. Basierend darauf wird in der vorliegenden Studie **die Vielfalt des Breitbandangebots und die spezifische Breitbandnachfrage im Ländervergleich** erläutert (1). Im Detail zeigt die Studie, **inwiefern schweizweit auf Gemeindeebene noch «white areas» vorliegen** (2). Es wird abschliessend dargelegt, **wie Fördermassnahmen ordnungspolitisch zu würdigen sind und wie mit der Thematik von im Einzelfall möglichen «white spots» umzugehen ist** (3). Die Kernaussagen lauten wie folgt:

- (1) Die im internationalen Vergleich sehr gute Versorgung mit Hochbreitband ist das Ergebnis des in der Schweiz **flächendeckenden Infrastrukturwettbewerbs** zwischen Telekommunikationsunternehmen und Kabelnetzbetreibern. Allein schon der Wettbewerb mit Kabelnetzbetreibern führt aufgrund deren beinahe flächendeckender Netzversorgung zu hoher Wettbewerbsintensität. Zum anderen kommen noch mehrere unabhängige mobilfunkbasierte Infrastrukturen sowie regional tätige Energieversorgungsunternehmen (EVU) hinzu. Zusammen führt dies insbesondere zu einer **sehr hohen Verbreitung von Hochbreitbanddiensten, zu einer hohen Innovationsdynamik und zu Produktvielfalt**. Im Zuge des Netz- und Dienstleistungswettbewerbs wird die Versorgungslage in der Schweiz laufend verbessert. Daher stellt sich die Frage, ob auf lokaler Ebene überhaupt noch «white areas» verbleiben bzw. in nächster Zeit verbleiben werden.
- (2) Zur Beantwortung dieser Frage wird der **Nutzungsbedarf** der Kunden (Haushalte und KMU) evaluiert und **auf Gemeindeebene mit der spezifischen lokalen Versorgungslage** abgeglichen. **Erstmals wird mit Hilfe der Daten des BAKOM-Breitbandatlasses** belegt, dass selbst «Heavy User» mit mehreren 100 Mbit/s Nutzungsbedarf im Down- und Upload **heute, 2021/22 und prospektiv (bis 2025)** sehr gut versorgt sind. Es sind auf **Gemeindeebene faktisch keine «white areas» mehr in Hinblick auf die Verfügbarkeit von Hochbreitbandanschlüssen zu beobachten**. Somit ist **keine Objekthilfe zu rechtfertigen**, also keine Subvention für eine bestimmte Technologie in einem bestimmten Gebiet.
- (3) Dagegen ist es möglich, dass **Kunden im Einzelfall** ihren spezifischen Nutzungsbedarf an Bandbreite nicht vollumfänglich über die in den einzelnen Gemeinden vorhandene Festnetz-Technologie abdecken können («white spots»). In diesem Fall kann die Nachfrage meistens über eine mobilfunkbasierte Technologie gedeckt werden. Letztere dürfte die **Telekomnetz-Hybridstrategie der Schweiz** auch besser und kostengünstiger ergänzen als eine landesweit lückenlose leitungsgebundene Versorgung. In der Masse, wie dies nicht möglich ist und ausnahmsweise «white spots» verbleiben, sollten diese **aus ordnungspolitischer Sicht gezielt via Subjekthilfe individuell und kosteneffizient angegangen werden**.

Zusammenfassend ist festzuhalten: **Die wettbewerbsgetriebene und privat finanzierte Investitionsstrategie mit gemischten Technologien deckt die Nachfrage flächendeckend effizient ab. Im Wettbewerb will niemand mangels fehlender Breitbandleistung Kunden verlieren.**

## Zusammenfassung der wichtigsten Studienergebnisse

Gemäss der **EU-Gigabit-Strategie** sollen 2025 alle Haushalte Zugang zu Internetverbindungen mit mindestens 100 Mbit/s erhalten. Eine ähnliche Zielsetzung verfolgt auch die **Standesinitiative 16.306 des Kantons Tessin vom April 2016**, die landesweit eine dichte, leitungsgebundene Abdeckung mit «Hochbreitband» fordert, für deren Finanzierung gegebenenfalls der Bund aufzukommen hat.

Im Auftrag des **BAKOM (2018)** wurde bereits ermittelt (WIK, 2017a), dass mit einem Ausbau von landesweiten Ultrahochbreitbandnetzen Investitionen von mehreren Milliarden Franken erforderlich wären, die sich keineswegs nur über Erträge finanzieren liessen. Ein politisches Anliegen könnten staatliche Subventionen sein, wenn in spezifischen Gebieten eine mangelhafte Abdeckung bestünde. Vorliegende Studie **beantwortet daher mit Hilfe des Breitbandatlas (BAKOM 2020)** erstmalig empirisch fundiert die Frage, inwieweit es **in der Schweiz Gemeinden** gibt, in denen über die **bestehenden festnetzbasiernten Anschlussnetze** der Nutzungsbedarf von Haushalten und Unternehmen (nicht) gedeckt werden kann. **Zentrale Erkenntnisse der Studie** sind:

- Die im Ländervergleich sehr gute Versorgung mit Hochbreitband ist das Ergebnis des in der Schweiz beinahe **flächendeckenden Infrastrukturwettbewerbs**. Bereits der Wettbewerb zwischen Telekommunikationsunternehmen und Kabelnetzbetreibern führt aufgrund der in der Schweiz beinahe flächendeckenden Kabelnetzversorgung zu hoher Wettbewerbsintensivität. Dazu kommen noch mehrere unabhängige mobilfunkbasierte Infrastrukturen sowie regional tätige Energieversorgungsunternehmen (EVU). Der Infrastrukturwettbewerb führt insgesamt zu einer sehr **hohen Verbreitung von Hochbreitbanddiensten** sowie zu einer hohen Innovationsdynamik und Produktvielfalt.
- Die Bandbreiten-Nachfrage von Haushalten und Unternehmen ist aktuell und prospektiv sehr gut abgedeckt. Auf **Gemeindeebene** gibt es aktuell und in den kommenden Jahren **faktisch keine «white areas»**. Mit «white areas» werden vorliegend Gemeindegebiete umrissen, in denen es zwar eine grundlegende Breitbandinfrastruktur gibt, jedoch keine glasfaserbasierten Infrastrukturen (nachfolgend FTTx, wobei darunter sämtliche Technologien gemäss Abbildung 1 (Abschnitt 2.2) subsumiert werden, also auch FTTLA und DOCSIS-Netzwerkarchitekturen bzw. Technologien der Kabelnetzbetreiber)<sup>1</sup>.
- Der intensive Infrastrukturwettbewerb in der Schweiz führt zum jeweils effizienten Technologiemix, der den tatsächlichen Bandbreitennutzungsbedarf von Haushalten und Unternehmen bestmöglich, d.h. nachfrageorientiert und kosteneffizient, deckt. **Die Nachfrage von KMU-Kunden** (Beispiel: Web-Agentur, Hotel), die sich im Einzelfall eine **bessere Versorgung wünschen als diese festnetzbasiernt zur Verfügung steht, kann im Regelfall über eine mobilfunkbasierte Technologie wie UMTS, HSPA, LTE, Bonding-Lösungen etc. gedeckt werden**. Verbleibt in der Tat ein «white spot», ist aus ordnungspolitischer Sicht im Einzelfall eine geeignete bzw. jeweils effiziente und effektive angebots- oder nachfrageseitige Lösung («Subjekthilfe») angebracht.

<sup>1</sup> Eine «white area» besteht, wenn es auf Gemeindeebene keinen glasfaserbasierten (FTTx) Anschluss gibt. Umgekehrt gibt es keine «white areas» auf Gemeindeebene, wenn in jeder Gemeinde mindestens ein FTTx-Anschluss vorliegt. «White spots» sind daher in den nicht 100% mit FTTx-Anschlüssen erschlossenen Gemeinden lokalisierbar.

- **Grossflächige angebotsseitige staatliche Fördermassnahmen würden dagegen zu Marktverzerrungen und Verdrängungen von privaten Investitionen führen.** Dies gilt im Falle technologiespezifischer Förderung («winner picking») etwa in Form einer Fokussierung auf FTTH/B-basierte Anschlüsse.

### Hervorragende Position der Schweiz im Hochbreitband-Ländervergleich

Die Schweiz profitiert im internationalen Standortwettbewerb auch von ihren Hochbreitbandnetzen. Von besonderem Interesse ist die Frage, **wie sich die Schweiz beim Ausbaustand ihrer Hochbreitbandnetze im Ländervergleich positioniert.** Die wichtigsten Fakten präsentieren sich wie folgt:

- Die Schweiz hat **im europäischen Vergleich eine hervorragende Netzabdeckung.** Dies gilt sowohl für Bandbreiten von rund 30 Mbit/s – die Schweiz gehört diesbezüglich zu den bestversorgten europäischen Ländern – als auch für Bandbreiten ab 100 Mbit/s, wie diese in der **EU-Gigabit-Strategie** gefordert werden.
- Eine **hohe Abdeckung** mit modernen Hochbreitbandnetzen besteht in der Schweiz insbesondere **auch in ländlichen Gebieten.** Auch dort ist eine **hohe Verbreitung von Hochbreitbanddiensten**, eine hohe Innovationsdynamik und Produktvielfalt zu beobachten.
- Die Schweiz ist hervorragend mit Hochbreitbandanschlüssen versorgt. Allerdings nutzt nur einer von fünf mit FTTH/B-basierten Ultrahochbreitband erschlossenen Haushalten die volle Kapazität dieses Anschlusses auch tatsächlich. **Die Haushalte könnten schnellere Internetanschlüsse nutzen, fragen sie aber zu einem grossen Teil nicht nach,** weil die Zahlungsbereitschaft für entsprechende Qualität und Dienste nicht vorhanden ist. Für die vergleichsweise höchste Datenübertragungsqualität von FTTH/B-Anschlüssen gibt es bislang kaum konsumentenseitige Nachfrage bzw. keine hinreichenden «Killerapplikationen». **Ein Grossteil der Nachfrage ist aktuell auf mittlere Bandbreiten ausgerichtet.**

### Faktisch keine «white areas» bei der Hochbreitband-Versorgung

Hochbreitbandnetze sind für die gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung von hoher Bedeutung. Privathaushalte und Unternehmen, insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) müssen ihren Nutzungsbedarf an Bandbreite in sämtlichen Gemeinden befriedigen können. Von hohem Interesse ist daher die Frage, **wie die aktuelle und prospektive Haushalt- und KMU-Nachfrage gedeckt wird und ob «white areas» verbleiben.** Die wichtigsten Punkte dazu:

- Der aktuelle Bandbreitenbedarf beim Einpersonenhaushalt liegt zwischen 15 Mbit/s und 20 Mbit/s Download, beim 4- und Mehr-Personenhaushalt zwischen von 30 Mbit/s bis 50 Mbit/s für weitverbreitete Dienste wie HDTV, HD-Video (z.B. Youtube), Homeoffice, Anwendungen wie Skype oder Facetime und Online-Games sowie Websurfen.
- **Systematische Auswertungen der georeferenzierten Informationen aus dem Breitbandatlas und der Statistik der Bevölkerung und der Haushalte zeigen faktisch für sämtliche Gemeinden der Schweiz, dass die Haushalte ihren Bandbreiten-Nutzungsbedarf abdecken können.** Die Haushalte sind mit den Netz-Technologien erschlossen, mit denen sie ihren Nutzungsbedarf befriedigen können und wofür es auch entsprechende Zahlungsbereitschaften gibt.
- Mit Blick auf das Nutzungsverhalten unterscheiden sich Unternehmen voneinander hinsichtlich spezifischer Anwendungen wie Homeoffice/VPN, Cloud Computing, Communica-

tion Services (Videokommunikation etc.) und mobiler Telekommunikations-Dienstleistungen. Basierend auf den heutigen Verträgen von Swisscom mit KMU nutzen «Standard user» im Durchschnitt im Download etwas über 80 Mbit/s, im Upload etwas über 60 Mbit/s, «Heavy user» im Download rund 300 Mbit/s und im Upload rund 250 Mbit/s.

- **Systematische Auswertungen der georeferenzierten Informationen aus dem Breitbandatlas und der Statistik der Arbeitsstätten nach Grössenklasse und Branchen zeigen ebenfalls für faktisch sämtliche Gemeinden, dass Unternehmen ihren Nutzungsbedarf abdecken können**, also bedarfsgerecht mit Breitband-Netztechnologien erschlossen sind.
- Basierend auf der aktuellen Literatur kann für 2025 bei durchschnittlichen Haushaltsgrossen eine Bandbreitennachfrage von rund 200 Mbit/s im Download unterstellt werden. Die **Versorgungslage wird sich in Zukunft** infolge der Netzausbauinvestitionen zahlreicher Wettbewerber (Telekomunternehmen, Kabelnetzbetreiber, EVU, Mobilfunk etc.) **sowohl für Haushalte als auch für Unternehmen weiterhin marktgetrieben verbessern**.
- Bei den Haushalten und KMU können sowohl aktuell als auch im Hinblick auf zukünftig absehbare Nutzungsbedürfnisse **faktisch keine «white areas» ausgemacht werden**.

### Ordnungspolitische Leitlinien und pragmatische Lösungen für «white spots»

Der Einsatz sektorspezifischer Regulierungsmassnahmen inklusive **staatlicher Fördermassnahmen stellt einen massiven Eingriff in den wettbewerblichen Marktprozess dar mit zu erwartenden Marktverzerrungen bei gleichzeitig hohen direkten und indirekten Implementierungskosten der Fördermassnahme**. Dies gilt auch gerade angesichts der hohen technologischen Unsicherheiten in Hinblick auf die künftige Entwicklung von Beschleunigungstechnologien für Hochbreitbandnetze und den Ausbau von 5G Netzen. Ein systematischer und grossflächiger Förderbedarf ist aus ordnungspolitischer Sicht nicht gegeben. Die wichtigsten Punkte dazu:

- Bisher hat in der Schweiz der intensive **Wettbewerb zwischen den unabhängigen Infrastrukturen von Telekommunikationsunternehmen, Kabelnetzbetreibern, Mobilfunkanbietern sowie regionalen Energieversorgungsunternehmen (EVU) zum jeweils effizienten Technologiemix geführt**. Der Befund eines hoch kompetitiven Umfelds wurde auch vom Schweizer Parlament anlässlich der verabschiedeten Revision des Fernmeldegesetzes bestätigt.<sup>2</sup> So hat das Parlament aus diesem Grund die Notwendigkeit einer sektorspezifischen Zugangsregulierung für glasfaserbasierte Anschlüsse abgelehnt.
- Zentral ist, dass öffentliche Fördermodelle bei einem ausgewiesenen Förderbedarf stets technologieneutral und restriktiv in Hinblick auf spezifische Fördergebiete bzw. Fördersubjekte auszugestalten sind. In den nicht zu 100% mit FTTx – darunter sind vorliegend sämtliche Technologien gemäss Abbildung 1 (Abschnitt 2.2) zu verstehen, also auch FTTLA bzw. DOCSIS-Architekturen und Technologien der Kabelnetzbetreiber – versorgten Gemeinden gibt es vereinzelte «white spots» hinsichtlich der Abdeckung einzelner Haushalte und KMU mit Hochbreitbandnetzen. Solche «white spots» sind landesweit verstreut und daher gegebenenfalls gezielt kosteneffizient und effektiver mit einer Subjekthilfe bei einzelnen betroffenen Anschlüssen anzugehen. Subjekthilfen sollen dabei in Abhängigkeit von Effizienz- und Effektivitätsüberlegungen auf die Angebots- oder Nachfrageseite fokussieren.<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Downloadlink <https://www.bakom.admin.ch/bakom/de/home/das-bakom/organisation/rechtliche-grundlagen/bundesgesetze/fmg-revision-2017.html> (Seite eingesehen im März 2020).

<sup>3</sup> Letzteres könnte etwa in Form von «Vouchers» für Hochbreitbandanschlüsse erfolgen, worin der Staat anteilig die Kosten für den Anschluss übernimmt. Die ökonomische und rechtliche Ausgestaltung von Voucher-Systemen

# 1 Ausgangslage und Studienfragen

Die Schweiz hat mit Blick auf Hochbreitbandnetze im Ländervergleich ein sehr hohes Abdeckungsangebot. Die Nachfrage nach diesen Anschlüssen ist hoch. Die Relation von nachgefragten und verlegten Glasfasern speziell auf Basis von FTTH/B ist jedoch sehr niedrig. Trotzdem wurde der Bund mit der **Standesinitiative 16.306 des Kantons Tessin im April 2016** aufgefordert, den Ausbau dieser Hochbreitbandnetze aktiv zu fördern. Ein landesweit dichtes Hochbreitbandangebot solle mittels Direktfinanzierungen, namentlich mit dem nationalen Finanzausgleich (NFA), der neuen Regionalpolitik (NRP) oder aber über eine Erweiterung der Grundversorgung im Rahmen des Fernmeldegesetzes (FMG) gewährleistet werden.<sup>4</sup>

Mit dieser Zielsetzung wären Investitionen in Milliardenhöhe verbunden (WIK 2017a), welche sich keineswegs generell über Erträge finanzieren liessen. Zudem kommt das **BAKOM zum Schluss, dass die Umsetzung der Standesinitiative gar nicht erforderlich** ist. Es nennt dazu die im Vergleich zum Ausland sehr gute Breitbandabdeckung und die Ausbaupläne der Netzbetreiberinnen:

---

*«Eine Notwendigkeit von staatlichen Massnahmen zur Förderung des Netzausbaus ist in der Schweiz vor dem Hintergrund der im Vergleich zum Ausland sehr guten Breitbandabdeckung und der von den Netzbetreiberinnen angekündigten Ausbaupläne nicht ersichtlich.» (BAKOM, 2018)*

---

Vorliegende Studie setzt auf den Einschätzungen des BAKOM auf:

Es wird **erstens auf die Marktentwicklungen bei unterschiedlichen Glasfaserausbautechnologien im internationalen Vergleich von Ländern mit ähnlichen wirtschaftlichen Entwicklungsniveaus eingegangen**. Sie umfassen sowohl die Investitionen auf Angebotsseite als auch die tatsächliche Nachfrage nach modernen Breitbanddiensten. Im Ländervergleich zeigt sich eine hohe Heterogenität mit Blick auf die Ausgangsbedingungen. Es wird ökonomisch erläutert, warum in manchen (insbesondere osteuropäischen) Ländern primär reine Glasfaserausbaustrategien zu beobachten sind, in anderen (etwa Westeuropa und Schweiz) hingegen primär Hybridstrategien bzw. gemischte Netztechnologieansätze im Ausbau von Hochbreitbandnetzen verfolgt werden (Abschnitt 2).

Typisch für die Schweiz, wie auch das BAKOM betont, ist der Infrastrukturwettbewerb zwischen Telekommunikationsunternehmen, Kabelnetzbetreibern, Mobilfunkanbietern sowie regional tätigen Energieversorgungsunternehmen (EVU). Dieser führt zu einer marktgetriebenen und privat finanzierten Investitionsstrategie, wobei je nach den konkreten Gegebenheiten gemischte Hochbreitbandnetz-Ausbautechnologien zur Anwendung gelangen. Spannend ist daher **zweitens die Analyse, inwieweit der konkrete Nutzungsbedarf von Haushalten und Unternehmen unter den in diesem Netzettbewerb erzeugten Investitionsanreizen in den einzelnen Gemeinden der Schweiz gedeckt wird. Die Einzigartigkeit der vorliegenden Studie besteht darin, dass**

---

wird in Briglauer & Schmitz (2019) mit Fokus auf die deutsche Marktsituation untersucht.

<sup>4</sup> Downloadlink: <https://www.parlament.ch/de/ratsbetrieb/amtliches-bulletin/amtliches-bulletin-die-verhandlungen?SubjectId=39737> (Seite eingesehen im März 2020).

Mit Blick auf die Standesinitiative 16.306 des Kantons Tessin vom April 2016 sowie zum Art. 3a rev. FMG ist die Referenz bei Investitionen in den Netzausbau ein Hochbreitbandnetz i. S. von Art. 82 i.V.m. den Erwägungsgründen 24, 63 und 65 sowie Art. 22 (1) und (3) der Richtlinie (EU) 2018/1972 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über den europäischen Kodex für die elektronische Kommunikation (European Electronic Communications Code, EECC).

**sie den Breitband-Abdeckungsgrad der Kunden auf der Grundlage des Breitbandatlases, der Statistik der Bevölkerung und Haushalte sowie der Statistik der Arbeitsstätten nach Grössenklassen und Branchen beurteilt und auf dieser spezifischen Basis zum Schluss gelangt, dass faktisch keine Gemeinden ganz ohne glasfaserbasierte Hochbreitbandinfrastrukturen («white areas») verbleiben** (Abschnitt 3 und insbesondere Abschnitt 3.2).

Eine vergleichbare Analyse wird mit Blick auf die Zukunft, insbesondere bezogen auf die Jahre bis 2021/22 und 2025, vorgenommen. Die zukünftige Versorgungslage wird auf der Grundlage des höheren Nutzungsbedarfs von Haushalten und Unternehmen und auf der Grundlage der 2019 bekannten Netzausbaupläne von Swisscom untersucht. **Dabei zeigt sich vor allem, dass im Rahmen des hybriden Ausbaus der Netztechnologien in der Schweiz eine bedarfsgerechte Versorgung mit Breitbandanschlüssen erfolgt.** Das aktuelle Regulierungsumfeld schafft dazu ausreichend Investitionsanreize (Abschnitt 3 und insbesondere Abschnitt 3.3).

Es soll nicht der Eindruck entstehen, dass im Rahmen der Expertise ohne Einschränkung jeder staatliche Eingriff zugunsten einer Förderung von Infrastrukturen abgelehnt wird. Es wird **daher drittens** ökonomisch fundiert aufgezeigt, dass Fördermodelle einer **ordnungspolitisch korrekten Grundlage bedürfen, d.h. sich am Prinzip der «Technologieneutralität» orientieren sollten.** Der Studienfokus liegt auf der Frage, inwieweit es in der Schweiz «white areas» gibt, nicht inwieweit spezifische Kunden (Beispiel: Web-Agentur, Hotel) sich im Einzelfall eine bessere Versorgung wünschen als diese festnetzbasierend zur Verfügung steht. **Aus ordnungspolitischer Optik sind für «white spots» wo nachgewiesen und nötig, gezielt mit Subjekthilfen individuell und kosteneffizient (z. B. mobilfunkbasierte Technologien) angebots- oder nachfrageorientierte Lösungen zu suchen** (Abschnitt 4).

Jeder Analyseabschnitt endet mit einem Fazit zur jeweiligen Expertise.

## 2 Hervorragende Position der Schweiz im Hochbreitband-Ländervergleich

Wie die Standesinitiative 16.306 des Kantons Tessin zeigt, wird die Ausgestaltung von Breitbandzielen und Fördermodellen kontrovers diskutiert.<sup>5</sup> Weitgehend unumstritten dagegen ist die grundsätzliche gesamtwirtschaftliche Bedeutung digitaler Infrastrukturen. Aus diesem Grunde wurden seitens der Politik insbesondere **auf EU-Ebene entsprechend ambitionierte Breitbandziele formuliert** (Abschnitt 2.1).

Der Erreichungsgrad dieser Ziele ist im Ländervergleich zum einen in Hinblick auf die am Markt vorhandenen Ausbautechnologien sowie die tatsächliche Marktentwicklung bei den Investitionen (Abschnitt 2.2) als auch in Hinblick auf die tatsächliche Nachfrage am Markt bekundete Zahlungsbereitschaft (Abschnitt 2.3) zu vergleichen. Während die Formulierung von Breitbandzielen in der Vergangenheit primär auf leitungsgedundene Ausbautechnologien ausgerichtet war, ist auch die zunehmende wettbewerbliche Bedeutung von mobilen Breitbanddiensten zu betonen (Abschnitt 2.4). Es folgt ein erstes Fazit (Abschnitt 2.5)

<sup>5</sup> An dieser Stelle sei exemplarisch auf die unterschiedlichen Beiträge und Ansichten in zwei ifo Schnelldienst-Schwerpunktausgaben hingewiesen: ifo Schnelldienst 20, 2016, «Wie viel ist genug? Breitbandausbau in Deutschland» sowie ifo Schnelldienst 7, 2018, «Ausbau der digitalen Infrastruktur bis 2025: Welche Wege führen in die 'Gigabit-Gesellschaft'?».

## 2.1 Breitbandziele und Fördermassnahmen auf europäischer Ebene

Auf europäischer Ebene wurden bereits im Jahr 2010 Ausbau- und Adoptionsziele zur Verbreitung von teils oder ausschliesslich glasfaserbasierten Telekommunikationsinfrastrukturen und -diensten in der «**Digitalen Agenda für Europa**» (DAE) für das Jahr 2020 festgelegt (Europäische Kommission, 2010). Um die darin genannten Ziele zu erreichen, wurden in der Mehrzahl der EU Mitgliedstaaten in der Folge nationale Breitbandpläne zumeist in Verbindung mit Fördermassnahmen öffentlicher Gebietskörperschaften und EU-eigenen Fördermitteln implementiert. Auf europäischer Ebene hatte die Europäische Kommission in ihrer **Strategie zur «Europäischen Gigabit Gesellschaft»** (Europäische Kommission, 2016, 35-36) **in Fortführung der DAE noch deutlich ambitioniertere Ziele für das Jahr 2025 formuliert** (Briglauer & Vogelsang, 2018, 9). Die Tatsache, dass in den meisten EU-Mitgliedsstaaten entsprechende Breitbandziele der DAE in Verbindung mit umfassenden Breitbandplänen und Fördermodellen auf nationalstaatlicher Ebene implementiert wurden, wurde in der Gigabit-Strategie als entsprechender Erfolg festgehalten:

---

*«At national level, setting objectives has become the cornerstone of broadband deployment public policy. Every Member State has today established broadband targets but also, on this basis [...] on National Broadband Plans in the EU, adopted or planned a set of funding and regulatory measures aiming at reaching them» (European Commission, 2016a, 31).*

---

Von den an sich rechtlich nicht bindenden Breitbandzielen auf EU-Ebene **gingen auf nationalstaatlicher Ebene also sehr stark faktisch prägende Politikmassnahmen einher**. Dies gilt zudem auch für viele Industriestaaten ausserhalb der EU.<sup>6</sup>

Als eine der wesentlichen Zukunftsinvestitionen werden in der Strategie zur europäischen Gigabit Gesellschaft der Ausbau und die Förderung von «Gigabit-Glasfasernetzen» genannt, die sowohl hohe Kapazitäten als auch echtzeitfähige und verzögerungsfreie Datenübertragungsleistungen möglichst flächendeckend garantieren sollen. Konkret hatte die Europäische Kommission (2016) in ihrer Gigabit-Strategie folgende ambitionierte Ausbauziele festgelegt: So sollen bis **zum Jahr 2025 Gigabit-Verbindungen für alle Schulen, Verkehrsknotenpunkte, öffentliche Dienstleister und digital-intensive Firmen** bestehen; es sollen alle Ballungsgebiete und Hauptverkehrsstrecken ununterbrochenen Zugang zu 5G haben; und **alle europäischen Haushalte sollen Zugang zu Internetverbindungen mit mindestens 100 Mbit/s erhalten**. Zur Zielerreichung werden insbesondere «Netze mit sehr hoher Kapazität» anvisiert, da nur diese volles Wachstumspotential entfalten würden:

---

*«Der wirtschaftliche und soziale Nutzen dieses digitalen Wandels lässt sich nur dann voll ausschöpfen, wenn Europa es schafft, dass sowohl im ländlichen Raum als auch in Stadtgebieten flächendeckend Netze mit sehr hoher Kapazität aufgebaut und von allen Teilen der Gesellschaft auch genutzt werden» (Europäische Kommission, 2016, 1).*

---

<sup>6</sup> Vgl. die Übersichtstabelle in OECD (2018, Tabelle 2).

Netze mit sehr hoher Kapazität werden in der Gigabit-Strategie wie folgt definiert:

---

*«Ein ‚Netz mit sehr hoher Kapazität‘ ist ein elektronisches Kommunikationsnetz, das entweder komplett aus Glasfaserkomponenten zumindest bis zum Verteilerpunkt am Ort der Nutzung besteht, oder zu üblichen Spitzenlastzeiten zumindest eine ähnliche Netzleistung in Bezug auf verfügbare Down- und Uplink-Bandbreite, Störfestigkeit, Fehlerparameter, Latenz und Latenzschwankung bieten kann» (Europäische Kommission, 2016, Fussnote 11).*

---

Auch in der grundlegenden Revision des europäischen Regulierungsrahmens («Telekom-Kodex», Europäische Kommission, 2018) kommt eine entsprechende **Fokussierung auf «Netze mit sehr hoher Kapazität»** zum Ausdruck:

---

*«Derzeit wird auf diese Nachfrage reagiert, indem Glasfaserkabel zunehmend bis in die Nähe des Nutzers verlegt werden; ‚Netze mit sehr hoher Kapazität‘ werden in Zukunft Leistungsparameter erfordern, die jenen eines Netzes entsprechen, das zumindest bis zum Verteilerpunkt am Ort der Nutzung aus Glasfaserkomponenten besteht. Bei Festnetzanschlüssen entspricht dies einer Netzleistung, die eine Verlegung von Glasfaser bis zu einem Mehrfamilienhaus als Ort der Nutzung bieten kann. Bei drahtlosen Verbindungen entspricht dies einer Netzleistung, die der vergleichbar ist, die bei einer Verlegung von Glasfaser bis zur Basisstation als Ort der Nutzung erzielt wird» (Europäische Kommission, 2018, Erwägungsgrund 13).*

---

Mit der Bezugnahme auf den «Verteilerpunkt am Ort der Nutzung» bzw. «einem Mehrfamilienhaus als Ort der Nutzung» wird die Technologieauswahl damit faktisch auf bestimmte Netzausbauszenarien (FTTB bzw. FTTH) eingeschränkt. In der Tat lässt sich auf Ebene der Europäischen Union als auch in den nationalen Breitbandplänen, die sich weitestgehend an den auf EU-Ebene definierten Ausbau- und Verbreitungszielen orientieren, zwischenzeitlich eine starke Präferenz in Bezug auf FTTH/B-basierte Ausbauszenarien erkennen bzw. werden letztere in Europa mit gigabitfähigen Hochbreitbandnetzen gleichgesetzt.

## 2.2 Vielfältiges Breitbandangebot im Ländervergleich

Um die gesetzten Breitbandziele zu erreichen, müssen Infrastrukturanbieter hohe Investitionen tätigen. In Abhängigkeit von der gewählten Ausbautechnologie sind sie auch mit teils sehr hohen Risiken konfrontiert. Die ökonomische Bedeutung neuer Infrastrukturen ist in Bezug auf inputorientierte Kapazitäten sowie in outputorientierter Hinsicht (nachfrageseitige Adoption und damit einhergehende Marktergebnisse) zu bewerten (Bertschek und Briglauer, 2018). Damit ist auch der **Zielkonflikt zwischen statischer und dynamischer Effizienz** angesprochen. So führen niedrige Endkundenpreise zu höherer Adoption von neuen Breitbandanschlüssen jedoch auch zu geringeren Investitionsanreizen, da die erwarteten Gewinne sinken.

Während **zu Beginn der EU-weiten Marktliberalisierung** auf Basis hoher Preisniveaus ein **klarer Fokus auf statischer Effizienz** lag, verschob sich dieser **in späteren Liberalisierungsphasen klar auf die Forcierung dynamischer Effizienz** in Hinblick auf notwendige Investitionsanreize zum Ausbau neuer Breitbandnetze (Vogelsang, 2017; 2019). Eine solche Fokussierung wurde zwischenzeitlich auch von der Europäischen Kommission in ihrem Telekom-Kodex zum Ausdruck gebracht, wonach *«der Schwerpunkt ihrer Überprüfung des Rechtsrahmens für die Te-*

lekommunikation auf Massnahmen zur Schaffung von Anreizen für Investitionen in Hochgeschwindigkeitsbreitbandnetze» (Europäische Kommission, 2018, Erwägungsgrund (3)) gelegt werden sollte.<sup>7</sup> Als **Indikator der Verfügbarkeit dieser Infrastrukturen** lassen sich die von Netzbetreibern angebotsseitig bereitgestellten Breitbandanschlüsse (*homes passed*) heranziehen. Die so genannte Adoption bringt hingegen zum Ausdruck, inwieweit die zur Verfügung gestellten Anschlüsse auch entsprechend von Haushalten und Unternehmen nachgefragt werden (*homes connected*).

In Hinblick auf Breitbandanschlusstechnologien sind **drei Typen im glasfaserbasierten Breitbandausbau** zu unterscheiden (vgl. Abbildung 1):

#### Typ I – FTTE<sub>x</sub>: (Basis)Breitband

Auf Basis von «**Fibre to the exchange**» (FTTE<sub>x</sub>), wo die Anschlusszentrale mit Glasfaser erschlossen ist, können in Verbindung mit xDSL-Technologien (vor allem mit der ADSL-Technologie («Asymmetrie Digital Subscriber Line»)) und deren Weiterentwicklung Basisbreitbanddienste angeboten werden, die im Download Datenraten in der Grössenordnung von 20 Mbit/s ermöglichen.

#### Typ II und III – FTTC/FTTD<sub>p</sub>/FTTS/FTTLA: (Hybrides) Hochbreitband

Gemeinsames Charakteristikum ist, dass vom Hauptverteiler bis zum Gebäude in unterschiedlichem Ausmass Glasfaser und danach Legacy-Infrastrukturen eingesetzt werden. «Next Generation Access» (NGA) begann mit FTTC («**Fibre to the Cabinet**») bzw. «**Very High Speed Digital Subscriber Line**» (VDSL).

Mit FTTC werden VDSL-basierte Hybridtechnologien bezeichnet, worin die von Glasfaserleitungen zu überwindende Strecke gegenüber der Distanz von der Anschlusszentrale (FTTE<sub>x</sub>) deutlich verkürzt wird (Bertschek u. a., 2016a, 17-18; Briglauer u. a., 2019, 4-7). High-end hybrides Hochbreitband wird gegenwärtig vor allem über «Fibre to the distribution point» (FTTD<sub>p</sub>), «**Fibre to the Street**» (FTTS<sup>8</sup>) sowie über «**Fibre to the Last Amplifier**» (FTTLA) in Kabelnetzen angeboten. In Verbindung mit den Übertragungstechnologien Vectoring und «G.fast» können über solche hybriden Netze bis zu mehreren hundert Mbit/s erzielt werden.

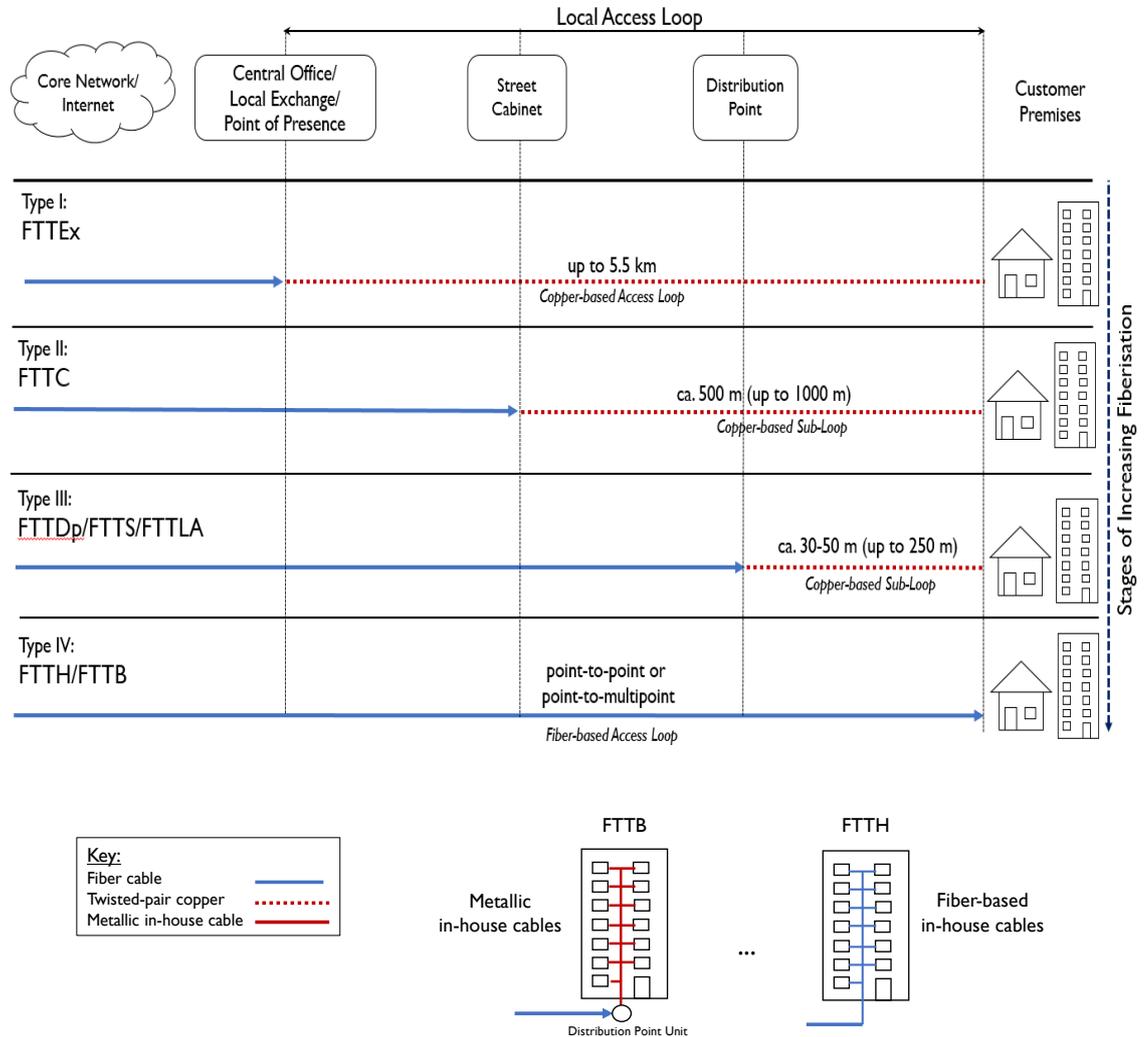
#### Typ IV – FTTH/B: Ultrahochbreitband

Mit FTTH/B sind Glasfaserzugangsrealisierungen gemeint, bei denen entweder bis zum Gebäude («**Fiber to the building**», FTTB) oder bis in die Wohnung («**Fibre to the home**» (FTTH) zur Gänze Glasfaser, d.h. inkl. der Inhausverkabelung, eingesetzt wird. In politischen Breitbandzielen werden des Öfteren FTTH/B-Ausbauszenarien mit Gigabit-Infrastrukturen gleichgesetzt.

<sup>7</sup> Briglauer et al. (2017) zeigen in ihrer Analyse der Investitionsanreize des neuen Rechtsrahmens, dass dies jedoch im (nunmehr finalisierten) Telekom-Kodex nur in Ausschnitten gewährleistet und gleichzeitig auch (neue) Regulierungsmassnahmen mit gegenläufigen Effekten für Investitionsanreize geschaffen wurden.

<sup>8</sup> Die verbleibende Länge des Kupferkabels verkürzt sich auf wenige Meter, typischerweise 30-50 bis maximal 250 Meter.

Abbildung 1 Schematische Darstellung unterschiedlicher FTTx-Netzausbautechnologien



Die Abbildung gibt eine schematische Darstellung der skizzierten FTTx-Ausbautechnologien vor dem Hintergrund einer typischen Netzarchitektur wieder. Im Wesentlichen unterscheiden sich die Ausbautechnologien durch die jeweils erforderlichen Glasfaserinvestitionen.

Quelle: Briglauer u. a., 2019, 6-7, FTTH Council Europe, 2018, 12-14; Timmers u. a., 2018, 4-5, Zhao u. a., 2014, 6-7.

Generell steht der **Überbegriff «Hochbreitband» für FTTx**, also für alle relevanten Typen von Hochbreitbandnetzen, die auf den Netzarchitekturen FTTC, FTTDp, FTTS und FTTLA (DOCSIS) sowie FTTH/FTTB basieren (Type II-IV). Bei sämtlichen kupferbasierten Anschlusstechnologien (xDSL) gibt es einen technologischen Zielkonflikt zwischen höheren Bandbreiten und Störanfälligkeiten aufgrund von elektromagnetischen Wechselwirkungen. Höhere Bandbreiten können daher nur bei einer Verkürzung der verbleibenden kupferbasierten Leitungslänge erreicht werden. Umgekehrt sind auf sehr kurzen Strecken auch hybride FTTC-Netze gigabitfähig

(Krämer, 2018, 13). Die FTTC-Ausbauaktivitäten werden hier v.a. durch die von Incumbent-Unternehmen<sup>9</sup> forcierte «VDSL/Vectoring»-Technologie vorangetrieben, die eine deutliche Erhöhung der Bandbreite gegenüber herkömmlichen xDSL-basierten Breitbanddiensten erlaubt. Wird Glasfaser noch weiter zu den Endkunden bis hin zu den Strassenzügen bzw. in die Nähe von den jeweiligen Gebäuden verlegt, spricht man von «Fibre to the street» (FTTS) bzw. «Fibre to the distribution point» (FTTDp).

Eine **weitere Hybridtechnologie stellt die schnelle Übertragung von Daten über bestehende Kabelfernsehnetze (CATV)** dar. An der Schnittstelle zwischen Glasfaserabschnitt und Koaxialkabel werden die optischen Signale in elektrische Signale umgewandelt, wobei die Glasfaser bis zum letzten Verstärker geführt wird. Man spricht daher auch von Fibre to the Last Amplifier (FTTLA) (FTTH Council Europe, 2016). Bei FTTLA Kabelnetzen teilen sich – ähnlich wie im Mobilfunk – mehrere Anschlussnehmer die in einem Segment zur Verfügung stehende Bandbreite (Koaxialkabel im letzten Anschlusssegment als «shared medium»), sodass die individuell zur Verfügung stehende Bandbreite insbesondere in Zeiten höchster Nutzung deutlich unter den theoretischen Höchstwerten liegen kann, da im Gegensatz zum Kupferkabel keine dedizierte Kapazität für die einzelnen Teilnehmer zur Verfügung steht (Bertschek u. a., 2016a, 68).

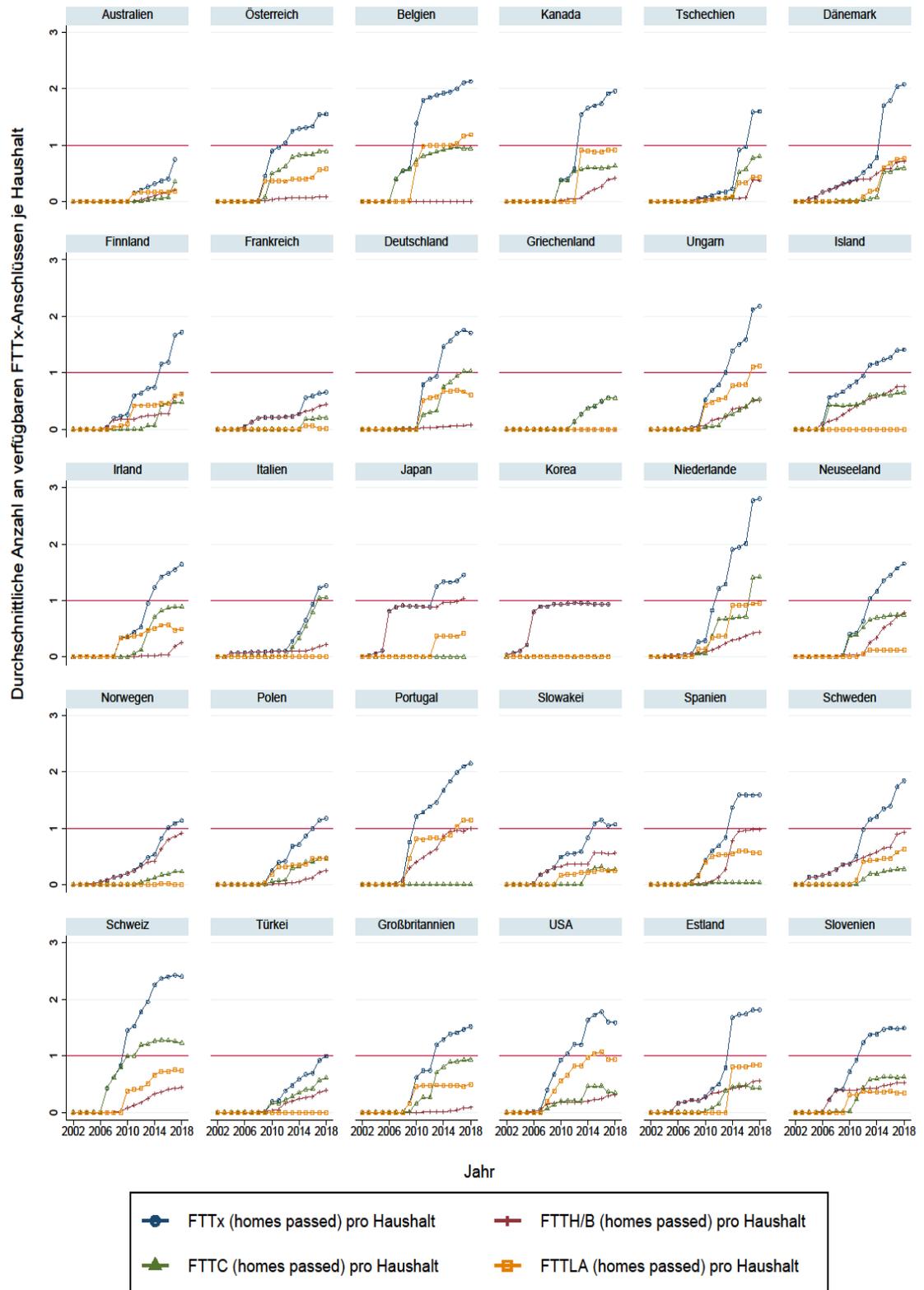
Viele der grossen Kabelnetzbetreiber haben bereits weitestgehend vollständig den technologischen **Standard DOCSIS 3.0** in ihren Netzen integriert und ihre Netze im Hinblick auf die diesbezügliche Breitbandfähigkeit voll aufgerüstet. Hingegen liegt im EU-Durchschnitt der Anteil der **VDSL Technologie** für Mitte 2017 bei nur rund 55% aller xDSL Anschlüsse. Mitte 2017 war der Anteil von DOCSIS 3.0 an allen (FTTx) glasfaserbasierten Hochbreitbandtechnologien mit 37% bereits höher als VDSL (35%), gefolgt von FTTH (19%) und FTTB (9%) Anschlüssen (European Commission, 2018a, 19). **Der Grund für diese Unterschiede in den technologischen Upgrade-Raten der beiden Hybridtechnologien liegt in den unterschiedlichen Kosten begründet**, die bei der xDSL-Technologie im Durchschnitt viel höher sind, da es hierin typischerweise auch zu einer physischen und somit kostenintensiven Migration von Infrastrukturelementen kommt.

Abbildung 2 zeigt die angebotsseitige Versorgung mit FTTx-Anschlüssen für 30 OECD Staaten. Für die Mehrzahl der Staaten zeigt sich aufgrund der Parallelversorgung von FTTx-Infrastrukturen, dass je Haushalt im Durchschnitt mehr als ein FTTx Anschluss verfügbar ist. **In Bezug auf alle FTTx Varianten sind etwa für die Schweiz sogar mehr als 2 Anschlüsse je Haushalt verfügbar.** Die durchschnittliche Versorgung mit kostenintensiven FTTH/B Anschlüssen ist hingegen in den meisten OECD Staaten, so auch für die Schweiz, deutlich geringer. Der durchschnittliche Anteil von DOCSIS-basierten FTTLA-Anschlüssen ist hingegen als besonders hoch anzusehen, auch aufgrund der hauptsächlich auf urbane Gebiete beschränkten geografischen Abdeckung von Kabel-TV Netzen.

In Abbildung 2 lässt sich bei den **FTTLA-Verläufen oftmals ein sprunghafter Anstieg zwischen zwei Jahreswerten erkennen. Dies deutet darauf hin, dass die DOCSIS-Aufrüstung im Falle einer entsprechenden Unternehmensentscheidung relativ rasch durchgeführt werden kann.** Briglauer u. a. (2018) finden hierfür in ihrer ökonomischen Untersuchung auch eine entsprechende empirische Bestätigung, wonach der sogenannte «speed of adjustment», also die Geschwindigkeit mit der ein anvisiertes Investitionsziel erreicht wird, für (FTTLA) Investitionen in Kabelnetzwerken deutlich höher ist als der entsprechende Vergleichswert für (FTTC) Investitionen von Incumbent-Unternehmen.

<sup>9</sup> Mit «Incumbent-Unternehmen» sind die vor der Liberalisierung zumeist staatlich kontrollierten Monopolisten von leitungsgebundenen Telekommunikationsnetzen («Legacy-Infrastruktur») gemeint.

Abbildung 2 Homes passed nach Technologien in 30 OECD-Staaten



Quelle: FTTH Council Europe, Swisscom, eigene Berechnungen.

Die Autoren begründen diese Differenz mit den obig erwähnten technologisch bedingten Unterschieden in den Ausbaurkosten. **Die beiden Hybridtechnologien weisen also in Hinblick auf Qualität und Ausbaurkosten jeweils komparative Vor- und Nachteile auf**, zudem sind die historischen Ausgangsbedingungen der beiden Legacy-Netzwerke in den einzelnen Ländern teils stark unterschiedlich (so gibt es keine Kabel-TV Netze in Ländern wie Italien, Griechenland oder Island, vgl. Abbildung 2).

### 2.3 Breitbandnachfrage im internationalen Vergleich

Sieht man sich den nach Breitbandtechnologien differenzierten Ausbaustand in einzelnen ausereuropäischen und insbesondere den europäischen OECD-Mitgliedsstaaten im Zeitverlauf an (Abbildung 2),<sup>10</sup> erkennt man, dass der **glasfaserbasierte Breitbandausbau in den meisten dieser Staaten im Hinblick auf die flächendeckenden Versorgungsziele auf Haushaltsebene** (horizontale rote Linie markiert 100% Vollversorgungsziele) **auf Basis aller FTTx-Anschlüsse bereits erreicht** ist. Bei dem in der «Europäischen Gigabit Gesellschaft» genannten Ziel von 100 Mbit/s, die teils auf FTTH/B basieren, ist dies jedoch in den meisten Ländern nicht gegeben, erst recht, wenn man nur auf FTTH/B Ausbauten abstellt. Darüber hinaus liegt einer weitergehenden (in Abbildung 2 nicht ausgewiesenen) Unterscheidung der Breitbandversorgung in urbane, sub-urbane und ländliche Gebiete ein starkes Gefälle zuungunsten der ländlichen Gebiete zugrunde (Bertschek & Briglauer, 2018; European Commission, 2018b). Die ubiquitären Versorgungsziele sind daher gerade im ländlichen Raum noch viel weiter entfernt und die in Abbildung 2 angeführten räumlichen Durchschnittswerte beinhalten umgekehrt auch eine Mehrfachversorgung mit FTTx-Infrastrukturen speziell in urbanen Gebieten, wodurch das räumliche Versorgungsgefälle noch stärker zum Ausdruck kommt.

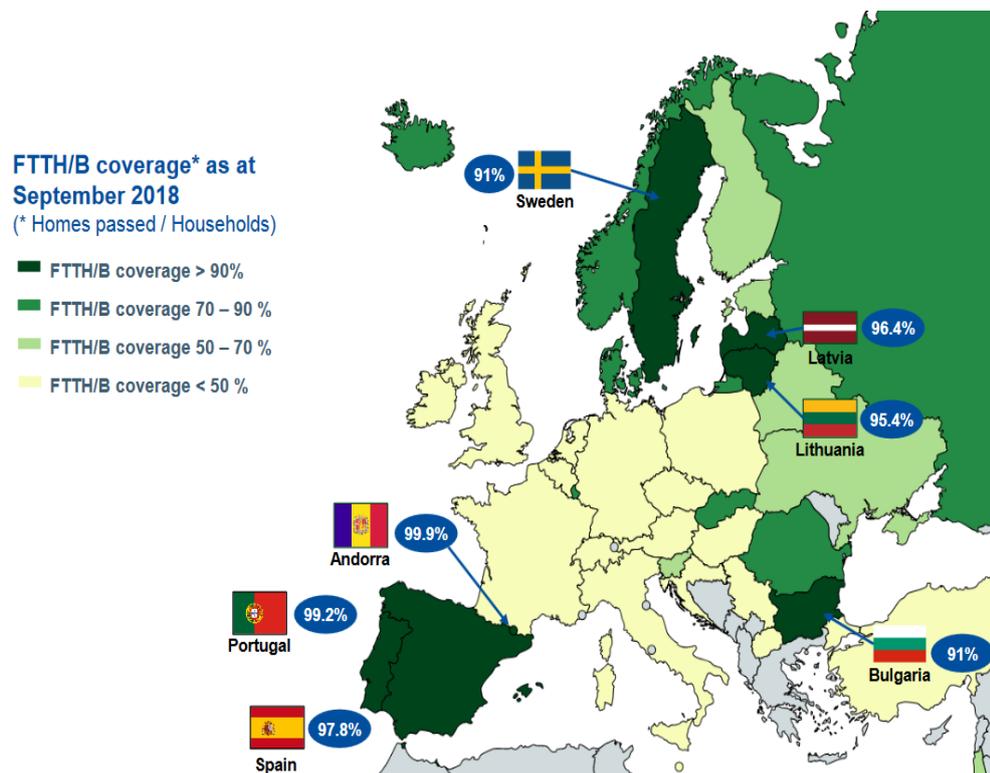
Innerhalb der ausgewiesenen Ländergruppe ist zudem eine **hohe Heterogenität** zu beobachten: So ist die unterschiedliche technologische Schwerpunktsetzung im FTTH/B Netzausbau primär auf **Unterschiede in den historischen Ausgangsbedingungen der Netzinfrastrukturen der ersten Generation** zurückzuführen bzw. sind umgekehrt für Länder mit hohen Versorgungswerten auf Basis von FTTC und FTTLA Hybridstrategien niedrige FTTH/B Werte zu beobachten; dies gilt etwa in besonders ausgeprägter Form für Länder wie Österreich, Belgien, Deutschland, Irland, Italien oder Grossbritannien. Dass diese Länder beim FTTH/B-Ausbau vergleichsweise weit hinten liegen, ist wesentlich der hohen Qualität der Breitbandinfrastruktur der ersten Generation «geschuldet», die hauptsächlich auf Kupferleitungen und der DSL-Technologie sowie der Koaxialkabelinfrastruktur der Kabelnetzwerkbetreiber basiert. **FTTH/B-Investitionen können ökonomische Renten der Breitbandinfrastruktur der ersten Generation «kannibalisieren»**, was entsprechende Opportunitätskosten einer Investition in neu zu errichtende (FTTH/B) Infrastrukturen darstellt. Der hier zugrundeliegende «replacement effect» (Arrow, 1962) ist insbesondere von praktischer Relevanz für Staaten mit einer sehr gut etablierten (legacy) Infrastruktur der ersten Generation (Bertschek u. a., 2016a, 24; Briglauer & Gugler, 2013; Arnold & Tenbrock, 2014). In den im FTTH/B Aufbau führenden osteuropäischen Transformationsökonomien kommt dieser Effekt spiegelbildlich besonders deutlich zum Ausdruck. Hier ist die starke Verbreitung von FTTH/B-Anschlüssen in Ländern wie Slowakei, Slowenien und Estland umgekehrt wesentlich auf die geringe Qualität bei den Netzinfrastrukturen der ersten Generation zurückzuführen

<sup>10</sup> Die in Abbildung 2, Abbildung 4 und Abbildung 5 zugrunde gelegte Ländergruppe basiert auf den 34 OECD Mitgliedsstaaten, wobei die vier Länder Chile, Israel, Mexiko und Luxemburg ausgeschlossen wurden, um zum einen möglichst homogene Wirtschaftsräume zu vergleichen (Ausschluss von Chile und Mexiko) und aus Darstellungsgründen aufgrund von überdurchschnittlich hohen Werten für homes passed für einzelne Länder (Ausschluss von Luxemburg und Israel).

bzw. auf niedrige Opportunitätskosten und einen kaum vorhandenen «replacement effect». Dieser Zusammenhang wird noch deutlicher, wenn man die osteuropäischen Länder in den Vergleich mit den EU-Gründungsmitgliedern einbezieht (Abbildung 3). Der oftmals beklagte geringe FTTH/B-Ausbaustand in Ländern wie Deutschland, Österreich und in abgeschwächter Form auch in der Schweiz, lässt sich vor diesem Hintergrund ökonomisch plausibel als Ergebnis eines Gewinnmaximierungskalküls erklären (Bertschek u. a., 2016a, 24; Briglauer & Gugler, 2013).

Für die hohen FTTH/B Versorgungswerte in den skandinavischen Ländern, in Spanien und Portugal (Abbildung 3) sowie in den global führenden ostasiatischen Ländern Japan und Korea (Abbildung 2) gibt es ebenfalls plausible Faktoren sowohl auf der Angebots- als auch auf der Nachfrageseite – wie zum Beispiel Unterschiede in der konsumentenseitigen Affinität mit IKT und Breitbanddiensten, Unterschiede in staatlichen Förderprogrammen oder in Bezug auf Topografie und Demografie – auf die an dieser Stelle nur hingewiesen sei (Briglauer & Gugler, 2013; Godlovitch u. a., 2015, 62-68; Bauer, 2010, 74).

**Abbildung 3 FTTH/B-Haushaltsversorgung (homes passed) in Europa**

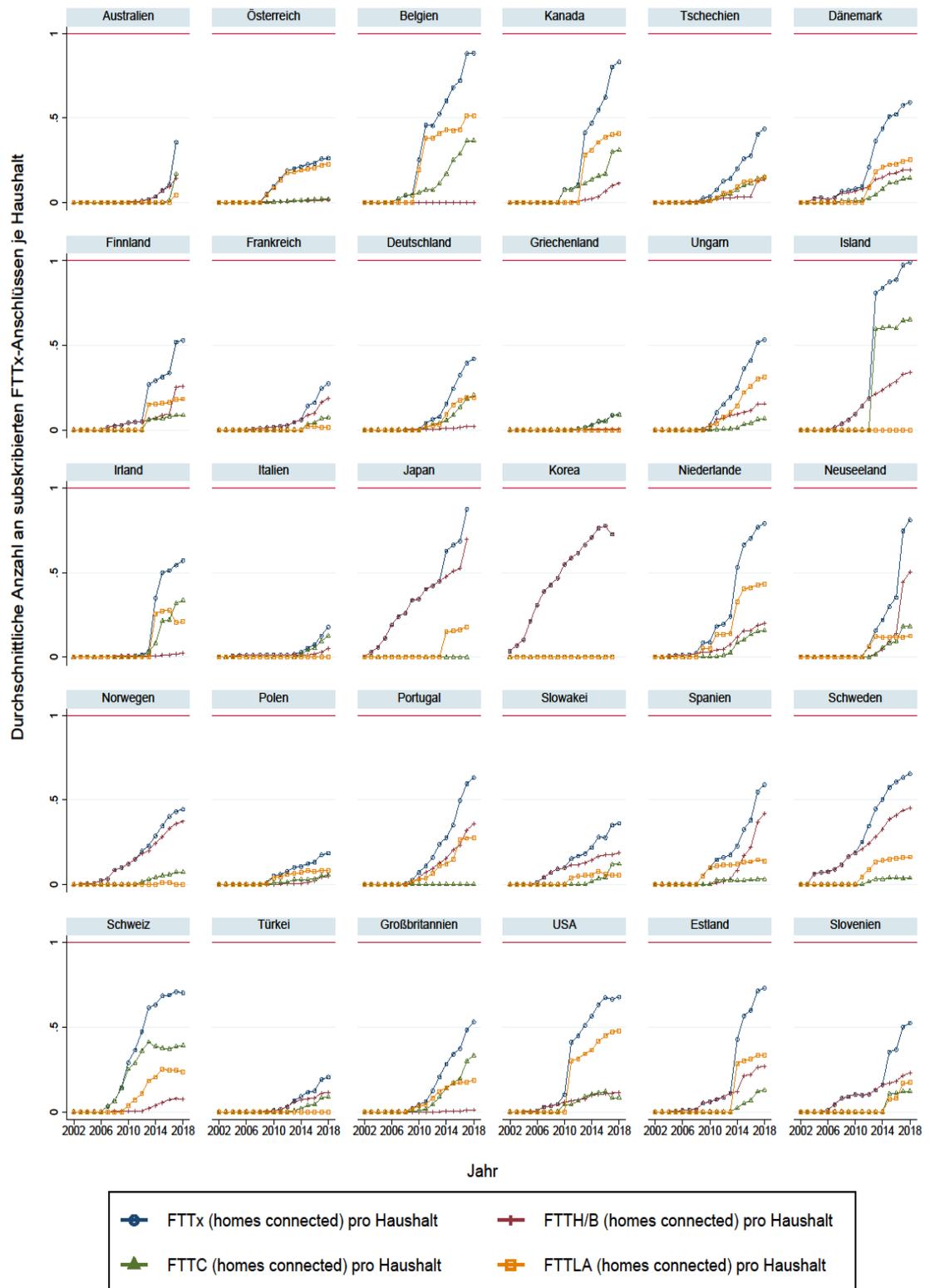


*Die starke Verbreitung von FTTH/B-Anschlüssen ist in Ländern wie Slowakei, Slowenien und Estland v.a. auf die geringe Qualität bei den Netzinfrastrukturen der ersten Generation zurückzuführen.*

Quelle: FTTH Council Europe, 2019, 14, Stand September 2018.

Abbildung 4 zeigt den entsprechenden **Verlauf für die Werte zur nachfrageseitigen Adoption von FTTx-basierten Anschlüssen (homes connected) pro Haushalt** für die Ländergruppe, die auch in Abbildung 2 zugrunde gelegt wurde. Wiederum erkennt man eine hohe Heterogenität im Ländervergleich.

Abbildung 4 Homes connected nach Technologien in 30 OECD-Staaten

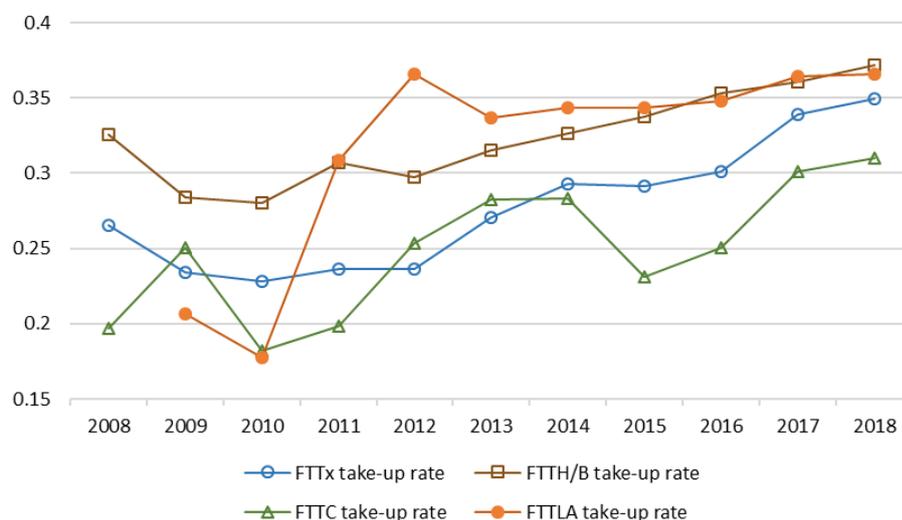


Quelle: FTTH Council Europe, Swisscom, eigene Berechnungen.

Die nachfrageseitige Adoption von Diensten bringt zum Ausdruck, ob auch auf Seiten der Konsumenten hinreichend Zahlungsbereitschaft besteht, um entsprechende Breitbanddienste auf Basis der zur Verfügung gestellten Anschlüsse nachzufragen bzw. entsprechende Dienste zu abonnieren. Ein Vergleich mit den Zahlen zur Verfügbarkeit (Abbildung 2) zeigt ferner, dass **im Durchschnitt weit mehr glasfaserbasierte Netzzugänge offeriert als nachfrageseitig tatsächlich genutzt werden**. Bezeichnenderweise wurde in keinem der führenden Industrieländer (mit Ausnahme von Island im Jahr 2018), eine vollständige Haushaltsadoption (horizontale rote Markierungslinie) erreicht. Die Abstände zu einer 100%-igen Adoption sind hier in den meisten Ländern noch immer sehr gross, was erst recht bei einer ausschliesslichen Fokussierung auf FTTH/B-Anschlüsse zum Ausdruck kommt. Länderspezifische Ausnahmen sind wiederum analog zu den Ursachen der offerierten Verfügbarkeit zu erklären.

Die sogenannten «take-up rates» geben das Verhältnis von Adoption und verfügbaren Kapazitäten wieder. Die take-up rates liegen somit zwischen 0 und 1 (bzw. zwischen 0 und 100%), da die Adoption nicht grösser sein kann als die zur Verfügung gestellten Kapazitäten, und geben Auskunft über die anteilige nachfrageseitige Migration zu neuen Diensten sowie zu existierenden Überkapazitäten (Bertschek u. a., 2016a, 16). Die durchschnittlichen take-up rates lagen im ausgewiesenen Zeitraum einer Dekade (2008-2018) immer für alle Breitbandtechnologien deutlich unter 40% (Abbildung 5). Die FTTH/B take-up rate liegt im OECD-Schnitt über der FTTx take-up rate, in einzelnen Ländern wie der Schweiz verhält es sich aber umgekehrt. Der Kunde hat (heute) noch keinen Bedarf nach einem FTTH/B Netz, weil er die damit bereitgestellte Bandbreite von bis zu 1 Gbit/s nicht ausschöpft und nicht bezahlen will.

**Abbildung 5 Durchschnittliche take-up rate-Anteile nach Technologien für 30 OECD Länder**



Die Grafik zeigt die Entwicklung der durchschnittlichen «take-up rates» in 30 OECD Ländern über eine Dekade (2008-2018), die für alle Breitbandtechnologie jeweils deutlich unter 0,4 respektive 40% liegt.

Quelle: FTTH Council Europe, Swisscom.

Aufgrund der **im OECD Durchschnitt geringen take-up rate mit durchgängig unter 40%** für alle FTTx-Anschlüsse ist in erster Linie von einem Problem mangelnder Zahlungsbereitschaft als von mangelnder Verfügbarkeit auszugehen. Im Zeitraum der letzten Dekade kam es nur zu einem moderaten Zuwachs, der je nach FTTx-Ausbautechnologie leicht variiert aber maximal rund 15

Prozentpunkte betrug. Auch die Niveaus der technologiespezifischen take-up rates unterscheiden sich systematisch im Beobachtungszeitraum. So liegen die take-up rates bei FTTH/B sowie (seit 2011) auch bei FTTLA Anschlüssen durchgehend über den FTTC take-up rates. Dies hat angebots- und nachfrageseitige Ursachen in Verbindung mit einer im OECD Durchschnitt etwas erfolgreicherer Vermarktung von FTTH/B Anschlüssen auf Endkundenebene. Diese wird ermöglicht in Form von Direkterschliessungen von Neubaugebieten, aufgrund der gezielten Vorabauswahl von Kunden mit hinreichend hoher Zahlungsbereitschaft sowie aufgrund von FTTH/B spezifischen Markterschliessungsstrategien in Form von Nachfragbündelungen im Vorfeld des Netzausbaus.

Für sämtliche FTTx-Anschlüsse liegen die **take-up rates im Schweizer Breitbandmarkt im Jahr 2018 bei 0.29, bei hybriden FTTC/S- und kabelnetzbasierten hybriden FTTLA-Anschlüssen bei jeweils rund 0.32** (nicht ausgewiesen in Abbildung 5). Während diese Werte nur geringfügig unter den entsprechenden OECD Durchschnitt liegen, sind die take-up rates bei FTTH/B-Anschlüssen mit nur rund 0.18 hingegen sehr deutlich unter dem OECD Schnitt von mehr als 0.35; letzteres dürfte wiederum an der **relativ hohen Qualität der Hochbreitbandprodukte auf Basis von Hybridnetzen (FTTS und FTTLA)** liegen bzw. in deren technologischer Kapazität bei gleichzeitigen Preisvorteilen gegenüber FTTH/B-Anschlüssen und derzeit nicht absehbaren FTTH/B spezifischen «Killerapplikationen» für grössere Nachfragesegmente.

Die höhere Adoption bei FTTLA-Anschlüssen in Kabelnetzwerken basiert auf den im Vergleich zu FTTC-Anschlüssen deutlich geringeren Ausbau- bzw. technologischen Aufrüstungskosten, weshalb das von den Konsumenten zu entrichtende «fiber-premium» auch deutlich geringer ist bzw. Bestandskosten mit geringeren Wechselkosten konfrontiert sind.

Auch wenn technologiespezifische Unterschiede bestehen, bleiben die take-up rates mit durchschnittlich unter 40% in den ausgewählten OECD Mitgliedsstaaten durchwegs auf niedrigem Niveau, woraus gesamtwirtschaftliche Kosten resultieren.<sup>11</sup> Zum einen in Verbindung mit den entstehenden Überkapazitäten, zum anderen entstehen Wohlfahrtsverluste aufgrund mangelnder Verwendung von innovativen Breitbanddiensten. Da Breitbandinfrastrukturen als «Schlüsseltechnologie» (Bresnahan & Trajtenberg, 1995) gesehen werden, sind die **Wohlfahrtsgewinne in Folge einer breiten Adoption neuer Breitbandschlüsse als potenziell hoch anzusehen**, da gerade die Adoption neuer Breitbandanschlüsse und die Verwendung der darauf basierenden Dienste auf Nachfrageseite die wesentliche Quelle für positive Externalitäten und Wirtschaftswachstum darstellen.<sup>12</sup> Die Adoption von FTTx-basierten Anschlüssen ist neben den von Netzbetreibern festgesetzten Endkundentarifen (typischerweise in Form von monatlichen Flatrate-Verträgen) vor allem in Abhängigkeit von den von Diensteanbietern zur Verfügung gestellten Anwendungen und Dienstleistungen zu sehen bzw. in welchem Ausmass letztere FTTx-spezifische Anschlüsse erfordern. Daraus resultieren tatsächliche Zahlungsbereitschaften für FTTx-Anschlüsse.

<sup>11</sup> In Hinblick auf die tatsächlich resultierenden gesamtwirtschaftlichen Kosten sind bei den einzelnen FTTx-Migrationsszenarien Aspekte der Skalierbarkeit und der inkrementellen Ausbaukosten von Hybridnetzen zu berücksichtigen. In einer aktuellen WIK-Studie (WIK, 2020) werden die jeweiligen Investitionskosten in Bezug auf die vorhandenen FTTx-Netzarchitekturen und die unterschiedlichen physischen Migrationsschritte und -wege quantifiziert.

<sup>12</sup> Auch mit den angebotsseitigen Investitionstätigkeiten gehen in Verbindung mit entsprechenden Multiplikatoreffekten gesamtwirtschaftliche Wachstumseffekte einher. Diese unmittelbaren Effekte sind jedoch in Hinblick auf die gesamtwirtschaftliche Bedeutung von Basis- bzw. Hochbreitband als nachrangig anzusehen.

## 2.4 Die Rolle des Mobilfunks: Fest-Mobilsubstitution

Die Ausgangsbedingungen in der Qualität der zugrundeliegenden Legacy-Infrastrukturen sind im Ländervergleich sehr verschieden. Auch bestehen teils unterschiedlich ambitionierte Zielsetzungen und präferierte Ausbauszenarien in den nationalen Breitbandplänen. Schliesslich spielen auch mobile Breitbanddienste eine immer bedeutendere Rolle, wobei diese innerhalb der Vergleichsländer ebenfalls teils stark variieren.

Vor allem die auf «**Long Term Evolution**» (LTE, 4G) basierende Mobilfunktechnologie bietet Bandbreiten, die den leitungsgebundenen Glasfaserhybridnetzen zunehmend vergleichbar sind. Dennoch gibt es in technologischer Hinsicht noch Unterschiede (so wird insbesondere die Luftschnittstelle von allen Teilnehmern einer bestimmten Funkzelle gemeinsam genutzt («shared medium»)), die Qualitätsunterschiede bedingen. Die letztlich resultierende «Fest-Mobil-Substitution» ist aber in immer mehr EU Staaten zu einer relevanten Wettbewerbsgrösse geworden (Bertschek u. a., 2016a, 18). Dieser hohe Wettbewerbsdruck hat auch FTTx-Investitionsaktivitäten ebenso wie Preise und Qualität und somit auch die nachfrageseitige Adoption beeinflusst.

Abbildung 6 zeigt die starke Bedeutungszunahme von mobilem Breitband gegenüber leitungsgebundenen FTTx-Anschlüssen, insbesondere seit europaweiter Einführung von LTE in den Jahren 2010/2011. Wenn auch mobiles Breitband teils nach wie vor von manchen Konsumentensegmenten komplementär genutzt wird, so hat der vom Mobilfunksektor ausgehende «intermodale» Wettbewerbsdruck insgesamt doch deutlich zugenommen und stellt offensichtlich für eine zunehmende Zahl von Konsumenten – ungeachtet von verbleibenden technologischen Differenzen – ein immer attraktiveres Substitut dar. **Mit 5G-Netzen, die nun in Europa gebaut werden, steht ein weiterer grundlegender Technologiewandel mit entsprechenden Auswirkungen für den intermodalen Wettbewerb bevor.** Dabei werden 5G-Netze zum einen in eine konvergente Festnetz- und Drahtlosinfrastruktur münden, die auf gemeinsame Glasfaserinfrastrukturen im Kernnetz zurückgreifen. Derzeit sind rund 50% der Mobilfunkmasten in Europa mit Richtfunk verbunden und Mobilfunkanbindungen («microwave backhaul») werden in Verbindung mit der im Rahmen von 5G erfolgenden Zellverdichtung («small cells») auch noch aufgrund von komparativen Kostenvorteilen an Bedeutung gewinnen (Communications Chambres, 2017, 12). Ein weiterer Kostenvorteil für Mobilfunkanbieter kann im Zusammenhang mit hybriden Festnetzen in Verbindung mit der G.fast-Technologie entstehen (Communications Chambres, 2017, 13). FTTH/B Verbindungen als notwendige Erfordernis für einen 5G-Roll-out zu sehen, wie mancherorts gefordert (FTTH Council Europe, 2016), ist nicht nur angesichts der resultierenden Gesamtkosten als fraglich anzusehen, sondern auch angesichts von technologischen Unsicherheiten:

---

*«A FT5G vision recognises that the last leg is wireless (mobile or Wi-Fi) and keeps options open in terms of where traffic is aggregated over fiber. It recognises that a mix of technologies can provide the initial link from the wireless edge back to fiber including copper and point-to-point wireless, and that the precise way in which the point of fiber aggregation changes over time is subject to considerable uncertainty» (Communications Chambres, 2017, 30).*

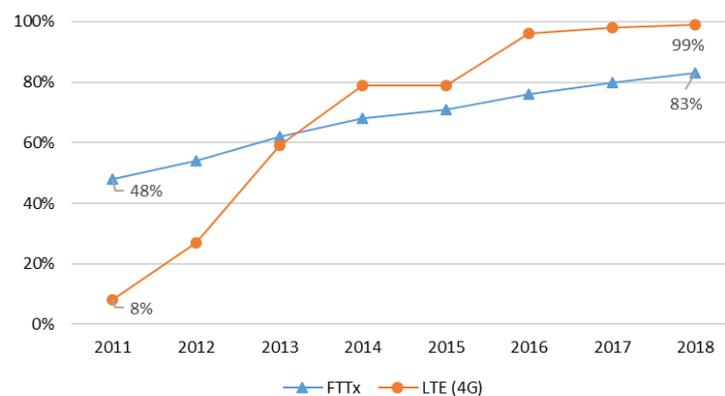
---

Zum anderen könnten drahtlose 5G Verbindungen künftig eine Alternative zu leitungsgebundenen Glasfaseranschlüssen für einzelne Nachfragegruppen darstellen: «An early 5G use case may therefore be as a fixed access, including fibre, substitute» (Communications Chambres, 2017, 16).

Ein weiteres Substitutionspotential besteht in der Versorgung des ländlichen Raums, wo bislang in vielen Ländern noch eine substantielle Unterversorgung mit FTTx-Anschlüssen zu beobachten

ist. Gerade im ländlichen Bereich könnten bereits bestehende (4G/LTE) bzw. künftige (5G) Mobilfunknetze aufgrund komparativer Kostenvorteile ganz erheblich zu einer möglichst raschen Versorgung beitragen (Bertschek & Briglauer, 2018). **Insbesondere ausserhalb von dicht besiedelten Gebieten kann von einer langfristigen Nutzung von 4G+/5G ausgegangen werden.**

**Abbildung 6 EU28 Haushaltversorgung bei FTTx- und LTE-Anschlüssen**



Die Abbildung zeigt, wie in den letzten Jahren die Bedeutung des Mobilfunks im Vergleich zu Festnetzanschlüssen zugenommen hat. Während die prozentuale Haushaltsversorgung mit LTE-Anschlüssen im Zeitraum von 2011-2018 um mehr als 90 Prozentpunkte gestiegen ist, ist die Versorgung von FTTx-Anschlüssen um nur um rund 35 Prozentpunkte gestiegen.

Quelle: European Commission, 2018b; IHS Markit & Point Topic (2019).

## 2.5 Fazit

Mit Bezug auf die generelle Einschätzung des BAKOM (2018), wonach die Schweiz im Vergleich zum Ausland eine sehr gute Breitbandabdeckung aufweist, werden dazu im internationalen Vergleich spezifische Aspekte vertiefter untersucht. Aufschlussreich sind dabei insbesondere folgende Erkenntnisse:

- Im OECD Vergleich lässt sich für den Schweizer Breitbandmarkt eine **sehr hohe Abdeckung mit Hochbreitbandnetzen (homes passed)** feststellen. Gleichzeitig liegt die **Durchdringung von Hochbreitbanddiensten auf der Nachfrageseite (homes connected) über dem OECD-Durchschnitt**. Dies gilt sowohl für leitungsgebundene FTTx-Anschlüsse als auch für mobile Breitbanddienste auf Basis von LTE (4G).
- Im OECD Vergleich gilt dieser Befund grundsätzlich für alle FTTx-Anschlüsse. Für den Schweizer Breitbandmarkt ist jedoch **eine besonders starke Verbreitung von hybriden Hochbreitbandanschlüssen** zu beobachten. Dies ist auf die hohe Verbreitung von historischen Legacy-Netzwerken (Kupfer- und Kabelnetz) zurückzuführen in Verbindung mit der hohen Qualität der auf diesen Netzwerken basierenden hybriden Hochbreitbandtechnologien und -diensten (FTTS und FTTLA).
- Umgekehrt führt dies in der Schweiz zu einer im OECD-Vergleich bislang **unterdurchschnittlichen Adoption bei Ultrahochbreitbanddiensten (FTTH/B)**. Generell lässt sich die im OECD Vergleich erkennbare Heterogenität in den Marktergebnissen ökonomisch plausibel in Hinblick auf unterschiedliche angebots- und nachfrageseitige Bedingungen zurückführen.

### 3 Faktisch keine «white areas» bei der Hochbreitband-Versorgung

Der vom BAKOM im Rahmen ihrer Analyse zur Standesinitiative des Kantons Tessin betonte Netz- bzw. Infrastrukturwettbewerb erfolgt durch marktgetriebene und privat finanzierte Investitionsstrategien **unterschiedlicher Marktakteure und Netzausbautechnologien** (Abschnitt 3.1). Entscheidend dabei ist allerdings, inwieweit der **Nutzungsbedarf von Haushalts- und Unternehmenskunden mit Fokus auf KMU unter den unter Wettbewerbsbedingungen erzeugten Investitionsanreizen gesamtschweizerisch auf Gemeindeebene gedeckt** werden kann, oder **inwieweit auch «white areas» vorliegen**. Die Analyse der detaillierten Versorgungslage wird vorliegend erstmalig auf Basis von miteinander kombinierten georeferenzierten Daten (Breitbandatlas, Haushaltsstatistik und Unternehmensstatistik) beurteilt (Abschnitt 3.2). Eine **prospektive Analyse der Versorgungssituation erfolgt auch mit Blick auf den Zeitraum bis 2025** (Abschnitt 3.3). Es folgt ein zweites Fazit (Abschnitt 3.4).

#### 3.1 Ausbaustand, Breitbandadoption und Marktakteure

Im Bereich des Ausbaus von glasfaserbasierten Hochbreitbandnetzen sind **regionale und nationale Netzbetreiber** zu unterscheiden. Die landesweit tätige **Swisscom** setzt in ihrer Ausbaustrategie seit einigen Jahren auf einen **Technologiemix aus Glasfaser- (FTTH/B), Hybrid- (FTTS) und Mobilfunknetzen (LTE advanced und 5G)**. Die **Ausbautätigkeiten von Kabelnetzbetreibern**, wie UPC, Quickline und zahlreichen kleineren lokalen Anbietern sind regional beschränkt. Hinzu kommen technologische Beschränkungen. Nur vereinzelt setzen auch die Kabelnetzbetreiber auf einen FTTH/B-Glasfaserausbau; in den allermeisten Fällen aber auf einen hybriden Koaxial-Glasfaser-Mix (FTTLA) in Verbindung mit der DOCSIS-Technologie.

Die Unternehmen **Sunrise und Salt** investieren wie Swisscom in den Ausbau moderner Mobilfunknetze und setzen dabei die neusten verfügbaren Technologien (LTE advanced und 5G) ein. Der Schweizer **Mobilfunkmarkt** zeigt im internationalen Vergleich eine besonders hohe Innovationsdynamik (Briglauer und Gugler, 2018), was unter anderem dazu führte, dass laut der Kommunikationskommission (ComCom, 2017, 8-9) bereits im Jahr 2016 die Abdeckung der LTE-/4G-Netze von Swisscom und Sunrise bei über 99% lag; bei Salt waren es 96 %. Somit war faktisch eine mehrfache LTE-Vollversorgung durch unabhängige Mobilfunkbetreiber gegeben. Auch im 5G-Ausbau gehört die Schweiz nach den führenden Nationen Japan und Korea zur Spitzengruppe (OECD, 2019).

Des Weiteren sind **Energieversorgungsunternehmen** zu nennen, welche in der Regel in Form von Kooperationsprojekten mit Swisscom in ihrem Einzugsgebiet in FTTH/B-Glasfasernetzausbauten investieren (Briglauer & Gugler, 2018, 16). Im Bereich der leitungsgebundenen Hochbreitbanddienste ist der Schweizer Breitbandmarkt durch intensiven Wettbewerb zwischen dem Incumbent-Unternehmen Swisscom und beinahe flächendeckenden Kabelnetzen gekennzeichnet. Dieser massive Wettbewerbsdruck wird ausführlich etwa auch in einer Studie zum Schweizer Breitbandmarkt in WIK (2017c, 18) beschrieben und hier auszugsweise wiedergegeben:

---

*«Mit 84,3% weist die Schweiz eine sehr hohe Kabelnetzabdeckung auf. Bemerkenswert ist auch die hohe Verfügbarkeit von Kabel im ländlichen Raum. Hier liegt die Kabelabdeckung bei 78%. Dies macht Kabel zur dominanten NGA-Technologie im ländlichen Raum. Da praktisch alle Kabelnetze in der Schweiz auf DOCSIS 3.0 aufgerüstet sind, können damit überall Hochbreitbandprodukte mit mehr als 100 Mbps angeboten werden. Die ersten Kabelnetzbetreiber haben mit der weiteren technologischen Aufrüstung ihrer Netze auf DOCSIS 3.1 begonnen. Damit steigt die Leistungsfähigkeit der Kabelnetze weiter bis hin zur Gigabitkonnektivität.»<sup>13</sup>*

---

Im Ergebnis zeigt sich eine **überdurchschnittliche hohe FTTx-Haushaltsversorgung für die Schweiz im internationalen Vergleich** (Abbildung 2), hinzu kommt eine im Vergleich zu anderen westeuropäischen Staaten, wie etwa Deutschland oder Österreich, ebenfalls relativ hohe Versorgung mit FTTH/B-Anschlüssen. Dies führt insgesamt zu einer im Durchschnitt **substantiellen Mehrfachversorgung mit FTTx-Anschlüssen für alle Schweizer Haushalte mit einem internationalen Spitzenwert** (Abbildung 2).

Ähnlich wie in der Mehrzahl aller OECD-Staaten hinken die Adoptionswerte für FTTx-Anschlüsse der hohen Haushaltsversorgungsrate hinterher. Die hohe durchschnittliche Mehrfachversorgung Schweizer Haushalte mit FTTx-Anschlüssen impliziert zudem im Vergleich zum OECD Durchschnitt (Abbildung 5) noch **niedrigere take-up rates**. Aus diesem Befund erkennt man ein primär nachfrageseitiges Problem bzw. **mangelnde Wechsel- und Zahlungsbereitschaften für ultrahochbreitbandige Anschlüsse**, was im Schweizer Breitbandmarkt insbesondere und im Gegensatz zum OECD Durchschnitt bei FTTH/B-Anschlüssen der Fall ist. So lassen sich bislang die gängigsten und bandbreitenintensivsten Haushaltsapplikationen (wie YouTube, HD-TV, Netflix) auch mit hybriden FTTx Anschlüssen angesichts der am Markt bekundeten Präferenzen der Konsumenten problemlos abdecken. Auch Swisscom hat im Rahmen einer Umfrage festgestellt, dass von den **Kunden, die ihre Telekom-Dienstleisterin wechseln, höchstens ein Drittel nach dem Wechsel mehr Breitbandleistung nachfragen**. Knapp zwei Drittel der Konsumenten wechseln ihren Breitbandnetzanbieter primär, um die bisherige Leistung zu attraktiveren Preisen zu erhalten (unveröffentlichte Umfrage von Swisscom 2018).

### 3.2 Abdeckung der Kundennachfrage nach Bandbreiten 2019

Mit Blick auf die Beurteilung der grundsätzlichen Notwendigkeit von staatlichen Fördermassnahmen belegt obige Analyse, dass die Schweiz im Ländervergleich punkto Breitbandversorgung sehr gut abschneidet. Wichtig ist indes ebenfalls eine Antwort auf die Frage, inwieweit der **Bandbreitenbedarf der Nutzer nicht nur generell, sondern faktisch auch in den einzelnen Gemeinden abgedeckt ist**. Dazu ist das aktuelle Nutzungsverhalten der Kunden relevant und inwieweit die konkrete lokale Versorgung mit Breitbandanschlüssen (homes passed) in der Lage ist, diese Nachfrage zu befriedigen.

---

<sup>13</sup> Die Abkürzung «NGA» wurde im angeführten Zitat für «Next Generation Access» verwendet, wofür in dieser Studie inhaltlich gleichbedeutend die Bezeichnung FTTx verwendet wird.

### 3.2.1 Aktuell beobachtbare Bandbreitennutzung bei Haushalten und KMU<sup>14</sup>

**Haushalte und Unternehmen** nehmen unterschiedliche Breitbanddienste und Anwendungen in Anspruch, weshalb bei der Analyse des Nutzungsverhaltens zwischen diesen beiden Kundenkategorien zu unterscheiden ist.

#### Effektiver Bandbreiten-Nutzungsbedarf bei den Haushalten

In der Schweiz gibt es aktuell rund 35% Ein- und 65% Mehrpersonenhaushalte.<sup>15</sup> Diese Unterscheidung gilt es zu berücksichtigen, zumal **kleinere und grössere Haushalte Breitbandanschlüsse unterschiedlich nutzen**. Von Interesse ist, wie sich das Nutzungsverhalten konkret unterscheidet, wenn man sich auf die **Haushalte mit durchschnittlicher Nutzung** bezieht, also weder «Internet-Einwohner» oder «Early Adopters» und entsprechend neue potenziell sehr bandbreitenintensive Anwendungen, noch «digitale Aussenseiter» oder «Gelegenheitsnutzer» betrachtet. «Internet-Einwohner» werden im Rahmen ihrer Wohnortwahl überdurchschnittlich gut versorgte Gemeinden präferieren,<sup>16</sup> wogegen hohe Konnektivität für den Gelegenheitsnutzer bei der Wohnortwahl kaum relevant sein dürfte.

Im Grundsatz werden in einem **Einpersonenhaushalt** spezifische Telekommunikations- und Mediendienste in Anspruch genommen. Sicher wichtig ist die Nutzung von HDTV mit knapp 10 Mbit/s, OTT-HD-Video (z.B. Youtube) mit rund 4 Mbit/s, Anwendungen wie Skype oder Facetime mit rund 3 Mbit/s und Online-Games mit rund 1 Mbit/s Bandbreitenbedarf. Websurfen kann mit 20 Mbit/s Downloadbedarf einbezogen werden, wogegen die vielfach noch bestehende festnetzbasierende Telefonie mit Blick auf die benötigte Bandbreite quasi vernachlässigbar ist. Es dürfte sich somit ein theoretischer Nutzungsbedarf von etwas unter 40 Mbit/s ergeben (Abbildung 7, links). Letztlich ist jedoch der **Nutzungsbedarf entscheidend, der die Wahrscheinlichkeit berücksichtigt, dass die Breitbanddienste zeitgleich genutzt werden («concurrent usage»)**. Bei dieser Betrachtungsweise ergibt sich ggf. noch ein Bandbreitenbedarf von rund 15 Mbit/s, weshalb für einen durchschnittlichen Einpersonenhaushalt aktuell eine **Breitbandkapazität von 20 Mbit/s** Download im Regelfall ausreichend sein sollte (Abbildung 7, rechts).

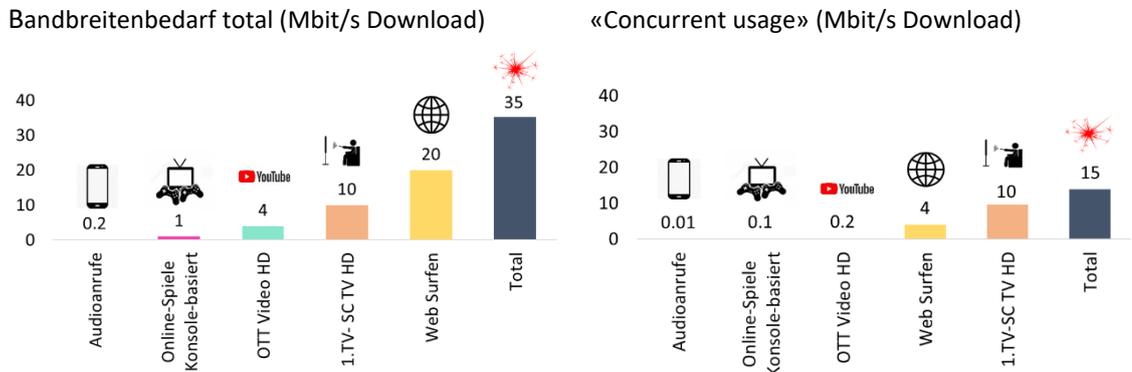
Neben diesem concurrent usage für die Masse der Haushalte können auch sogenannte «early adopters» identifiziert werden. Im Gegensatz zu dem für diese Untersuchung unterstellten Nutzungsverhalten zeichnen sich diese early adopters durch einen entsprechend höheren Bedarf an Mbit/s aus. Vereinfachend können early adopters so charakterisiert werden, dass sie 2018/19 diejenigen Dienste nutzen, welche die Masse der Haushalte voraussichtlich in den Jahren 2021/22 nutzen dürften. Gemäss Experteneinschätzung der Swisscom liegt der concurrent usage eines early adopters Einpersonenhaushaltes mit rund 40 Mbit/s doppelt so hoch wie der für die übrigen Einpersonenhaushalte unterstellte Bedarf im Jahr 2018/2019.

<sup>14</sup> Die nachfolgend diskutierte Nachfrage nach Bandbreiten geht von einer wirtschaftlichen und gesellschaftlichen «Normalsituation» aus, also nicht von einer Nachfrage, wie sie in Krisenzeiten wie etwa während des «Covid-19-Lockdown» beobachtet werden kann.

<sup>15</sup> Downloadlink: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bevoelkerung/stand-entwicklung/haushalte.html> (Seite eingesehen im März 2020).

<sup>16</sup> Vergleichbar entscheiden sich Bürgerinnen und Bürger mit einer hohen ÖV-Präferenz für überdurchschnittlich gut mit ÖV versorgte Wohnorte etc.

Abbildung 7 Nutzungsverhalten der Einpersonenhaushalte 2019

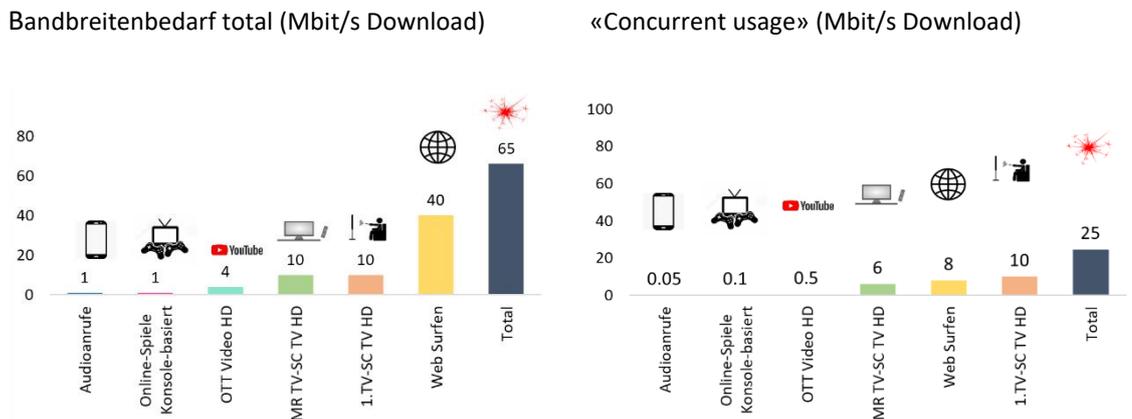


Die Abbildung zeigt links der addierte Bandbreitenbedarf des Einpersonenhaushalts unabhängig von dessen Auftretenswahrscheinlichkeit, rechts der im Alltag relevante Bandbreitenbedarf bei gleichzeitiger Nutzung der Dienste.

Quelle: Expertenangaben von Swisscom, plausibilisiert durch Polynomics, Darstellung durch Polynomics.

Was unterscheidet den durchschnittlichen **4- und Mehr-Personenhaushalt**<sup>17</sup> vom betrachteten Einpersonenhaushalt? Mit Blick auf die Nutzung könnten mehrere TVs und PCs im Haushalt vorhanden sein, womit eine **Verdoppelung des Bandbreitenbedarf im Vergleich zum Einpersonenhaushalt denkbar** ist (Abbildung 8, links).

Abbildung 8 Nutzungsverhalten der 4-Personenhaushalte 2019



Die Abbildung zeigt links der addierte Bandbreitenbedarf des 4- und Mehr-Personenhaushalts unabhängig von dessen Auftretenswahrscheinlichkeit, rechts der im Alltag relevante Bandbreitenbedarf bei gleichzeitiger Nutzung der Dienste.

Quelle: Expertenangaben von Swisscom, plausibilisiert durch Polynomics, Darstellung durch Polynomics.

Wiederum ist aber auch beim 4- und Mehr-Personenhaushalt die Wahrscheinlichkeit von Bedeutung, inwieweit alle diese Dienste gleichzeitig genutzt werden. Somit ist ggf. ein Bedarf in der

<sup>17</sup> Das Nutzungsverhalten eines Haushalts mit 5 und mehr Personen dürfte sich nicht wesentlich von demjenigen von einem 4-Personen-Haushalt unterscheiden, da im Regelfall in grösseren Haushalten nicht mehr Erwachsene, sondern Familien mit drei und mehr (kleineren) Kinder wohnen.

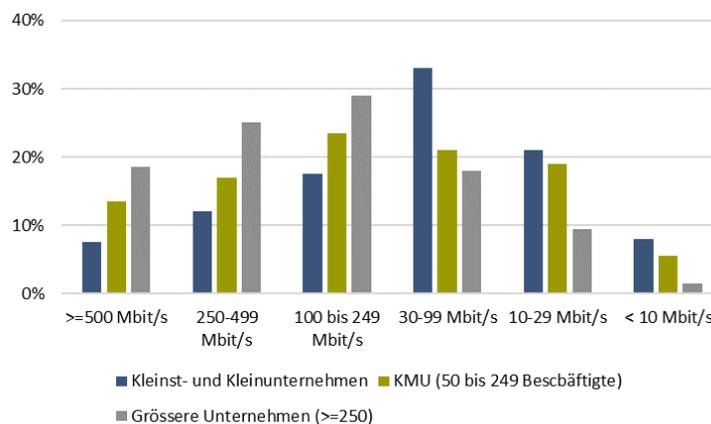
Grössenordnung von 30 Mbit/s zu erwarten (Abbildung 8, rechts). Man könnte somit von einem Nutzungsbedarf von 30 Mbit/s ausgehen. **Um jede Eventualität abzudecken, gehen wir bei der Berechnung des Abdeckungsgrads jedoch von einem Nutzungsbedarf von 50 Mbit/s aus.**

### Effektiver Bandbreiten-Nutzungsbedarf bei den Unternehmen

Digitale Lösungen beziehen sich bei den Unternehmen auf die gesamte Wertschöpfung. Digitale Anwendungen und Lösungen werden einerseits vor allem eingesetzt, um die betriebliche Effizienz zu erhöhen. Dies kann durch einen rascheren Austausch von Informationen geschehen oder generell durch optimierte Arbeitsprozesse (z.B. E-Learning, Telearbeit, Videokonferenzen, VPN). Andererseits geht es Unternehmen darum, bestehende Geschäftsfelder durch Kundendienstleistungen zu erweitern und neue Geschäftsfelder zu erschliessen (z.B. Erreichbarkeit von Kunden über E-Commerce national und international).

In der Schweiz gibt es **knapp über eine halbe Million Kleinunternehmen** (1 bis 9 Beschäftigte), **rund 50'000 Kleinunternehmen** (10 bis 49 Beschäftigte), rund 9'000 mittelgrosse Unternehmen (50 bis 249 Beschäftigte) sowie rund 1'500 grosse Unternehmen mit mehr als 250 Beschäftigten.<sup>18</sup> Im Rahmen der Analyse des Nutzungsverhaltens von Unternehmen darf aufgrund der Bedeutung der Marktgegenseite und des Wettbewerbs davon ausgegangen werden, dass mittelgrosse und grosse Unternehmen von den Telekommunikationsunternehmen beim Hochbreitbandinternet mit massgeschneiderten Angeboten bedient werden. Somit ist **vorliegend vor allem von Interesse, wie Kleinunternehmen (10 bis 49 Beschäftigte) ihren Bandbreitenbedarf abdecken können.**

**Abbildung 9 Unterschiedlicher Bandbreitenbedarf nach Unternehmensgrösse**



Die Abbildung zeigt für das Jahr 2017/2018, dass rund 60% (40%) der Kleinunternehmen einen Download-Bandbreitenbedarf unter (über) 100 Mbit/s aufweisen. Daher ist es zielführend, bei der Analyse des Bandbreitenbedarfs zwischen standard und Heavy user zu unterscheiden.

Quelle: Spescha und Wörter (2018), 48, Abbildung 62 (Grafikbearbeitung durch Polynomics).

Abbildung 9 zeigt, dass der Bandbreitenbedarf bei Unternehmen auch von deren Grösse abhängig ist. Unternehmen mit mehr Beschäftigten weisen einen höheren Bandbreitenbedarf auf. Danach

<sup>18</sup> Downloadlink: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken/tabellen.assetdetail.5827610.html> (Seite eingesehen im März 2020).

**haben rund 60% der Unternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten einen Download-Bandbreitenbedarf von unter 100 Mbit/s**, je rund 20% einen Download-Bandbreitenbedarf zwischen 100 und 249 Mbit/s und mehr als 250 Mbit/s. Bei den Kleinunternehmen sind somit sehr unterschiedliche Breitbandnutzungen zu beobachten, **weshalb mindestens eine Kategorisierung in «Standard user» und «Heavy user» zielführend ist.**

Mit Blick auf das Nutzungsverhalten unterscheiden sich Unternehmen untereinander bei der Nutzung von Internetdiensten, Homeoffice/VPN, Cloud Computing, Communication Services (Videokommunikation etc.) sowie mobilen Telekom-Dienstleistungen. In Anlehnung an Doose et al. (2011) gehen wir davon aus, dass die Branchen des ersten und einige ausgewählte **Branchen des zweiten Wirtschaftssektors in der Tendenz eher als Standard user, die Mehrzahl der Branchen des zweiten und des dritten Sektors dagegen vielfach als Heavy user** agieren dürften.

Beispiele für **Heavy user des zweiten Sektors** sind auf der Grundlage der allgemeinen Systematik der Wirtschaftszweige (NOGA<sup>19</sup>) Unternehmen mit Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen, Herstellung von elektrischen Ausrüstungen, Unternehmen der Maschinenbau oder mit Herstellung von Automobilen und Automobilteilen. Beispiele für **Heavy user des dritten Sektors** sind Dienstleistungen im Bereich der Informationstechnologie, Finanz- und Versicherungsdienstleistungen, Architektur- und Ingenieurbüros, Forschung und Entwicklung, Werbung und Marktforschung oder auch freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten.

Die häufigsten Anwendungen in einem Kleinunternehmen sind E-Mail (Bedarf von etwas über 1 Mbit/s bei Dateianhängen<sup>20</sup>), Surfen (Bedarf von 10 Mbit/s infolge zunehmend bildlastiger Webseiten), VoIP (Bedarf von 16 Mbit/s damit Webcam-Bilder übertragen werden können). Wichtig ist freilich, dass auch die Nutzung von Musikstreaming (6 Mbit/s) oder Internet-TV (6 Mbit/s bei Full-HD bzw. 20 Mbit/s bei 4K) möglich sein sollten.<sup>21</sup>

In einem Kleinunternehmen nutzen zeitgleich mehrere Personen Breitbanddienste und innovative Anwendungen. Software greift im Rahmen der Arbeit am PC ebenfalls auf das Internet zu. Es laufen Tools zur Zusammenarbeit, Sicherungsdienste wie Google Drive etc. in der Cloud, womit auch dem Bandbreitenbedarf im Upload eine höhere Bedeutung zukommt. Gemäss Angaben von Swisscom **weisen Kleinunternehmen zwischen 20 und 49 Beschäftigten im Durchschnitt einen gleich hohen oder gar höheren Bandbreitenbedarf auf als KMU ab 50 Beschäftigte.** Treibend für die Bandbreite ist auch und vor allem die Branche, in der das Unternehmen tätig ist. Basierend auf den heutigen Verträgen von Swisscom mit KMU<sup>22</sup> **nutzen Standard user im Durchschnitt im Download etwas über 80 Mbit/s und im Upload etwas über 60 Mbit/s, Heavy user im Download rund 300 Mbit/s und im Upload rund 250 Mbit/s.**

### 3.2.2 Lokaler Abdeckungsgrad der Nachfrage nach Bandbreiten

#### Ermittlung der geografischen Abdeckung des Bandbreitenbedarfs von Kunden

Unter dem lokalen **Abdeckungsgrad der Nachfrage nach Bandbreiten** von Haushalten und Unternehmen wird die Relation zwischen Bandbreitenbedarf der Nutzungseinheiten und lokal verfügbarer Breitband-Versorgungsleistung verstanden. Ist eine Nutzungseinheit mehrfach mit

<sup>19</sup> Downloadlink: <https://www.kubb-tool.bfs.admin.ch/de> (Seite eingesehen im März 2020).

<sup>20</sup> Zum Austausch vertraulicher und grosser Dateianhänge (z. B. 3-D-Pläne) werden im Normalfall jeweils Filehoster- und Cloud-Lösungen eingesetzt.

<sup>21</sup> Downloadlink: <https://zoom.business.upc.ch/bandbreite/> (Seite eingesehen im März 2020).

<sup>22</sup> Dazu werden Unternehmen zwischen 6 bis 50 Beschäftigten gezählt.

Breitbandanschlüssen versorgt (homes passed), wird **zur Ermittlung des Abdeckungsgrads die leistungsfähigste Festnetz-Breitbandtechnologie als relevant betrachtet**.

Zur Ermittlung des Abdeckungsgrads in den Gemeinden werden die drei folgenden Datenquellen miteinander kombiniert:

1. **«Shapefiles» zu den Breitbandatlas-Originaldaten** (BAKOM, 2020<sup>23</sup>): Es handelt sich um eine Datenbank bestehend aus 163'863 Planquadraten von 250 m x 250 m. Pro Planquadrat finden sich u.a. Informationen über lokal verfügbare Download- und Upload-Geschwindigkeiten, die verfügbaren Gebäudeanschlussarten (Kupfer, Koaxialkabel, Glasfaser) sowie die aktiven Anbieter.
2. **Statistik der Bevölkerung und Haushalte** (STATPOP), Geodaten 2017 (BFS, 2017a): Es handelt sich um eine Datenbank bestehend aus 344'265 Hektaren-Planquadraten (100 m x 100 m). Zu jedem Planquadrat sind Informationen u.a. über die Anzahl der Haushalte unterschiedlicher Grössen (Einpersonenhaushalt, 2-Personenhaushalt etc.) verfügbar.<sup>24</sup>
3. **Arbeitsstätten nach Grössenklasse und Abteilungen** (BFS, 2016): Es handelt sich um eine Datenbank bestehend aus 214'719 Hektaren-Planquadraten. Zu jedem Planquadrat sind Informationen u.a. über die Anzahl der Arbeitsstätten unterschiedlicher Grösse verfügbar (1-9 Beschäftigte, 10-49 Beschäftigte, 50-249 Beschäftigte sowie über 250 Beschäftigte). Insbesondere ist die Information verfügbar, in welcher NOGA-Branche (zweistellige ID) die Arbeitsstätten jedes Planquadrats tätig sind.

Die **Kombination dieser drei Datenquellen** erlaubt es, die Informationen aus dem Breitbandatlas zur Mindest- und Maximalversorgung<sup>25</sup> und die Angaben zur räumlichen Verteilung der Haushalte und Arbeitsstätten über die Planquadrat-Koordinaten zusammen auszuwerten.<sup>26</sup>

Der für die Haushalte und Arbeitsstätten pro Planquadrat ermittelte FTTx-Abdeckungsgrad der Nachfrage lässt sich auf **Gemeinde-, Bezirks- und Kantonsebene**<sup>27</sup> aggregieren. **Vorliegend wird bezogen auf die Gemeindeebene untersucht**, inwieweit grundlegende Breitbandinfrastrukturen vorliegen, jedoch keine glasfaserbasierten Infrastrukturen (FTTx). Wenn es auf Gemeindeebene keinen FTTx-Anschluss gibt, liegt demnach eine «white area» vor. Kartografisch

<sup>23</sup> Wir haben vom BAKOM die aktuellsten Shapefiles der Breitbandatlasdaten vom Dezember 2019 im Februar 2020 erhalten. Im Vergleich zur Datengrundlage in der Studie von Bösch et al. (2019) bzw. dem Beitrag von Bösch et al. (2020), in dem die Kernaussagen von Bösch et al. (2019) zusammenfassend dargestellt sind, werden somit vorliegend auch sämtliche Daten zu den Hochbreitbandnetzen der Kabelnetzbetreiber vollumfänglich in die Analyse einbezogen. Die von Bösch et al. (2019) formulierten Ansatzpunkte für Massnahmen des Bundes zur Erweiterung des Angebots an Breitbandinfrastruktur erfolgen somit nicht unter Berücksichtigung der tatsächlichen Marktstruktur und Wettbewerbssituation.

<sup>24</sup> Die durchschnittliche Haushaltsgrösse in Schweizer Gemeinden liegt zwischen 2.1 und 2.9 Personen (Downloadlink: [https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/13/map/mapIdOnly/22073\\_de.html](https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/13/map/mapIdOnly/22073_de.html), Seite eingesehen im März 2020).

<sup>25</sup> Pro Planquadrat im Breitbandatlas werden die jeweiligen Informationen zu Mindest- und Maximalversorgung mit einer spezifischen Technologie mit einem Durchschnittswert angenommen.

<sup>26</sup> Downloadlink: <https://www.swisstopo.admin.ch/de/wissen-fakten/geodaesie-vermessung/bezugsrahmen.html> (Seite eingesehen im März 2020).

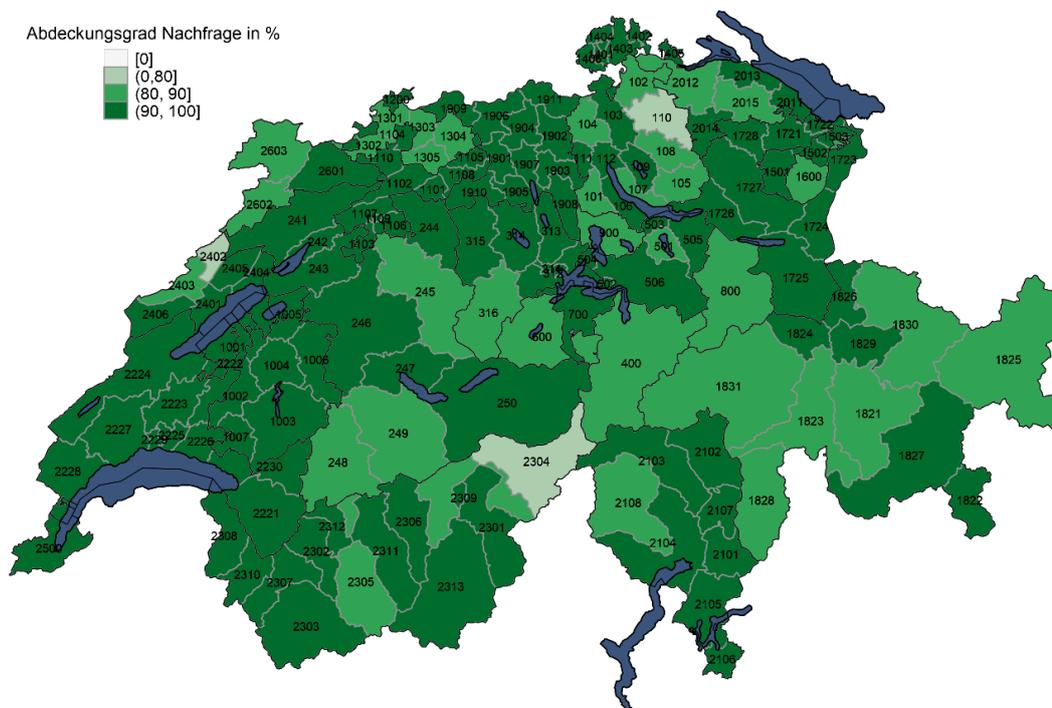
<sup>27</sup> Eine interaktive BFS-Karte zu den Bezirken findet sich mit dem Downloadlink [https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/13/de/14046\\_231\\_228\\_227/3385.html](https://www.atlas.bfs.admin.ch/maps/13/de/14046_231_228_227/3385.html) (Seite eingesehen im März 2020). In der Schweiz gibt es eine Vielfalt an Organisationsstrukturen und Bezeichnungen für eine Ebene zwischen Kanton und Gemeinde (Verwaltungsregion, Wahlkreis, Amtei oder Amt, im französischsprachigen Landesteil district, im italienischen distretto, im rätoromanischen Landesteil districts). In Kleinkantonen kann eine weitere räumliche Unterteilung auch fehlen.

wird jedoch der Abdeckungsgrad vorliegend nicht auf Gemeindeebene dargestellt. Weil die Gemeindeebene zu filigran und die Kantonsebene zu grob ist, bietet sich eine Visualisierung des Abdeckungsgrads **auf Bezirksebene** an.

### Abdeckungsgrad des Haushalt-Bandbreitenbedarfs gemäss Breitbandatlas

Im Ergebnis wird dargestellt, **wie viele Haushalte anteilig** basierend auf der aktuellen Abdeckung mit Konnektivität **ihre unterstellte Nachfrage nach Breitbanddiensten und Anwendungen decken können**<sup>28</sup>. Aus Abbildung 10 gehen die **Ergebnisse für 1-Personen-Haushalte sowie 4- und Mehr-Personen-Haushalte zusammengefasst** hervor. Auf Bezirksebene beträgt der Anteil der Haushalte über 90%. Dies gilt unabhängig davon, ob sich ein Haushalt in einer eher städtischen oder urbanen Region befindet.

**Abbildung 10** Abdeckungsgrad der Nachfrage der Haushalte nach Bandbreiten in den Bezirken (2019)



Der «Abdeckungsgrad Nachfrage» ist die Relation zwischen Bandbreitenbedarf der Ein- und 4-Personen-haushalte und lokal verfügbarem Breitbandangebot gemäss Breitbandatlas. Dunkelgrün (grün) sind die Bezirke eingefärbt, in denen die Haushalte aktuell mit Breitbandanschlüssen versorgt sind, mit denen diese ihre angenommene Nachfrage nach Telekommunikations- und Mediendiensten zu mehr als 90% (zwischen 80 und 90%) abdecken können.

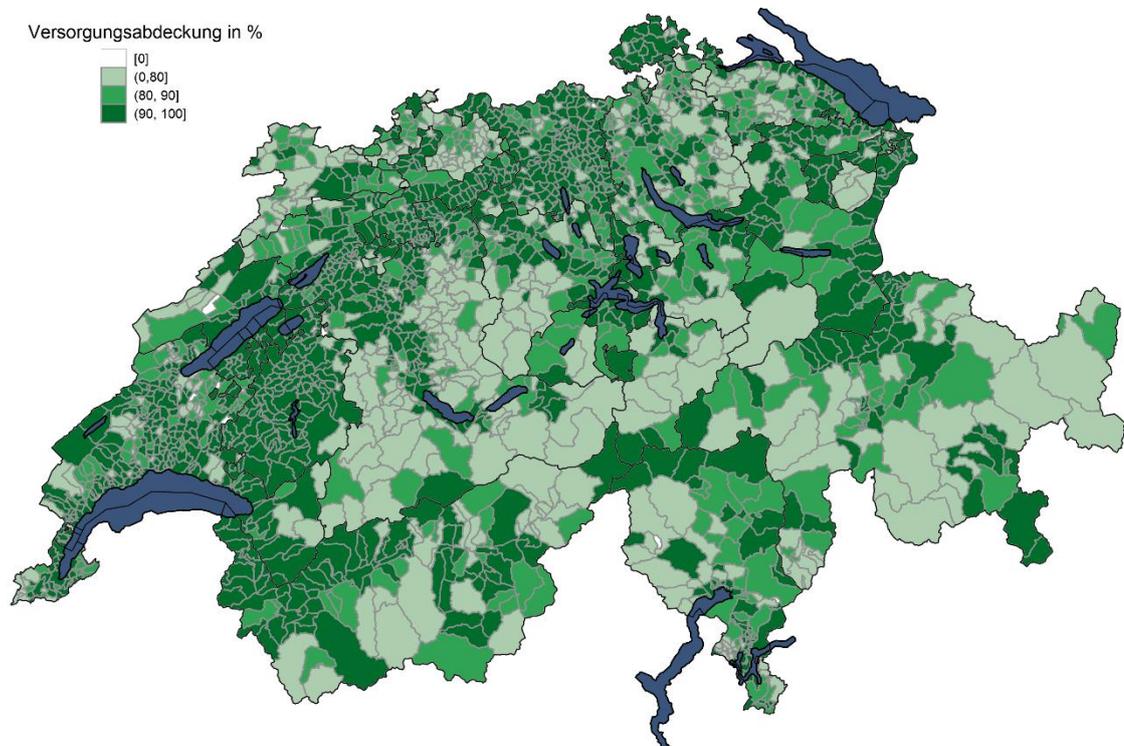
Quelle: BAKOM (2020) (Shapefile zum Breitbandatlas), BFS (2017a) (Anzahl und Grösse von Haushalten in georeferenzierten Planquadraten), Berechnungen und Grafikaufbereitung durch Polynomics.

<sup>28</sup> Weder bei den Haushalten noch bei den Arbeitsstätten entsprechen die unterstellten Nutzungsgrenzen (Down- und Upload) jeweils den Grenzen, wie sie aus dem Breitbandatlas hervorgehen. Bei den somit jeweils zwischen den Angaben aus dem Breitbandatlas liegenden Nutzungsbedarf wird der Abdeckungsgrad der Nachfrage gewichtet ermittelt. Aus dem Breitbandatlas geht bspw. eine Abdeckung von 90-100% bei « $\geq 100$  Mbit/s» und von 50-90% bei « $\geq 300$  Mbit/s» hervor. Der Abdeckungsgrad bei einem Kunden mit einem Nutzungsbedarf von 250 Mbit/s Download wird in diesem Beispielfall gewichtet mit 78% ermittelt.

Auf Gemeindeebene zeigt die detaillierte Analyse der Daten, **dass beispielsweise auch die 4-Personen-Haushalte faktisch in allen Schweizer Gemeinden ihren Nutzungsbedarf festnetz-basiert decken können** (Abbildung 11), bzw. dies in den hier als kleinste «white areas» eingetragenen Gemeinden vor allem durch den Einsatz mobilfunkbasierter Technologien (UMTS, HSPA, LTE, Bonding-Lösungen etc.) möglich ist. Auf der Grundlage der Berechnungen handelt es sich um Gemeinden aus den Kantonen Waadt und Jura.

Die vorliegend erstmalig durchgeführte Verschmelzung von Breitbandatlasdaten mit weiteren geobasierten Datenbasen unterschiedlicher Planquadratgrössen – verbunden mit der Unsicherheit, wie aktuell die Breitbandatlasdaten jeweils in den einzelnen Gemeinden sind – lassen insbesondere bei kleinen Gemeinden nicht ausschliessen, dass der ermittelte Abdeckungsgrad der Nachfrage zu tief ausgewiesen wird.<sup>29</sup>

**Abbildung 11 Abdeckungsgrad der Nachfrage der 4-Personen Haushalte nach Bandbreiten in den Gemeinden (2019)**



*Der «Abdeckungsgrad Nachfrage» ist die Relation zwischen Bandbreitenbedarf spezifisch der 4-Personen-haushalte und lokal verfügbarem Breitbandangebot gemäss Breitbandatlas. Dunkelgrün (grün) sind die Gemeinden eingefärbt, in denen die Haushalte aktuell mit Breitbandanschlüssen versorgt sind, mit denen diese ihre angenommene Nachfrage nach Telekommunikations- und Mediendiensten zu mehr als 90% (zwischen 80 und 90%) abdecken können.*

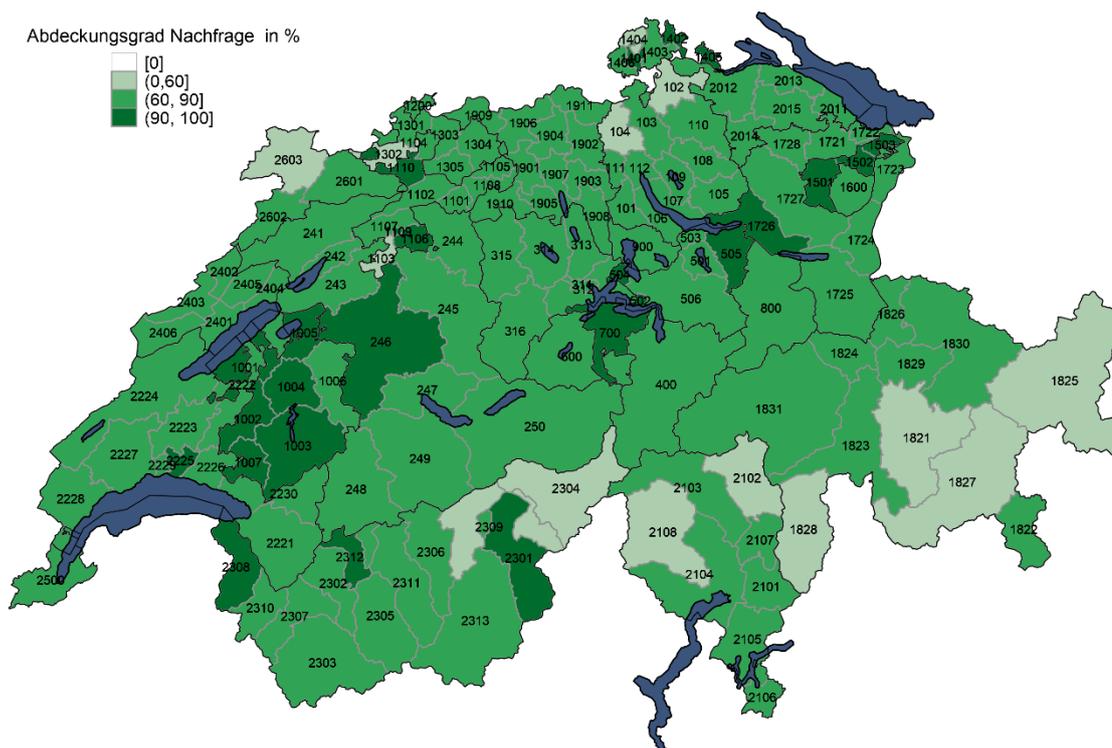
Quelle: BAKOM (2020) (Shapefile zum Breitbandatlas), BFS (2017a) (Anzahl und Grösse von Haushalten in georeferenzierten Planquadraten), Berechnungen und Grafikaufbereitung durch Polynomics.

<sup>29</sup> Um Detailaussagen zu den als «white areas» ausgewiesenen Gemeinden vorzunehmen, müssten diese im Einzelfall untersucht werden. Dies war jedoch weder der Rahmen noch die Zielsetzung der vorliegenden Studie.

### Abdeckungsgrad des KMU-Bandbreitenbedarfs gemäss Breitbandatlas

Im Ergebnis wird dargestellt, wie viele **Arbeitsstätten mit zwischen 10 bis 49 Beschäftigte** anteilig basierend auf der Versorgungssituation mit Breitbandanschlüssen den unterstellten Nutzungsbedarf (aktuelle Breitbandinternetnachfrage) decken können (vgl. Abbildung 12).

**Abbildung 12** Abdeckungsgrad der Nachfrage der KMU nach Bandbreiten (2019)



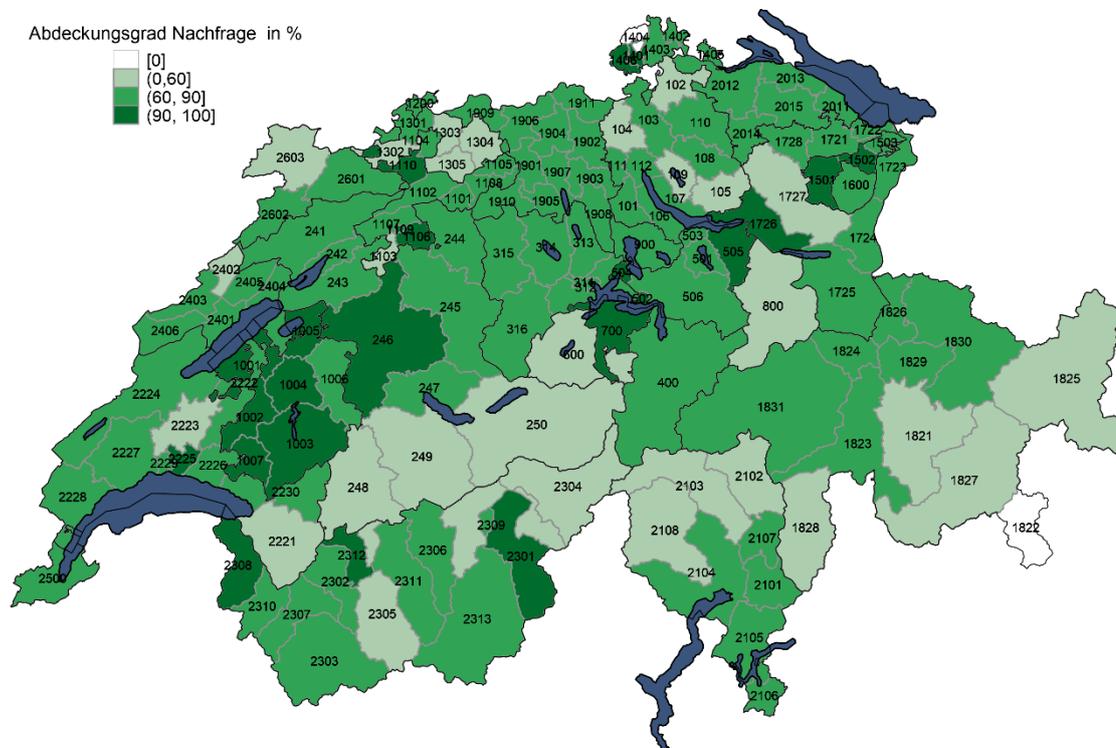
Der «Abdeckungsgrad Nachfrage» ist die Relation zwischen Bandbreitenbedarf der Kleinunternehmen und lokal verfügbarem Breitbandangebot gemäss Breitbandatlas. Es ist ersichtlich, dass in fast allen Bezirken die Unternehmen in den städtischen Regionen ihren Nutzungsbedarf weitgehend abdecken können. Die Darstellung zeigt den Abdeckungsgrad beim Download-Nutzungsbedarf.<sup>30</sup>

Quelle: BAKOM (2020) (Shapefile zum Breitbandatlas), BFS (2017a) (Anzahl und Grösse von Haushalten in georeferenzierten Planquadraten), Berechnungen und Grafikaufbereitung durch Polynomics.

Abschliessend wird im Detail noch darauf eingegangen, inwieweit **Heavy-User-Arbeitsstätten** mit zwischen 10 bis 49 Beschäftigte anteilig basierend auf der Versorgungssituation mit Breitbandanschlüssen den unterstellten Nutzungsbedarf (aktuelle Breitbandinternetnachfrage) decken können. Aus der Abbildung 13 ist ersichtlich, dass in zwei abgelegenen Bezirken die Heavy user ihren Nutzungsbedarf nicht vollumfänglich festnetzbasierend abdecken können, für die jedoch – vergleichbar wie im Abschnitt 4.2 dargestellt – individuell und kosteneffizient mobilfunkbasierte Technologien (UMTS, HSPA, LTE, Bonding-Lösungen etc.) zur Verfügung stehen.

<sup>30</sup> Der Stand der Breitbandatlasdaten bildet im Einzelfall die Versorgungsentwicklung der vergangenen Monate nicht jeweils zuverlässig ab. Zwar wird auch in der IHS-Studie von Fellenbaum und Corboeuf (2019, 20) bestätigt, dass in spezifischen Regionen (z. B. Jura, Graubünden) die schweizweit niedrigsten Werte bei der Breitbandversorgung im Festnetz zu verzeichnen sind. Mit Blick auf den Kanton Graubünden ist allerdings anzumerken, dass in Gemeinden wie Davos, Scuol, Pontresina, Samedan, Schanf, Trimmis u.a.m. in jüngster Zeit der Breitbandausbau stark vorangetrieben wurde, so dass inzwischen Highspeed Internet mit bis zu 500 Mbit/s zur Verfügung steht.

**Abbildung 13 Abdeckungsgrad der Nachfrage der Heavy-User-KMU nach Bandbreiten (2019)**



Der «Abdeckungsgrad Nachfrage» ist die Relation zwischen Bandbreitenbedarf der Kleinunternehmen und lokal verfügbarem Breitbandangebot gemäss Breitbandatlas. Die Darstellung zeigt den Abdeckungsgrad beim Download-Nutzungsbedarf. In einigen Bezirken können die Heavy user ihren Nutzungsbedarf zu über 90% festnetzbasierend abdecken, in der überwiegenden Mehrzahl der Bezirke zu über 60%. In zwei abgelegenen Bezirken dürften die Heavy user ihren Nutzungsbedarf nicht festnetzbasierend abdecken können.

Quelle: BAKOM (2020) (Shapefile zum Breitbandatlas), BFS (2017a) (Anzahl und Grösse von Haushalten in georeferenzierten Planquadraten), Berechnungen und Grafikaufbereitung durch Polynomics.

### 3.3 Szenarien der zukünftigen Abdeckung der Nachfrage nach Bandbreiten

#### 3.3.1 Grundlagen für die Szenarienberechnungen

Die Herausforderung zur Modellierung der zukünftigen Abdeckung der Nachfrage nach Bandbreite besteht darin, **den zukünftigen Nutzungsbedarf für die Haushalte und Unternehmen zu antizipieren** sowie die Versorgung mit Breitbandinfrastruktur und Annahmen zur zukünftigen Verteilung von Haushalten und Kleinunternehmen zu treffen.

#### Basis zur Fortentwicklung des Kunden-Nutzungsverhaltens

Für die Annahmen zur Fortentwicklung des Nutzungsverhaltens wird von der konkreten Verfügbarkeit von Anschlüssen und der Zahlungsbereitschaft der Kunden abstrahiert. Im Kern wird angenommen, dass die Nutzungseinheiten in der Nachfrageschätzung keinen technischen und kommerziellen Restriktionen unterliegen. **Relevant sind die Breitbanddienste und Anwendungen, die in Zukunft von Einpersonenhaushalten, 4- und Mehr-Personenhaushalten sowie Kleinunternehmen genutzt werden** und damit einhergehend die Bandbreitennachfrage in Mbit/s Down- und Upload für diese Nutzungseinheiten.

Die **unterstellte Nachfrage** nach spezifischen Breitbanddiensten und Anwendungen **erfolgt auf der Grundlage von Studien und Expertenannahmen zum zukünftigen Nachfrageverhalten** beispielsweise von Frontier Economics (2017), Fraunhofer FOKUS (2016) sowie Deutsche Telekom und Swisscom.

### Basis zur Fortentwicklung des lokal verfügbaren Breitbandangebots

Mit Blick auf die absehbaren Investitionen in Breitbandnetze wird von der ITU (2018, 21) ein sehr positives Bild geschildert:

---

*«The fixed broadband market in Switzerland is characterized by a strong incumbent, high DOCSIS 3.0 cable population coverage and considerable FTTH investments by the incumbent and major local utilities. The incumbent is rolling out FTTH, FTTS and FTTC in connection with vectoring or G.fast, ensuring almost the entire population will soon have coverage with a modern fixed network. Some 200 cable operators cover 85% of the population with DOCSIS 3.0, and several have announced plans to deploy DOCSIS 3.1.»*

---

Zur Modellierung der Breitbandversorgung in der Schweiz wird für das Jahr 2021/22 auf der Ausbaustrategie der Swisscom aufgebaut.<sup>31</sup> **Bis 2021/22 soll die Schweiz grossflächig mit Hochbreitband versorgt werden, so dass 100% der Gemeinden und schweizweit 90% der Nutzungseinheiten eine Bandbreite zwischen 80 und 1'000 Mbit/s in Anspruch nehmen können.**<sup>32</sup>

Die **geplanten Netzaufrüstungen fokussieren sich auf neue Glasfasertechnologien wie FTTS/B**. Zur Ermittlung der absoluten Veränderung der Versorgung sämtlicher Schweizer Gemeinden v.a. mit FTTS/B (auf Basis der «G.fast»-Technologie mit bis zu 500 Mbit/s) zwischen 2019 und 2021/22 in Prozentpunkten basieren wir uns auf die Angaben für den Anteil der versorgten Nutzungseinheiten nach FTTx-Technologie pro Gemeinde. Um die voraussichtliche Breitbandversorgung 2021/22 darzustellen, werden die Status-Quo-Rohdaten des Breitbandatlas mit diesen gemeindespezifischen Angaben zur Veränderung der Versorgung ergänzt. Mit Blick auf die Ermittlung der zukünftigen Versorgungslage wird das Status-quo-Mengengerüst bei den Haushalten und Unternehmen beibehalten. Diese Annahme ist insofern gerechtfertigt, als für die Analyse der Versorgungslage die geographische Verteilung der Haushalte und Unternehmen wichtiger ist als die Veränderung der Anzahl Nutzungseinheiten. Die geographische Verteilung der 1-Personen, 4- und Mehr-Personenhaushalte sowie der Kleinunternehmen dürfte sich in den nächsten gut fünf Jahren nicht fundamental ändern.

---

<sup>31</sup> Die Kabelnetzbetreiber werden die Übertragungstechnologie DOCSIS 3.1 einsetzen, UPC wird im Rahmen des Investitionsprogramms Autostrada weitere Haushalte an ihr Netz anschliessen (BAKOM 2018a, 11). Mögliche Netzaufrüstungen von weiteren Telekommunikationsunternehmen, wie beispielsweise die FTTH-Pläne von Swiss4Net (z.B. Thun, Olten) und der Swiss Fibre Net (Ausweitung auf 40% der Haushalte) werden vorliegend nicht mitmodelliert, weil sie nicht vergleichbar detailliert vorliegen.

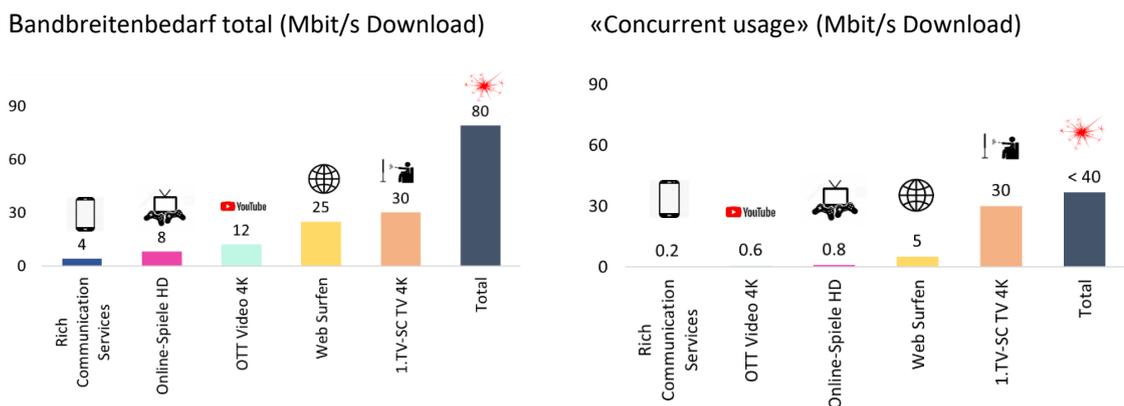
<sup>32</sup> Etwas über ein Drittel der Nutzungseinheiten dürften mit Glasfaser bis in die Wohnung erschlossen sein, etwas über die Hälfte mit Glasfaser bis in die Strasse oder bis ins Gebäude. Der Ausbau in den Randregionen (letzte 10% der Nutzungseinheiten) erfolgt v.a. basierend auf DSL-LTE Bonding.

### 3.3.2 Voraussichtliches Nutzungsverhalten 2021/22

#### Bandbreiten-Nutzungsbedarf bei den Haushalten

**Der Nutzungsbedarf der Haushalte nach Bandbreiten ist durch vermehrt hochbitratige Breitbandanwendungen geprägt.** Innovative Anwendungen und die Nutzung mehrerer Endgeräte führen dazu, dass Quantitäts- (Maximal- und Durchschnittsgeschwindigkeit im Down- und Upload) und Qualitätsanforderungen (Verzögerung / Latenz, Jitter, Paketverlust) steigen werden. Im Vergleich zum aktuellen Bedarf wird in einem Einpersonenhaushalt in zwei bis drei Jahren ggf. anstelle von HDTV neu TV 4k mit einem Bandbreitenbedarf von neu knapp 30 Mbit/s im Download treten (Pino, 2016). Anstelle von OTT Video HD könnte OTT Video 4k in Anspruch genommen werden, für das zwischen 12 und 16 Mbit/s im Download nötig ist. Anstelle von konsolenbasierten Online Games dürften Online Games HD mit einem Bedarf von 8 Mbit/s in Frage kommen. **Im Einpersonenhaushalt dürfte der Bandbreitenbedarf im Total bei rund 80 Mbit/s, faktisch («concurrent usage») aber auf höchstens 40 Mbit/s steigen** (Abbildung 14).

**Abbildung 14 Nutzungsverhalten der Einpersonenhaushalte 2021/22**

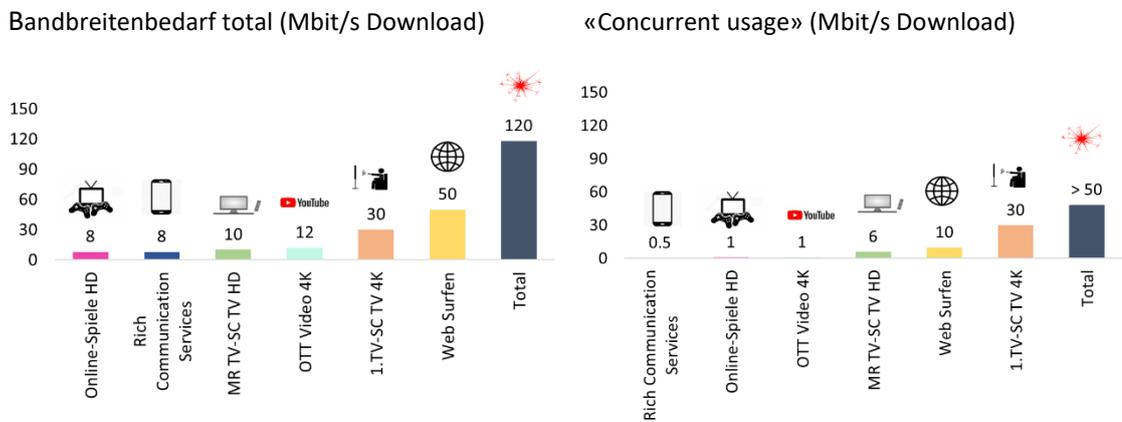


Die Abbildung zeigt links den addierten Bandbreitenbedarf des Einpersonenhaushalts unabhängig von dessen Auftretenswahrscheinlichkeit, rechts den im Alltag relevante Bandbreitenbedarf bei gleichzeitiger Nutzung der Dienste.

Quelle: Expertenangaben von Swisscom, plausibilisiert durch Polynomics, insbesondere auch auf der Grundlage von Gesprächen mit Telekomexperten (DTAG, WIK etc.), Darstellung durch Polynomics.

Im Vergleich zum aktuellen Bedarf werden in einem 4-Personenhaushalt ebenfalls wie im Einpersonenhaushalt neu ggf. TV 4k, OTT Video 4k und Online Games HD in Frage kommen. Die Nachfrage nach den sonstigen Breitbanddiensten und Anwendungen dürften sich im Vergleich zum Status quo nicht wesentlich anders darstellen. Steigt der Bandbreitenbedarf durch diese zusätzlichen Dienste auf über 100 Mbit/s Download, **kann im Alltag («concurrent usage») der Bandbreitenbedarf eines 4- und Mehr-Personenhaushalts nach wie vor mit etwas über 50 Mbit/s gedeckt werden** (Abbildung 15).

**Abbildung 15 Nutzungsverhalten der 4-Personenhaushalte 2021/22**



Die Abbildung zeigt links der addierte Bandbreitenbedarf des 4-Personenhaushalts unabhängig von dessen Auftretenswahrscheinlichkeit. Rechts im Bild ist der im Alltag relevante Bandbreitenbedarf dargestellt bei gleichzeitiger Nutzung der Dienste, der etwas weniger als die Hälfte vom Total betragen dürfte.

Quelle: Expertenangaben von Swisscom, plausibilisiert durch Polynomics, insbesondere auch auf der Grundlage von Gesprächen mit Telekomexperten (DTAG, WIK etc.), Darstellung durch Polynomics.

### Bandbreiten-Nutzungsbedarf bei den Unternehmen

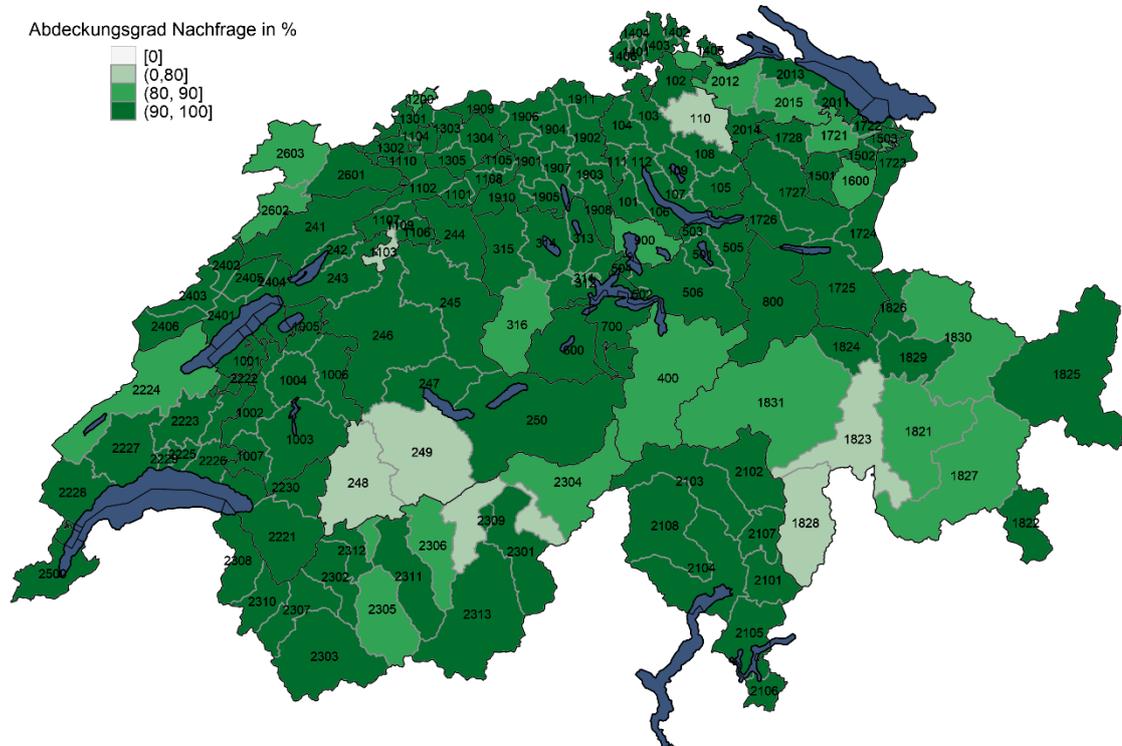
Bisher nutzen erst rund 20% der Kleinunternehmen Cloud-Computing (Spescha, Wörter, 2018, 43). Zu den bisherigen Anwendungen werden in zwei bis drei Jahren vor allem Dienste im Cloud-Umfeld weiter an Bedeutung zunehmen. Zu nennen sind die Skalierung von cloudbasierten Infrastrukturen und Office-Systemen, Remote-Arbeitsplätze etc. und damit einhergehende Quantitäts- sowie Qualitätsanforderungen, die sich mit Blick auf die unterschiedlichsten Dienste wie Videokonferenzen, Remote-Anmeldung, Datenaustausch etc. unterschiedlich darstellen.

Für 2021/22 dürften auf der Basis der durch die Autoren plausibilisierten Expertenschätzungen von Swisscom die Anforderungen an die Breitbandgeschwindigkeit im Vergleich zu 2019 zunehmen. **Für die Standard user (Heavy user) unter den KMU bis 50 Beschäftigte wird im Download von etwas über 100 Mbit/s (zwischen 300 und 350 Mbit/s) und im Upload von etwas über 80 Mbit/s (zwischen 250 und 300 Mbit/s) Bandbreitenbedarf ausgegangen.**

### 3.3.3 Voraussichtlicher Abdeckungsgrad der Bandbreitennachfrage 2021/22

Im Ergebnis wird erneut gezeigt, wie viele **Haushalte** anteilig basierend auf der Abdeckung mit Konnektivität ihre Nachfrage nach Breitbanddiensten 2021/22 abdecken können (Abbildung 16).

Abbildung 16 Abdeckungsgrad der Nachfrage der Haushalt nach Bandbreiten (2021/22)



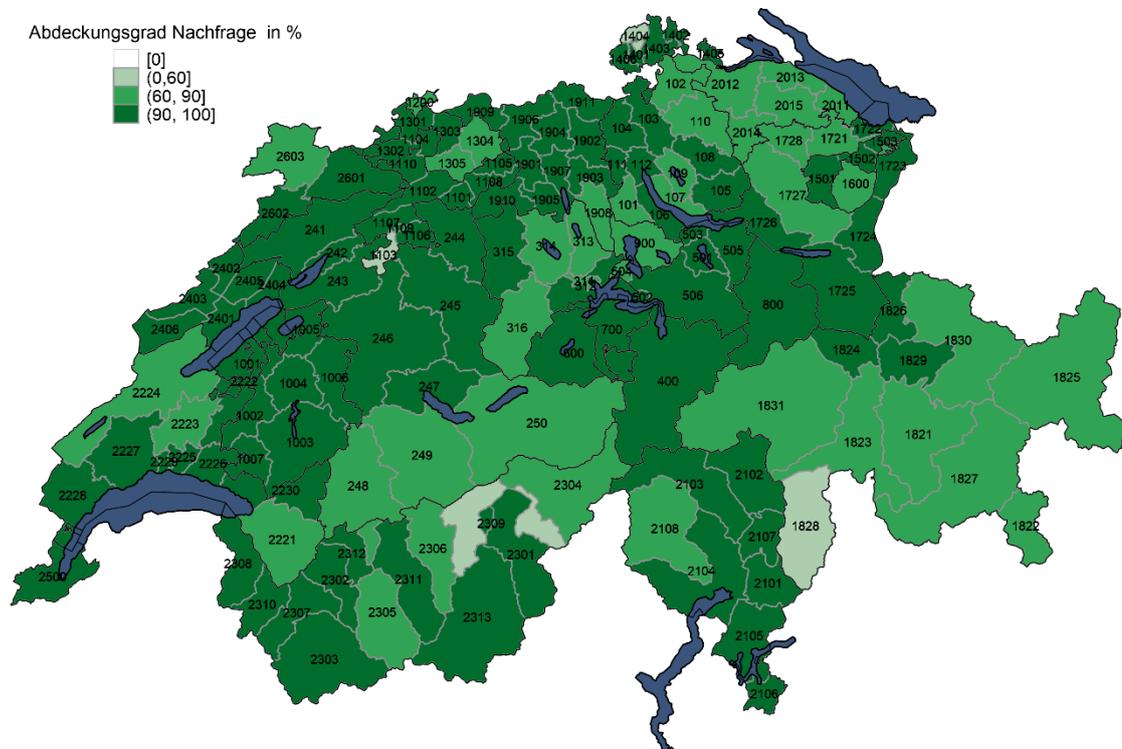
Der «Abdeckungsgrad Nachfrage» ist die Relation zwischen Bandbreitenbedarf der Ein- und 4-Personenhaushalte und lokal verfügbarem Breitbandangebot. Dunkelgrün (grün) sind die Bezirke eingefärbt, in denen die Haushalte 2021/22 mit Breitbandanschlüssen versorgt sind, mit denen diese ihre angenommene Nachfrage nach Telekommunikations- und Medienangeboten zu mehr als 90% (zwischen 80 und 90%) werden abdecken können.

Quelle: BAKOM (2020) (Shapefile zum Breitbandatlas), BFS (2017a) (Anzahl und Grösse von Haushalten in georeferenzierten Planquadraten), Berechnungen und Grafikaufbereitung durch Polynomics.

**Auf der Karte ist ersichtlich, dass die Haushalte schweizweit ihren Nutzungsbedarf im Regelfall auch 2021/22 zu über 90 Prozent werden abdecken können.** Die effektive Versorgungslage 2021/22 wird sich aber im Vergleich zu 2019 infolge des hier nicht ersichtlichen Netzausbaus zahlreicher Wettbewerber (Telekommunikationsunternehmen, Kabelnetzbetreiber und Energieversorgungsunternehmen und nicht zuletzt auch infolge des beinahe flächendeckend geplanten Ausbaus von unabhängigen 5G Netzinfrastrukturen) noch besser darstellen. Bereits ohne die Berücksichtigung dieser Entwicklung treten selbst auf Gemeindeebene heruntergebrochen für den Zeitraum 2021/22 faktisch keine «white areas» zu Tage.

Auch für die **Arbeitsstätten mit zwischen 10 bis 49 Beschäftigte** ist ersichtlich (Abbildung 17), **dass sie in weiten Teilen der Schweiz 2021/22 im Vergleich zu 2019 ihren Nutzungsbedarf besser und vielfach sogar zu 100% werden abdecken können.** Erneut ist zu betonen, dass die Ergänzung der aktuellen Breitbandatlasdaten lediglich mit den Angaben zum Netzausbau (Festnetztechnologien) von Swisscom ergänzt sind, womit sich die reale Versorgungslage 2021/22 erneut besser darstellen wird als abgebildet.

Abbildung 17 Abdeckungsgrad der Nachfrage der KMU nach Bandbreiten (2021/22)



Der «Abdeckungsgrad Nachfrage» ist die Relation zwischen Bandbreitenbedarf der Kleinunternehmen und lokal verfügbarem Breitbandangebot. Dunkelgrün (grün) sind die Bezirke eingefärbt, in denen die Kleinunternehmen mit Breitbandanschlüssen versorgt sind, mit denen diese ihre angenommene Nachfrage nach Telekommunikations- und Medienangeboten zu mehr als 90% (zwischen 60% und 90%) werden abdecken können. Die Darstellung zeigt den Abdeckungsgrad beim Download-Nutzungsbedarf.

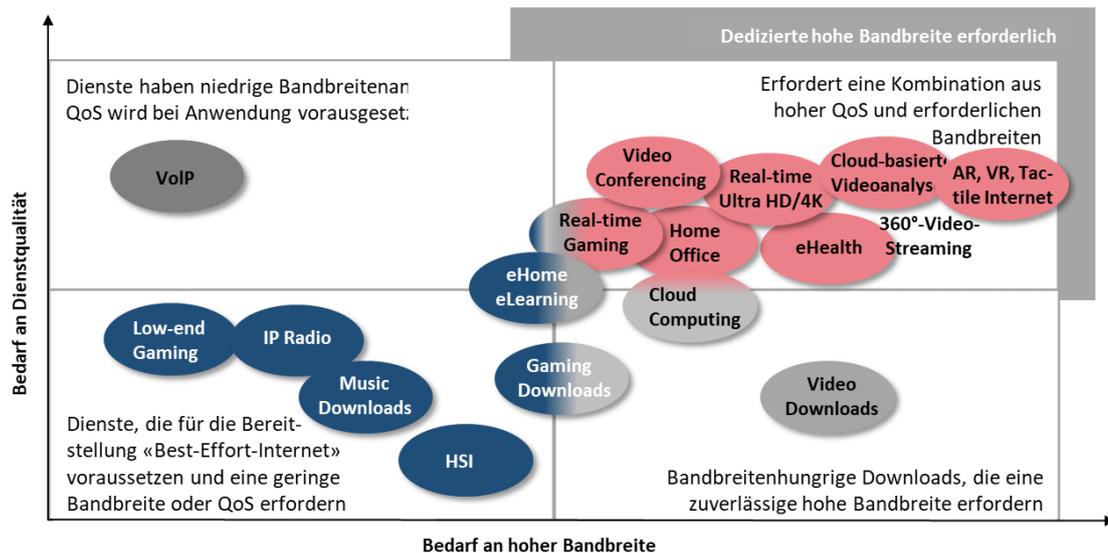
Quelle: BAKOM (2020) (Shapefile zum Breitbandatlas), BFS (2016) (Grösse und NOGA-Klassifikation von Arbeitsstätten in georeferenzierten Planquadraten), Berechnungen und Grafikaufbereitung durch Polynomics.

### 3.3.4 Mögliches Nutzungsverhalten und Abdeckung der Nachfrage im Zeitraum 2025

Das **Gesamtvolumen der Datennutzung wird in den kommenden Jahren weiterhin deutlich zunehmen**. Allerdings ist das Verkehrsaufkommen nicht besonders stark mit der verfügbaren Bandbreite korreliert. Laut Akamai liegen die durchschnittlichen gelieferten Bitraten für Streams im Vereinigten Königreich bei knapp 17 Mbit/s,<sup>33</sup> in Japan bei etwas über 20 Mbit/s, das etwa die Hälfte des Datenverkehrs des Vereinigten Königreichs hat. Ein anderes Beispiel ist der Vergleich zwischen Irland und Australien, die punkto Verkehrsvolumen vergleichbar sind, obwohl Irland eine um mehr als 40% höhere Konnektivität (homes passed) aufweist. Zudem ist auch das Wachstum im Verkehr nicht mit dem Wachstum in der Bandbreite korreliert. Portugal, Deutschland, Australien, Kanada und das Vereinigte Königreich hatten ähnliche Wachstumsraten, aber ein wesentlich anderes Verkehrswachstum.

<sup>33</sup> Downloadlink: <https://content.akamai.com/uk-en-pg9141-q1-soti-connectivity.html> (Seite eingesehen im März 2020).

Abbildung 18 Quantitative und qualitative Anforderungen zukünftiger Breitbanddienste



Die Nachfrage nach TV und 4k wird den Bandbreitenbedarf erhöhen, ebenfalls die zunehmende Nachfrage nach Bewegtbild-Content im Non-Entertainment Bereich, wie z.B. nach Videokonferenzen, E-Learning und generell Smart-Anwendungen. Die Nachfrage und der Bandbreitenbedarf bei E-Health, eHome und E-Learning wird steigen. Wichtiger wird auch die Bedeutung von Upload-Geschwindigkeiten bei der privaten (Social Media, individualisierte Cloud-Dienste) und dienstlichen Nutzung (Telearbeit, Nutzung von VPNs).

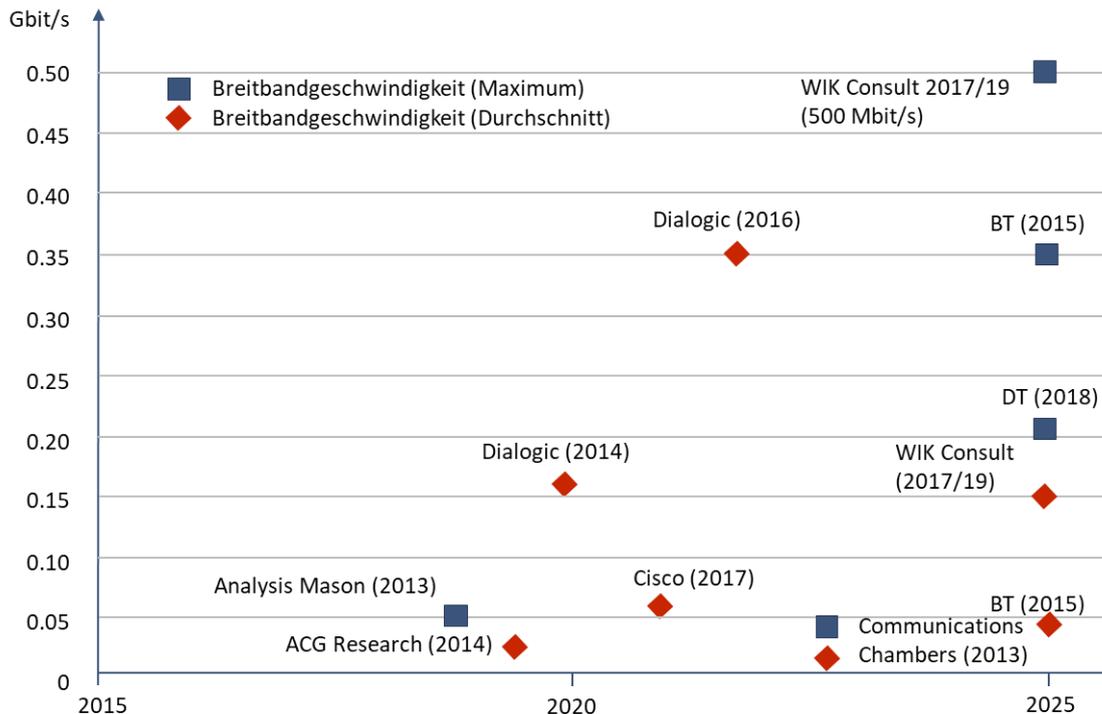
Quelle: WIK (2016, 36), adaptiert von Polynomics.

Spätestens im Jahr 2025 werden über neue Formen der Mediennutzung digitale Informationen unsere reale Welt durch virtuelle Realität erweitern. Endgeräte wie Smartphones und Tablets vernetzen uns zunehmend und dauerhaft mit Dingen und wir steuern damit unsere Umgebung. In Unternehmen wird über die zunehmende Vernetzung die Steuerung von Fahrzeugen und Maschinen (Stichwort: «Industrie 4.0», Industrieroboter etc.) und deren Interaktion optimiert. Anwendungen wie Qualitätssicherung mittels cloud-basierter Videoanalyse, 360°-Videostreaming, Cognitive City etc. werden in den kommenden Jahren die Anforderungen an die Netz-Technologien punkto Quantität und v.a. auch Qualität erhöhen (Abbildung 18). Netz-Technologien mit hoher Konnektivität sind notwendig, aber genauso intelligente, softwarebasierte Netzfunktionen und höhere «Netzintelligenz» (z.B. verteilte Daten und Rechenzentren) (Fraunhofer Fokus, 2016). **Wie aus Abbildung 18 ersichtlich, sind für viele Dienstekategorien teils ausschliesslich Qualitätsparameter von Bedeutung, maximale Bandbreiten hingegen nur für bestimmte Dienstekategorien.**

### Annahmen zum Bandbreiten-Nutzungsbedarf bei den Haushalten

Zum zukünftigen Bandbreitenbedarf für die Haushalte bestehen eine Reihe von Studien (Abbildung 19). In diesen wird teilweise nur der Spitzenbedarf prognostiziert, teilweise werden aber auch Voraussagen zum Durchschnittsbedarf einbezogen. Einige Berichte fokussieren sich lediglich auf den für die Haushalte im Moment noch wesentlich wichtigeren Download-Bandbreitenbedarf, andere treffen auch zum Upload-Bedarf Aussagen. **Im Kern wird von einem laufend steigenden Bandbreitenbedarf ausgegangen, wobei sich die Experten keineswegs einig darüber sind, in welchem Ausmass dies der Fall sein wird.**

Abbildung 19 Vorhersagen zur Bandbreitennachfrage (Download in Mbit/s)



Auf der Grundlage von Voraussagen zum Bedarf an Bandbreite für Haushalte haben in den vergangenen Jahren verschiedene Institutionen Voraussagen auch mit Blick auf das Jahr 2025 getätigt. Dabei bewegen sich die geschätzten Werte im Kern zwischen rund 50 Mbit/s bis zu 500 Mbit/s. Vor allem in den beiden Studien von Wik-consult GmbH sind die Werte auffallend hoch. Wik-consult GmbH geht mit seiner Prognose eines Nutzungsbedarfs von 500 Mbit/s Download für 75% der Haushalte von einem Bedarf von 300 Mbit/s pro 4k TV-Stream aus, wogegen heute weniger als 20 Mbit/s benötigt werden. Auch ist die Erwartung einer quasi symmetrischen Nachfrage nicht nachvollziehbar, angesichts der Erfahrung in Märkten wie Japan, wo trotz grosser Verfügbarkeit symmetrischer Hochgeschwindigkeits-Bandbreite (FTTH) das Down- zu Upload-Verkehrsverhältnis 5,2:1 ist.<sup>34</sup> Auch dürfte die BT-Prognose auf tönernen Füüssen stehen, die von einem Bedarf von 425 Mbit/s für Spielkonsolen-Downloads für das Jahr 2025 ausgeht.

Quelle: ACG (2014), Analysys Mason (2013), BT (2015), Cisco (2017), Dialogic (2014 und 2016), BSG (2013), WIK (2017b); Grafikbearbeitung durch Polynomics in Anlehnung an Frontier Economics (2017).

Mit Blick auf den **Zeitraum 2021/22 bis 2025 bewegen sich die Angaben zum durchschnittlichen Nutzungsbedarf von Haushalten zwischen rund 50 Mbit/s bis 350 Mbit/s im Download.** Im Rahmen der Prognosen werden Breitbanddienste und Anwendungen wie Home-Office und VPN, Cloud Computing, bekannte (4K, 3D, HD) und progressive Medien- und Unterhaltungsdienste (8K, VR/AR), (Video-)Kommunikation, Gaming, E-Health, E-Home/ E-Facility etc. unterschiedlich einbezogen. Relativ grosse Unterschiede beim prognostizierten Nutzungsbedarf ergeben sich vor allem, weil «Kompressionstechnologien»<sup>35</sup> bei der Schätzung des Nutzungsbedarfs unterschiedlich oder – wie dies bei WIK (2017b) der Fall ist – gar nicht einbezogen wurden. Wenn jedoch beispielsweise der Bandbreitenbedarf für 4k-TV und -Video in wenigen Jahren von

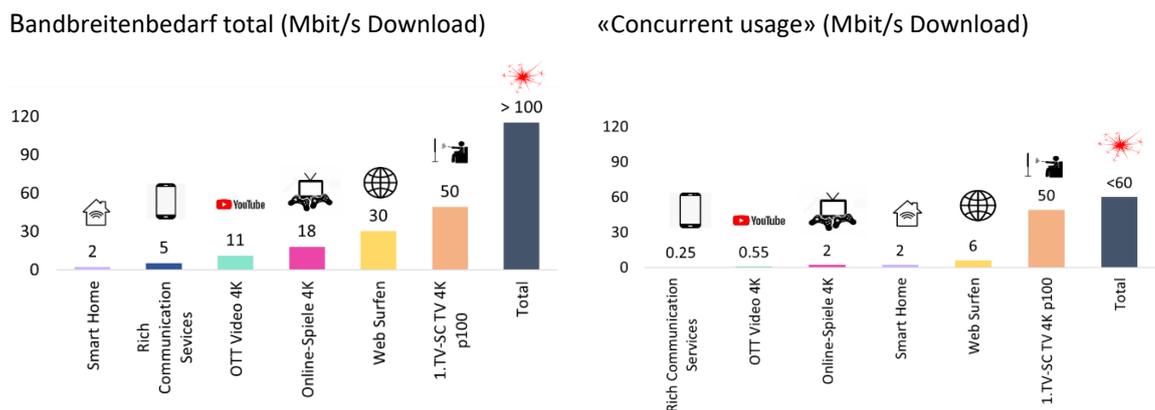
<sup>34</sup> Communications Chambers (2016), 26.

<sup>35</sup> Die Bezeichnung «Kompressionstechnologien» steht für eine Klasse von Verfahren, bei der eine Datenmenge bei gleichem Informationsgehalt durch Wegfall von Redundanz und/oder Irrelevanz verringert wird.

heute rund 25 Mbit/s (Netflix-Empfehlung für 4k-Videos) auf 10 Mbit/s zurückgehen kann, dürften im Rahmen von Prognosen zum Bandbreitenbedarf Überlegungen zur Entwicklung von Kompressionstechnologien durchaus ihre Berechtigung haben (Communications Chambres, 2017).

**Kompressionstechnologien werden die Verbreitung bandbreitenintensiver Anwendungen wie TV 4k fördern.** So darf angenommen werden, dass im Vergleich zu 2021/22 in einem Einpersonenhaushalt 2025 anstelle von TV 4k ggf. TV 4k p 100 mit einem Bandbreitenbedarf von knapp 50 Mbit/s im Download treten (Pino, 2016). Anstelle von Online Games HD dürften Online Games 4k in Frage kommen, für die in der Mitte des Dezenniums ein Bandbreitenbedarf von knapp 20 Mbit/s bestehen dürfte. Neu dürften auch Smart-Home-Dienstleistungen hinzukommen, deren Bandbreitenbedarf jedoch relativ gering sein dürfte (z.B. Smart Home Video Überwachung mit einem Bedarf von rund 4 Mbit/s). Aus heutiger Perspektive dürfte sich die Nachfrage nach den sonstigen Breitbanddiensten und Anwendungen im Vergleich zu 2021/22 nicht fundamental anders darstellen. Es darf allerdings von einem erneuten Fortschritt bei den Kompressionstechnologien ausgegangen werden. **In einem Einpersonenhaushalt dürfte der Bandbreitenbedarf somit in zwei bis drei Jahren im Download auf total etwas über 100 Mbit/s, im Alltag relevant («Concurrent usage») jedoch auf knapp 60 Mbit/s ansteigen** (Abbildung 20).

**Abbildung 20 Nutzungsverhalten der Einpersonenhaushalte 2025**

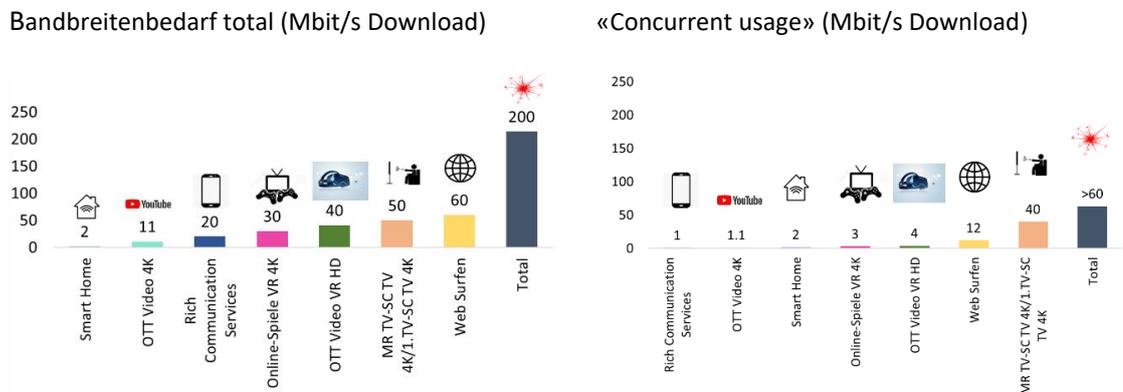


Die Abbildung zeigt links den addierten Bandbreitenbedarf des Einpersonenhaushalts unabhängig von dessen Auftretenswahrscheinlichkeit. Rechts im Bild ist der im Alltag relevante Bandbreitenbedarf dargestellt bei gleichzeitiger Nutzung der Dienste.

Quelle: Expertenangaben von Swisscom, plausibilisiert durch Polynomics, insbesondere auch auf der Grundlage von Gesprächen mit Telekomexperten (DTAG, WIK etc.), Darstellung durch Polynomics.

Im Vergleich zum Bedarf 2021/22 werden 2025 in einem 4-Personenhaushalt ebenfalls wie im Einpersonenhaushalt neu TV 4k und zusätzlich ggf. zu OTT Video 4k OTT Video VR treten. Anstelle von Online Games HD werden ggf. Online Games VR in Frage kommen. Ebenfalls dürften wie beim Einpersonenhaushalt auch Smart-Home-Dienstleistungen hinzukommen, wogegen sich die Nachfrage nach den sonstigen Breitbanddiensten und Anwendungen im Vergleich zur Nachfrage 2021/22 nicht wesentlich anders darstellen sollte.

Abbildung 21 Nutzungsverhalten der 4-Personenhaushalte 2025



Die Abbildung zeigt links der addierte Bandbreitenbedarf des 4-Personenhaushalts unabhängig von dessen Auftretenswahrscheinlichkeit. Rechts im Bild ist der im Alltag relevante Bandbreitenbedarf dargestellt bei gleichzeitiger Nutzung der Dienste.

Quelle: Expertenangaben von Swisscom, plausibilisiert durch Polynomics, insbesondere auch auf der Grundlage von Gesprächen mit Telekomexperten (DTAG, WIK etc.), Darstellung durch Polynomics.

Der Bandbreitenbedarf dürfte durch diese zusätzlichen Dienste auf insgesamt rund 200 Mbit/s im Download steigen. Eine alternative Zusammenstellung der Deutschen Telekom kommt in etwa auf denselben Bandbreitenbedarf von im Total etwas über 200 Mbit/s im Download (und infolge von Cloud-Anwendungen von rund 50 Mbit/s im Upload) für 2025. **Dabei dürfte der alltägliche Bandbreitenbedarf («concurrent usage») eines 4- und Mehr-Personenhaushalts bereits mit etwas über 60 Mbit/s gedeckt sein** (Abbildung 21).

### Annahmen zum Bandbreiten-Nutzungsbedarf bei den Unternehmen

Im Rahmen von Voraussagen gilt es, weder den Nutzungsbedarf zu überschätzen, wie dies ausgewählte Beispiele zum Nutzungsdarf der Privatkunden gezeigt haben, noch zu unterschätzen. So geht beispielsweise Communications Chambers (2015) für Unternehmen bis 49 Mitarbeitern aus 50 Branchen für 2025 von einer mittleren Nachfrage von 8 Mbit/s Download und 2 Mbit/s Upload aus. Zwar haben im Vereinigten Königreich 90% der Kleinunternehmen weniger als 5 Beschäftigte; aber auch hier sind erhebliche Unterschiede zwischen den Branchen zu beobachten.

Bei den KMU dürften 2025 sämtliche Geschäftsmodelle und Wertschöpfungsprozesse durch internetbasierte Anwendungen und Technologielösungen unterstützt werden. Cloud Computing und Big-Data-Analytics erhalten weiterhin eine massiv höhere Bedeutung. Generell wird die Bedeutung externer Infrastruktur für Anwendungen wie Kunden- / Mitarbeiter-Portale, Onlinemeetings, Videokonferenzen, IT-Outsourcing (Managed Backup, Security), Tools für die Zusammenarbeit, mycloud, Wifi Public WLAN etc., erneut stark zunehmen.

Für das Jahr 2025 dürfte auf der Basis der durch die Autoren anhand von alternativen Modellen<sup>36</sup> plausibilisierten Expertenschätzungen von Swisscom **für die Standard user (Heavy user) unter den Kleinunternehmen und KMU ein Downloadbedarf in der Größenordnung von plus/minus 150 Mbit/s (plus/minus 450 Mbit/s)** bestehen. Im Upload kann von plus/minus 100 bis 130

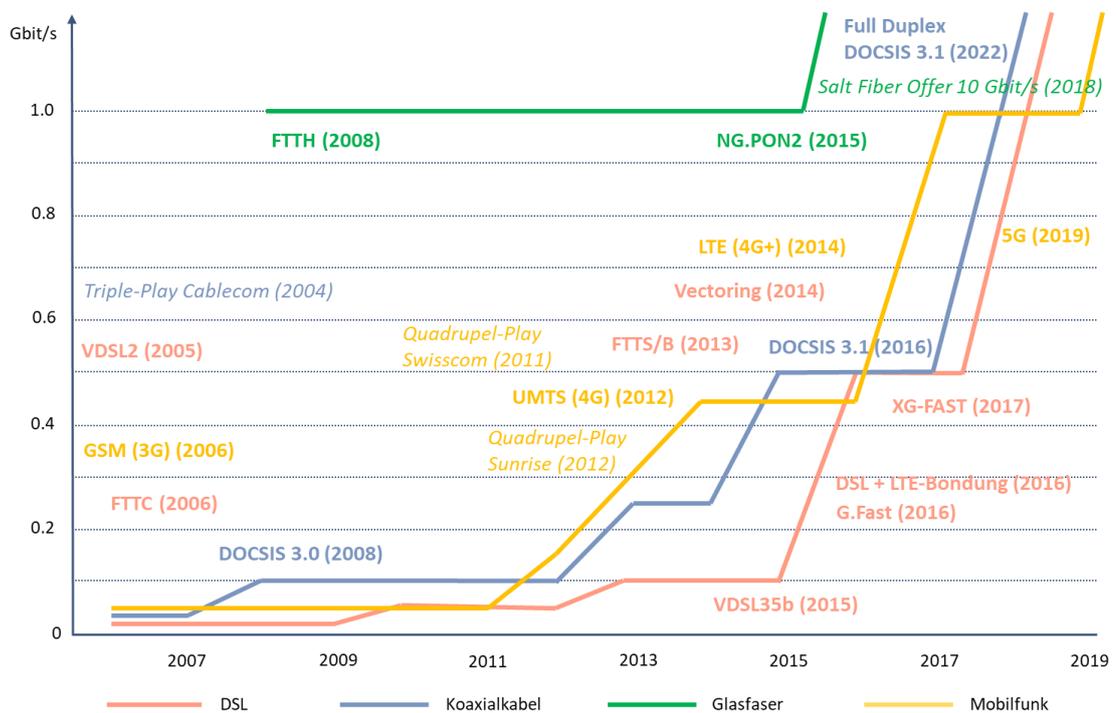
<sup>36</sup> Beispielsweise kann von der Broadband Stakeholder Group ein Modell zum Bandbreitenbedarf von KMU für 2025 eingesehen werden (Information abrufbar unter: <http://www.broadbanduk.org/2015/09/02/bsg-publishes-new-model-on-small-businesses-connectivity-requirements/>, Seite eingesehen im März 2020).

Mbit/s (plus/minus 400 Mbit/s) Bandbreitenbedarf ausgegangen werden. Damit innovative Anwendungen funktionieren, sind neben der maximalen Bandbreite erneut verstärkt Qualitätsaspekte (niedrige Latenz-, Jitter- und/oder Paketverlustwerte) entscheidend (vor allem im Hinblick auf Echtzeitanforderungen von Smart Anwendungen, E-Learning, E-Health etc.).

**Breitbandangebot und Abdeckung des Kunden-Nutzungsbedarfs**

Bisher hat sich der Infrastrukturwettbewerb in Form einer im Markt ständig zunehmenden Breitbandkapazität (siehe Abbildung 22) laufend intensiviert.

**Abbildung 22 Entwicklung der Technologievielfalt in der Telekommunikation**



Die Abbildung zeigt die Meilensteine der Entwicklung verschiedener Netz-Technologien, die im Infrastrukturwettbewerb entstanden sind und weiterhin entstehen werden. Es ist nicht ersichtlich, dass im Telekommunikationssektor die Technologievielfalt bei den Infrastrukturen im Zeitpfad abnehmen sollte. Auch ist keine dominante Technologie absehbar, auf die die Entwicklung hinauslaufen wird, insbesondere angesichts der Technologieinnovationen bei den mobilfunkgebundenen Infrastrukturen. Alternative (hybride und mobile) Breitbandtechnologien werden zunehmend vergleichbar leistungsfähig wie der FTTH-Standard sein, womit relative Kostenvorteile zugunsten alternativen Netztechnologien vorliegen. Die Entwicklungen bei den Festnetz- und Mobilfunktechnologien legen nahe, FTTH nicht als generell dominante Zukunftstechnologie zu betrachten, auf die die Investitionsdynamik im Infrastrukturwettbewerbs hinauslaufen wird (siehe dazu auch Knieps, Zenhäusern, 2015).

Quelle: Swisscom, Sunrise, UPC, Zusammenstellung durch Polynomics.

Wie bisher wird auch die Zukunft geprägt sein von miteinander im Wettbewerb stehenden Netz- und Technologieinnovationen. FTTH, DOCSIS 3.1 und teilweise auch 5G werden den Telekommunikationsunternehmen ermöglichen, ihren Technologie-Mix mit Blick auf die Bedürfnisse der Kunden zu optimieren. **Speziell Full-Duplex-DOCSIS 3.1 ist bereits seit 2017 standardisiert und erlaubt symmetrisch je 10 Gbit/s, wenn die Glasfaserknoten nahe beim Kunden liegen**

**und nicht mehr als 100 Teilnehmende angeschlossen sind.** Auf der Basis des FTTLA-Netzes (DOCSIS 3.1) sind Downloadraten von über 2'500 Mbit/s umsetzbar.

Weil FTTLA im Vergleich zu DSL-basierten Upgrades einen nachfrageorientierteren Netzausbau erlaubt und eine DSL-Aufrüstung zu G.fast Downloadraten von höchstens 500 Mbit/s ermöglicht und zudem Glasfaser-Investitionen (FTTS/B) voraussetzt, ist es unplausibel, weshalb nicht auch nach 2021/22 alle Infrastrukturanbieter weiter in die Infrastruktur investieren werden, um keine Marktanteile zu verlieren.

Die Intensivität des Netzwettbewerbs insbesondere zwischen Telekommunikationsunternehmen und Kabelnetzbetreibern ist ungebrochen hoch. So bietet beispielsweise UPC seit Herbst 2019 für mehr als 75% der Schweizer Haushalte, unabhängig davon ob in der Stadt oder auf dem Land, dank hochleistungsfähiger Kabelnetzinfrastruktur «1 Gbit/s-Internet» an<sup>37</sup>. Mit Blick auf 2025 bestehen bereits sehr konkrete Netzausbaupläne von Swisscom<sup>38</sup>. **Danach soll die Glasfaserabdeckung (FTTH) gegenüber 2019 verdoppelt und das bestehende Netz weiterhin gemäss dem hybriden Ansatz modernisiert werden.** Bis Ende 2025 sollen 60% aller Wohnungen und Geschäfte eine Bandbreite von bis zu 10 Gbit/s nutzen können. Durch die Modernisierung des bestehenden FTTS-Netzes sollen bis Ende 2025 zusätzlich 30 – 40% der Haushalte und Geschäfte über Bandbreiten von 300 – 500 Mbit/s verfügen.

Somit ist es unwahrscheinlich, dass die wettbewerblichen Anreize nicht auch künftig dazu führen werden, dass in Telekommunikationsinfrastruktur investiert wird und die Kundennachfrage nach Konnektivität auch nach 2021/22 gedeckt sein wird.

### 3.4 Fazit

Spannend ist in Anlehnung an die vom BAKOM (2018) gewürdigte sehr gute Netzabdeckung im Ländervergleich die Analyse, **inwieweit sich der konkret konstatierte Nutzungsbedarf von Haushalten und Unternehmen spezifisch auf Gemeindeebene festnetzbasierend decken lässt.** Der Nutzungsbedarf lässt sich nicht decken, wenn lediglich eine grundlegende Breitbandinfrastruktur vorliegt, jedoch keinerlei glasfaserbasierte Infrastruktur (FTTx). Eine «white area» liegt somit vor, wenn es auf Gemeindeebene keinen FTTx-Anschluss gibt. Die **empirischen Analysen auf Basis des Breitbandatlas, der georeferenzierten Statistiken der Bevölkerung und der Haushalte sowie der Arbeitsstätten nach Grössenklasse und Branchen** zeigen allerdings, dass es auf Gemeindeebene schweizweit **faktisch keine «white areas»** gibt. Die Erkenntnisse lassen sich bezogen auf 2019, 2021/22 und 2025 wie folgt zusammenfassen:

- Aktuell haben Einpersonenhaushalte im Download einen effektiven Bandbreitenbedarf von rund 15 Mbit/s bis höchstens 20 Mbit/s, 4-Personenhaushalte einen Bedarf in der Grössenordnung von 30 Mbit/s bis höchstens 50 Mbit/s («concurrent usage»). Mit Blick auf das Jahr 2019 kann für die Gemeinden festgestellt werden, dass die Haushalte ihren Bandbreiten-Nutzungsbedarf weitgehend abdecken können. **Die Haushalte sind gegenwärtig mit denjenigen Netz-Technologien erschlossen, mit denen sie ihren Nutzungsbedarf befriedigen können.**
- Für 2021/22 ist im Einpersonenhaushalt mit einem Bandbreitenbedarf («concurrent usage») von 40 Mbit/s, im 4-Personenhaushalt mit einem Bandbreitenbedarf von 40 bis 60 Mbit/s zu

<sup>37</sup> Downloadlink: <https://community.upc.ch/t5/Ank%C3%BCndigungen/Endlich-1-Gbit-s-Internet-f%C3%BCr-alle-in-der-Schweiz/ba-p/147097/page/3> (Seite eingesehen im März 2020).

<sup>38</sup> Downloadlinks: <https://www.swisscom.ch/de/about/news/2020/02/06-netzausbaustrategie-von-swisscom.html> und <https://www.swisscom.ch/en/about/investors.html> (Seiten eingesehen im März 2020).

rechnen. Mit Blick auf das Jahr 2021/22 kann für die Gemeinden festgestellt werden, dass die Haushalte ihren Bandbreiten-Nutzungsbedarf werden abdecken können. **Die Haushalte sind somit auch im Zeitraum 2021/22 mit denjenigen Netz-Technologien erschlossen, mit denen sie ihren Nutzungsbedarf befriedigen können.**

- Basierend auf den heutigen Verträgen von Swisscom mit KMU nutzen Standard user im Durchschnitt im Down- und Upload etwas über 80 Mbit/s, im Upload etwas über 60 Mbit/s, Heavy user im Download rund 300 Mbit/s und im Upload rund 250 Mbit/s. Für den Zeitraum 2021/22 dürften die Anforderungen an die Breitbandgeschwindigkeit bei Unternehmen zunehmen, so dass für die Standard user (Heavy user) unter den Unternehmen bis 50 Beschäftigte im Download von etwas über 100 Mbit/s (zwischen 300 und 350 Mbit/s) und im Upload von etwas über 80 Mbit/s (zwischen 250 und 300 Mbit/s) Bandbreitenbedarf ausgegangen werden dürfte. **Mit Blick auf das Jahr 2019 (2021/22) können die Schweizer Kleinunternehmen auf Gemeindeebene ihren Bandbreiten-Nutzungsbedarf abdecken.**
- Mit Blick auf das Jahr 2025 werden FTTLA im Vergleich zu DSL-basierten Upgrades einen nachfrageorientierteren Netzausbau erlauben, wogegen eine DSL-Aufrüstung zu G.fast Downloadraten von höchstens 500 Mbit/s ermöglicht und zudem Glasfaser-Investitionen (FTTS/B) voraussetzt. Somit ist davon auszugehen, dass auch nach 2021/22 alle Infrastrukturanbieter weiter in die Infrastruktur investieren werden, um keine Marktanteile zu verlieren. Damit werden **die wettbewerblichen Anreize auch 2025 aller Voraussicht nach dazu führen werden, dass weiterhin in Telekommunikationsinfrastruktur investiert wird und die im Vergleich zu 2021/22 nochmals gestiegene Kundennachfrage nach Konnektivität gedeckt werden kann.**

## 4 Ordnungspolitische Leitlinien und pragmatische Lösungen für «white spots»

Das BAKOM (2018) und auch die vorangehenden detaillierten Ausführungen zum regionalen Breitband-Abdeckungsgrad von Haushalten und KMU belegen, dass sich **die Frage nach regionalen Fördermodellen in der Schweiz nicht stellt**. Es soll jedoch nicht der Eindruck entstehen, dass im Rahmen der Expertise ohne Einschränkung jeder staatliche Eingriff zugunsten einer Förderung von Infrastrukturen abgelehnt wird. Daher wird aufgezeigt, welche ordnungspolitischen Grundlagen bei der Frage der staatlichen Förderung des Breitbandausbaus zwingend zu beachten sind. Dabei ist das Prinzip der **Technologieneutralität** (Abschnitt 4.1) entscheidend, das insbesondere auch im Kontext des **Lösungsbedarfs für sogenannte «white spots»** wegweisend ist (Abschnitt 4.2). Es folgt ein drittes Fazit (Abschnitt 4.3).

### 4.1 Technologieneutralität als regulierungspolitischer Referenzpunkt

Unternehmertum heisst im Wesentlichen investieren unter Unsicherheit. Für Telekommunikationsunternehmen mit eigenen Netztechnologien ist dies v.a. die Unsicherheit in Hinblick auf den optimalen Migrationspfad zu neuen Diensten, zum **optimalen Technologiemix** sowie in Bezug auf **künftige technologische Innovationen auf Angebotsseite** («second-life copper-/coax technologies»), **Produktinnovationen und die Zahlungsbereitschaft der Nachfrager**. Letztere ist bisher von einer hohen kundensegmentspezifischen Heterogenität gekennzeichnet.

Weitere Unsicherheiten entstehen für Anbieter von Hochbreitbandinfrastrukturen im Speziellen in Bezug auf künftige ordnungspolitische Eingriffe in Form von Definitionen staatlicher Breitbandziele sowie in der Ausgestaltung von Fördermodellen<sup>39</sup>. Die **Leitlinien der Europäischen Kommission zu staatlichen Beihilfen** im Zusammenhang mit dem schnellen Breitbandausbau beinhalten ursprünglich explizit das Gebot der Technologieneutralität, die sie wie folgt definierte:

---

*«Angesichts dieser unterschiedlichen technischen Lösungen zur Breitbandversorgung sollte bei einer Ausschreibung keine der möglichen Technologien oder Netzplattformen bevorzugt oder ausgeschlossen werden. Die Bieter sollten berechtigt sein, die Versorgung mit den geforderten Breitbanddiensten unter Nutzung einer (Kombination von) Technologie(n) vorzuschlagen, die sie als am besten geeignet erachten. Die Bewilligungsbehörde ist berechtigt, die am besten geeignete technische Lösung oder einen Technologiemix auf der Grundlage der objektiven Ausschreibungskriterien auszuwählen. Grundsätzlich kann eine universelle Breitbandabdeckung in grösseren Zielgebieten durch eine Kombination verschiedener Technologien erreicht werden» (Europäische Kommission, 2013, Abschnitt 3.4 Paragraph (78) Ziffer e).*

---

Damit sind grundsätzlich alle leitungsgebundenen Glasfasertechnologien (FTTx) sowie leistungsfähiges mobiles Breitbandinternet (LTE/LTE advanced) gemeint. **Marktprozesse sollen den jeweils effizienten Technologiemix identifizieren**. Zwischenzeitlich wurde in öffentlichen Breitbandzielen, wie denen der «Gigabit-Gesellschaft» der Europäischen Kommission, aber auch in

<sup>39</sup> Derlei Eingriffe beinhalten Vorgaben zu Ausbauzielen und Qualitätsparametern, also insbesondere zu Verfügbarkeit und Übertragungsgeschwindigkeit der Glasfasernetze und somit typischerweise immer auch eine Präferenz und Vorauswahl von zulässigen bzw. zumindest favorisierten Ausbautechnologien («winner-picking»).

vielen nationalen Breitbandplänen eine Abkehr von diesem Prinzip in mehr oder weniger deutlicher Form implementiert. Letzteres legt die Europäische Kommission in ihrer Gigabitstrategie mit ihrer Definition von «Netzen mit sehr hoher Kapazität» (Europäische Kommission, 2016, Fussnote 11) nunmehr auch faktisch nahe. Die Kommission selbst spricht diese Entwicklung in ihrem Telekom-Kodex an und versucht einen möglichen Widerspruch wie folgt zu entkräften:

---

*«Im Einklang mit dem Grundsatz der Technologieneutralität sollten andere Technologien und Übertragungsmedien nicht ausgeschlossen werden, sofern sie hinsichtlich ihres Leistungsvermögens mit diesem Basisszenario zu vergleichen sind. Der Ausbau solcher ‚Netze mit sehr hoher Kapazität‘ wird das Leistungsvermögen von Netzen wahrscheinlich weiter erhöhen und den Weg für künftige Generationen von Drahtlosnetzen auf der Grundlage erweiterter Luftschnittstellen und einer stärker verdichteten Netzarchitekturebenen» (Europäische Kommission (2018, Erwägungsgrund 13).*

---

Wenn an dieser Stelle auch vom Grundsatz der Technologieneutralität gesprochen wird und dieser formell beibehalten werden soll, wird zugleich auch das Erfordernis von «Netzen mit sehr hoher Kapazität» für die Zukunft anhand von technologischen Kriterien normiert. Technologien, die dieses Kriterium nicht erfüllen, werden zugleich ausgeschlossen. In den Zielen der Gigabit-Gesellschaft kommt es somit auch unmittelbar zu Eingriffen in Marktprozesse und -ergebnisse mit ex ante unbekanntem Wohlfahrtseffekten. Die Frage ist, ob und unter welchen Umständen derartige Eingriffe in ordnungspolitischer Hinsicht gerechtfertigt sein können.

Es stellt sich die Frage des optimalen Breitbandtechnologiemix sowie der optimalen Migration zu langfristig rein auf Glasfaserkabeln basierenden Breitbandanschlüssen bzw. ob es einen Wohlfahrtsverlust bei einem graduellen Migrationsprozess gegenüber einem interventionistischen Ansatz gäbe, der auf eine möglichst schnelle und flächendeckende Versorgung mit ultrahochbreitbandigen Netzen abzielt (Vogelsang 2014, 16). Eine **Abweichung vom Grundsatz der Technologieneutralität** wäre in ordnungspolitischer Hinsicht nur dann gerechtfertigt, wenn **empirische Evidenz für entsprechend unterschiedliche Auswirkungen verschiedener Breitbandtechnologien auf die Wohlfahrt vorläge**. Hierzu müssen nicht nur unterschiedliche Nutzenpotentiale, sondern auch Unterschiede in den Investitionskosten der möglichen Migrationsszenarien berücksichtigt werden.<sup>40</sup>

Gibt es valide Belege für positive Externalitäten in Verbindung mit einer speziellen Breitbandtechnologie, so lassen sich entsprechende Eingriffe aus Effizienzgesichtspunkten argumentieren. Freilich müssten hierzu auch die erwarteten monetären Wohlfahrtsgewinne in zumindest rudimentärer Form den jeweiligen Zusatzkosten des Ausbaus gegenübergestellt werden. **Während eine Reihe von Studien die gesamtwirtschaftliche Bedeutung von herkömmlichen Telekommunikations- und Basisbreitbandinfrastrukturen und den darauf basierenden Diensten gut belegen, existiert kaum Evidenz für die spezifisch von glasfaserbasierten Netzen und Diensten tatsächlich ausgehenden Externalitäten.** Den ersten vollständigen Literaturüberblick zur Bedeutung von Hochbreitbandinternet geben Abrardi und Cambini (2019). Die wenigen verfügbaren Studien deuten darauf hin, dass die bislang nachweisbaren Effekte nicht ausreichen, um

---

<sup>40</sup> Eine aktuelle WIK-Studie (WIK, 2020) analysiert die Investitionskosten für unterschiedliche Migrationsschritte und -wege hin zu einer langfristigen Glasfaser-PtP-Netzarchitektur. Die Studie verweist darauf, dass jeder einzelne Zwischenmigrationsschritt auch zu Ineffizienzen und «stranded investments» im Falle geringer Skalierbarkeit im Netzausbau führen kann.

etwa eine pauschale Bevorzugung von reinen Glasfaser-Lösungen hinreichend zu begründen.<sup>41</sup> An dieser Stelle ist jedoch auf den Umstand hinzuweisen, dass die relevante Literatur nach wie vor nur auf einer geringen Zahl an empirischen Untersuchungen basiert (insbesondere Bai, 2017, sowie Briglauer und Gugler, 2019) und letztere notwendigerweise auf historischen Datensätzen beruhen:

---

*«There is still a very scant literature that address the impact of fiber investment on economic growth and assess the differentiated effect (if any) of speed on national or local growth» (Abrardi & Cambini, 2019, 14).*

---

Eine effiziente Migration ist zudem von der landesspezifischen Qualität der jeweiligen Legacy-Infrastrukturen abhängig, wie insbesondere in Form der Verfügbarkeit von Leerrohren, Kabelkanalisationen oder der Anzahl der Verteilerkästen. Auch ist entscheidend, wie gut hybride Netze skalierbar sind. Sowohl die **Aufrüstungskosten in Kupfer- und Kabelnetzinfrastrukturen in Verbindung mit VDSL/Vectoring/G.fast bzw. DOCSIS 3.X-Technologien können als relativ gering eingestuft werden.** Zudem würde nur ein geringer Teil der beim hybriden Glasfaserausbau getätigten Investitionen bei einem späteren Übergang auf FTTH/B verloren gehen (Briglauer & Vogelsang, 2018). Empirisch zu beantworten wäre auch der Zielkonflikt zwischen einer schnellen Versorgung ländlicher Regionen mit mittleren Bandbreiten auf Basis von Legacy-Infrastrukturen und einer Förderung von Hochbreitbandnetzen bei deutlich höheren Ausbaukosten und Ausbaueiten.

Wie der empirische Befund in Abschnitt 2 gezeigt hat, besteht aufgrund der bisher niedrigen Adoption von Hochbreitbanddiensten **substantielle nachfrageseitige Unsicherheit** über künftige Zahlungsbereitschaften. Um ordnungspolitische Eingriffe effizient auszugestalten, wären zudem auch fundierte Kenntnisse zur spezifischen Auswirkung auf Innovationen, Produktivität und Beschäftigung notwendig, die nach wesentlichen Nachfragebereichen zu differenzieren wären: Zu denken wäre hier insbesondere – wie in den Abschnitten 3.2 und 0 gezeigt – an Unterscheidungen nach den grossen Konsumentengruppen Haushalte, Wirtschaft und Industrie.

Neben den nachfrageseitigen Unsicherheiten existieren auch **technologische Unsicherheiten in Hinblick auf die Entwicklungspotentiale von Beschleunigungstechnologien** («second-life copper-/coax technologies») in Glasfaserhybridnetzen. So liegen die theoretischen Erwartungen für die DOCSIS 3.1 Technologie in Kabelnetzen bei bis zu 10 Gbit/s (download) und 5 Gbit/s (upload) (Cisco, 2018). Auf Basis der kupferkabelbasierten Beschleunigungstechnologie XG.fast sollten theoretisch ebenfalls mehrere Gbit/s erreicht werden können (Timmers u. a., 2018, 5). Freilich sind auch derlei Versprechen aus der jeweiligen Herstellerindustrie mit Unsicherheiten behaftet.

---

<sup>41</sup> Eines der zentralen Hauptargumente der Befürworter eines möglichst flächendeckenden und raschen Ausbaus von FTTH/B Netzen bezieht sich auf knappe Ressourcen bei den im Rahmen des FTTH/B-Ausbaus erforderlichen Tiefbauarbeiten (WIK, 2014; 2018). Letztere verursachen einen Kostenanteil von 80% bis 90%. Daher müsse aufgrund der ohnedies geringen Ausbaugeschwindigkeiten auch ohne hinreichende empirische Evidenz schnell und umfassend gehandelt werden, da ansonsten die Gefahr von Wohlfahrtsverlusten aufgrund eines zu späten roll-outs von FTTH/B Netzen bzw. einer noch späteren Adoption von FTTH/B basierten Diensten bestünde. Auch wenn knappe Ressourcen bei Tiefbaukapazitäten real bestehen, wäre es in ordnungspolitischer Hinsicht dennoch bedenklich, ausschliesslich aufgrund von erwarteten oder erhofften Effekten auf Basis von konjunktiven Massnahmen Markteingriffe zu rechtfertigen und zu tätigen. Auch in der Schweiz dürften Tiefbaukapazitäten einem schnellen und flächendeckenden Ausbau der FTTH/B Netze entgegenstehen.

Eine besondere **technologische Herausforderung** stellt schliesslich auch die **Integration von Mobilfunknetzen** und insbesondere von künftigen 5G-Netzen in eine hochwertige digitale Infrastruktur dar (Abschnitt 2.4). Ähnlich zu den komparativen Kostenvorteilen und schnelleren Ausbaugeschwindigkeit von Mobilfunknetzen ist davon auszugehen, dass vorhandene und künftige glasfaserbasierte Hybridtechnologien auf Basis von VDSL/(X)G.fast sowie DOCSIS 3.0(3.1) eine wichtige Rolle im effizienten Migrationsprozess zur Gigabit-Infrastruktur spielen werden.

In der Analyse in Abschnitt 3 wurde gezeigt, dass mit den genannten Hybridtechnologien die für die Schweiz mittelfristig identifizierten Bandbreitenbedürfnisse mit hoher Wahrscheinlichkeit gedeckt werden können bei gleichzeitig komparativen Kostenvorteilen. Tatsächlich impliziert die Idee einer effizienten Investition, dass reale Investitionen die Nachfrage bedienen. Eine diskretionäre Vorabauswahl einer bestimmten Technologie bei starken Marktunsicherheiten und hoher Marktdynamik ist demnach nicht effizient. Insbesondere ist der Wert der «Realoption» des Wartens auf neue Informationen nicht zu unterschätzen. (Briglauber & Vogelsang, 2018).

#### 4.2 Geografische Heterogenität und Lösungsbedarf für «white spots»

Wichtig ist letztlich auch der Analysefokus auf die geografische Heterogenität von Ausbaubedingungen. Je nach Topografie und Demografie können stark unterschiedliche Kosten-Nutzen Relationen in räumlicher Dimension vorliegen. In der Tat sind in den meisten Ländern aufgrund topografischer und demografischer Charakteristika typischerweise **überproportional ansteigende Durchschnittskosten im Ausbau von dünn besiedelten Gebieten** zu konstatieren. So wären etwa die letzten 5, 10 oder 15% («turf») der Nutzungseinheiten bei reinem FTTH/B Ausbau nur mit besonders hohen Durchschnittskosten zu versorgen. Je nach landesspezifischen Ausbaubedingungen könnten diese Nutzungseinheiten effizienter mit Mobilfunklösungen oder hybriden Glasfaserausbauten erreicht werden.

Auch in der Schweiz nehmen die Kosten für den Ausbau beispielsweise von FTTH nicht zuletzt aufgrund der topologischen Bedingungen mit zunehmendem Abdeckungsgrad überproportional zu (WIK 2017a, 84ff). So sind etwa die Erschliessungskosten der letzten 5% des FTTH-Gebietes doppelt so teuer wie die ersten 5% (Unternehmensinformation Swisscom). **Der «10% Turf» verteilt sich mit Ausnahme grosser Städte über die ganze Schweiz und umfasst rund 500'000 Nutzungseinheiten.** In diesem 10%-Turf sind rund 70% oder 350'000 Nutzungseinheiten durch Kabelnetzbetreiber abgedeckt. 30% oder rund 150'000 Nutzungseinheiten sind nur durch Swisscom abgedeckt. Rund 165'000 Swisscom-Kunden befinden sich sowohl im Gebiet der Kabelnetzbetreiber wie auch im restlichen Gebiet. Davon werden die meisten über xDSL-Infrastrukturen (ADSL/VDSL/Vectoring) mit Bandbreiten bis 100 Mbit/s versorgt, etwas über 1% über Wireless- und Satelliten-Anschlüsse (Grundversorgungs-Alternativ Anschlüsse).

Insbesondere aufgrund der räumlichen Streuung **verbleiben in der Schweiz Kunden**, die sich im Einzelfall eine bessere Versorgung wünschen als diese festnetzbasierend zur Verfügung steht (Beispiel: Webagentur, Hotel). Der schweizspezifische Förderbedarf ist somit restriktiv und aufgrund von Kosten-Nutzen-Relationen **technologieneutral und kosteneffizient auf derartige «white spots» zu begrenzen**, wo es mittelfristig nicht ohnehin zu entsprechenden Ausbauten käme. So können angesichts topografischer Gegebenheiten für viele der «white spots» Mobilfunklösungen inklusive Richtfunk sowie Konvergenzprodukte (Bonding-Lösungen) sowie Breitbandzugänge über Satelliten eine effiziente Lösung darstellen. Es besteht daher höchstens **Bedarf für massgeschneiderte «Subjekthilfen»**.

**Öffentliche Fördermassnahmen im Sinne einer «Objekthilfe»** in einem bestimmten geografisch abgegrenzten Gebiet, ohne dass dieses eine «white area» darstellt, **würden zu Marktverzerrungen führen**. Dies ist der Fall, weil im Infrastrukturwettbewerb jeweils ein marktgetriebener Ausbau erfolgt und auch perspektivisch zu erwarten ist. Wie die Analyse in Abschnitt 3 zeigt, existieren daher für die Schweiz auf Gemeindeebene faktisch keine «white areas».

### 4.3 Fazit

Der Hochbreitband-Ländervergleich sowie die Untersuchungen zum regionalen Breitband-Abdeckungsgrad von Haushalten und KMU in der Schweiz zeigen, dass ein Marktversagen grundsätzlich zu verneinen ist und insofern auch **kein ausgewiesener Bedarf für regionale Fördermodelle** besteht (keine «white areas»). Dies heisst nicht, dass jegliche Eingriffe zugunsten einer Förderung von Infrastrukturen von vorneherein kategorisch abzulehnen sind. Zentral ist aber, dass ein **allfälliger Bedarf nach ordnungspolitisch abgeleiteten Prinzipien belegt** werden kann. Subventionen zum Breitbandnetz-Ausbau sind ordnungspolitisch wie folgt zu rechtfertigen:

- In ordnungspolitischer Hinsicht gilt das Vorliegen eines **Marktversagens** als Voraussetzung und zentrales Aufgreifkriterium für staatliche Fördermassnahmen. Nur in unversorgten Gebieten, bei Vorliegen von Externalitäten oder aus verteilungspolitischen Gesichtspunkten («digital divide») sind Fördermassnahmen für Hochbreitband zu rechtfertigen. In bereits versorgten Gebieten käme es dagegen zu Verdrängungen privater Investitionen.
- Marktprozesse sollen den jeweils effizienten Technologiemix identifizieren. Ein Abweichen vom **Prinzip der Technologieneutralität** lässt sich nur rechtfertigen, **wenn empirische Evidenz für entsprechend unterschiedliche Auswirkungen verschiedener Hochbreitbandtechnologien auf die Wohlfahrt vorläge**. Dies ist bislang nicht der Fall. In westeuropäischen Ländern liegen die Ausbaukosten technologiespezifischer Fördermassnahmen für FTTH/B-Hochbreitbandnetze deutlich über den Kosten hybrider (FTTx) Hochbreitbandnetze. Ausserdem bestehen Marktunsicherheiten in Bezug auf künftige technologische Entwicklungen sowie über künftige Nachfrage und Zahlungsbereitschaften.
- Eine **diskretionäre Bevorzugung einer bestimmten Hochbreitbandtechnologie würde einer effizienten Migration zu neuen Kommunikationsnetzen im Wege stehen**. Märkte bringen effizientere Investitionsentscheidungen hervor, insbesondere, wenn erhebliche Unsicherheit über künftige Nachfrage- und Technologieentwicklung besteht. Der Wert der «Realoption» des Wartens auf neue Informationen ist dabei nicht zu unterschätzen.
- Es gibt kaum Förderbedarfe infolge von «white areas». Das Förderziel sollte sich daher an den für die Schweiz identifizierten tatsächlichen und mittelfristigen Nachfragebedarfen für Haushalte bzw. Unternehmen orientieren. **Förderbedarfe verbleiben derzeit höchstens in Hinblick auf einzelne landesweit verstreute Haushalte oder KMU («white spots»)**.
- Vor diesem Hintergrund sind öffentliche Fördermodelle technologieneutral und geografisch restriktiv in Hinblick auf individuelle Fördersubjekte («white spots») auszugestalten. **Ziel ist die kosteneffiziente Umsetzung der Subjekthilfe im Einzelfall**. Diese fokussiert in Abhängigkeit von Effizienz- und Effektivitätsüberlegungen auf die Angebots- oder Nachfrageseite.<sup>42</sup>

<sup>42</sup> Letzteres könnte etwa in Form von «Vouchers» für Hochbreitbandanschlüsse erfolgen, worin der Staat anteilig die konsumentenseitigen Kosten für die Herstellungs- und Anschlusskosten übernimmt. Voucher-Systeme werden aktuell auf Europäischer Ebene in einzelnen Staaten diskutiert (Briglauber & Schmitz, 2019).

## 5 Anhang

### Liste der Schweizer Bezirke (siehe Abbildungen 10, 12, 13, 16 und 17)

Nr.	Bezirk	Nr.	Bezirk
101	Bezirk Affoltern	501	Bezirk Einsiedeln
102	Bezirk Andelfingen	502	Bezirk Gersau
103	Bezirk Bülach	503	Bezirk Höfe
104	Bezirk Dielsdorf	504	Bezirk Küssnacht (SZ)
105	Bezirk Hinwil	505	Bezirk March
106	Bezirk Horgen	506	Bezirk Schwyz
107	Bezirk Meilen	600	Obwalden (KT)
108	Bezirk Pfäffikon	700	Nidwalden (KT)
109	Bezirk Uster	800	Glarus (KT)
110	Bezirk Winterthur	900	Zug (KT)
111	Bezirk Dietikon	1001	District de la Broye
112	Bezirk Zürich	1002	District de la Glâne
241	Arrondissement administratif Jura bernois	1003	District de la Gruyère
242	Verwaltungskreis Biel/Bienne	1004	District de la Sarine
243	Verwaltungskreis Seeland	1005	Bezirk See / District du Lac
244	Verwaltungskreis Oberaargau	1006	Bezirk Sense
245	Verwaltungskreis Emmental	1007	District de la Veveyse
246	Verwaltungskreis Bern-Mittelland	1101	Bezirk Gäu
247	Verwaltungskreis Thun	1102	Bezirk Thal
248	Verwaltungskreis Obersimmental-Saanen	1103	Bezirk Bucheggberg
249	Verwaltungsk. Frutigen-Niedersimmental	1104	Bezirk Dorneck
250	Verwaltungskreis Interlaken-Oberhasli	1105	Bezirk Gösgen
311	Wahlkreis Luzern-Stadt	1106	Bezirk Wasseramt
312	Wahlkreis Luzern-Land	1107	Bezirk Lebern
313	Wahlkreis Hochdorf	1108	Bezirk Olten
314	Wahlkreis Sursee	1109	Bezirk Solothurn
315	Wahlkreis Willisau	1110	Bezirk Thierstein
316	Wahlkreis Entlebuch	1200	Basel-Stadt (KT)
400	Uri (KT)	1301	Bezirk Arlesheim

<b>Nr.</b>	<b>Bezirk</b>	<b>Nr.</b>	<b>Bezirk</b>
1302	Bezirk Laufen	1830	Bezirk Prättigau-Davos
1303	Bezirk Liestal	1831	Bezirk Surselva
1304	Bezirk Sissach	1901	Bezirk Aarau
1305	Bezirk Waldenburg	1902	Bezirk Baden
1401	Bezirk Oberklettgau	1903	Bezirk Bremgarten
1402	Bezirk Reiat	1904	Bezirk Brugg
1403	Bezirk Schaffhausen	1905	Bezirk Kulm
1404	Bezirk Schleithem	1906	Bezirk Laufenburg
1405	Bezirk Stein	1907	Bezirk Lenzburg
1406	Bezirk Unterklettgau	1908	Bezirk Muri
1501	Bezirk Hinterland	1909	Bezirk Rheinfelden
1502	Bezirk Mittelland	1910	Bezirk Zofingen
1503	Bezirk Vorderland	1911	Bezirk Zurzach
1600	Appenzell Innerrhoden (KT)	2011	Bezirk Arbon
1721	Wahlkreis St. Gallen	2012	Bezirk Frauenfeld
1722	Wahlkreis Rorschach	2013	Bezirk Kreuzlingen
1723	Wahlkreis Rheintal	2014	Bezirk Münchwilen
1724	Wahlkreis Werdenberg	2015	Bezirk Weinfelden
1725	Wahlkreis Sarganserland	2101	Distretto di Bellinzona
1726	Wahlkreis See-Gaster	2102	Distretto di Blenio
1727	Wahlkreis Toggenburg	2103	Distretto di Leventina
1728	Wahlkreis Wil	2104	Distretto di Locarno
1821	Bezirk Albula	2105	Distretto di Lugano
1822	Distretto di Bernina	2106	Distretto di Mendrisio
1823	Bezirk Hinterrhein	2107	Distretto di Riviera
1824	Bezirk Imboden	2108	Distretto di Vallemaggia
1825	Bezirk Inn	2221	District d'Aigle
1826	Bezirk Landquart	2222	District de la Broye-Vully
1827	Bezirk Maloja / Distretto di Maloggia	2223	District du Gros-de-Vaud
1828	Distretto di Moesa	2224	District du Jura-Nord vaudois
1829	Bezirk Plessur	2225	District de Lausanne

<b>Nr.</b>	<b>Bezirk</b>	<b>Nr.</b>	<b>Bezirk</b>
2226	District de Lavaux-Oron	2310	District de Saint-Maurice
2227	District de Morges	2311	District de Sierre
2228	District de Nyon	2312	District de Sion
2229	District de l'Ouest lausannois	2313	Bezirk Visp
2230	District de la Riviera-Pays-d'Enhaut	2401	District de Boudry
2301	Bezirk Brig	2402	District de la Chaux-de-Fonds
2302	District de Conthey	2403	District du Locle
2303	District d'Entremont	2404	District de Neuchâtel
2304	Bezirk Goms	2405	District du Val-de-Ruz
2305	District d'Hérens	2406	District du Val-de-Travers
2306	Bezirk Leuk	2500	Genève (KT)
2307	District de Martigny	2601	District de Delémont
2308	District de Monthey	2602	District des Franches-Montagnes
2309	Bezirk Raron	2603	District de Porrentruy

## 6 Verzeichnisse

### 6.1 Abbildungen

Abbildung 1	Schematische Darstellung unterschiedlicher FTTx-Netzausbautechnologien ...	13
Abbildung 2	Homes passed nach Technologien in 30 OECD-Staaten .....	15
Abbildung 3	FTTH/B-Haushaltsversorgung (homes passed) in Europa.....	17
Abbildung 4	Homes connected nach Technologien in 30 OECD-Staaten.....	18
Abbildung 5	Durchschnittliche take-up rate-Anteile nach Technologien für 30 OECD Länder .....	19
Abbildung 6	EU28 Haushaltversorgung bei FTTx- und LTE-Anschlüssen .....	22
Abbildung 7	Nutzungsverhalten der Einpersonenhaushalte 2019 .....	26
Abbildung 8	Nutzungsverhalten der 4-Personenhaushalte 2019 .....	26
Abbildung 9	Unterschiedlicher Bandbreitenbedarf nach Unternehmensgrösse.....	27
Abbildung 10	Abdeckungsgrad der Nachfrage der Haushalte nach Bandbreiten in den Bezirken (2019).....	30
Abbildung 11	Abdeckungsgrad der Nachfrage der 4-Personen Haushalte nach Bandbreiten in den Gemeinden (2019).....	31
Abbildung 12	Abdeckungsgrad der Nachfrage der KMU nach Bandbreiten (2019).....	32
Abbildung 13	Abdeckungsgrad der Nachfrage der Heavy-User-KMU nach Bandbreiten (2019).....	33
Abbildung 14	Nutzungsverhalten der Einpersonenhaushalte 2021/22 .....	35
Abbildung 15	Nutzungsverhalten der 4-Personenhaushalte 2021/22 .....	36
Abbildung 16	Abdeckungsgrad der Nachfrage der Haushalt nach Bandbreiten (2021/22).....	37
Abbildung 17	Abdeckungsgrad der Nachfrage der KMU nach Bandbreiten (2021/22).....	38
Abbildung 18	Quantitative und qualitative Anforderungen zukünftiger Breitbanddienste .....	39
Abbildung 19	Vorhersagen zur Bandbreitennachfrage (Download in Mbit/s) .....	40
Abbildung 20	Nutzungsverhalten der Einpersonenhaushalte 2025 .....	41
Abbildung 21	Nutzungsverhalten der 4-Personenhaushalte 2025 .....	42
Abbildung 22	Entwicklung der Technologievielfalt in der Telekommunikation .....	43

## 6.2 Literatur

- Abrardi, L. and Cambini, C. (2019). *Ultra-fast broadband investment and adoption: A survey*, Telecommunications Policy 43, 183-198.
- ACG Research (2014). *Forecast of Residential Fixed Broadband and Subscription Video Requirements*, Gilbert, AZ.
- Akamai (2017). *State of the Internet*, Q1 2017 report, Cambridge, Massachusetts.
- Analysis Mason (2013). *Analysys Mason for BT International benchmark of superfast broadband*, London.
- Arnold, R. und Tenbrock, S. (2014). *Bestimmungsgründe der FTTP-Nachfrage*, WIK-Diskussionsbeitrag Nr. 387, Bad Honnef.
- Arrow, K.J. (1962). *Economic Welfare and the Allocation of Resources to Invention*, in: Nelson, R.R. (Ed.), *The Rate and Direction of Economic Activity*, New York.
- Bai, Y. (2017). *The faster, the better? The impact of internet speed on employment*, Information Economics and Policy 40, 21-25.
- BAKOM (2018). *Bericht zur Umsetzung der Standesinitiative des Kantons Tessin, Gewährleistung eines landesweit dichten (Ultra-)Hochbreitbandangebots (16.306)*, Bern.
- BAKOM (2020). *Breitbandatlas*, Downloadlink von der BAKOM-Website: <https://www.bakom.admin.ch/bakom/de/home/telekommunikation/atlas.html>.
- Bauer, J. M. (2010). *Regulation, public policy, and investment in communications infrastructure*, Telecommunications Policy, 34(1), 65-79.
- Bertschek, I. und Briglauer, W. (2018). *Wie die Digitale Transformation der Wirtschaft gelingt*, ZEW policy brief Nr. 18-05, Mannheim.
- Bertschek, I., Briglauer, W., Hüschelrath, K., Kauf, B., and Niebel, T. (2016b). *The Economic Impacts of Telecommunications Networks and Broadband Internet: A Survey*, Review of Network Economics 14, 201-227.
- Bertschek, I., Briglauer, W., Hüschelrath, K., Krämer, J., Frübing, S., Kesler, R., und Saam, M. (2016a). *Metastudie zum Fachdialog Ordnungsrahmen für die Digitale Wirtschaft*, Studie im Auftrag des BMWi, Bonn/Berlin. Downloadlink: [http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/Metastudie\\_DigitaleWirtschaft\\_2016.pdf](http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/Metastudie_DigitaleWirtschaft_2016.pdf).
- BFS (2016). *Arbeitsstätten nach Grössenklasse und Abteilungen pro Hektare*, Downloadlink von der BFS-Webseite: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/dienstleistungen/geostat/geodaten-bundesstatistik/arbeitsstaetten-beschaeftigung/statistik-unternehmensstruktur-statent-ab-2011.html> (die entsprechenden Daten können im Rahmen des «Abonnement Basic» bezogen werden).
- BFS (2017a). *Statistik der Bevölkerung und Haushalte (STATPOP), Geodaten 2017*, Downloadlink von der BFS-Webseite: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken/karten.assetdetail.6248347.html>.
- BFS (2017b). *Szenarien zur Entwicklung der Haushalte 2017-2045*, Downloadlink von der BFS-Website: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bevoelkerung/zukuenftige-entwicklung/haushaltsszenarien.html>.

- Bösch, L., Heimsch, F., Kuster, J. und Rach, M. (2019). Breitbanderschliessung in den Zielgebieten der Neuen Regionalpolitik, Studie von Hanser Consulting AG und Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW im Auftrag des Staatssekretariats für Wirtschaft SECO, Zürich und Olten.
- Bösch, L., Heimsch, F. Kuster, J. und Rach, M. (2020). Breitbandinternet: Verpassen die ländlichen Regionen den Anschluss? Die Volkswirtschaft, 4, 39-41.
- Bresnahan, T. and Trajtenberg, M. (1995). *General Purpose Technologies 'Engines of Growth'?*, Journal of Econometrics 65, 83-108.
- Briglauer, W. and Gugler, K. (2013). *The Deployment and Penetration of High-Speed Fiber Networks and Services: Why are EU Member States Lagging Behind?*, Telecommunications Policy 37(10), 819-835.
- Briglauer, W. and Gugler, K. (2018). *Replik zum WIK-Consult Bericht mit dem Titel „Zur Lage des Wettbewerbs im Schweizer Breitbandmarkt“*, Studie im Auftrag von Swisscom AG, Downloadlink: <https://www.swisscom.ch/de/about/medien/aktuell/studie-breitbandmarktschweiz.html>.
- Briglauer, W. and Gugler, K. (2019). *Go for Gigabit? First Evidence on Economic Benefits of High-Speed Broadband Technologies in Europe*, Journal of Common Market Studies 57, 1071-1090.
- Briglauer, W. und Vogelsang, I. (2018). *Fördermodelle und Aspekte einer optimalen Migration zur Gigabitinfrastruktur - Breitbandziele, Fördermassnahmen und Technologieneutralität*, ifo Schnelldienst 7, 9-12.
- Briglauer, W., Cambini, C., and Grajek, M. (2018). *Speeding Up the Internet: Regulation and Investment in the European Fiber Optic Infrastructure*, International Journal of Industrial Organization 61, 613-652.
- Briglauer, W., und Schmitz, P. (2019). *Gutachten zur ökonomischen und rechtlichen Sinnhaftigkeit von nachfrageseitigen Förderungen im Ausbau moderner Breitbandnetze über «Voucher-Systeme»*, Gutachten im Auftrag von VATM Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten e. V., Mannheim.
- Briglauer, W., Cambini, C., Fetzer, T., and Hüschelrath, K. (2017). *The European Electronic Communications Code: A Critical Appraisal with a Focus on Incentivizing Investment in Next Generation Broadband Networks*, Telecommunications Policy 41 (10), 948-961.
- Briglauer, W., Dürr, N., and Gugler, K., (2019). *A Retrospective Study on Regional Benefits and Spillovers of High-Speed Broadband Networks: Evidence from the German Counties*, ZEW discussion paper, Mannheim.
- Briglauer, W., Stocker, V., Whalley, J., (2020). *Public Policy Targets in EU Broadband Markets: The Role of Technological Neutrality*. Telecommunications Policy (forthcoming)
- BT (2015). *Can you ever have enough bandwidth?* London.
- Cisco (2017). *The Zettabyte Era: Trends and Analysis*, Whitepaper, San Jose, CA.
- Cisco (2018). *SKBroadband Sets Speed Record in Korea with Its Gigabit Broadband Service Powered by Cisco*, Press Release, June 5<sup>th</sup>. Downloadlink:<https://newsroom.cisco.com>.

- ComCom (2017). *Jahresbericht 2016*, Downloadlink: <https://www.comcom.admin.ch/comcom/de/home/dokumentation/jahresbericht/archiv.html>.
- Communications Chambers (2013). Kenny R. and Broughton T.: *Domestic demand for bandwidth. An approach to forecasting requirements for the period 2013-2023*, for Broadband Stakeholder Group BSG, London.
- Communications Chambers (2015). Kenny R.: *The broadband requirements of small businesses in the UK*, for Broadband Stakeholder Group BSG, London.
- Communications Chambers (2016). Kenny R. and Williamson B.: *Connectivity for the Gigabit Society: A framework for meeting fixed connectivity needs in Europe*, for Liberty Global, London.
- Communications Chambers (2017). Williamson, B.: *Mobile first, fibre as required - The case for "Fibre to 5G" (FT5G)*, London
- Dialogic (2014). *Fast Forward. How the speed of the internet will develop between now and 2020*, Utrecht 2014.
- Dialogic (2016). *Beyond fast. How the speed of residential internet access will develop between now and 2022*, Utrecht.
- Doose, A. M., Monti, A. und Schäfer, R. G. (2011). *Mittelfristige Marktpotenziale im Kontext der Nachfrage nach hochbitratigen Breitbandanschlüssen in Deutschland*, WIK-Diskussionsbeitrag 358, Bad Honnef.
- Europäische Kommission (2010). *Eine digitale Agenda für Europa*, KOM(2010) 245 endgültig/2, Brüssel.
- Europäische Kommission (2013). *Leitlinien der EU für die Anwendung der Vorschriften über staatliche Beihilfen im Zusammenhang mit dem schnellen Breitbandausbau*, 2013/C25/01, Brüssel.
- Europäische Kommission (2016). *Konnektivität für einen wettbewerbsfähigen digitalen Binnenmarkt - Hin zu einer europäischen Gigabit-Gesellschaft*, SWD(2016) 300 final, Brüssel.
- Europäische Kommission (2018). *Richtlinie (EU) 2018/1972 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über den europäischen Kodex für die elektronische Kommunikation*, Brüssel.
- European Commission (2016a). *Commission Staff Working Document Accompanying the Document Connectivity for a Competitive Digital Single Market – Towards a European Gigabit Society* {COM(2016) 587 final}, SWD(2016) 300 final, Brussels.
- European Commission (2016b). *Commission Staff Working Document Accompanying accompanying the document "Communications from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Connectivity for a Competitive Digital Single Market – Towards a European Gigabit Society* {COM(2016) 587 final}, SWD(2016) 300 final, Brussels.
- European Commission (2018a). *Digital Agenda Scoreboard 2018: Connectivity – Broadband Market Developments in the EU*, Downloadlink: <https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/connectivity>, Brussels.

- European Commission (2018b). *Broadband Coverage in Europe*, Downloadlink: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/0f079a7b-6ac8-11e8-9483-01aa75ed71a1>, Brussels.
- Fellenbaum, A. and Corboeuf, L. (2019). *Broadband Coverage in Europe 2018: Coverage in Switzerland*, IHS Markit, London.
- Fraunhofer FOKUS (2016). *Netzinfrastrukturen für die Gigabitgesellschaft*, Downloadlink: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/gigabit-studie.html>.
- Frontier Economics (2017). *Future benefits of broadband networks*, Downloadlink: <https://www.nic.org.uk/wp-content/uploads/Benefits-analysis.pdf>.
- FTTH Council Europe (2016), *Europe needs an ambitious Gigabit connectivity agenda based on ubiquitous fibre network*, report, December 2016.
- FTTH Council Europe (2018). *FTTH Handbook*, Edition 8, D&O Committee, revision date: 13 February 2018, Downloadlink: <http://www.ftthcouncil.eu>.
- FTTH Council Europe (2019). *Panorama, Europe Broadband Status, Market at September 2018*. Präsentation, Downloadlink: <https://www.ftthcouncil.eu/documents/FTTH%20Council%20Europe%20%20Panorama%20at%20September%202018.pdf>.
- Godlovitch, I., Henseler-Unger, I., and Stumpf, U. (2015). *Competition & investment: An Analysis of the Drivers of Superfast Broadband*, WIK, study for OFCOM, Bad Honnef.
- HIS Markit, and Point Topic (2019). *Broadband Coverage in Europe 2018. Mapping progress towards the coverage objectives of the Digital Agenda*, Study prepared for the European Commission, DG Communications Networks, Content & Technology, London.
- Knieps, G., and Zenhäusern P. (2015). *Broadband network evolution and path dependency*, Competition and Regulation in Network Industries, 16(4), 2015, 335-353.
- Krämer, J. (2018). *Der Weg in die Gigabit-Gesellschaft bis 2025: Eine Abwägung zwischen technologischer Machbarkeit, tatsächlichem Regulierungsbedarf und regulatorischer Pfadabhängigkeit*, Ifo Schnelldienst 7, 12-14.
- Kushida, K. (2013). *Public Private Interplay for Next Generation Access Networks: Lessons and Warnings from Japan's Broadband Success*, Communications and Strategies. 91(3), 13-34.
- OECD (2018). *Bridging the Rural Digital Divide*. OECD Digital Economy Papers No. 265, Downloadlink:<https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/852bd3b9-en.pdf?expires=1565106316&id=id&accname=guest&checksum=9CD66E9320B136A57FEC8EB78B0BDB8B>.
- OECD (2019). *The road to 5G Networks: Experience to Date and Future Developments*. DSTI/CISP(2018)3/REV2.
- Pino, N. (2016). *4K TV and UHD: Everything you need to know about Ultra HD*. TechRadar India, Downloadlink: <http://www.in.techradar.com/news/television/4K-TV-and-UHD-Everythingyou-need-to-know-about-Ultra-HD/articleshow/40693789.cms>.

- Spescha, A. and Wörter, M. (2018). *Innovation in der Schweizer Privatwirtschaft: Ergebnisse der Innovationserhebung 2016*, Konjunkturforschungsstelle der ETHZ (KOF), im Auftrag des Staatssekretariats für Bildung, Forschung und Innovation (SBFI), Bern.
- Timmers, M., Zhao, R., Mau, J., and Salgado, J. (2018). *Migrating from Copper to Fibre: The Telco Perspective*, A White Paper by the Deployment & Operations Committee, Downloadlink: <http://www.ftthcouncil.eu>.
- Vogelsang, I. (2014). *Will the U.S. and EU Telecommunications Policies Converge? A survey*, CESIFO Working Paper, No. 4843.
- Vogelsang, I. (2017). *The role of competition and regulation in stimulating innovation – Telecommunications*. Telecommunications Policy 41(9), 802-812.
- Vogelsang, I. (2019). *Has Europe missed the endgame of telecommunications policy?* Telecommunications Policy 43(1), 1-10.
- WIK (2014). Was kommt nach 2018 in der Breitbandpolitik? *WIK Newsletter Nr. 95*, Bad Honnef.
- WIK (2016a). *Markt- und Nutzungsanalyse von hochbitratigen TK-Diensten für Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft in Deutschland*, Bad Honnef, Downloadlink: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2016/Studie\\_BMWi\\_Breitbandnutzung\\_von\\_KMU.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2016/Studie_BMWi_Breitbandnutzung_von_KMU.pdf).
- WIK (2016b). *Treiber für den Ausbau hochbitratiger Infrastrukturen. Studie im Auftrag von I&I Telecommunication SE*, Bad Honnef, Downloadlink: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2016/VATM\\_Hochbitratige\\_Infrastrukturen.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2016/VATM_Hochbitratige_Infrastrukturen.pdf).
- WIK (2017a). *Modellierung der Kosten eines flächendeckenden Hochbreitbandnetzes in der Schweiz*, Bad Honnef, Downloadlink: <https://www.bakom.admin.ch/bakom/de/home/das-bakom/organisation/rechtliche-grundlagen/bundesgesetze/fmg-revision-2017.html>.
- WIK (2017b). *Die Privatkundennachfrage nach hochbitratigem Breitbandinternet im Jahr 2025*, Bad Honnef, Downloadlink: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2017/Die\\_Privatkundennachfrage\\_nach\\_hochbitratigem\\_Breitbandinternet\\_im\\_Jahr\\_2025\\_FINAL.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2017/Die_Privatkundennachfrage_nach_hochbitratigem_Breitbandinternet_im_Jahr_2025_FINAL.pdf).
- WIK (2017c). *Zur Lage des Wettbewerbs im Schweizer Breitbandmarkt. Studie im Auftrag von Sunrise Communications AG, UPC Schweiz GmbH, Verband SUISSEDIGITAL*, Bad Honnef. Downloadlink: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2017/2017\\_Lage\\_des\\_Wettbewerbs\\_im\\_Schweizer\\_Breitbandmarkt.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2017/2017_Lage_des_Wettbewerbs_im_Schweizer_Breitbandmarkt.pdf).
- WIK (2018). *Tiefbaukapazitäten als Engpass für den FTTB/H-Ausbau? Empfehlungen zur Effizienzsteigerung und Kostensenkung für den Markt und die öffentliche Hand*, Studie im Auftrag des BREKO, Downloadlink: <https://www.wik.org/index.php?id=1079>.
- WIK (2020). *Kosten und andere Hemmnisse der Migration von Kupfer- auf Glasfasernetze*, Bad Honnef, Downloadlink: [https://www.wik.org/uploads/media/WIK\\_Diskussionsbeitrag\\_Nr\\_457.pdf](https://www.wik.org/uploads/media/WIK_Diskussionsbeitrag_Nr_457.pdf).
- Zhao, R., Fischer, W., Aker, E., and Rigby, P. (2014). *White Paper: Broadband Access Technologies. A White Paper by the Deployment & Operations Committee*, FTTH Council Europe. Downloadlink: <http://www.ftthcouncil.eu>.

Polynomics AG  
Baslerstrasse 44  
CH-4600 Olten

[www.polynomics.ch](http://www.polynomics.ch)  
[polynomics@polynomics.ch](mailto:polynomics@polynomics.ch)

Telefon +41 62 205 15 70  
Fax +41 62 205 15 80