

# Parallele Glasfaserausbauten auf Basis von Mitverlegung und Mitnutzung gemäß DigiNetzG als Möglichkeiten zur Schaffung von Infrastrukturwettbewerb

Autoren:

Menessa Ricarda Braun  
Christian Wernick  
Thomas Plückebaum  
Martin Ockenfels

Bad Honnef, Dezember 2019

## Impressum

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

### Vertretungs- und zeichnungsberechtigte Personen

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

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

ISSN 1865-8997

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>IV</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>VII</b>
<b>Summary</b>	<b>IX</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Infrastrukturwettbewerb auf Basis von Mitnutzung und Mitverlegung</b>	<b>4</b>
2.1 Mitnutzung	4
2.2 Mitverlegung	5
2.3 Kritik an der gesetzlichen Ausgestaltung und Novellierungsansätze	6
2.4 Erwägungen zu den Wohlfahrtseffekten von Infrastrukturwettbewerb	9
<b>3 Berechnung des Invests</b>	<b>14</b>
3.1 Modellierte Netzsegmente und NGA-Architekturen	14
3.1.1 Modelliertes Netzsegment	14
3.1.2 Netz-Topologien und Technologien	16
3.1.3 Die modellierten NGA-Architekturen	18
3.2 Betrachtete Szenarien	30
3.3 Übersicht über das duplizierte Equipment	32
3.3.1 Duplikation Szenario Parallelausbau	32
3.3.2 Duplikation Szenario Mitverlegung	33
3.3.3 Duplikation Szenario Mitnutzung Leerrohre	35
3.3.4 Duplikation Szenario 4-Faser-Modell	36
3.4 Modellaufbau und Parametrierung	40
3.4.1 Modellierte Netzelemente	40
3.4.2 Clusterbildung	40
3.4.3 Homes Passed	41
3.4.4 Homes Connected und unterstellter Take-up Verlauf	41
3.4.5 Greenfield/Scorched Nodes Ansatz	43
3.4.6 WACC	43
3.4.7 Berechnung des Nettobarwertes der Investition	43

3.4.8	Kabelgrößen, Leerrohre und Kabelgräben	44
3.4.9	Abbildung der Mehrkosten im Rahmen der Duplikation	44
3.5	Ergebnisse der Investberechnung	46
<b>4</b>	<b>Wirtschaftlichkeitsbetrachtung</b>	<b>48</b>
4.1	Modellaufbau	48
4.1.1	DCF Modell – Rechenansatz	48
4.2	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	51
4.2.1	1-Faser-Modell: Stand-alone und Parallelausbau	52
4.2.2	1-Faser-Modell: Mitverlegung	55
4.2.3	1-Faser-Modell: Mitnutzung	58
4.2.4	4-Faser-Modell	60
4.2.5	Zusammenfassende Übersicht der Ergebnisse	66
<b>5</b>	<b>Projektion der Ergebnisse auf den Markt</b>	<b>69</b>
5.1	Motive von Telekommunikationsunternehmen und praktische Relevanz	69
5.1.1	Motive von Incumbents für eine Mitverlegung	69
5.1.2	Motive von Kabelunternehmen	70
5.1.3	Motive alternativer Netzbetreiber	70
5.1.4	Resümee	70
5.2	Business Cases	71
5.2.1	Ansatz und Annahmen	72
5.2.2	Ergebnisse der Business Case Berechnung	74
5.3	Diskussion der Ergebnisse und Bewertung ihrer praktischen Relevanz	77
<b>6</b>	<b>Der Nutzen von Infrastrukturwettbewerb</b>	<b>79</b>
6.1	Systematisierung von Infrastrukturwettbewerb	79
6.2	Verbrauchernutzen in Infrastruktur- und Dienstewettbewerb	84
6.3	Relevanz von Infrastrukturwettbewerb in einer Gigabitwelt vor dem Hintergrund technologischer Innovationen	92
6.4	Regulierungsbedürftigkeit und dynamische Effizienz in der Gigabitwelt	93
<b>7</b>	<b>Fazit und Empfehlungen</b>	<b>96</b>
	<b>Anhang</b>	<b>100</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>101</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Methodische Vorgehensweise Kostenschätzung	3
Abbildung 2-1:	Allokative Ineffizienz bei Unterregulierung	11
Abbildung 3-1:	NGN/NGA-Netzarchitektur	14
Abbildung 3-2:	Generische Struktur eines NGA-Netzes	15
Abbildung 3-3:	FTTH P2P Netzarchitektur 1-Faser-Modell	19
Abbildung 3-4:	FTTH P2P Netzarchitektur 4-Faser-Modell	20
Abbildung 3-5:	FTTH PtMP (PON) Netzarchitektur 1-Faser-Modell	23
Abbildung 3-6:	FTTH PtMP (PON) Netzarchitektur 4-Faser-Modell	25
Abbildung 3-7:	FTTH GPON über P2P Netzarchitektur 1-Faser-Modell	27
Abbildung 3-8:	FTTH GPON über P2P Netzarchitektur 4-Faser-Modell	30
Abbildung 3-9:	Duplikation Szenario Mitverlegung	34
Abbildung 3-10:	Duplikation Szenario Mitnutzung Leerrohre	35
Abbildung 3-11:	Duplikation Szenario 4-Faser-Modell	36
Abbildung 3-12:	Duplikation FTTH P2P 4-Faser bei Übergabe am MPoP	37
Abbildung 3-13:	Duplikation FTTH PtMP (PON) 4-Faser bei Übergabe am MPoP	38
Abbildung 3-14:	Duplikation FTTH GPON über P2P 4-Faser bei Übergabe am MPoP	39
Abbildung 3-15:	Modellierte Take-up Kurven im Zeitverlauf und maximaler Take-up je Cluster	42
Abbildung 3-16:	Aufschläge Grabenerweiterung	45
Abbildung 4-1:	Rechenansatz des DCF Modells	48
Abbildung 4-2:	Input-Variablen DCF Modell	49
Abbildung 5-1:	Business Case FTTH P2P, Cluster 1, Szenario Mitverlegung	74
Abbildung 5-2:	Business Case FTTH P2P, Cluster 1, Szenario Mitnutzung Leerrohre	75
Abbildung 5-3:	Business Case FTTH P2P, Cluster 1, Szenario 4-Faser-Modell	76
Abbildung 6-1:	Systematisierung von Inter- und Intraplattformwettbewerb	79
Abbildung 6-2:	NGN- und NGA-Netz der Zukunft	82
Abbildung 6-3:	Anforderungen von Privat- und Geschäftskunden	84
Abbildung 6-4:	Durchschnittskosten und ARPU pro Endkunde beim Ausbau von 1 und 2 Netzen	90
Abbildung 6-5:	Durchschnittskosten und erforderlicher ARPU (Profitabilitätsgrenze) pro Endkunde in Abhängigkeit der Marktanteile	91
Abbildung 0-1:	Physische Entbündelung bei FTTH GPON über P2P	100

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Szenarien und deren Charakteristika	31
Tabelle 3-2:	Variable Netzelemente des Anschlussnetzes nach NGA-Netzarchitektur	32
Tabelle 3-3:	Clusterbildung nach Anschlussdichte	41
Tabelle 3-4:	Aufschläge auf stand-alone Tiefbaukosten	44
Tabelle 3-5:	Übersicht Ergebnisse Kostenberechnung	46
Tabelle 4-1:	Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH P2P Szenario Parallelausbau	52
Tabelle 4-2:	Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH GPON über P2P Szenario Parallelausbau	53
Tabelle 4-3:	Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH PtMP (PON) Szenario Parallelausbau	54
Tabelle 4-4:	Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH P2P Szenario Mitverlegung	55
Tabelle 4-5:	Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH GPON über P2P Szenario Mitverlegung	56
Tabelle 4-6:	Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH PtMP (PON) Szenario Mitverlegung	57
Tabelle 4-7:	Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH P2P Szenario Mitnutzung	58
Tabelle 4-8:	Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH GPON über P2P Szenario Mitnutzung	59
Tabelle 4-9:	Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH PtMP (PON) Szenario Mitnutzung	60
Tabelle 4-10:	Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH P2P Szenario 4-Faser-Modell: Ausbau von 2, 3 und 4 Netzen	61
Tabelle 4-11:	Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH GPON über P2P Szenario 4-Faser-Modell: Ausbau von 2, 3 und 4 Netzen	63
Tabelle 4-12:	Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH PtMP (PON) Szenario 4-Faser-Modell: Ausbau von 2, 3 und 4 Netzen	65
Tabelle 4-13:	Übersicht Wirtschaftlichkeitslücke gesamt und erschließbare Cluster	67
Tabelle 6-1:	Leistungsfähigkeit verschiedener NGA-Netztopologien	88

## Abkürzungsverzeichnis

€	Euro
APL	Abschlusspunkt Linientechnik
ARPU	Average Revenue per User
Bitkom	Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V.
BNetzA	Bundesnetzagentur
BNG	Broadband Network Gateway
BREKO	Bundesverband Breitbandkommunikation e.V.
BUGLAS	Bundesverband Glasfaseranschluss e.V.
CAPEX	Capital Expenditure
CPE	Customer Premise Equipment
DCF	Discounted Cashflow
DigiNetzG	DigiNetz-Gesetz, Gesetz zur Erleichterung des Ausbaus digitaler Hochgeschwindigkeitsnetze
DP	Distribution Point
EBITDA	Earnings before interests, taxes, depreciation and amortisation; Ergebnis vor Zinsen, Steuern, und Abschreibungen auf Sachanlagen und immaterielle Vermögensgegenstände
EKEK	Europäischer Kodex für elektronische Kommunikation
EU-Kommission	Europäische Kommission
FTTB/H	Fiber to the Building/Home
FTTH	Fiber to the Home
FTTx	Fiber to the x
GPON	Gigabit Passive Optical Network, Gigabit Passive Optische Netze
HFC	Hybrid Fiber Coax
HPC	High Performance Computing
HVT	Hauptverteiler
IP	Internet Protocol
IWB	Industrielle Werke Basel
KVz	Kabelverzweiger
LAN	Local Area Network

LLU	Local Loop Unbundling
MPoP	Metropolitan Point of Presence
Mrd.	Milliarden
NFV	Network Functions Virtualization
NGA	Next Generation Access
NGN	Next Generation Network
NPV	Net Present Value, Nettobarwert
ODF	Optical Distribution Frame
OLT	Optical Line Terminator
ONT	Optical Network Terminal
ONT	Optical Network Unit
OPEX	Operational Expenditure
ÖVN	Öffentliches Versorgungsnetz
P2P	Point-To-Point, Punkt-zu-Punkt
PON	Passive Optical Network, Passive Optische Netze
PtMP	Point-To-Multipoint, Punkt-zu-Mehrpunkt
ROIC	Return on Invested Capital
SDN	Software Defined Networking
SLU	Sub-Loop Unbundling
TAL	Teilnehmeranschlussleitung
TK	Telekommunikation
TKG	Telekommunikationsgesetz
VATM	Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten
VKU	Verband kommunaler Unternehmen
VULA	Virtual Unbundled Local Access
WACC	Weighted Average Cost of Capital
WDM	Wavelength Division Multiplex, Wellenlängen-Multiplex
Weko	Wettbewerbskommission, Schweizer Wettbewerbsbehörde
WLAN	Wireless Local Area Network

## Zusammenfassung

In Anbetracht der hohen Kosten, die mit dem Aufbau von Breitbandinfrastrukturen verbunden sind, wurden über die Kostensenkungsrichtlinie und deren Umsetzung auf nationaler Ebene im DigiNetzG die rechtlichen Grundlagen geschaffen, dass ausbauende Unternehmen unter bestimmten Voraussetzungen Zugangsansprüche auf bestehende und neu entstehende Tiefbauinfrastrukturen erheben können, um dadurch ihre Ausbaurkosten signifikant zu senken. Dieses Instrument hat nicht nur Relevanz für die Breitbandneuerschließung, sondern auch für die Duplikation bestehender und neu entstehender Netzinfrastrukturen und damit für die Schaffung von Infrastrukturwettbewerb.

Im Rahmen des vorliegenden Diskussionsbeitrags schätzen wir die Kosten verschiedener Duplikationsszenarien für FTTH, analysieren ihre wirtschaftliche Abbildbarkeit und Marktrelevanz und diskutieren die Rolle des Infrastrukturwettbewerbs in einer Gigabitwelt.

Hierfür modellieren wir die vier Szenarien (1) unabhängiger Parallelausbau, (2) Mitnutzung, (3) Mitverlegung und (4) 4-Faser-Modell. Unsere Berechnungen zeigen, dass sich die Duplikationskosten im Vergleich zu einem parallelen Ausbau signifikant verringern lassen. Während diese bei einem Parallelausbau (1) je nach ausgebaute Technologie und Topologie im Vergleich zu einem stand-alone Ausbau im 1-Faser-Modell um 86,2 - 93,6% ansteigen, verringern sich die Zusatzkosten bei einer Mitverlegung (3) auf 22,3 - 31,1%, bei einer Mitnutzung (2) auf 18,9 - 27,8% und bei einem Ausbau im 4-Faser-Modell (4) auf 9,2 - 17,4%.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigt jedoch, dass trotz der enormen Kostenreduktionspotenziale bei einer Mitverlegung und Mitnutzung dennoch nur in sehr dicht besiedelten Clustern ein zweiter Anbieter kostendeckend und damit eigenwirtschaftlich Glasfaser ausbauen kann. Ursächlich hierfür sind die vergleichsweise hohen Ausbaurkosten in Kombination mit im Durchschnitt relativ geringen zusätzlichen Zahlungsbereitschaften für FTTH-Anschlussprodukte.

In Anbetracht offensichtlich fehlender betriebswirtschaftlicher Anreize für eine weitreichende Duplikation stellt sich die Frage, wie alternative Wettbewerbsformen aus Konsumenten- und wettbewerblicher Sicht zu beurteilen sind.

Unsere Analyse zeigt, dass der Wettbewerberzugang über die entbündelte Glasfasertal in Form von ULL annähernd die gleichen Differenzierungsmöglichkeiten wie „reiner“ Infrastrukturwettbewerb bietet. Hinzu kommt, dass durch intelligente Netzfunktionen aus technischer Sicht in einer Gigabitwelt eine weitere Verlagerung der Innovationsfähigkeit von der Infrastruktur- auf die Diensteebene und eine damit verbundene Belebung der Angebotslandschaft auf der Produktebene zu erwarten ist.

Dort, wo eine Netzduplikation betriebswirtschaftlich nicht möglich ist, sind Wholesale-only-Netze als die volkswirtschaftlich effizienteste Ausbaurvariante zu bewerten. Auch

Kooperationsmodelle können aus volkswirtschaftlicher Sicht eine sinnvolle Ausbauvariante darstellen, wenn sichergestellt ist, dass keine Diskriminierung Dritter stattfindet. Beide Ansätze bieten auch die Möglichkeit einer Rückführung der Regulierungsintensität, die auch im Europäischen Kodex für elektronische Kommunikation (EKEK) vorgesehen ist.

Unabhängig vom Geschäftsmodell sollten FTTB/H-Netze idealerweise als P2P-Netzinfrastrukturen errichtet werden, da diese ein Höchstmaß an Leistungs- und damit auch Zukunftsfähigkeit bieten.

## Summary

In view of the high costs associated with the construction of broadband infrastructures, the Cost Reduction Directive and its implementation at national level via the DigiNetzG have created the legal basis for expanding companies to be able, under certain conditions, to claim access to existing and newly emerging civil engineering infrastructures in order to significantly reduce their roll-out costs. This instrument is not only relevant for new broadband deployment, but also for the duplication of existing and newly emerging network infrastructures and thus for the creation of infrastructure competition.

In this paper we have estimated the costs of different duplication scenarios for FTTH, analysed their economic representability and market relevance and discussed the role of infrastructure competition in a gigabit world.

For this purpose, we examined the four scenarios of independent parallel expansion, shared use, shared laying and 4-fiber model. Our calculations show that the duplication costs can be significantly reduced compared to a parallel expansion. While these extra costs compared to a stand-alone expansion in the 1-fibre model sum up to 86.2 - 93.6% with a parallel expansion depending on the technology and topology expanded, they decrease to 22.3 - 31.1% with co-laying, to 18.9 - 27.8% with co-use and to 9.2 - 17.4% with expansion in the 4-fiber model.

However, due to the high costs of expansion in connection with comparatively low payment readiness, the economic analysis shows that despite enormous cost reduction potentials, a second supplier can only expand glass fibre cost-effectively and thus economically in very densely populated clusters on the basis of today's framework conditions.

In view of the obvious lack of economic incentives for far-reaching duplication the question arises as to how alternative forms of competition are to be assessed from the consumer and competitive point of view.

Our analysis shows that competitor access via unbundled fibre optic local loops in the form of ULLs offers almost the same differentiation possibilities as "real" infrastructure competition. In addition, from a technical point of view in the gigabit world, intelligent network functions are expected to result in a further shift of innovation activity from the infrastructure to the service level and a related revival of the product landscape at the product level.

Where network duplication is not economically possible, wholesale only networks are to be assessed as the most economically efficient expansion option. From an economic point of view, cooperation models can also be a sensible expansion option if it is ensured that no discrimination against third parties takes place. Both approaches also offer the possibility of reducing regulatory intensity, which is also provided for in the new electronic communications code.

Irrespective of the business model, FTTB/H networks should ideally be set up as P2P network infrastructures, as these offer the highest level of performance and thus sustainability.

## 1 Einleitung

Die Bundesregierung hat sich im Koalitionsvertrag vom 14.03.2018 den Ausbau flächendeckender Gigabitnetze bis zum Jahr 2025 zum Ziel gesetzt.<sup>1</sup> Die Verfügbarkeit hochleistungsfähiger Kommunikationsinfrastrukturen wird als Voraussetzung erachtet, damit der Wirtschaftsstandort Deutschland auch in Zukunft seine Stellung als führende Volkswirtschaft in Europa behaupten kann. Zugleich besteht die Herausforderung, die sich weitende Schere bei den Lebensverhältnissen zwischen ländlichen und urbanen Regionen zu verhindern und die Potenziale moderner digitaler Technologien für die Angleichung der Lebensverhältnisse zu nutzen.

In Anbetracht der Verfügbarkeit gigabitfähiger Fiber to the Building/Home (FTTB/H)- und Hybrid Fiber Coax (HFC)-Anschlüsse in Deutschland ist klar, dass zur Erreichung dieses Ziels massive Investitionen zur Finanzierung der umfangreichen Roll-out Aktivitäten erforderlich sein werden. Wesentlicher Kostentreiber beim Ausbau sind dabei aufgrund der in Deutschland überwiegend praktizierten unterirdischen Verlegung die Tiefbaukosten, welche etwa 70-80% der Ausbaukosten ausmachen. In Anbetracht der Kostensituation beim Ausbau haben Gigabitnetze wie andere Anschlussnetze auch häufig Bottleneck Charakter. Es gibt es auch Regionen, in denen ein eigenwirtschaftlicher Ausbau überhaupt nicht ökonomisch darstellbar ist und für den Ausbau Subventionen der öffentlichen Hand erforderlich sind.

Um durch die Nutzung von Synergiepotenzialen beim Tiefbau die Kosten für den Auf- und Ausbau digitaler Hochgeschwindigkeitsnetze zu senken und damit den Glasfaserausbau zu beschleunigen und auch dort zu ermöglichen, wo es sonst aus Kostengründen keinen Ausbau geben würde, trat am 10. November 2016 das DigiNetz-Gesetz (DigiNetzG)<sup>2</sup> in Kraft, welches die Kostensenkungsrichtlinie der EU<sup>3</sup> umsetzt und eine rechtliche Grundlage für die Mitnutzung bestehender Infrastrukturen und die Mitverlegung eigener Infrastrukturen beim Ausbau von Infrastrukturen durch Dritte schafft.

Bei der Mitverlegung und Mitnutzung gibt es dabei zwei Anwendungsszenarien. Telekommunikations- (TK-)Netze können zusammen mit einem anderen TK-Netzen oder mit einem anderen Öffentlichen Versorgungsnetz (ÖVN), wie beispielsweise einem Stromnetz, „mitverlegt“ werden. Durch ersteres Anwendungsszenario kann durch die

---

1 Vgl. CDU; CSU; SPD (2018): Ein neuer Aufbruch für Europa, Eine neue Dynamik für Deutschland, Ein neuer Zusammenhalt für unser Land, Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD, Berlin, 7. Februar 2018, elektronisch verfügbar unter:

[https://www.cdu.de/system/tdf/media/dokumente/koalitionsvertrag\\_2018.pdf?file=1](https://www.cdu.de/system/tdf/media/dokumente/koalitionsvertrag_2018.pdf?file=1).

2 Vgl. Gesetz zur Erleichterung des Ausbaus digitaler Hochgeschwindigkeitsnetze (DigiNetzG) Vom 4. November 2016, in: Bundesgesetzblatt Jahrgang 2016 Teil I Nr. 52, ausgegeben zu Bonn am 9. November 2016, S. 2473-247, elektronisch verfügbar unter:

[https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav#\\_bgbl\\_%2F%2F%5B%40attr\\_id%3D%27bgbl116s2473.pdf%27%5D\\_1560779487765](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav#_bgbl_%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl116s2473.pdf%27%5D_1560779487765).

3 Vgl. Europäisches Parlament/Europäischer Rat (2014): RICHTLINIE 2014/61/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 15. Mai 2014 über Maßnahmen zur Reduzierung der Kosten des Ausbaus von Hochgeschwindigkeitsnetzen für die elektronische Kommunikation, elektronisch verfügbar unter:

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32014L0061>.

Duplikation eines TK-Netzes Infrastrukturwettbewerb geschaffen werden, wo es sonst aus Kostengründen unter Umständen keinen geben würde. Ebenso können im Rahmen des DigiNetzG Leerrohrinfrastrukturen bestehender TK-Netze oder anderer ÖVN zum Aufbau von TK-Netzen mitgenutzt werden.

Dem Infrastrukturwettbewerb wird ein positiver Einfluss auf die Entstehung leistungsfähiger Netze für innovative Angebote sowie auf eine große Auswahl an verschiedenen Produkten durch den Wettbewerb von diversen Anbietern für die Konsumenten zugeschrieben. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass durch die Existenz mehrerer sich im Wettbewerb befindlicher Infrastrukturen selbsttragender Wettbewerb entsteht, welcher regulatorische Eingriffe obsolet macht.

Allerdings ist die Duplikation von Glasfaserinfrastrukturen, insbesondere im Rahmen der Mitverlegung, nicht unumstritten. Um den vom Bundeskabinett beschlossenen Entwurf zur Reform des DigiNetzG mit Änderungen der Abwehrmechanismen bei der Mitverlegung im Rahmen des Ausbaus digitaler Hochgeschwindigkeitsnetze wurde unter dem Stichwort „Überbau“ eine hitzige öffentliche Diskussion geführt.

Ausgangspunkt für den vorliegenden Beitrag ist die Analyse, welche Kosten mit einer Duplikation von Glasfasernetzen, die heute die gängige Technologie für den Ausbau neuer gigabitfähiger Infrastrukturen darstellen, im Rahmen der Mitverlegung, Mitnutzung und/oder eines parallelen Ausbaus verbunden sind. Unser Fokus liegt dabei auf der Duplikation von Glasfasernetzen und nicht auf dem Infrastrukturwettbewerb zwischen FTTB/H- und Kabelnetzen oder möglichen gigabitfähigen Funktechnologien. Diese sind nicht Gegenstand des Diskussionsbeitrags, weder mit Blick auf die Kostenschätzungen noch hinsichtlich der Beurteilung der Vorteilhaftigkeit des Infrastrukturwettbewerbs.

Im zweiten Schritt ist zu prüfen, welche Implikationen sich aus der Duplikation für die wirtschaftliche Abbildbarkeit des Netzausbaus und -betriebs und die Business Cases der verschiedenen Arten von Marktteilnehmern ergeben. Die vor diesem Hintergrund zu erwartenden Reaktionen werden ebenfalls diskutiert. Schließlich wird untersucht, wie der Nutzen des Infrastrukturwettbewerbs in Anbetracht der zusätzlichen Kosten in Relation zu anderen Wettbewerbsformen zu beurteilen ist, auch vor dem Hintergrund technologischer Innovationen in der Gigabitwelt.

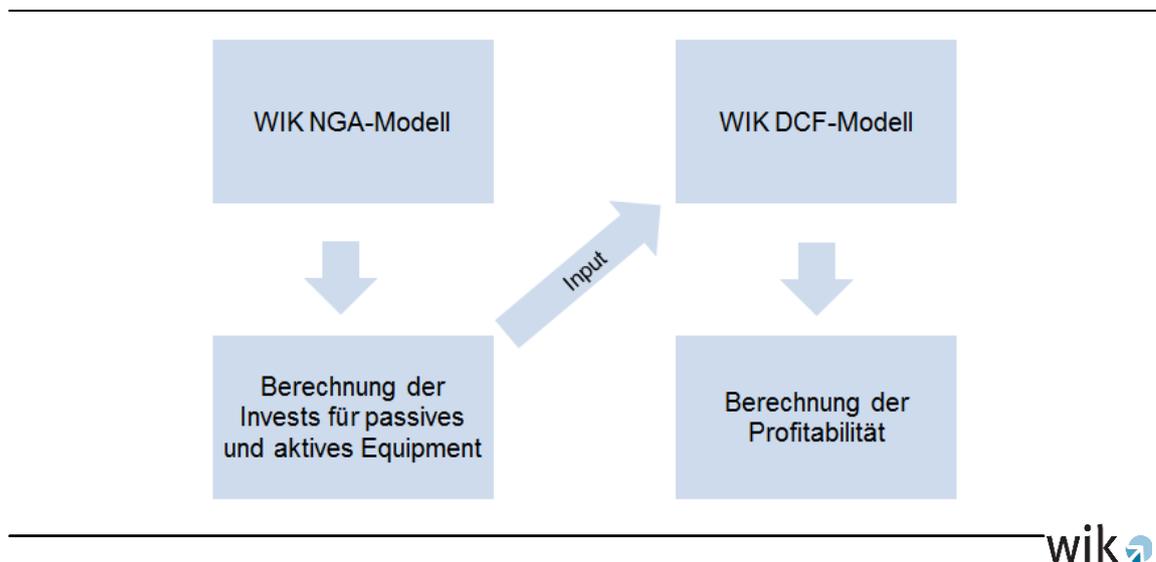
Der Diskussionsbeitrag ist wie folgt aufgebaut:

In Kapitel 2 werden die rechtlichen Rahmenbedingungen der Mitverlegung/Mitnutzung in Deutschland skizziert, um daran anschließend kurz auf die Kritik an der gesetzlichen Ausgestaltung und auf diskutierte Novellierungsansätze einzugehen. Darüber hinaus wird auf den Nutzen eingegangen, der in der volkswirtschaftlichen Theorie dem Infrastrukturwettbewerb zugeschrieben wird.

In Kapitel 3 erfolgt bottom up eine quantitative, annäherungsweise Bestimmung der zusätzlich zu tätigen Investitionen bei einer Duplikation von Glasfaser in Deutschland im Rahmen der Szenarien Mitverlegung, Mitnutzung, paralleler Ausbau sowie im Rahmen des Ausbaus im 4-Faser-Modell, wie ihn das Materialkonzept des Bundes vorsieht. Die Berechnung des Invests (aktive und passive Infrastruktur) erfolgt auf Basis des WIK NGA Modells.

Die generierten Daten gehen als Input in ein Discounted Cashflow (DCF) Modell ein, mit dem in Kapitel 4 die Profitabilität des Invests bestimmt wird. Im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auf Clusterebene (Geotypen, Besiedlungstypen) werden diejenigen Cluster identifiziert, in denen auf Basis der Ergebnisse der Modellierung eine Duplikation in den verschiedenen Szenarien möglich erscheint.

Abbildung 1-1: Methodische Vorgehensweise Kostenschätzung



Quelle: WIK.

In Kapitel 5 werden die Ergebnisse der Modellierung auf den Markt projiziert. Die Anreizmechanismen für eine Duplikation von Glasfaserinfrastrukturen werden für die unterschiedlichen Arten von Anbietern, die auf dem deutschen Markt vertreten sind, untersucht. Thematisiert werden auch die Effekte asymmetrischer Marktanteilsverteilungen bei der Mitverlegung.

In Kapitel 6 wird aus einer volkswirtschaftlichen Perspektive analysiert, welche Vor- und Nachteile der Infrastrukturwettbewerb gegenüber anderen Wettbewerbsmodellen in einer Gigabitwelt aufweist. Hierbei wird auf die Konsumentenwohlfahrt, auf statische und dynamische Effizienzkriterien ebenso wie auf die Auswirkungen technischer Innovationen eingegangen.

Die Studie schließt mit einem Fazit in Kapitel 7.

## 2 Infrastrukturwettbewerb auf Basis von Mitnutzung und Mitverlegung

In dem am 10.11.2016 in Kraft getretenen DigiNetzG wird die Kostensenkungsrichtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates<sup>4</sup> in nationales Recht umgesetzt und unter anderem die gemeinsame Nutzung be- und entstehender ÖVN<sup>5</sup> durch Betreiber öffentlicher Telekommunikationsnetze geregelt. Ziel dieser Regelungen ist es, die Kosten des Glasfaserausbaus in Deutschland durch die Nutzung von Synergien zu senken und damit den Ausbau zu beschleunigen. Diese Synergiepotenziale sollen insbesondere durch die Mitnutzung und Mitverlegung realisiert werden, die im DigiNetzG ihren rechtlichen Niederschlag finden. In § 77d Telekommunikationsgesetz (TKG) finden sich die Bestimmungen zum Anspruch auf Mitnutzung bestehender Infrastruktur, in § 77i TKG ist der Anspruch auf Mitverlegung bei entstehenden Infrastrukturen formuliert.

Unter öffentlichen Versorgungsnetzen sind gemäß §3 Nr. 16b TKG öffentliche Telekommunikations-, Gas-, Elektrizitäts-, Fernwärme- sowie Straßen- und Schienennetze zu verstehen. Da es im vorliegenden Diskus um die Duplikation von Glasfasernetzen geht, sind in diesem Zusammenhang nur die Mitnutzung von Telekommunikationsnetzen und die Mitverlegung von Telekommunikationsnetzen mit anderen Telekommunikationsnetzen von Interesse. Die Mitnutzung und Mitverlegung im Rahmen anderer ÖVN als Telekommunikationsnetzen wird nicht weiter betrachtet.<sup>6</sup>

### 2.1 Mitnutzung

Eigentümer oder Betreiber von ÖVN müssen Dritten die Mitnutzung bereits existierender passiver Netzinfrastrukturen zur Aufnahme weiterer/anderer Netzinfrastrukturen ermöglichen. Darunter ist der Zugang zu Leerrohren oder Kabelkanälen zu verstehen (§ 77d Abs. 2 TKG). Unbeschaltete Glasfaser (Dark Fiber) wird von diesem Zugangsanspruch nicht umfasst (§ 3 Nr. 17b TKG).<sup>7</sup>

---

4 Vgl. Europäische Union (2014): Richtlinie 2014/61/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Mai 2014 über Maßnahmen zur Reduzierung der Kosten des Ausbaus von Hochgeschwindigkeitsnetzen für die elektronische Kommunikation (Kostensenkungsrichtlinie), in: Amtsblatt der Europäischen Union, L 155/1, 23.05.2014, elektronisch verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0061&from=DE>.

5 Öffentliche Telekommunikations-, Elektrizitäts-, Gas-, Wasser-, Fernwärme-, Straßen- und Schienennetze.

6 Siehe dazu z. B. Jay, Stepahn; Plückerbaum, Thomas (2014): Kostensenkungspotenziale für Glasfaseranschlussnetze durch Mitverlegung mit Stromnetzen, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 390; Bad Honnef, September 2014.

7 Vgl. Gesetz zur Erleichterung des Ausbaus digitaler Hochgeschwindigkeitsnetze (DigiNetzG) Vom 4. November 2016, elektronisch verfügbar unter: [https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?start=%2F%2F%5B%40attr\\_id%3D%27bgbl116s2473.pdf%27%5D#\\_bgbl\\_%2F%2F%5B%40attr\\_id%3D%27bgbl116s2473.pdf%27%5D\\_1565857338192](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?start=%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl116s2473.pdf%27%5D#_bgbl_%2F%2F%5B%40attr_id%3D%27bgbl116s2473.pdf%27%5D_1565857338192).

Der Antrag auf Mitnutzung kann unter Bezug auf einen der insgesamt 7 in § 77g Abs. 2 TKG genannten Versagensgründe abgelehnt werden. Zu den Versagensgründen zählen unter anderem

- der zum „Zeitpunkt des Antragsingangs fehlende oder der zukünftig fehlende Platz für die beabsichtigte Unterbringung der Komponenten“ (§77g Abs. 2 Nr. 2 TKG),
- die Zurverfügungstellung „geeigneter Vorleistungsprodukte für Telekommunikationsdienste“ „zu fairen und angemessenen Bedingungen“ (§77g Abs. 2 Nr. 6 TKG) sowie
- der „Überbau von bestehenden Glasfasernetzen, die einen diskriminierungsfreien, offenen Netzzugang zur Verfügung stellen“ (§77g Abs. 2 Nr. 7 TKG).

Möchte ein ÖVN Betreiber einem Antragsteller die Mitnutzung versagen oder können sich die Parteien nicht auf die entsprechenden Entgelte einigen, kann die Bundesnetzagentur auf Antrag mindestens einer der beiden Parteien als „nationale Streitbelegungsstelle“ hinzugezogen werden. Die Bundesnetzagentur entscheidet in diesem Fall über die Gewährung oder das Versagen der Mitnutzung und setzt die Entgelte für die Mitnutzung fest (§ 77n Abs. 1-3 TKG). Die Festsetzung der Entgelte durch die Bundesnetzagentur soll dabei fair und angemessen erfolgen (§ 77n Abs. 1 TKG). Bei der Mitnutzung eines öffentlichen TK-Netzes sollen zusätzliche Kosten, die aufgrund der Gewährung der Mitnutzung entstehen, und eine angemessene Verzinsung berücksichtigt werden. Zudem sollen Auswirkungen der Mitnutzung auf den Geschäftsplan der zur Gewährung der Mitnutzung verpflichteten Partei in die Berechnung der Entgelte einbezogen werden (§ 77n Abs. 3 TKG).<sup>8</sup>

## 2.2 Mitverlegung

Eigentümer oder Betreiber öffentlicher Telekommunikationsnetze können gemäß § 77i TKG bei Eigentümern oder Betreibern von ÖVN die Koordinierung von Bauarbeiten und Mitverlegung von Komponenten digitaler Hochgeschwindigkeitsnetze beantragen. Im Gegensatz zur Mitnutzung greift die Mitverlegung bei (noch) offenen Gräben.

Anders als bei den Regelungen zur Mitnutzung waren in der Ursprungsfassung des DigiNetzG keine Versagensgründe zur Ablehnung einer Mitverlegung vorgesehen.

Bei Streitigkeiten zwischen den beteiligten Parteien obliegt der Bundesnetzagentur auch hier auf Antrag die Funktion einer „nationalen Streitbelegungsstelle“ (§ 77n Abs. 5 TKG). Ebenso soll die Entgeltfestsetzung zu fairen und diskriminierungsfreien Bedin-

---

<sup>8</sup> Bzgl. der Entgelte siehe auch: Schäfer, Saskia; Kulenkampff, Gabriele; Plückebaum, Thomas (2018): Mitnutzung und Verlegung von gebäudeinterner Infrastruktur im Rahmen des DigiNetz-Gesetzes: Verbesserungsvorschläge mit Blick auf das Ziel eines hochbitratigen Breitbandausbaus, WIK Newsletter Nr. 111, Juni 2018.

gungen erfolgen und die für die Koordinierung der Bauarbeiten anfallenden Kosten mit einbeziehen (§ 77n Abs. 5 TKG). Zu berücksichtigende Zinsaufschläge und Auswirkungen auf den Geschäftsplan, wie bei der Berechnung der Entgelte für die Mitnutzung, werden hier allerdings nicht genannt.

### 2.3 Kritik an der gesetzlichen Ausgestaltung und Novellierungsansätze

Von kommunalen Unternehmen, regionalen Festnetzbetreibern und Interessenverbänden wie dem Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten (VATM), Bundesverband Breitbandkommunikation e.V. (BREKO), Bundesverband Glasfaseranschluss e.V. (BUGLAS), dem Deutschen Landkreistag und dem Verband kommunaler Unternehmen (VKU) wurde seit dessen Inkrafttreten schon mehrfach harsche Kritik am DigiNetzG geäußert und eine schnellstmögliche Überarbeitung gefordert.<sup>9</sup>

Grund der Kritik war ein in der Presse oft als „Glasfaser-Piraterie“<sup>10</sup> beschriebener „Missbrauch“<sup>11</sup> der eigentlichen Idee des Gesetzes durch die Inanspruchnahme der Mitverlegung. Das Gesetz sollte eigentlich dazu dienen, den Glasfaserausbau zu beschleunigen und auch in Regionen zu ermöglichen, in denen er aus Kostengründen sonst eigenwirtschaftlich nicht möglich wäre bzw. nicht erfolgen würde. Dies sollte durch die Nutzung von Synergien realisiert werden, indem offene Straßen bzw. Gräben, die im Rahmen von Bauarbeiten, beispielsweise bei der Sanierung oder beim Neubau von anderen Infrastrukturen, wie z. B. Gas-, Elektrizitäts-, Straßen- und Schienennetzen, entstehen, dazu genutzt werden, um Glasfasern direkt mit zu verlegen und so einen Großteil der Tiefbaukosten einzusparen. Da die Mitnutzung gemäß dem Diginetz-Gesetz allerdings nicht voraussetzt, Glasfasernetze mit einer anderen Sparte von ÖVN mit zu verlegen, wurde der beschriebene Anspruch auf Mitverlegung laut der Verbände allerdings „vielfach dazu missbraucht“,<sup>12</sup> im Bau befindliche oder geplante, öffentlich

<sup>9</sup> Siehe dazu z. B. Breko (2018): Glasfaser in die Fläche bringen anstatt Doppelausbau fördern – Verbände wollen Überarbeitung des DigiNetz-Gesetzes, Pressemitteilung vom 1. Juni 2018, elektronisch verfügbar unter:

<https://brekoverband.de/glasfaser-in-die-flaeche-bringen-anstatt-doppelausbau-foerdern-verbaende-wollen-ueberarbeitung-des-diginetz-gesetzes/>;

VATM/BUGLAS (2017): Gigabit-Ausbau beschleunigen – DigiNetz-Gesetz und Regulierungs-Spruchpraxis anpassen, Gemeinsame Pressemitteilung von BUGLAS und VATM, Köln, 29. November 2017, elektronisch verfügbar unter:

<https://www.vatm.de/2017/11/29/gemeinsame-pressemittteilung-von-buglas-und-vatm-gigabit-ausbau-beschleunigen-diginetz-gesetz-und-regulierungs-spruchpraxis-anpassen/>.

<sup>10</sup> Siehe dazu z. B.:

<https://netzpolitik.org/2018/bundesregierung-verschlimmbessert-gesetz-gegen-glasfaser-piraterie-loest-aber-das-grundlegende-problem-nicht/>;

<https://www.wr-recht.de/diginetz-gesetz-2-0-in-sicht-wie-entwickelt-sich-das-gesetz-weiter/>.

<sup>11</sup> Vgl. Breko (2018): Glasfaser in die Fläche bringen anstatt Doppelausbau fördern – Verbände wollen Überarbeitung des DigiNetz-Gesetzes, Pressemitteilung vom 1. Juni 2018, elektronisch verfügbar unter: <https://brekoverband.de/glasfaser-in-die-flaeche-bringen-anstatt-doppelausbau-foerdern-verbaend-e-wollen-ueberarbeitung-des-diginetz-gesetzes>.

<sup>12</sup> Vgl. Breko (2018): Glasfaser in die Fläche bringen anstatt Doppelausbau fördern – Verbände wollen Überarbeitung des DigiNetz-Gesetzes, Pressemitteilung vom 1. Juni 2018, elektronisch verfügbar unter: <https://brekoverband.de/glasfaser-in-die-flaeche-bringen-anstatt-doppelausbau-foerdern-verbaend-e-wollen-ueberarbeitung-des-diginetz-gesetzes>.

(teil-)finanzierte Glasfasernetze mit Glasfaser zu überbauen. Dies kann zu einer so starken Verschlechterung der Amortisationschancen des Erstausbauers (First Movers) führen, dass sich der Business Case nicht mehr rechnet und entsprechende Investitionen unterlassen werden. Dies ist insbesondere der Fall, wenn ein Unternehmen mitverlegt, das in dem entsprechenden Ausbaug Gebiet bereits Breitbandkunden hat. Dieses vom BUGLAS bezeichnete „Glasfaser-Mikado“ führe dazu, dass „derjenige verliert, der zuerst investiert“.<sup>13</sup> Anstatt den Breitbandausbau zu fördern, trage das Gesetz in seiner jetzigen Fassung eher dazu bei, geplante Ausbauprojekte zu verhindern bzw. auch schon vor der Planung derartiger Projekte abzuschrecken. Zudem werde „unsinniger“ „Über-/Doppelausbau“ gefördert, anstatt Glasfaser schnellstmöglich in die Fläche zu bringen.<sup>14</sup>

Von dem beschriebenen Überbau im Rahmen der Mitverlegung betroffen sind insbesondere Kommunen, die gefördert ausbauen, sowie Unternehmen, wie beispielsweise Stadtwerke, die zwar eigenwirtschaftlich ausbauen, deren Bauarbeiten aufgrund ihrer kommunalen Beteiligung aber als „öffentlich (teil-)finanziert eingestuft werden.“<sup>15</sup> Damit sind genau die diejenigen Unternehmen betroffen, die den Glasfaserausbau in Deutschland maßgeblich vorantreiben.<sup>16</sup>

Die Interessensverbände fordern, das DigiNetz-Gesetz so zu novellieren, dass bei der erstmaligen Erschließung eines Gebietes mit Glasfaser ein paralleler Ausbau durch Mitverlegung verhindert wird, sofern die Bauarbeiten nicht unmittelbar aus öffentlichen Haushaltsmitteln finanziert werden.<sup>17</sup> Dies impliziert, dass kommunale Unternehmen und Institutionen, die eigenwirtschaftlich ausbauen, von dieser Definition nicht erfasst werden und damit wie alle anderen eigenwirtschaftlich ausbauenden Unternehmen einen Überbau im Rahmen der Mitverlegung ablehnen dürfen.

---

**13** Vgl. BUGLAS (2018): „Glasfaser-Mikado“ beenden – BUGLAS begrüßt Bundesrats-Beschluss zum DigiNetz-Gesetz, Pressemitteilung vom 23.11.2018, elektronisch verfügbar unter: <https://buglas.de/news/meldung/news/glasfaser-mikado-beenden-buglas-begruesst-bundesrats-beschluss-zum-diginetz-gesetz/>.

**14** Vgl. Breko (2019): Bundestag debattiert über Novelle des DigiNetz-Gesetzes – BREKO & BUGLAS rufen zu Verabschiedung noch vor der Sommerpause auf, Pressemitteilung vom 21. Juni 2019, elektronisch verfügbar unter: <https://brekoverband.de/bundestag-debattiert-ueber-novelle-des-diginetz-gesetzes-breko-buglas-rufen-zu-verabschiedung-noch-vor-der-sommerpause-auf>.

**15** Siehe hierzu die Entscheidung der Bundesnetzagentur (BNetzA) vom 20. April 2018, Bundesnetzagentur (2018): Beschluss vom 20. April 2018 (BK11-17-020), elektronisch verfügbar unter: [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Service-Funktionen/Beschlusskammern/1\\_GZ/BK11-GZ/2017/BK11-17-0020/BK11-17-0020\\_Beschluss\\_download\\_bf\\_mKw.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Service-Funktionen/Beschlusskammern/1_GZ/BK11-GZ/2017/BK11-17-0020/BK11-17-0020_Beschluss_download_bf_mKw.pdf?__blob=publicationFile&v=5).

**16** Gemäß der 20. TK-Marktanalyse Deutschland 2018 von Dialog Consult/VATM entfielen in 2018 2,6 Mio. der bestehenden Glasfaseranschlüsse (Homes Passed) auf Wettbewerber der DTAG und 0,8 Mio. auf die DTAG selbst. Siehe Dialog Consult/VATM (2018): 20. TK-Marktanalyse 2018, Ergebnisse einer Befragung der Mitgliedsunternehmen im Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten e. V. im dritten Quartal 2018, S. 21, elektronisch verfügbar unter: [https://www.vatm.de/wp-content/uploads/2018/12/VATM\\_TK-Marktstudie-2018\\_091018\\_f.pdf](https://www.vatm.de/wp-content/uploads/2018/12/VATM_TK-Marktstudie-2018_091018_f.pdf).

**17** Siehe dazu z. B. Breko (2018): Glasfaser in die Fläche bringen anstatt Doppelausbau fördern – Verbände wollen Überarbeitung des DigiNetz-Gesetzes, Pressemitteilung vom 1. Juni 2018, elektronisch verfügbar unter: <https://brekoverband.de/glasfaser-in-die-flaeche-bringen-anstatt-doppelausbau-foerdern-verbaende-wollen-ueberarbeitung-des-diginetz-gesetzes>.

Gegner eines derartigen Überbausches argumentieren, dass eine Einschränkung oder Abschaffung von Mitverlegungsrechten einen Verzicht auf echten Infrastrukturwettbewerb und die Schaffung von regionalen Monopolen mit negativen Auswirkungen auf die Verbraucher aufgrund einer Einschränkung der Angebots- und Anbietersauswahl zur Folge hätte.<sup>18</sup> Darauf verweisen auch der Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (Bitkom) und die Deutsche Telekom, die sich gegen eine Novellierung des DigiNetzG aussprechen.<sup>19</sup> Diese Nachteile könnten auch durch Open Access nicht aufgefangen werden, da dieser parallele und voneinander unabhängige Netze nicht ersetze.<sup>20</sup>

Des Weiteren wird angezweifelt, dass der First Mover immer verliere. Durch den Aufbau eines oder mehrerer paralleler Netze könne es zwar zu Minderungen auf der Einzahlungsseite kommen, da das Marktpotenzial zwischen mehreren TK-Netzbetreibern aufgeteilt werde. Diese Umsatzminderung könne aber von Anfang an in die Investitionsplanung einbezogen und durch „überlegene Vermarktungsstrategien“<sup>21</sup> direkt beeinflusst werden.

Das BMVI legte am 25.07.2018 einen Referentenentwurf zur Überarbeitung des DigiNetz-Gesetzes vor, der vorsah, bei öffentlich (teil-)finanzierten Bauarbeiten einen Überbauschutz für die Mitverlegung durch die Ergänzung einer Unzumutbarkeitsregelung einzuführen, sofern Open Access gewährt wird.<sup>22</sup>

„Anträge sind insbesondere dann unzumutbar, soweit durch die zu koordinierenden Bauarbeiten ein geplantes Glasfasernetz, das einen diskriminierungsfreien, offenen Netzzugang zur Verfügung stellt, überbaut würde.“<sup>23</sup>

In Ihrem am 12.10.2018 eingebrachten Gesetzesentwurf<sup>24</sup> hat die Bundesregierung den Überbauschutz durch die Änderung der Unzumutbarkeitsregelung aus dem Refe-

<sup>18</sup> Vgl. <https://www.teltarif.de/gerpott-forderungen-diginetzg-aenderungen/news/73057.html>;  
<https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Bitkom-warnt-vor-Aenderungen-am-DigiNetz-Gesetz>.

<sup>19</sup> Siehe dazu auch: Bitkom (2018): Bitkom warnt vor Änderungen am DigiNetz-Gesetz, Pressemitteilung vom 13.12.2018, elektronisch verfügbar unter:

<https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Bitkom-warnt-vor-Aenderungen-am-DigiNetz-Gesetz>;  
<https://netzpolitik.org/2018/gesetzentwurf-verkehrsministerium-will-telekom-schmutzige-tricks-bei-glasfaserausbau-verbieten/>.

<sup>20</sup> Vgl. <https://www.teltarif.de/gerpott-forderungen-diginetzg-aenderungen/news/73057.html>;  
<https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Bitkom-warnt-vor-Aenderungen-am-DigiNetz-Gesetz>.

<sup>21</sup> Vgl. <https://www.teltarif.de/gerpott-forderungen-diginetzg-aenderungen/news/73057.html>.

<sup>22</sup> Vgl. BMVI (2018): Referentenentwurf des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur Entwurf eines fünften Gesetzes zur Änderung des Telekommunikationsgesetzes (5. TKG-Änderungsgesetz – 5. TKGÄndG), Bearbeitungsstand: 25.07.2018 8:24 Uhr, elektronisch verfügbar unter: [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/Gesetze-19/I-11-referentenentwurf-telekommunikationsgesetz.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/Gesetze-19/I-11-referentenentwurf-telekommunikationsgesetz.pdf?__blob=publicationFile).

<sup>23</sup> Vgl. BMVI (2018): Referentenentwurf des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur Entwurf eines fünften Gesetzes zur Änderung des Telekommunikationsgesetzes (5. TKG-Änderungsgesetz – 5. TKGÄndG), Bearbeitungsstand: 25.07.2018 8:24 Uhr, elektronisch verfügbar unter: [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/Gesetze-19/I-11-referentenentwurf-telekommunikationsgesetz.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/Gesetze-19/I-11-referentenentwurf-telekommunikationsgesetz.pdf?__blob=publicationFile).

rentenentwurf in zweierlei Hinsicht abgeschwächt. Anträge können abgelehnt werden, wenn ein Glasfasernetz überbaut werden soll, sie sind aber nicht mehr zwangsläufig abzulehnen. Zudem ist die Unzumutbarkeitsklausel nur für ein „öffentlich gefördertes Glasfasernetz“ anwendbar.

Am 13. Februar 2019 fand im Deutschen Bundestag eine öffentliche Anhörung zur geplanten Novelle des Diginetz-Gesetzes statt. Am 27.06.2019 hat der Bundestag den Gesetzesentwurf der Bundesregierung beschlossen.<sup>25</sup>

## 2.4 Erwägungen zu den Wohlfahrtseffekten von Infrastrukturwettbewerb

Das Paradigma des Infrastrukturwettbewerbs in der Telekommunikation basiert auf der Grundannahme, dass durch den Aufbau von parallelen Netzen unabhängige Wettbewerber geschaffen werden, durch die ein langfristiger und sich selbst tragender Wettbewerb erst möglich wird.<sup>26</sup> Dies ist dadurch bedingt, dass Investitionen in Telekommunikationsnetze, insbesondere in Anschlussnetze, spezifische Investitionen sind, welche versunkene (Sunk Costs), irreversible Kosten darstellen, die selbst bei Aufgabe des Geschäftsfelds unwiederbringlich sind<sup>27</sup> (sofern sie nicht danach durch andere Telekommunikationsanbieter oder Utilities genutzt werden). Dadurch entstehen hohe Marktaustrittsbarrieren, die den Wettbewerb strukturell und nachhaltig absichern. Ein langfristiger Wettbewerb wird zudem durch die lange Lebensdauer des Glasfasernetzes möglich.<sup>28</sup>

Im Gegensatz zum Infrastrukturwettbewerb basiert Dienstewettbewerb häufig auf regulierten Vorleistungen, weswegen seine Nachhaltigkeit zumindest infrage gestellt werden kann und in der Regel ein langfristiger Regulierungsbedarf besteht. Bei nachhaltigem und sich selbst tragendem Infrastrukturwettbewerb „dürfte die Anwendung des allge-

---

24 Vgl. Bundesrat (2018): Drucksache 506/18, 12.10.18, Gesetzesentwurf der Bundesregierung Entwurf eines Fünften Gesetzes zur Änderung des Telekommunikationsgesetzes (5. TKG-Änderungsgesetz - 5. TKGÄndG), elektronisch verfügbar unter:

[https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2018/0501-0600/506-18.pdf;jsessionid=844CB1632B5D508D67D98F80929A1588.2\\_cid391?\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2018/0501-0600/506-18.pdf;jsessionid=844CB1632B5D508D67D98F80929A1588.2_cid391?_blob=publicationFile&v=1).

25 Vgl. <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2019/kw26-de-telekommunikationsgesetz-646350>.

26 Vgl. Nett, Lorenz; Neumann, Karl-Heinz; Vogelsang, Ingo (2004): Geschäftsmodelle und konsistente Entgeltregulierung, Studie für die Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post, Bad Honnef, 02. April 2004, S. 81; elektronisch verfügbar unter:

[https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Marktregulierung/Massstaebe\\_Methoden/Konsistenzgebot/StudieWikConsultId\\_880pdf.pdf?\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Marktregulierung/Massstaebe_Methoden/Konsistenzgebot/StudieWikConsultId_880pdf.pdf?_blob=publicationFile&v=1).

27 Vgl. Dewenter, Ralf; Haucap, Justus; Heimeshoff, Ulrich (2007): Working Paper Regulatorische Risiken in Telekommunikationsmärkten aus institutionenökonomischer Perspektive, Diskussionspapier Nr. 64, September 2007, S. 5, elektronisch verfügbar unter:

[https://www.econstor.eu/dspace/bitstream/10419/23713/1/paper\\_64.pdf](https://www.econstor.eu/dspace/bitstream/10419/23713/1/paper_64.pdf).

28 Vgl. Nett, Lorenz; Neumann, Karl-Heinz; Vogelsang, Ingo (2004): Geschäftsmodelle und konsistente Entgeltregulierung, Studie für die Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post, Bad Honnef, 02. April 2004; elektronisch verfügbar unter:

[https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Marktregulierung/Massstaebe\\_Methoden/Konsistenzgebot/StudieWikConsultId\\_880pdf.pdf?\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Marktregulierung/Massstaebe_Methoden/Konsistenzgebot/StudieWikConsultId_880pdf.pdf?_blob=publicationFile&v=1).

meinen Wettbewerbsrechts ausreichen“.<sup>29</sup> Dadurch kann Regulierung obsolet werden. Durch eine weniger intensive oder möglicherweise gar nicht mehr erforderliche Regulierung kann Infrastrukturwettbewerb gesamtwirtschaftliche Wohlfahrtseffekte generieren.

Zum einen können personelle Ressourcen im Zusammenhang mit der Gestaltung, Umsetzung und Befolgung regulatorischer Vorgaben eingespart werden. Regulierungsprozesse sind häufig komplex und nehmen viel Zeit in Anspruch. Dies verursacht hohe operative und institutionelle Kosten. Hierzu zählen Kosten für externe Gutachten sowie Kosten für Verfahren vor Gerichten. Des Weiteren entstehen Kosten aufseiten der regulierten Unternehmen und ihrer Mitbewerber aufgrund von Berichtspflichten sowie Kosten für die Erstellung von Stellungnahmen für die Inanspruchnahme der Unterstützung durch externe Gutachter.<sup>30</sup> Bei einer Rückführung der Regulierung können diese Kosten eingespart oder zumindest reduziert werden.

Infrastrukturwettbewerb schafft darüber hinaus starke produktive und innovative Anreize und führt zur Selektion der besten Technologien (dynamische Effizienz). Im Gegensatz zu Dienstewettbewerb sind Effizienzsteigerungen und Innovationen auf allen Wertschöpfungsstufen möglich.<sup>31</sup> Marktteilnehmer können freier und schneller agieren sowie effizienter wirtschaften. Zudem beschneiden die beiden wichtigsten Regulierungsinstrumente der Ex-ante Regulierung, die Netzzugangs- und Vorleistungsentgeltregulierung die Eigentumsfreiheit<sup>32</sup> und Berufsfreiheit<sup>33</sup> des Netzeigentümers, weswegen ein Verzicht auf diese Instrumente den heute regulierten Netzinhabern ein freieres Wirtschaften in Bezug auf ihre Preissetzung und die Auswahl ihrer Geschäftspartner ermöglichen würde.<sup>34</sup>

---

**29** Vgl. auch RICHTLINIE (EU) 2018/1972 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 11. Dezember 2018 über den europäischen Kodex für die elektronische Kommunikation (Neufassung), Erwägungsgrund 190, elektronisch verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L1972>.

**30** Vgl. Wernick, Christian; Fetzer, Thomas; Gries, Christin; Tenbrock, Sebastian; Queder, Fabian; Henseler-Unger, Iris; Strube Martins, Sonia (2018): Rahmenbedingungen für die Gigabitwelt 2025+ (RaGiga), WIK Bericht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Bad Honnef, Mai 2018, S. 70, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Ragiga\\_20180706.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Ragiga_20180706.pdf).

**31** Vgl. Nett, Lorenz; Neumann, Karl-Heinz; Vogelsang, Ingo (2004): Geschäftsmodelle und konsistente Entgeltregulierung, Studie für die Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post, Bad Honnef, 02. April 2004, S. 81; elektronisch verfügbar unter: [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Marktregulierung/Massstaebe\\_Methoden/Konsistenzgebot/StudieWikConsult\\_Id\\_880pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Marktregulierung/Massstaebe_Methoden/Konsistenzgebot/StudieWikConsult_Id_880pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=1).

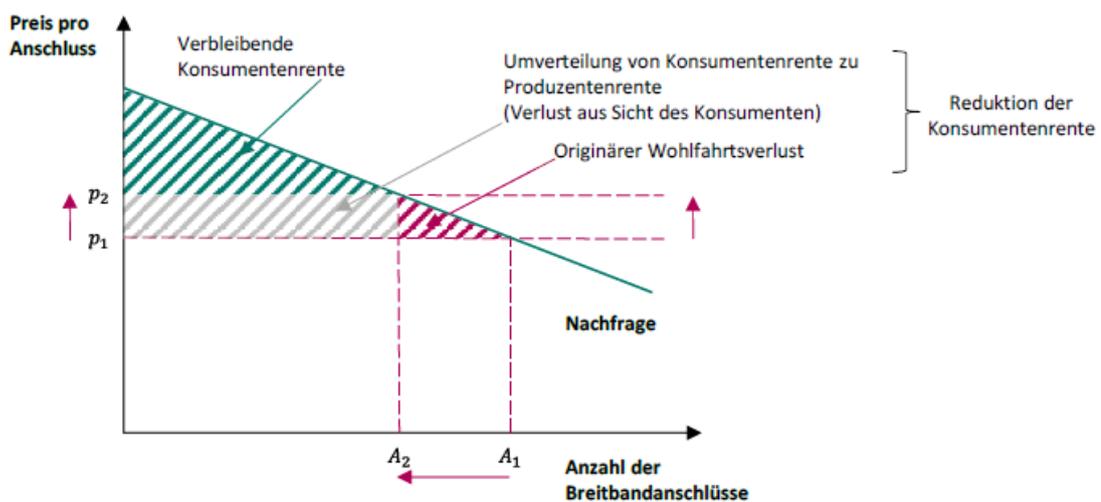
**32** Vgl. Europäische Union (2000): CHARTA DER GRUNDRECHTE DER EUROPÄISCHEN UNION, (2000/C 364/01), in: Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, 18.12.2000, Art. 14 GG, Art. 17, elektronisch verfügbar unter: [https://www.europarl.europa.eu/charter/pdf/text\\_de.pdf](https://www.europarl.europa.eu/charter/pdf/text_de.pdf).

**33** Vgl. Europäische Union (2000): CHARTA DER GRUNDRECHTE DER EUROPÄISCHEN UNION, (2000/C 364/01), in: Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, 18.12.2000, Art. 12 GG/ Art. 16, elektronisch verfügbar unter: [https://www.europarl.europa.eu/charter/pdf/text\\_de.pdf](https://www.europarl.europa.eu/charter/pdf/text_de.pdf).

**34** Vgl. Wernick, Christian; Fetzer, Thomas; Gries, Christin; Tenbrock, Sebastian; Queder, Fabian; Henseler-Unger, Iris; Strube Martins, Sonia (2018): Rahmenbedingungen für die Gigabitwelt 2025+ (RaGiga), WIK Bericht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Bad Honnef, Mai 2018, S. 69, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Ragiga\\_20180706.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Ragiga_20180706.pdf).

Durch Regulierung ergibt sich oft ein Konflikt zwischen statischer (allokativer) Effizienz in Form einer kurzzeitigen Wettbewerbsintensivierung und dynamischer Effizienz in Form einer langfristigen Investitions- und Innovationförderung. Durch ineffiziente Regulierungsmaßnahmen können Fehlerkosten durch eine Überregulierung oder Unterregulierung entstehen. Bei einer Unterregulierung besteht die Gefahr des Verlustes von statischer Effizienz durch eine nicht pareto-optimale Preis-Mengen-Kombination in Form einer zu geringen Produktionsmenge und zu hohen Preisen, die über den Grenzkosten liegen. Dies hat 2 Effekte. Zum einen kommt es zu einem Verlust der Gesamtwohlfahrt (siehe rot schraffierte Fläche in Abbildung 2-1), zum anderen zu einer Umverteilung zwischen Konsumenten- und Produzentenrente und dadurch zu einem zusätzlichen Verlust an Konsumentenrente und damit Verbraucherwohlfahrt (siehe grau schraffierte Fläche in Abbildung 2-1).<sup>35</sup>

Abbildung 2-1: Allokative Ineffizienz bei Unterregulierung



Quelle: DIW ECON (2018).<sup>36</sup>

Die volkswirtschaftliche Theorie geht davon aus, dass bei einer zu intensiven Regulierung die Gefahr besteht, dass Investitionen und Innovationen ausbleiben. Da Investitio-

<sup>35</sup> Vgl. Sickmann, Jörn; Neumann, Andreas (2017): Deregulierung und Verbraucherwohlfahrt auf dem deutschen Telekommunikationsmarkt, Studie im Auftrag des Verbraucherzentrale Bundesverbandes e. V., Abgeschlossener Endbericht, Bonn, 4. Oktober 2017, S. 138 f., elektronisch verfügbar unter: [https://www.vzbv.de/sites/default/files/downloads/2017/11/23/2017-10-04\\_studie\\_deregulierung\\_und\\_verbraucherwohlfahrt\\_tk-markt.pdf](https://www.vzbv.de/sites/default/files/downloads/2017/11/23/2017-10-04_studie_deregulierung_und_verbraucherwohlfahrt_tk-markt.pdf).

<sup>36</sup> Vgl. DIW ECON (2018): Ausbau von Gigabitnetzen: Wettbewerb und Regulierung, Eine Studie im Auftrag des Verbands der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten e. V. (VATM), Berlin, 2. Februar 2018, S. 37, elektronisch verfügbar unter: [https://www.vatm.de/wp-content/uploads/2018/10/DIW\\_Econ\\_VATM\\_Gigabitnetz\\_Wettbewerb\\_und\\_Regulierung-1.pdf](https://www.vatm.de/wp-content/uploads/2018/10/DIW_Econ_VATM_Gigabitnetz_Wettbewerb_und_Regulierung-1.pdf), Hinweis: Überschrift wurde geändert.

nen und Innovationen mit Risiken verbunden sind, sollte es einem Unternehmen möglich sein, ausreichende Renten zu realisieren, um eine Amortisation der Investitionen zu erreichen.<sup>37</sup> Bei einer Betonung der statischen Effizienz und einer Netzzugangsregulierung auf Grenzkostenbasis werden hingegen Anreize für Innovationen und Investitionen vermindert. Dies kann nicht nur für den regulierten Netzbetreiber zutreffen, sondern auch für alternative Wettbewerber, die Zugriff auf die Netzinfrastruktur des regulierten Unternehmens erhalten, ohne selbst ein Investitionsrisiko eingehen zu müssen.<sup>38</sup>

Statische und dynamische Effizienz stehen hier in einem Konflikt. Dewenter et al. (2007) führen aus, dass die Auswirkungen auf die gesamtwirtschaftliche Wohlfahrt von ausbleibenden Innovationen auf der einen Seite und höheren Preisen auf der anderen Seite asymmetrisch ausfallen. Durch ausbleibende Innovationen aufgrund einer Überregulierung gehe nicht nur der gerade beschriebene Teil, sondern die gesamte am Markt realisierbare Tauschrente verloren.<sup>39</sup>

Dies macht deutlich, dass die Wohlfahrtsverluste bei einer zu geringen dynamischen Effizienz diejenigen bei einer zu geringen statischen Effizienz wahrscheinlich übersteigen werden.<sup>40</sup> Besonders dramatisch ist dieser Effekt in einem „äußerst dynamischen technologiegetriebenen Wachstumsmarkt“ wie dem Telekommunikationsmarkt.<sup>41</sup> Innovationen sind grundlegend für wirtschaftliches Wachstum und von ihnen können starke Spill-over Effekte in andere Branchen ausgehen.

Infrastrukturwettbewerb kann jedoch auch zu erheblichen Nachteilen führen, wenn er über das Maß hinaus gefördert wird, „dass sich bei effizienten Marktstrukturen und Marktverhalten ergeben würde.“<sup>42</sup> Daraus können Überkapazitäten resultieren, die zu ruinösem Wettbewerb oder erhöhten Preisen aufgrund von kollusivem Verhalten führen

---

**37** Vgl. z. B. Schumpeter, Joseph A. (1934): *The Theory of Economic Development. An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*, Cambridge.

**38** Vgl. Dewenter, Ralf; Haucap, Justus; Heimeshoff, Ulrich (2007): Working Paper Regulatorische Risiken in Telekommunikationsmärkten aus institutionenökonomischer Perspektive, Diskussionspapier Nr. 64, September 2007, S. 6, elektronisch verfügbar unter: [https://www.econstor.eu/dspace/bitstream/10419/23713/1/paper\\_64.pdf](https://www.econstor.eu/dspace/bitstream/10419/23713/1/paper_64.pdf).

**39** Vgl. Dewenter, Ralf; Haucap, Justus; Heimeshoff, Ulrich (2007): Working Paper Regulatorische Risiken in Telekommunikationsmärkten aus institutionenökonomischer Perspektive, Diskussionspapier Nr. 64, September 2007, S. 8, elektronisch verfügbar unter: [https://www.econstor.eu/dspace/bitstream/10419/23713/1/paper\\_64.pdf](https://www.econstor.eu/dspace/bitstream/10419/23713/1/paper_64.pdf).

**40** Vgl. Dewenter, Ralf; Haucap, Justus; Heimeshoff, Ulrich (2007): Working Paper Regulatorische Risiken in Telekommunikationsmärkten aus institutionenökonomischer Perspektive, Diskussionspapier Nr. 64, September 2007, S. 8 f., elektronisch verfügbar unter: [https://www.econstor.eu/dspace/bitstream/10419/23713/1/paper\\_64.pdf](https://www.econstor.eu/dspace/bitstream/10419/23713/1/paper_64.pdf).

**41** Vgl. Fetzer, Thomas (2013): *Staat und Wettbewerb in dynamischen Märkten, Eine juristisch-ökonomische Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung der sektorspezifischen Telekommunikationsregulierung in Deutschland und in den USA*, Mohr Siebeck Tübingen, S. 352 f.

**42** Vgl. Nett, Lorenz; Neumann, Karl-Heinz; Vogelsang, Ingo (2004): *Geschäftsmodelle und konsistente Entgeltregulierung*, Studie für die Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post, Bad Honnef, 02. April 2004, S. 81; elektronisch verfügbar unter: [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Marktregulierung/Masstaabe\\_Methoden/Konsistenzgebot/StudieWikConsultId\\_880pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Marktregulierung/Masstaabe_Methoden/Konsistenzgebot/StudieWikConsultId_880pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=1).

können, woraus sich wieder eine Regulierungsbedürftigkeit ergeben kann.<sup>43</sup> Ebenso können Überkapazitäten dazu führen, dass Unternehmen ihre Investitionen als Sunk Cost abschreiben und aus dem Markt wieder austreten, um bei nicht ausreichenden Marktanteilen nicht weiterhin Verluste einzufahren.<sup>44</sup> Auch in diesem Fall könnten aufgrund eines Rückgangs von Wettbewerb regulatorische Maßnahmen wieder notwendig werden.

Bei der Bewertung der Vorteilhaftigkeit von Infrastrukturwettbewerb ist schließlich nicht nur der Trade-off zwischen den Kosten einer Duplizierung von Glasfaserinfrastrukturen und dem Nutzen von Infrastrukturwettbewerb zu beachten, sondern auch die „Überlebensfähigkeit der alternativen Wettbewerber“.<sup>45</sup>

---

**43** Vgl. Nett, Lorenz; Neumann, Karl-Heinz; Vogelsang, Ingo (2004): Geschäftsmodelle und konsistente Entgeltregulierung, Studie für die Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post, Bad Honnef, 02. April 2004, S. 81; elektronisch verfügbar unter:

[https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Marktregulierung/Massstaebe\\_Methoden/Konsistenzgebot/StudieWikConsultId880pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Marktregulierung/Massstaebe_Methoden/Konsistenzgebot/StudieWikConsultId880pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=1).

**44** Vgl. Fetzer, Thomas (2013): Staat und Wettbewerb in dynamischen Märkten, Eine juristisch-ökonomische Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung der sektorspezifischen Telekommunikationsregulierung in Deutschland und in den USA, Mohr Siebeck Tübingen, S. 53.

**45** Vgl. Nett, Lorenz; Neumann, Karl-Heinz; Vogelsang, Ingo (2004): Geschäftsmodelle und konsistente Entgeltregulierung, Studie für die Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post, Bad Honnef, 02. April 2004, S. 83 f.; elektronisch verfügbar unter:

[https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Marktregulierung/Massstaebe\\_Methoden/Konsistenzgebot/StudieWikConsultId880pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Marktregulierung/Massstaebe_Methoden/Konsistenzgebot/StudieWikConsultId880pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=1).

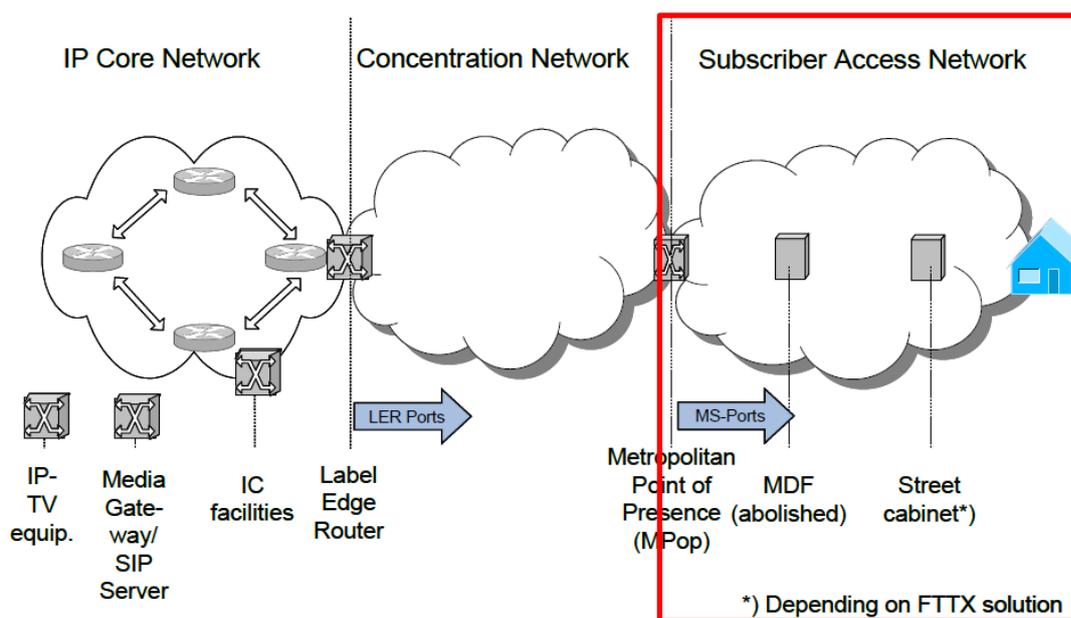
### 3 Berechnung des Invests

#### 3.1 Modellierte Netzsegmente und NGA-Architekturen

##### 3.1.1 Modelliertes Netzsegment

Abbildung 3-1 zeigt die Next Generation Network (NGN)/Next Generation Access (NGA)-Netzarchitektur bestehend aus IP Kernnetz (Backbone), Konzentrationsnetz (Backbone) sowie dem (Teilnehmer-)anschlussnetz.<sup>46</sup> Mit ca. 80% fließt der größte Anteil der Investitionen für den Glasfaserausbau in den Ausbau des Anschlussnetzes. Entsprechend modellieren wir das notwendige Invest zum flächendeckenden Ausbau des Anschlussnetzes in Deutschland detailliert bottom-up.

Abbildung 3-1: NGN/NGA-Netzarchitektur

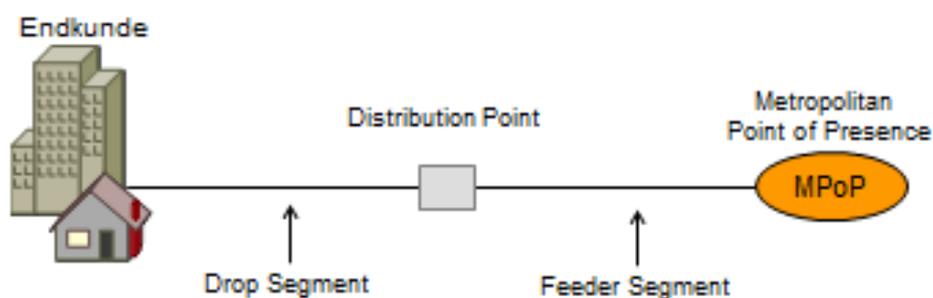


Quelle: WIK.

<sup>46</sup> Vgl. Ilic, Dragan; Neumann, Karl-Heinz; Plückerbaum, Thomas; unter Mitarbeit von Simeonova, Desislava und Zoz, Konrad (2009): Szenarien einer nationalen Glasfaserausbaustrategie in der Schweiz, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Kommunikation (BAKOM), Bad Honnef, Dezember 2009, S. 18, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie\\_Schweiz\\_2009\\_12\\_11.pdf](https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie_Schweiz_2009_12_11.pdf).

Im Teilnehmeranschlussnetz (Subscriber Access Network) der nächsten Generation werden die bisher verwendeten Kupferdoppeladern durch Glasfasern ersetzt. Dadurch können die mit Kupferdoppeladern verbundenen Bandbreiten- und Längenbeschränkungen überwunden werden.<sup>47</sup> Glasfaserarchitekturen werden üblicherweise als Fiber to the x (FTTx) Netze bezeichnet.<sup>48</sup> Durch das „x“ wird der „Endpunkt der Glasfaser aus der Sicht des Netzes zum Teilnehmer hin“<sup>49</sup> gekennzeichnet, wobei sich dieser Diskussionsbeitrag auf die Modellierung des Invests von Fiber to the Home (FTTH)-Glasfaserarchitekturen beschränkt. Die untersuchten Netzabschnitte sowie die verwendete Terminologie sind in Abbildung 3-2 visualisiert.

Abbildung 3-2: Generische Struktur eines NGA-Netzes



Quelle: Jay et al. (2011).<sup>50</sup>

Das Anschlusssegment besteht aus Distribution Point (DP) und Metropolitan Point of Presence (MPoP) als Netzpunkten sowie dem Feeder-, Drop- und Inhaus-Segment. Der Distribution Point (DP)/MPoP im NGA Netz entspricht konzeptionell dem Kabelverzeiger (KVz)/Hauptverteiler (HVT) im Kupfernetz. Das Feeder Segment ist der Bereich zwischen MPoP und DP, als Drop Segment wird der Bereich zwischen DP und Haus des/der Endkunden bezeichnet. Das Drop Segment kann nochmals unterteilt werden in das Verzweigerkabel vom Distribution Point zum Abzweig (Spleiß) an der Straße und

<sup>47</sup> Vgl. Ilic, Dragan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Simeonova, Desislava und Zoz, Konrad (2009): Szenarien einer nationalen Glasfaserausbaustrategie in der Schweiz, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Kommunikation (BAKOM), Bad Honnef, Dezember 2009, S. 19, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie\\_Schweiz\\_2009\\_12\\_11.pdf](https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie_Schweiz_2009_12_11.pdf).

<sup>48</sup> Vgl. hier und im Folgenden Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359; Bad Honnef, Oktober 2011, S. 27.

<sup>49</sup> Vgl. Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359; Bad Honnef, Oktober 2011, S. 27.

<sup>50</sup> Vgl. Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359; Bad Honnef, Oktober 2011, S. 27.

den Hausstich zum Gebäude, der Hauseinführung, abgeschlossen mit dem Abschlusspunkt Linientechnik (APL) und der dort beginnenden Inhausverkabelung in die einzelnen Wohneinheiten und ggf. dort in die Wandauslässe in den einzelnen Räumen. Der Hausstich wurde in die vorliegenden Berechnungen nicht mit einbezogen, da die für den Hausstich zu tätigen Investitionen nicht notwendigerweise von den ausbauenden Unternehmen, sondern teilweise auch von den Eigentümern der mit Glasfaser zu erschließenden Gebäude übernommen werden.

Der Bereich innerhalb des Gebäudes besteht aus der Inhausverkabelung sowie dem aktiven Equipment. Die Inhausverkabelung wird im Rahmen dieser Studie der Vollständigkeit halber zur Verdeutlichung des Aufbaus des Anschlussnetzes beschrieben. Die dafür notwendigen Investitionen werden allerdings ebenfalls aus der Analyse ausgeklammert.<sup>51</sup> Investitionen für das aktive Equipment innerhalb der Gebäude werden je nach NGA-Netzarchitektur den ausbauenden Unternehmen oder den Endkunden zugeordnet (siehe dazu Kapitel 3.1.2).

### 3.1.2 Netz-Topologien und Technologien

Das Anschlussnetz kann in verschiedenen NGA-Netzarchitekturen ausgebaut werden.

NGA-Architekturen lassen sich nach den folgenden Kriterien unterscheiden:

1. der Topologie, in der das passive Anschlussnetz ausgebaut wird,
2. der aktiven Technologie, mit der die Glasfasern im MPoP und beim Endkunden beleuchtet werden, und
3. der Anzahl an Fasern, die pro Haushalt verlegt werden.

In Rahmen dieser Studie werden Point-To-Point (Punkt-zu-Punkt, P2P) und Point-To-Multipoint (Punkt-zu-Mehrpunkt, PtMP) Topologien sowohl als 1-Faser- als auch als 4-Faser-Modell untersucht.

Die P2P Topologie ist insbesondere dadurch gekennzeichnet, dass jeder Haushalt im gesamten Feeder, Drop und Inhaus Segment über eine (1-Faser-Modell) bzw. vier dedizierte Glasfaser(n) (4-Faser-Modell) verfügt, die er mit keinem weiteren Haushalt teilen muss.<sup>52</sup> Dementsprechend kann der Haushalt über die gesamte verfügbare Bandbreite ungeteilt verfügen. Eine Entbündelung kann bei P2P bereits auf Ebene des

---

<sup>51</sup> Vgl. zu Fragen der Inhausinfrastruktur: Schäfer, Saskia; Kulenkampff, Gabriele; Plückebaum, Thomas (2018): Zugang zu gebäudeinterner Infrastruktur und adäquate Bepreisung, WIK Diskussionsbeiträge Nr. 426, Bad Honnef.

<sup>52</sup> Vgl. Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359; Bad Honnef, Oktober 2011, S. 28.

MPoPs erfolgen.<sup>53</sup> Bei einem P2P-Netz ist es generell möglich, für die Beleuchtung jeder Faser eine andere Technik zu verwenden. In der vorliegenden Studie sind wir davon ausgegangen, dass der Ethernet-Standard eingesetzt wird.<sup>54</sup>

Im Unterschied dazu verfügt bei PtMP-Topologien jeder Haushalt nur im Drop und In-haus Segment über eine (1-Faser-Modell) bzw. vier dedizierte Glasfaser(n) (4-Faser-Modell). Am Distribution Point wird der Verkehr mehrerer Kunden auf eine gemeinsame Feederfaser konzentriert und auf dieser zum MPoP weitergeführt.<sup>55</sup> Hier gibt es die Möglichkeit, am Distribution Point entweder aktive Technik einzusetzen, oder die Konzentration mit passiven optischen Splittern zu realisieren.<sup>56</sup> In der vorliegenden Studie betrachten wir nur Topologien, die auf die letztgenannte Lösung setzen.

Im gesamten Feeder Segment ist die Glasfaser ein „Shared Medium“ und dementsprechend wird auch die verfügbare Bandbreite in diesem Bereich bei gleichzeitiger Nutzung und je nach Splitterauslastung zwischen bis zu 64 Haushalten geteilt. Ein entbündelter Zugang ist bei PtMP daher nur am Distribution Point möglich<sup>5758</sup> – bei kaskadierten Splittern beim letzten Splitter vor dem Endkunden. In Bezug auf die verwendete Technologie gehen wir bei PtMP davon aus, dass der Gigabit Passive Optical Network (GPON)-Standard<sup>59</sup> zur Beleuchtung des Netzes eingesetzt wird.

Schließlich ist es auch möglich, GPON-Technologie auf einer P2P-Topologie zu realisieren. Hier werden die Splitter nicht im Distribution Point, sondern im MPoP aufgebaut. Auch hier besitzt jeder Haushalt vom MPoP bis zu sich eine (1-Faser-Modell) bzw. vier dedizierte Glasfaser(n) (4-Faser-Modell). Eine Entbündelung kann auch hier bereits am

---

**53** Die Entbündelung bei P2P entspricht konzeptionell dem Local Loop Unbundling (LLU) am HVT im Kupfernetz, die Entbündelung bei PtMP dem Sub-Loop Unbundling (SLU) am KVz. Grundsätzlich könnten auf solchen transparenten Glasfasern auch Wellenlängen-Multiplex (WDM) Systeme zur Kapazitätsvervielfachung eingesetzt werden, wie sie etwa zukünftig für den Tera-Bit Zugang zu High Performance Computing (HPC) Systemen überall in Europa benötigt werden könnten (vgl. CEF2 Workshop DG CNECT, Funding the Gigabit Society, Brüssel, 01.10.2019).

**54** Dieser ermöglicht die Realisierung von kundenindividuellen Bandbreiten von 100 Mbit/s, 1 Gbit/s, 10 Gbit/s oder auch 100 Gbit/s zu schalten. Für die Modellierung bei P2P wurden die heute üblichen 1 Gbit/s Ports zugrunde gelegt.

**55** Vgl. Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359; Bad Honnef, Oktober 2011, S. 28.

**56** Vgl. Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359; Bad Honnef, Oktober 2011, S. 28.

**57** Vgl. Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359; Bad Honnef, Oktober 2011, S. 28.

**58** Die Entbündelung bei P2P entspricht konzeptionell dem Local Loop Unbundling (LLU) am HVT im Kupfernetz, die Entbündelung bei PtMP dem Sub Loop Unbundling (SLU) am KVz.

**59** GPON beschreibt heute eher eine Produktfamilie aus GPON, XG-PON, XGS-PON und TWDM-PON, die alle marktverfügbar sind und in der Reihenfolge der Auflistung in den bereitgestellten Bandbreiten, in der Zahl der Endkunden je Splitter und in der Verkehrssymmetrie in ihrer Leistungsfähigkeit steigen, vgl. Plückebaum, Thomas; Sanchez Garcia, Juan Eulogio (2016): GPON and TWDM-PON in the context of the wholesale local access market, WIK-report for ComReg, 9. Juni 2016, elektronisch verfügbar unter:

<https://www.comreg.ie/publication/gpon-twdm-gpon-context-wholesale-local-access-market/>.

MPoP erfolgen.<sup>60</sup> Dies erlaubt, insbesondere Geschäftskunden oder Mobilfunkanten-  
nen auch außerhalb der Standard-GPON-Technologien anzuschalten. Für diese Lö-  
sung sprechen zudem eine effiziente Beschaltung der Splitter, die im MPoP frei zu-  
gänglich sind und entsprechend dem Kundenaufwuchs jeweils maximal bestückt wer-  
den können, und folglich auch eine effiziente Beschaltung der OLT, deren Anzahl von  
der Zahl der Splitter getrieben wird (vgl. Abschnitt 3.1.3.5).

Alle in dieser Studie behandelten NGA-Architekturen als Kombination aus passiver To-  
pologie und aktiver Technologie werden im folgenden Kapitel ausführlich beschrieben.

### 3.1.3 Die modellierten NGA-Architekturen

Wir haben für die vorliegende Studie das Invest für den Ausbau der folgenden drei  
NGA-Architekturen in Deutschland modelliert:

1. FTTH P2P Ethernet
2. FTTH PtMP (PON)
3. FTTH GPON über P2P

Dabei kann jede dieser Netzarchitekturen als Einfaser- und Mehrfasermodell ausgebaut  
werden. Wir betrachten in dieser Studie jeweils den Ausbau als 1-Faser- und 4-Faser-  
Modell.

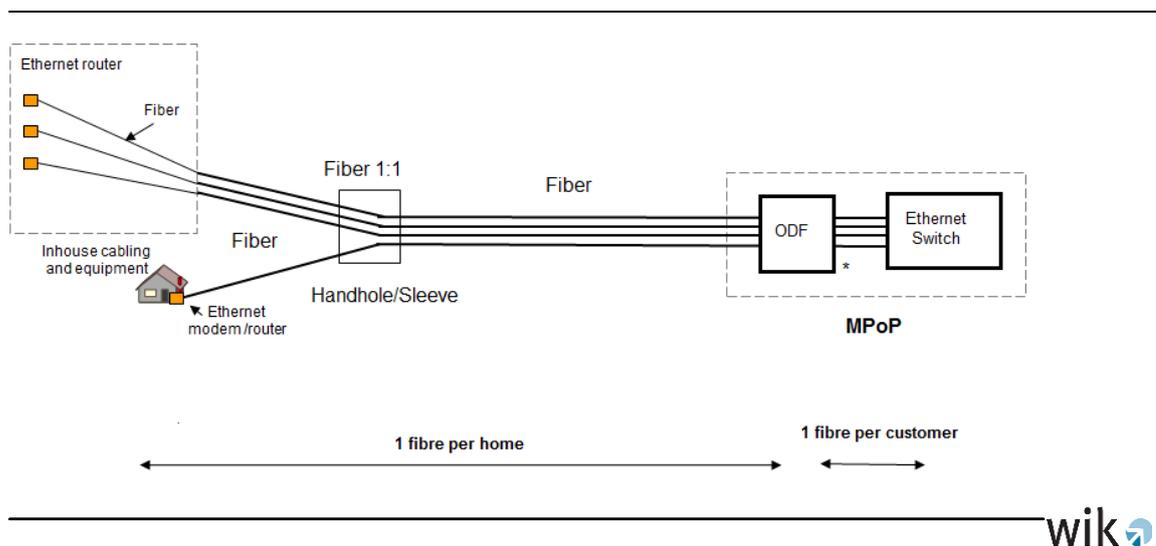
---

<sup>60</sup> Vgl. zur FTTH GPON over P2P Netzarchitektur auch: Hoernig, Steffen; Ilic, Dragan; Neumann, Karl-  
Heinz; Peitz, Martin; Plückebaum, Thomas; Vogelsang, Ingo (2010): Architectures and competitive  
models in fibre networks, Bad Honnef, Dezember 2010, elektronisch verfügbar unter:  
[http://www.wik.org/uploads/media/Vodafone\\_Report\\_Final\\_WIKConsult\\_2011-01-10.pdf](http://www.wik.org/uploads/media/Vodafone_Report_Final_WIKConsult_2011-01-10.pdf).

### 3.1.3.1 FTTH P2P Ethernet 1-Faser-Modell

In Abbildung 3-3 ist die FTTH P2P Netzarchitektur als 1-Faser-Modell schematisch abgebildet.

Abbildung 3-3: FTTH P2P Netzarchitektur 1-Faser-Modell



Quelle: WIK.

Jeweils eine dedizierte Faser pro Haushalt wird im MPoP auf einem optischen Verteiler (Optical Distribution Frame, ODF) abgelegt. Nur die realisierten Kunden werden vom ODF auf einen Ethernetport durchgeschaltet. Nicht aktive Kundenanschlüsse liegen nur auf dem ODF auf und werden erst bei Aktivierung auf einen Ethernetport aufgelegt.<sup>61</sup> Die Anzahl der benötigten netzseitigen ODF Ports und kundenseitigen Ethernetports ist damit direkt abhängig von der erreichten Penetration.

Der Kunde kann allein über die gesamte verfügbare Bandbreite verfügen. Diese kann kundenindividuell konfiguriert werden. Dies geschieht einerseits über die Auswahl der verwendeten Ports, die unterschiedliche maximale Bandbreiten ermöglichen.<sup>62</sup> Zum anderen wird die maximale Bandbreite, die dem jeweiligen Kunden gewährt wird, vom Netzbetreiber definiert.<sup>63</sup>

<sup>61</sup> Vgl. Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückerbaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359; Bad Honnef, Oktober 2011, S. 29.

<sup>62</sup> Zurzeit sind hier maximale Bandbreiten von bis zu 100 Gbit/s realisierbar. Ethernetports und Switches, die diese Bandbreiten realisieren, sind allerdings für den Massenmarkt (vorläufig noch) zu kostenintensiv und werden ggf. nur für eine Teilmenge der Kunden eingesetzt, i.d.R. für große Geschäftskunden.

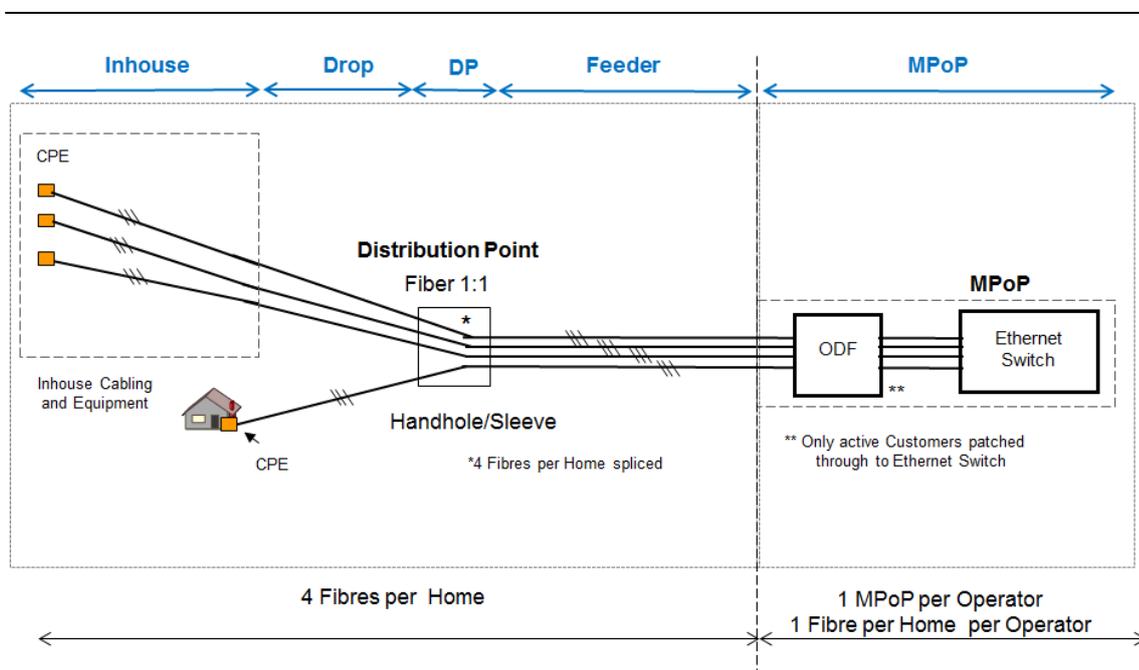
<sup>63</sup> Vgl. Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückerbaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359; Bad Honnef, Oktober 2011, S. 29.

Den Netzabschlusspunkt auf Kundenseite bildet das Customer Premise Equipment (CPE) bzw. der Router. In unseren Berechnungen haben wir diesen nicht berücksichtigt und unterstellt, dass dieser vollständig vom Endkunden bezahlt wird.

### 3.1.3.2 FTTH P2P Ethernet 4-Faser-Modell

Das Mehrfasernmodell ist im Vergleich zum 1-Faser-Modell durch eine ganze Reihe von strukturellen Unterschieden charakterisiert, die in Abbildung 3-4 graphisch dargestellt sind und im Folgenden untergliedert in die Netzsegmente Inhaus Segment, Drop Segment, Distribution Point, Feeder Segment und MPoP näher beschrieben werden.

Abbildung 3-4: FTTH P2P Netzarchitektur 4-Faser-Modell



Quelle: WIK.

Inhausverkabelung:

Für jeden Anschluss werden jeweils vier Fasern vom Keller des Gebäudes bis in die Wohnung gezogen. Unser Modell folgt der Annahme, dass der Netzbetreiber alle 4 Fasern für den Anschluss in einer Wohnung durchspleißt, um nur einmal das Haus anfahren und betreten zu müssen.<sup>64</sup> Würde zunächst nur eine Faser pro Anschluss gespleißt

<sup>64</sup> Die Verteilung innerhalb einer Wohnung liegt hinter dem CPE und bleibt bei diesen Betrachtungen außen vor. Sie könnte aus einem CPE basierten WLAN, aus einer Kupferdoppelader Verkabelung (Cat6 - Cat8) oder aus Glasfaser (z. B. POF) bestehen.

werden, würden bei einer Kooperation mit einem Netzpartner unverhältnismäßig hohe Investitionen notwendig werden, da dieser jedes Gebäude individuell anfahren müsste, um die Fasern seiner aktivierten Kunden zu spleißen.<sup>65</sup> Durch den größeren Materialaufwand aufgrund einer größeren Faserzahl und den höheren Installationsaufwand sind im 4-Faser-Modell für die Inhausverkabelung höhere Investitionen notwendig als im 1-Faser-Modell.<sup>66</sup> Allerdings werden die Investitionen für die Inhausverkabelung aus den o. g. Gründen in unseren Berechnungen nicht berücksichtigt.

#### Drop Kabel Segment:

Mehrfaserlösungen im Allgemeinen und das 4-Faser-Modell in der vorliegenden Studie im Besonderen erfordern im Drop Kabel Segment meist größere Kabelkapazitäten. Die Kabel-Grundausrüstung des Standardgrabens reicht allerdings aus, um die größere Faserzahl im 4-Faser-Modell abzubilden. Daher erhöhen sich die Investitionen im Drop Kabel Segment gegenüber dem 1-Faser-Modell in der Regel nicht.<sup>67</sup> Da wir in unseren Berechnungen gemäß dem Materialkonzept des Bundes<sup>68</sup> noch 2 Fasern pro Gebäude zusätzlich vorgesehen haben, erhöhen sich die Investitionen hier geringfügig gegenüber dem 1-Faser-Modell.

#### Distribution Point:

Im 4-Faser-Modell ist ein Netzknoten vorgesehen, an dem ein potentieller Kooperationspartner eine Faser pro Haushalt übernehmen kann. Das ausgebaute Netz im 4-Faser-Modell kann daher von bis zu 4 Netzbetreibern gleichzeitig betrieben werden.<sup>69</sup>

Die Glasfaserübergabe kann entweder in Nähe des Gebäudes, am Distribution Point, oder an der Ortszentrale, dem MPoP erfolgen. Bei der Übergabe am DP spleißt der

---

<sup>65</sup> Vgl. Ilic, Dragan; Neumann, Karl-Heinz; Plückerbaum, Thomas; unter Mitarbeit von Simeonova, Desislava und Zoz, Konrad (2009): Szenarien einer nationalen Glasfaserausbaustrategie in der Schweiz, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Kommunikation (BAKOM), Bad Honnef, Dezember 2009, S. 39 f., elektronisch verfügbar unter:

[https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie\\_Schweiz\\_2009\\_12\\_11.pdf](https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie_Schweiz_2009_12_11.pdf).

<sup>66</sup> Vgl. Ilic, Dragan; Neumann, Karl-Heinz; Plückerbaum, Thomas; unter Mitarbeit von Simeonova, Desislava und Zoz, Konrad (2009): Szenarien einer nationalen Glasfaserausbaustrategie in der Schweiz, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Kommunikation (BAKOM), Bad Honnef, Dezember 2009, S. 39 f., elektronisch verfügbar unter:

[https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie\\_Schweiz\\_2009\\_12\\_11.pdf](https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie_Schweiz_2009_12_11.pdf).

<sup>67</sup> Vgl. Ilic, Dragan; Neumann, Karl-Heinz; Plückerbaum, Thomas; unter Mitarbeit von Simeonova, Desislava und Zoz, Konrad (2009): Szenarien einer nationalen Glasfaserausbaustrategie in der Schweiz, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Kommunikation (BAKOM), Bad Honnef, Dezember 2009, S. 40, elektronisch verfügbar unter:

[https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie\\_Schweiz\\_2009\\_12\\_11.pdf](https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie_Schweiz_2009_12_11.pdf).

<sup>68</sup> Vgl. Kirsch, U. (2017): Materialkonzept des Bundes, Berlin, 25.10.2017, elektronisch verfügbar unter:

[https://atekom.eu/wp-content/uploads/2017/11/171025\\_01\\_Udo\\_Kirsch.pdf](https://atekom.eu/wp-content/uploads/2017/11/171025_01_Udo_Kirsch.pdf);

BMVI/Bundesförderung Breitband/atene KOM (2018): Einheitliches Materialkonzept und Vorgaben für die Dimensionierung passiver Infrastruktur im Rahmen des geförderten Breitbandausbaus (Version 4.0), elektronisch verfügbar unter:

[https://atekom.eu/wp-content/uploads/2018/08/Materialkonzept\\_und\\_Dimensionierung.pdf](https://atekom.eu/wp-content/uploads/2018/08/Materialkonzept_und_Dimensionierung.pdf).

<sup>69</sup> Vgl. dazu Ilic, Dragan; Neumann, Karl-Heinz; Plückerbaum, Thomas; unter Mitarbeit von Simeonova, Desislava und Zoz, Konrad (2009): Szenarien einer nationalen Glasfaserausbaustrategie in der Schweiz, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Kommunikation (BAKOM), Bad Honnef, Dezember 2009, elektronisch verfügbar unter:

[https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie\\_Schweiz\\_2009\\_12\\_11.pdf](https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie_Schweiz_2009_12_11.pdf).

Netzbetreiber eine Faser pro realisierten Kundenanschluss, die dann weiter zum MPoP geführt wird. Alle übrigen Fasern verbleiben ungespleißt am DP, bis ein Kooperationspartner hinzukommt und diese für den Anschluss der eigenen Kunden nutzt.<sup>70</sup> Für die vorliegende Studie haben wir die Variante mit Übergabe am MPoP betrachtet. Dabei werden alle 4 Fasern eines Kundenanschlusses am Distribution Point gespleißt und bis zum MPoP geführt. Dennoch ist der DP als Netzzugangspunkt vorgesehen, da der Netzausbauer möglichen Kooperationspartnern möglichst viele Übergabemöglichkeiten anbieten soll.<sup>71</sup>

#### Feeder Kabel Segment:

Im FTTH P2P 4-Faser-Modell mit Übergabe am MPoP verfügt das Feeder Kabel Segment über Kapazitäten für vier Fasern pro Kundenanschluss.<sup>72</sup> Es ist damit größer dimensioniert als das Feeder Segment im 1-Faser-Modell und erfordert höhere Investitionen. Zusätzlich haben wir hier entsprechend dem Materialkonzept des Bundes 2 Fasern pro Gebäude vorgesehen,<sup>73</sup> wodurch sich die Investitionen hier nochmals geringfügig gegenüber dem 1-Faser-Modell erhöhen.

#### MPoP:

Der Netzbetreiber patched eine Faser pro Haushalt an optische Verteiler am MPoP. Die restlichen 3 Fasern pro Haushalt verbleiben ungepatcht am MPoP, bis ein Kooperationspartner hinzukommt und diese für den Anschluss der selbst erschlossenen Haushalte nutzt. Nur realisierte Kunden werden über ein Patch Kabel mit einem netzseitigen Port verbunden und von dort aus zum Ethernet Switch weitergeführt.<sup>74</sup>

<sup>70</sup> Vgl. Ilic, Dragan; Neumann, Karl-Heinz; Plückerbaum, Thomas; unter Mitarbeit von Simeonova, Desislava und Zoz, Konrad (2009): Szenarien einer nationalen Glasfaserausbaustrategie in der Schweiz, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Kommunikation (BAKOM), Bad Honnef, Dezember 2009, S. 40, elektronisch verfügbar unter:

[https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie\\_Schweiz\\_2009\\_12\\_11.pdf](https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie_Schweiz_2009_12_11.pdf).

<sup>71</sup> Vgl. Ilic, Dragan; Neumann, Karl-Heinz; Plückerbaum, Thomas; unter Mitarbeit von Simeonova, Desislava und Zoz, Konrad (2009): Szenarien einer nationalen Glasfaserausbaustrategie in der Schweiz, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Kommunikation (BAKOM), Bad Honnef, Dezember 2009, S. 45, elektronisch verfügbar unter:

[https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie\\_Schweiz\\_2009\\_12\\_11.pdf](https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie_Schweiz_2009_12_11.pdf).

<sup>72</sup> Vgl. Ilic, Dragan; Neumann, Karl-Heinz; Plückerbaum, Thomas; unter Mitarbeit von Simeonova, Desislava und Zoz, Konrad (2009): Szenarien einer nationalen Glasfaserausbaustrategie in der Schweiz, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Kommunikation (BAKOM), Bad Honnef, Dezember 2009, S. 45, elektronisch verfügbar unter:

[https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie\\_Schweiz\\_2009\\_12\\_11.pdf](https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie_Schweiz_2009_12_11.pdf).

<sup>73</sup> Vgl. Kirsch, Udo (2017): Materialkonzept des Bundes, Berlin, 25.10.2017, elektronisch verfügbar unter:

[https://atekom.eu/wp-content/uploads/2017/11/171025\\_01\\_Udo\\_Kirsch.pdf](https://atekom.eu/wp-content/uploads/2017/11/171025_01_Udo_Kirsch.pdf);

BMVI/Bundesförderung Breitband/atene KOM (2018): Einheitliches Materialkonzept und Vorgaben für die Dimensionierung passiver Infrastruktur im Rahmen des geförderten Breitbandausbaus (Version 4.0), elektronisch verfügbar unter:

[https://atekom.eu/wp-content/uploads/2018/08/Materialkonzept\\_und\\_Dimensionierung.pdf](https://atekom.eu/wp-content/uploads/2018/08/Materialkonzept_und_Dimensionierung.pdf).

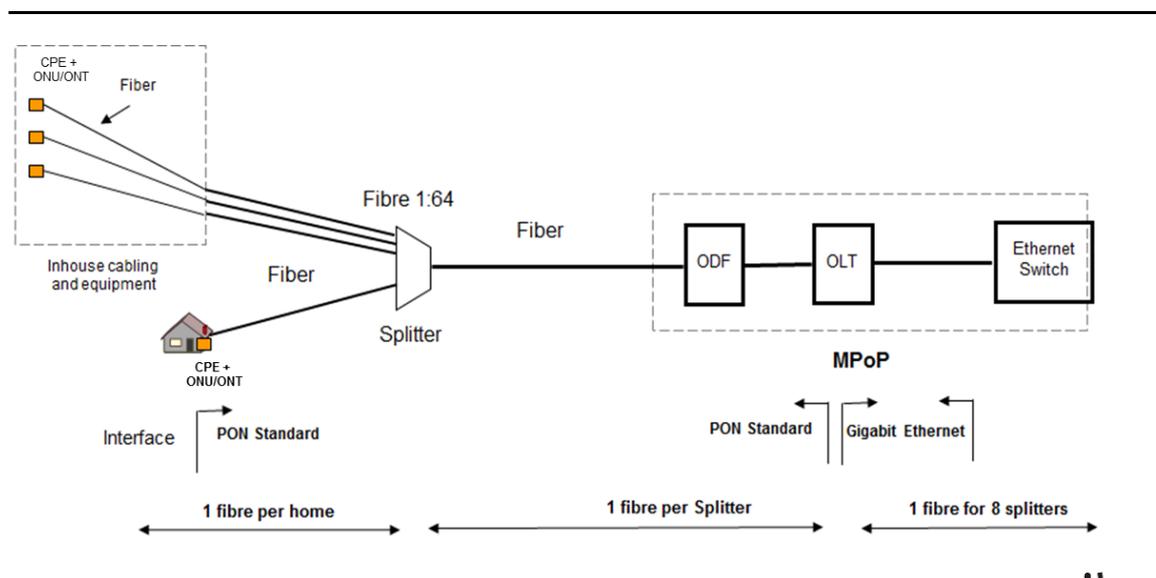
<sup>74</sup> Vgl. Ilic, Dragan; Neumann, Karl-Heinz; Plückerbaum, Thomas; unter Mitarbeit von Simeonova, Desislava und Zoz, Konrad (2009): Szenarien einer nationalen Glasfaserausbaustrategie in der Schweiz, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Kommunikation (BAKOM), Bad Honnef, Dezember 2009, S. 40 und 45, elektronisch verfügbar unter:

[https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie\\_Schweiz\\_2009\\_12\\_11.pdf](https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie_Schweiz_2009_12_11.pdf).

### 3.1.3.3 FTTH PtMP (PON) 1-Faser-Modell

Beim Ausbau von FTTH PtMP (PON) verfügt jeder Haushalt im Inhaus und Drop Segment über eine dedizierte Glasfaser. Am Distribution Point erfolgt mit einem Splitter die Konzentration des Verkehrs mehrerer Kunden auf eine Feederfaser.<sup>75</sup> Alle am Splitter ankommenden Fasern werden fest mit dem Splitter verbunden. Im Modell haben wir einen maximalen Splittingfaktor von 1:64 sowie eine tatsächliche Beschaltung von 1:32 unterstellt.

Abbildung 3-5: FTTH PtMP (PON) Netzarchitektur 1-Faser-Modell



Quelle: WIK.

Die im MPoP ankommende Feederfaser wird dort auf einem ODF Port abgelegt und auf einen Port des Optical Line Terminators (OLT) weitergeleitet. Dabei belegt jeder Splitter im Feld jeweils einen OLT-Port. Da die PtMP Netzarchitektur im Feeder Segment ein Shared Medium ist, müssen sich mehrere Haushalte die verfügbare Bandbreite untereinander teilen. Durch den OLT wird der Verkehr in einem PtMP Netz geregelt und kontrolliert. Durch die Vergabe von Senderechten sorgt der OLT dafür, dass die Upstream Verkehre verschiedener Kunden nicht kollidieren und jeder Kunde nur Zugriff auf die für ihn bestimmten Daten hat.<sup>76</sup>

<sup>75</sup> Vgl. Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359; Bad Honnef, Oktober 2011, S. 30.

<sup>76</sup> Vgl. Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz.; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359; Bad Honnef, Oktober 2011, S. 30.

Die Übertragungsressourcen können den Teilnehmern durch den OLT entweder bedarfsweise (dynamisch) oder starr (statisch) zugeteilt werden. Bei GPON wird die Ressourcenverteilung typischerweise dynamisch betrieben. Eine hohe Nutzungsintensität der anderen Teilnehmer, die über die gleiche Feeder-Faser versorgt werden, kann daher die Qualität (durchschnittliche und maximale Bandbreite sowie Paketlaufzeit) der eigenen Anbindung negativ beeinflussen.<sup>77</sup>

Den Netzabschluss auf Kundenseite bildet die Optical Network Unit (ONU) oder das Optical Network Terminal (ONT). Es kann über ein LAN/Ethernet-Kabel mit dem Router (CPE) verbunden sein, CPE und ONU/ONT können aber auch in ein Gerät integriert sein. Für die Modellierung wurde die nicht integrierte Variante unterstellt, d. h. die Nutzung eines ONU/ONT Standardendgeräts sowie die Nutzung eines CPE.<sup>78</sup>

Die Investitionen für ONU/ONT müssen vom Netzeigentümer getätigt werden. Eine Entbündelung ist bei einer FTTH PtMP (PON) Netzarchitektur im Gegensatz zu FTTH P2P erst am (zum Kunden nächstgelegenen) Distribution Point möglich.

---

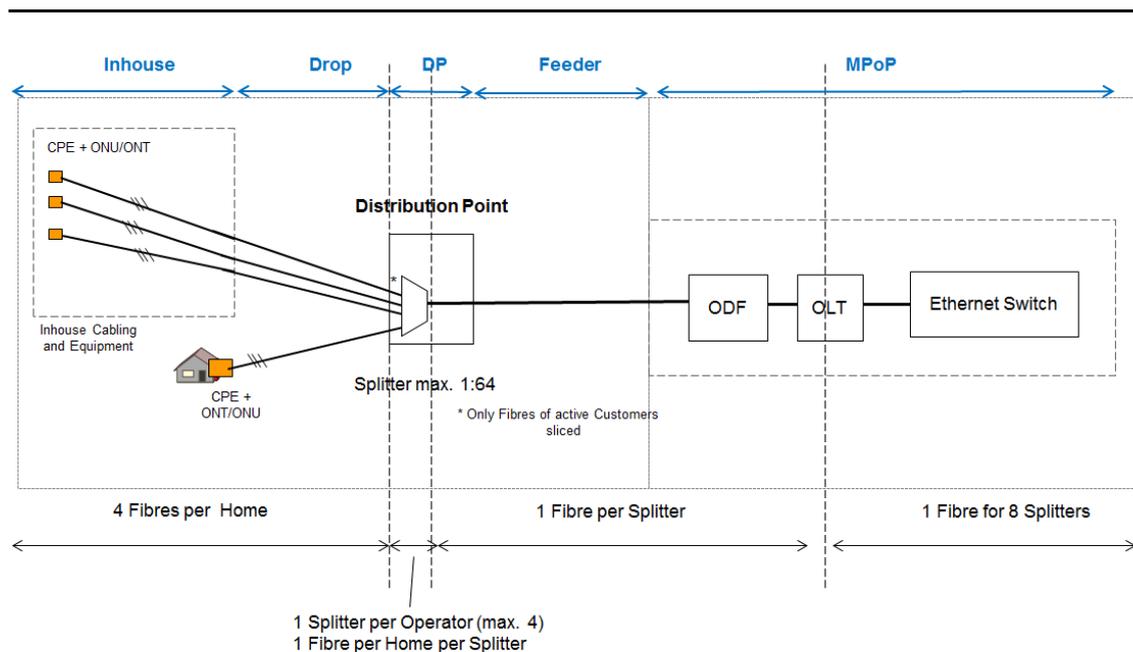
<sup>77</sup> Vgl. Jay, Stephan.; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359; Bad Honnef, Oktober 2011, S. 30.

<sup>78</sup> Dies entspricht dem Prinzip der freien, betreiberunabhängigen Wahl des Routers für den Endkunden.

### 3.1.3.4 FTTH PtMP (PON) 4-Faser-Modell

Auch die FTTH PtMP (PON) Netzarchitektur unterscheidet sich als Mehrfaservermodell in einigen strukturellen Punkten vom entsprechenden 1-Faser-Modell. Abbildung 3-6 gibt den Aufbau des 4-Faser-Modells graphisch wider.

Abbildung 3-6: FTTH PtMP (PON) Netzarchitektur 4-Faser-Modell



Quelle: WIK.

In den Segmenten Inhaus und Drop Segment gibt es im Vergleich zum 4-Faser-Modell der FTTH P2P Netzarchitektur keine Unterschiede.

**Distribution Point:**

Am Distribution Point konzentriert wie im 1-Faser-Modell ein Splitter den Verkehr von mehreren Endkunden auf eine Feederfaser. Hier wird eine Faser pro aktivierten Haushalt gespleißt. Im 4-Faser-Modell sind im Distribution Point bis zu 4 Splitter untergebracht, mit jeweils 1 Splitter per Operator. Von jedem Splitter aus wird eine Faser zum MPoP geführt, die den Verkehr von bis zu 64 Kunden bündelt. Im stand-alone Ausbau ist ein Splitter im DP und sind 4 Fasern im Feeder Segment vorgesehen, so dass für jeden hinzukommenden Netzbetreiber nur ein weiterer Splitter installiert werden muss sowie ein MPoP, an dem er die Feederfaser übernimmt. Die Splitter wurden so dimensioniert, dass jeder Operator 100% der möglichen Kunden mit einer Splitterauslastung von 1:32 beschalten kann.

### Feeder Kabel Segment:

Im Gegensatz zur FTTH P2P Netzarchitektur im 4-Faser-Modell, bei der auch im Feeder Segment 4 Fasern pro Haushalt verlegt werden, reicht bei der FTTH PtMP Netzarchitektur die Kabel-Grundausstattung des Standardgrabens aus, um die größere Faserzahl im 4-Faser-Modell abzubilden. Daher erhöhen sich die Investitionen wie schon im Drop Segment auch im Feeder Kabel Segment gegenüber dem 1-Faser-Modell in der Regel nicht. Da wir in unseren Berechnungen gemäß dem Materialkonzept des Bundes noch 2 Fasern pro Gebäude zusätzlich vorgesehen haben, erhöhen sich die Investitionen hier geringfügig gegenüber dem 1-Faser-Modell.

### MPoP:

Der Netzbetreiber nutzt einen der bis zu 4 möglichen Splitter am DP und patched eine Faser pro Splitter an optische Verteiler am MPoP. Die restlichen 3 Feeder Fasern verbleiben ungepatcht am MPoP, bis ein Kooperationspartner hinzukommt und diese für den Anschluss der selbst erschlossenen Haushalte nutzt.

#### 3.1.3.5 FTTH GPON über P2P 1-Faser-Modell

Der FTTH GPON über P2P Netzarchitektur liegt eine P2P-Fasertopologie zugrunde, bei der im MPoP hinter dem ODF eine GPON-Architektur mit zentralen Splitttern aufgebaut wird.<sup>79</sup> Es wird jeweils eine dedizierte Faser pro Haushalt vom Endkunden bis zum MPoP geführt und dort auf kundenseitige ODF Ports gelegt. Hier werden nur die Fasern von aktivierten Kunden durchgeschaltet und mit einer freien kundenseitigen Faser eines Splitters verbunden.<sup>80</sup> Der Splitter konzentriert den Verkehr von bis zu 64 Kunden auf eine gemeinsame geteilte Faser, die auf einen OLT-Port aufgesteckt und von dort zu einem Ethernet Switch weitergeführt wird.

Der Netzabschluss auf Kundenseite ist identisch mit dem bei FTTH PtMP (PON).

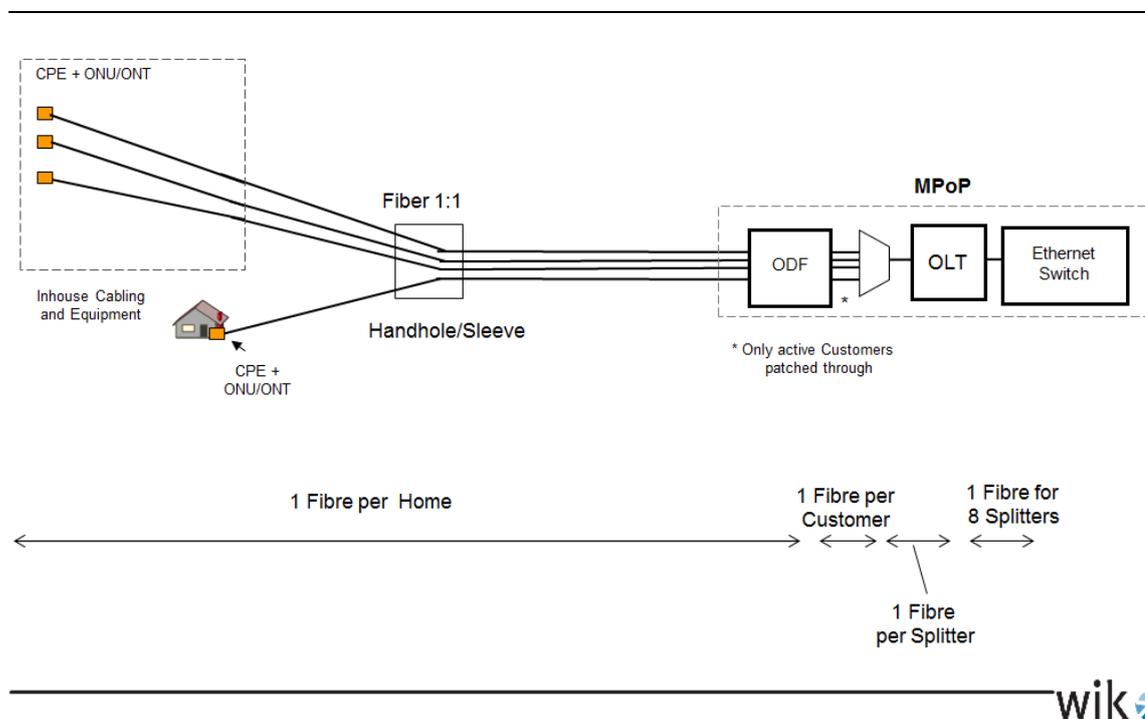
Die FTTH GPON über P2P Netzarchitektur ist in Abbildung 3-7 grafisch dargestellt.

---

<sup>79</sup> Vgl. Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückerbaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359; Bad Honnef, Oktober 2011, S. 31.

<sup>80</sup> Vgl. Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückerbaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359; Bad Honnef, Oktober 2011, S. 31.

Abbildung 3-7: FTTH GPON über P2P Netzarchitektur 1-Faser-Modell



Quelle: WIK.

Sie kombiniert Vorteile der P2P-Topologie und der GPON Technologie:

- Entbündelung:

Wie bei FTTH P2P kann schon am MPoP entbündelt werden.<sup>8182</sup>

- Splitterbedarf und -auslastung:

Die im MPoP sitzenden Splitter können effizienter beschaltet werden als beim herkömmlichen GPON. Bei letzterem sind alle, auch die nicht aktivierten Endkundenfasern fest mit dem Splitter verbunden. Es werden also so viele Splitter verbaut, dass diese potenziell für alle anschließbaren Haushalte (Homes Passed) ausreichen. Bei FTTH GPON über P2P hängt die Auslastung der Splitter direkt von der Penetration ab.<sup>83</sup> Hier werden nur die Fasern der aktiven Kunden mit den Splitttern verbunden. Dies geschieht so lange, bis die maximal mögliche Auslastung eines Splitters inklusive einer kleinen Reserve erreicht ist und ein

<sup>81</sup> Zur Entbündelung von FTTH GPON über P2P siehe Anhang, Abbildung 0-1: Physische Entbündelung bei FTTH GPON über P2P.

<sup>82</sup> Vgl. Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359; Bad Honnef, Oktober 2011, S.32.

<sup>83</sup> Vgl. Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359; Bad Honnef, Oktober 2011, S.32.

weiterer Splitter benötigt wird. So kann eine hohe Splitterauslastung unabhängig von der erreichten Penetration erreicht werden. Die Anzahl der insgesamt benötigten Splitter ist direkt gekoppelt mit der Penetration. In unserem Modell sind wir von einer maximal möglichen Beschaltung von 1:64 und einer realisierten Beschaltung von 1:57 sowie einer Reserve von 10% ausgegangen. Ab einer Penetrationsrate unter 90% werden daher weniger Splitter benötigt, als beim herkömmlichen GPON. Je geringer die Penetrationsrate ist, umso größer fällt der Unterschied an benötigten Splitttern zwischen herkömmlichem GPON und FTTH GPON über P2P aus.<sup>84</sup>

- Operational Expenditure (OPEX)/Capital Expenditure (CAPEX) MPoP:

Gleiches gilt für die Anzahl an benötigten OLT-Ports und Ethernet Switches. Auch diese wird von der Zahl der aktivierten Kunden (Homes Connected) bestimmt. Entsprechend wird im Vergleich zu FTTH P2P Ethernet und FTTH PtMP (PON) der Platz- und Energiebedarf für aktives Equipment im MPoP reduziert<sup>85</sup>, sofern die Penetrationsrate unter 90% liegt.

- Skalierbarkeit und Bandbreite:

Die gerade beschriebene höhere Splitterauslastung bei GPON über P2P ab einer Penetration unter 90% kann man so interpretieren, dass bei niedrigen Penetrationsraten die durchschnittliche Bandbreite pro Kunde niedriger ist als beim herkömmlichem GPON, da der Verkehr von einer höheren Anzahl an Kunden im Splitter auf eine gemeinsame Faser konzentriert wird (Shared Medium). Allerdings ist es bei FTTH/GPON über P2P im Gegensatz zum herkömmlichen GPON möglich, den Kunden bei Bedarf eine höhere Bandbreite zur Verfügung zu stellen. Eine flexible Skalierung der den Kunden bereitgestellten Bandbreiten wird hier durch eine einfache Anpassung des Splittingfaktors möglich.<sup>86</sup>

- Zukunftssicherheit:

Da es, wie soeben beschrieben, möglich ist, von einem „Shared Medium“ auf eine dedizierte Glasfaser zu wechseln, ist die Zukunftssicherheit gewährleistet, auch wenn der Bandbreitenbedarf der Kunden so stark wächst, dass er durch

---

<sup>84</sup> Rechenbeispiel: Unter der Annahme, dass ein MPoP 20.000 Kunden verwaltet, sind bei herkömmlichem GPON bei einer maximalen Beschaltung von 1:64 313 Splitter notwendig, um alle Homes Passed auf den Splitter zu schalten. Bei einer Penetration von 50% werden bei GPON über P2P nur 157 Splitter benötigt, um die 10.000 aktiven Kunden aufzuschalten. Rechnet man, wie in unseren Annahmen unterstellt, noch eine 10% Reserve in die Beschaltung ein und geht von einer realisierten Beschaltung von 1:57 aus, benötigt man dennoch nur 176 Splitter.

<sup>85</sup> Vgl. Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359; Bad Honnef, Oktober 2011, S.32.

<sup>86</sup> Vgl. Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359; Bad Honnef, Oktober 2011, S. 32.

die GPON Technologie trotz realisierter Innovationen nicht mehr abgedeckt werden kann.<sup>8788</sup>

Bei FTTH GPON über P2P entsprechen die Investitionen für das passive Netz zwischen Kunde und MPoP denen einer FTTH P2P Ethernet Infrastruktur, da hier die gleiche Topologie zugrunde liegt (vgl. Abbildung 3-3 und Abbildung 3-7).

Der Netzabschluss auf Kundenseite ist identisch mit dem bei FTTH PtMP (PON).

---

<sup>87</sup> Vgl. Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359; Bad Honnef, Oktober 2011, S. 32.

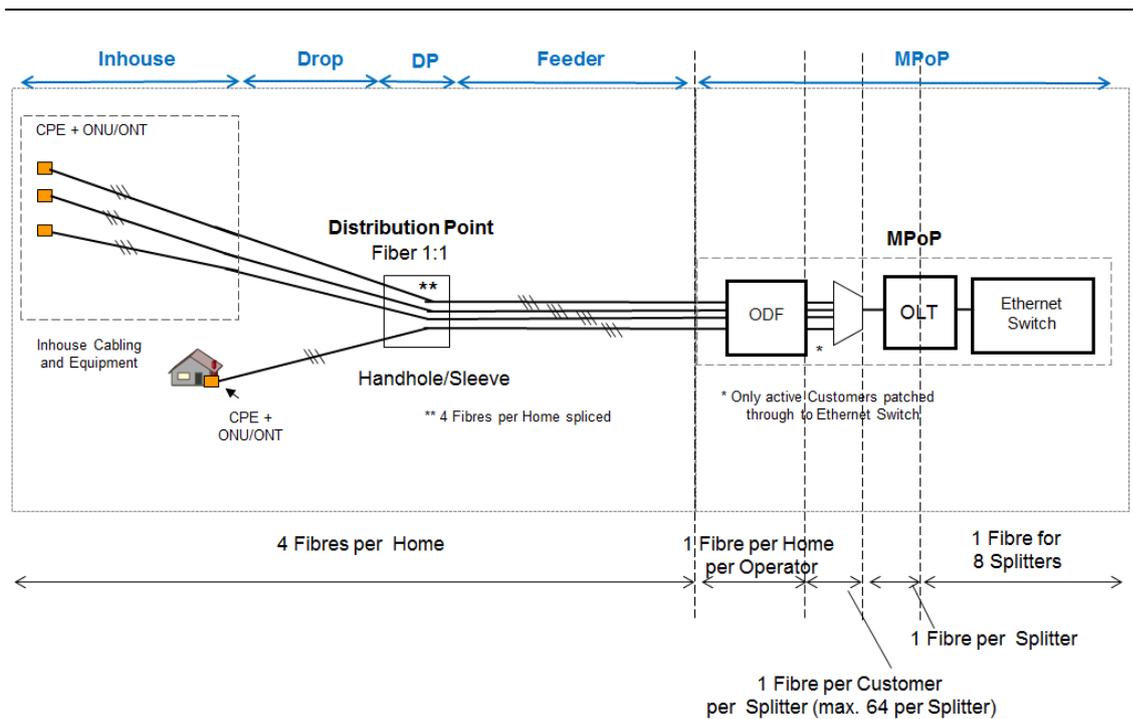
<sup>88</sup> Vgl. zur FTTH GPON über P2P Netzarchitektur auch: Hoernig, Steffen; Ilic, Dragan; Neumann, Karl-Heinz; Peitz, Martin; Plückebaum, Thomas; Vogelsang, Ingo (2010): Architectures and competitive models in fibre networks, Bad Honnef, Dezember 2010, elektronisch verfügbar unter: [http://www.wik.org/uploads/media/Vodafone\\_Report\\_Final\\_WIKConsult\\_2011-01-10.pdf](http://www.wik.org/uploads/media/Vodafone_Report_Final_WIKConsult_2011-01-10.pdf);

Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas (2011): Comparing FTTH access networks based on P2P and PMP fibre topologies, Conference on Telecommunications, Media and Internet Tecno-Economics (CTTE) 2011, Berlin, 16. - 18. May 2011, contribution to conference and workshop; Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas (2013): Comparing FTTH access networks based on P2P and PMP fibre topologies, Journal on Telecommunications Policy (JTPO), 8. Juli 2013.

### 3.1.3.6 FTTH GPON über P2P 4-Faser-Modell

In Abbildung 3-8 ist die FTTH GPON über P2P Netzarchitektur in der Ausbaumform als 4-Faser-Modell grafisch dargestellt.

Abbildung 3-8: FTTH GPON über P2P Netzarchitektur 4-Faser-Modell



Quelle: WIK.

Die Segmente Inhausverkabelung, Drop, Distribution Point und Feeder entsprechen exakt denen der FTTH P2P Netzarchitektur im 4-Faser-Modell.

Im MPoP patched der Netzbetreiber eine Faser pro Haushalt an optische Verteiler am MPoP. Die restlichen 3 Fasern pro Haushalt verbleiben ungepatcht am MPoP, bis ein Kooperationspartner hinzukommt, seinen eigenen MPoP aufbaut jeweils 1 Faser pro Haushalt übernimmt, um sie für den Anschluss der selbst erschlossenen Haushalte zu nutzen.

## 3.2 Betrachtete Szenarien

In der vorliegenden Studie haben wir die Berechnung des Invests für die folgenden vier Ausprägungen der Duplikation von Glasfaser bzw. des Infrastrukturwettbewerbs vorge-

nommen: 1. Parallelausbau, 2. Mitverlegung, 3. Mitnutzung Leerrohre, 4. 4-Faser-Modell.

Tabelle 3-1: Szenarien und deren Charakteristika

Szenario	Beschreibung
<b>Parallelausbau</b>	Unter dem Szenario „Parallelausbau“ wird verstanden, dass zwei Telekommunikationsunternehmen unabhängig voneinander ausbauen. Sowohl passives als auch aktives Equipment werden von beiden Unternehmen jeweils getrennt voneinander errichtet. Es erfolgt keinerlei gemeinsame Nutzung bzw. gemeinsamer Ausbau. Der Ausbau erfolgt hier in allen NGA-Netzarchitekturen als 1-Faser-Modell.
<b>Mitverlegung</b>	Unter dem Szenario „Mitverlegung“ wird angenommen, dass ein Unternehmen ausbaut bzw. einen Ausbau ankündigt und ein zweites Telekommunikationsunternehmen die eigenen Glasfaserkabel im offenen bzw. geplanten Graben mitverlegt. Der (etwas vergrößerte) Graben wird gemeinsam von beiden Telekommunikationsunternehmen genutzt. Das aktive Equipment <sup>89</sup> wird von beiden Telekommunikationsunternehmen jeweils selbst aufgebaut. Der Ausbau erfolgt hier in allen NGA-Netzarchitekturen als 1-Faser-Modell.
<b>Mitnutzung Leerrohre</b>	Das Szenario „Mitnutzung Leerrohre“ unterstellt, dass ein Telekommunikationsunternehmen ausbaut und ein zweites Telekommunikationsunternehmen seine eigenen Kabel nachträglich in die bestehenden Leerrohrinfrastrukturen des Wettbewerbers einbläst und eigenes aktives Equipment <sup>90</sup> aufbaut. Der Ausbau erfolgt hier in allen NGA-Netzarchitekturen als 1-Faser-Modell.
<b>4-Faser Modell<sup>91</sup></b>	Das Szenario „4-Faser-Modell“ folgt der Annahme, dass das Anschlussnetz nicht im 1-Faser-, sondern im 4-Faser-Modell ausgebaut wird. Das kann entweder durch einen gemeinsamen Ausbau als Co-Invest erfolgen. Denkbar ist auch, dass ein Netzbetreiber im 4-Faser-Modell ausbaut und sich ein, zwei oder drei weitere Netzbetreiber ex-post an dem Invest beteiligen und dem Netzbetreiber jeweils 1 Faser abkaufen. Des Weiteren kann ein Netzbetreiber das 4-Faser-Modell als Minimalarchitektur nach dem Materialkonzept des Bundes gefördert ausbauen <sup>92</sup> und einem anderen Netzbetreiber eine Faser für jeden potenziellen Teilnehmer oder auch nur eine Faser für ausgewählte potenzielle Endkunden vermieten. Die Unternehmen teilen sich das gesamte passive Equipment <sup>93</sup> zwischen MPoP und Endkunden und bauen eigenes aktives Equipment <sup>94</sup> auf.

Quelle: WIK.

<sup>89</sup> Sowie die passiven Splitter bei FTTH PtMP (PON) und der ODF.

<sup>90</sup> Siehe ebenda.

<sup>91</sup> Beispiele für die Anwendung des 4-Faser Modells finden sich in der Schweiz sowie in Frankreich, in beiden Fällen als symmetrische Regulierungsaufgabe.

<sup>92</sup> Vgl. Kirsch, Udo (2017): Materialkonzept des Bundes, Berlin, 25.10.2017, elektronisch verfügbar unter:

[https://atekom.eu/wp-content/uploads/2017/11/171025\\_01\\_Udo\\_Kirsch.pdf](https://atekom.eu/wp-content/uploads/2017/11/171025_01_Udo_Kirsch.pdf); Das Konzept sieht 4 Fasern je Kundenanschluss plus 2 Fasern für die Gebäudesteuerung vor.

BMVI/Bundesförderung Breitband/atene KOM (2018): Einheitliches Materialkonzept und Vorgaben für die Dimensionierung passiver Infrastruktur im Rahmen des geförderten Breitbandausbaus (Version 4.0), elektronisch verfügbar unter:

[https://atekom.eu/wp-content/uploads/2018/08/Materialkonzept\\_und\\_Dimensionierung.pdf](https://atekom.eu/wp-content/uploads/2018/08/Materialkonzept_und_Dimensionierung.pdf).

<sup>93</sup> Mit Ausnahme der passiven Splitter bei FTTH PtMP (PON).

<sup>94</sup> Sowie eigene ODFs im MPoP.

### 3.3 Übersicht über das duplizierte Equipment

Bei der Schaffung einer 2. Glasfaserinfrastruktur müssen im Vergleich zum stand-alone Ausbau zusätzliche Investitionen getätigt werden. Die zu duplizierenden Elemente des Anschlussnetzes unterscheiden sich in Abhängigkeit der zugrunde liegenden Netzarchitekturen und Szenarien.

Unter der Annahme, dass sich die im Modell unterstellte Penetration durch einen 2. infrastrukturbasierten Operator nicht ändert, sondern sich die Kunden nur auf diese 2 Operator aufteilen, fallen alle variablen, mit angeschlossenen Kunden verbundenen Investitionen schon beim stand-alone Ausbau an. Es wird zur Berechnung des Gesamtinvests bei einer Duplikation daher nur fixes Equipment dupliziert.<sup>95</sup>

Tabelle 3-2 gibt, unterteilt nach Topologie, eine Übersicht über alle variablen und in unseren Berechnungen nicht duplizierten Netzelemente. Die Übersicht besitzt sowohl für das 1-Faser- als auch das 4-Faser-Modell Gültigkeit.

Tabelle 3-2: Variable Netzelemente des Anschlussnetzes nach NGA-Netzarchitektur

FTTH P2P Ethernet	FTTH PtMP (PON)	FTTH GPON über P2P
<ul style="list-style-type: none"> <li>• -</li> <li>• -</li> <li>• -</li> <li>• ODF network sided Ports and patch cabling</li> <li>• Ethernet Ports customer sided</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ONU</li> <li>• -</li> <li>• -</li> <li>• -</li> <li>• -</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ONU</li> <li>• Splitter</li> <li>• OLT</li> <li>• ODF network sided Ports and patch cabling</li> <li>• Ethernet Ports customer sided</li> </ul>

Quelle: WIK.

Aus der Tabelle wird deutlich, dass der Anteil an variablem Equipment bei FTTH GPON über P2P deutlich höher ist als bei FTTH P2P Ethernet und FTTH PtMP (PON).

#### 3.3.1 Duplikation Szenario Parallelausbau

Im Szenario Parallelausbau wird das gesamte Anschlussnetz mit Ausnahme der variablen Bestandteile dupliziert.

<sup>95</sup> Diese Annahme wurde im vorliegenden Modell aus Vereinfachungsgründen getroffen. Es sei aber darauf hingewiesen, dass sich die insgesamt erreichbare Penetration durch einen weiteren Netzbetreiber auch vergrößern kann. Im Rahmen der Business Case Berechnung in Kapitel 4 werden die Invests für variables Equipment auf den First Mover sowie den Follower in Abhängigkeit ihrer jeweils erreichten Marktanteile verteilt.

### 3.3.2 Duplikation Szenario Mitverlegung

In Abbildung 3-9 ist das Equipment aufgelistet, das bei Schaffung einer 2. Glasfaserinfrastruktur unter dem Szenario Mitverlegung beim Ausbau der 3 betrachteten NGA-Netzarchitekturen dupliziert werden muss.

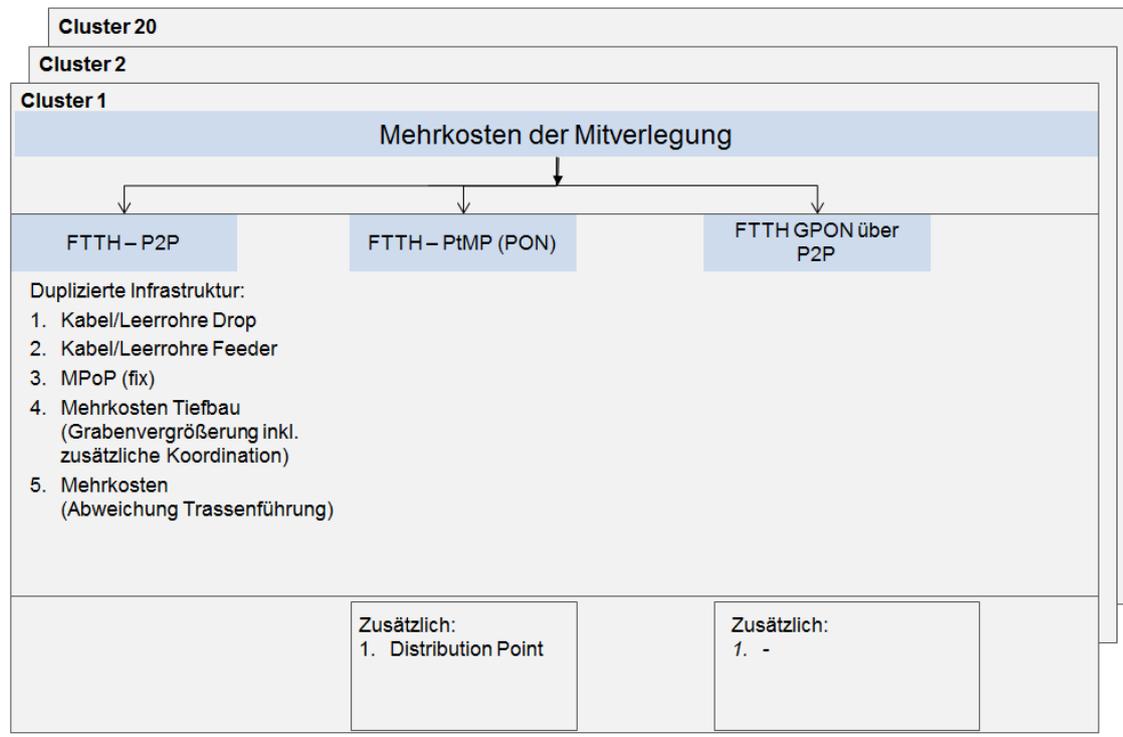
Der 2. Netzbetreiber benötigt zum Ausbau seines Netzes beim Ausbau aller 3 Netzarchitekturen eigene Kabel/Leerrohre im Drop und Feeder Segment (Position 1. und 2.). Diese werden mit in die Gräben des Erstausbauenden gelegt. Dieser Graben muss entsprechend etwas größer dimensioniert werden als beim stand-alone Ausbau, um die zusätzlichen Kabel/Leerrohre aufnehmen zu können. Diese Mehrdimensionierung inklusive der zusätzlichen Koordination für die gemeinsame Verlegung wird in unserem Modell durch einen Aufschlag auf die stand-alone Tiefbaukosten abgebildet (Position 4.). Des Weiteren folgt unser Modell der Annahme, dass der MPoP vom 2. Operator autark aufgebaut wird, somit auch der Floorspace dupliziert wird (Position 3.).<sup>96</sup> Weitere Mehrkosten bei der Mitverlegung können dadurch entstehen, dass die durch den 2. Netzbetreiber benötigte Trassenführung von der des 1. Netzbetreibers (leicht) abweichen kann (Position 5.). Auch diese haben wir in unserem Modell durch einen Aufschlag auch die stand-alone Tiefbaukosten abgebildet.

Bei der Duplikation einer FTTH PtMP (PON) Netzarchitektur durch einen 2. Netzbetreiber muss zusätzlich zu den bei FTTH P2P zu duplizierenden Elementen der Distribution Point dupliziert werden. Dies kann sowohl das Gehäuse inklusive dem darin befindlichen Splitter oder bei einer Verlegung im Feld nur der Splitter sein. In unserem Modell haben wir eine Verlegung im Feld unterstellt und sind damit nur von einer Duplikation der Splitter ausgegangen.

---

<sup>96</sup> Zu beachten ist hierbei, dass der MPoP bei den 3 Netzarchitekturen unterschiedlich aufgebaut ist und die Zusammensetzung zwischen fixen und variablen Elementen voneinander abweicht.

Abbildung 3-9: Duplikation Szenario Mitverlegung

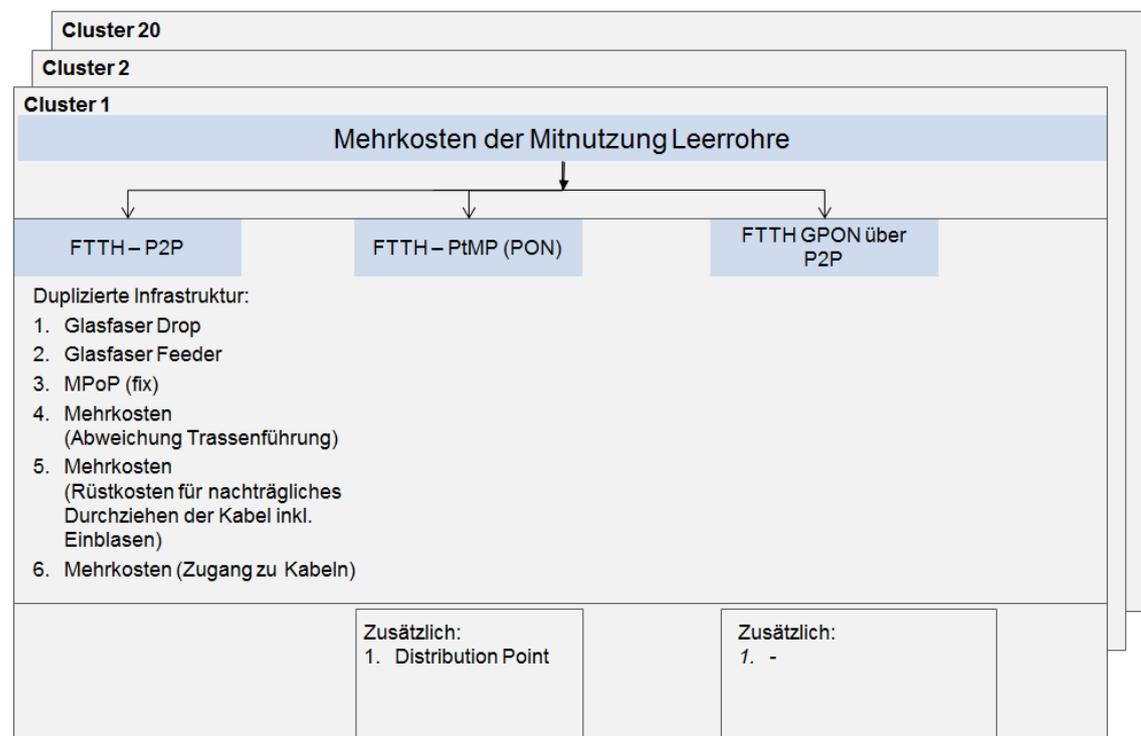


Quelle: WIK.

### 3.3.3 Duplikation Szenario Mitnutzung Leerrohre

In Abbildung 3-10 ist das Equipment aufgelistet, das bei Schaffung einer 2. Glasfaserinfrastruktur unter dem Szenario Mitnutzung Leerrohre beim Ausbau der 3 betrachteten NGA-Netzarchitekturen dupliziert werden muss.

Abbildung 3-10: Duplikation Szenario Mitnutzung Leerrohre



Quelle: WIK.

Der 2. Netzbetreiber nutzt freie Kapazitäten in den Rohren des 1. Netzbetreibers, um eigene Fasern einzuziehen bzw. einzublasen. Dementsprechend werden nur die Fasern im Drop und Feeder Segment dupliziert (Position 1. und 2.). Unser Modell berechnet die Invests unter der Annahme, dass entsprechend flächendeckend freie Rohrkapazitäten beim 1. Netzbetreiber zur Verfügung stehen, was allerdings in der Regel nicht der Fall ist.

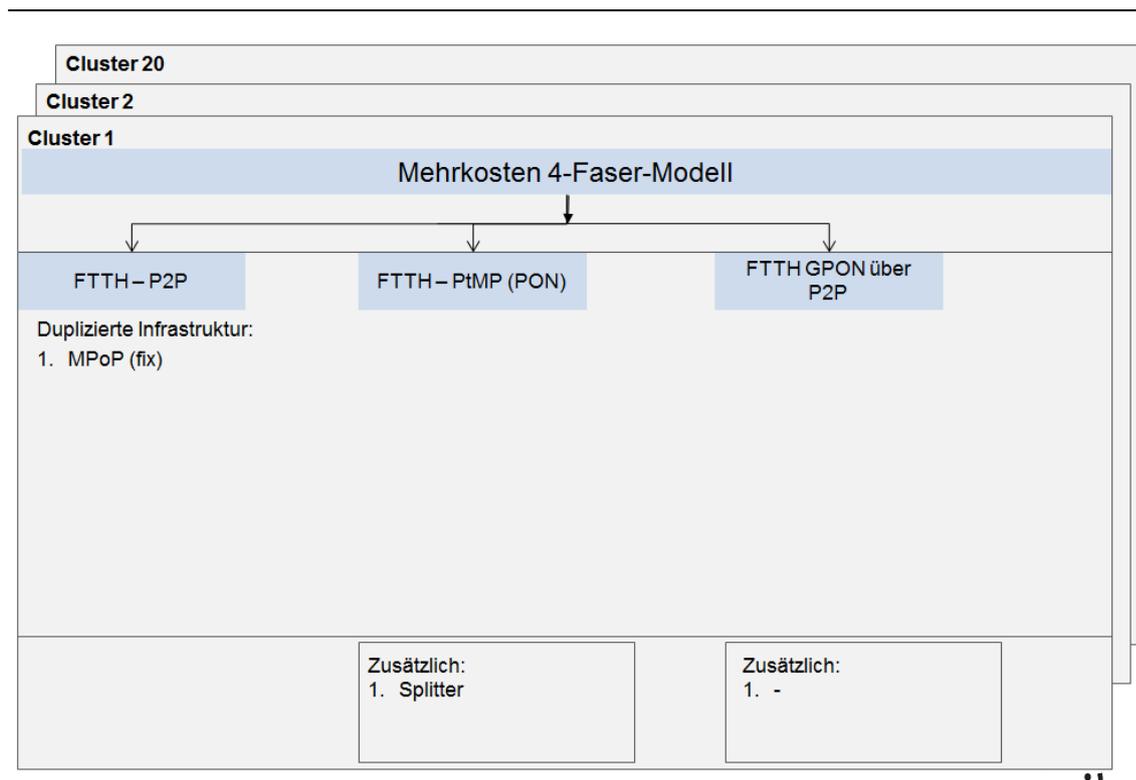
Eine Erweiterung der bereits geschlossenen Gräben erfolgt nicht, allerdings kann auch hier eine (leichte) Abweichung der Trassenführung (Position 4.) notwendig werden, die in unserem Modell ebenso wie die Mehrkosten unter Position 5. und 6. durch einen Aufschlag auf die stand-alone Tiefbaukosten abgebildet werden. Durch das nachträgliche Einblasen der Fasern des 2. Netzbetreibers entstehenden im Vergleich zum stand-

alone Ausbau nochmals zusätzliche Rüstkosten für das Einrichten der Baustelle sowie Kosten für das Einblasen der Fasern (Position 5.). Zudem muss ein Zugang zu den Kabeln geschaffen werden, für den weitere Mehrkosten anfallen (Position 6.). Wie schon beim Szenario Mitverlegung wird auch im Szenario Mitnutzung Leerrohre der MPoP unter den gleichen Annahmen dupliziert. Auch in Bezug auf die Duplikation des Distribution Points beim Ausbau von FTTH PtMP sei auf die Ausführungen unter dem Szenario Mitverlegung verwiesen.

### 3.3.4 Duplikation Szenario 4-Faser-Modell

Wie durch Abbildung 3-11 deutlich wird, ist das Szenario 4-Faser-Modell das Szenario, bei dem die wenigsten Elemente des Anschlussnetzes dupliziert werden müssen. In allen 3 dargestellten Netzarchitekturen muss lediglich der MPoP (fix) und bei FTTH PtMP (PON) zusätzlich noch der Splitter dupliziert werden.

Abbildung 3-11: Duplikation Szenario 4-Faser-Modell

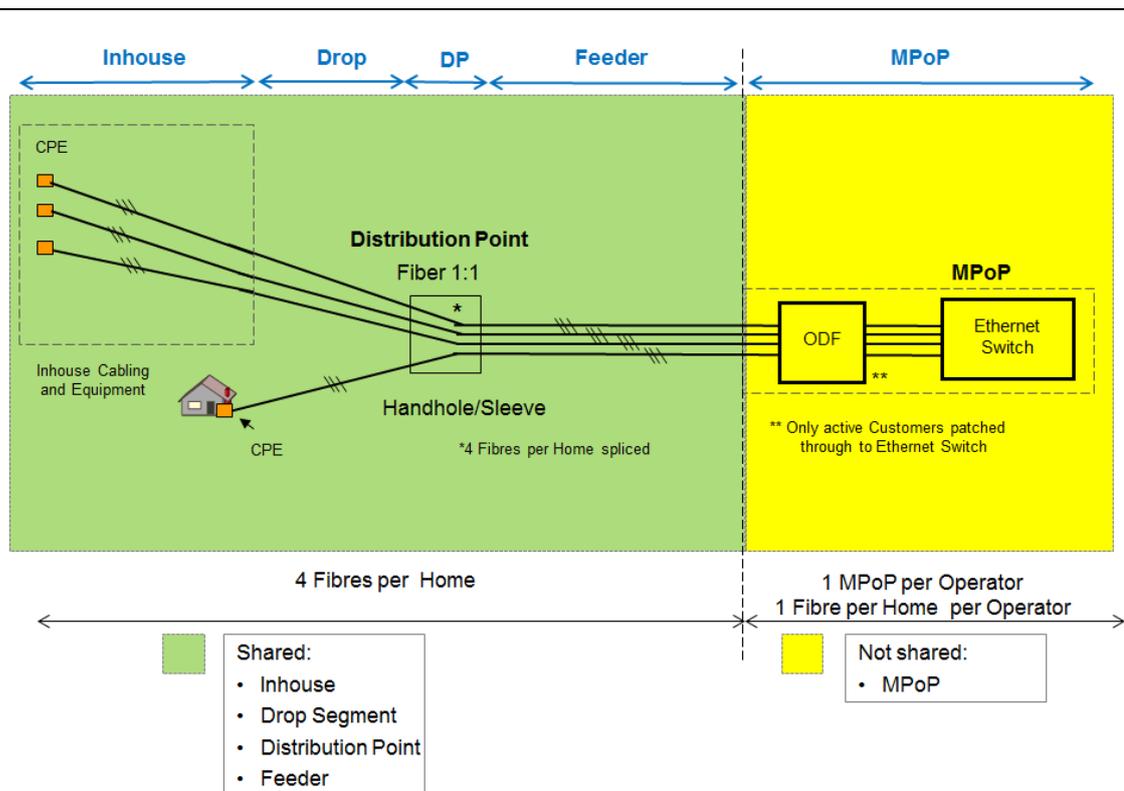


Quelle: WIK.

In den Abbildungen 3–12 bis 3–14 sind die Netzsegmente, die im 4-Faser-Modell zwischen dem 1. und dem 2. (bis 4.) Netzbetreiber geteilt werden und von jedem Netzbetreiber allein genutzt werden, noch einmal grafisch dargestellt.

Beim Ausbau von FTTH P2P wird im 4-Faser-Modell nur der MPoP von jedem Netzbetreiber allein aufgebaut und genutzt. Das gesamte Segment zwischen Endkunden und MPoP wird gemeinsam genutzt.

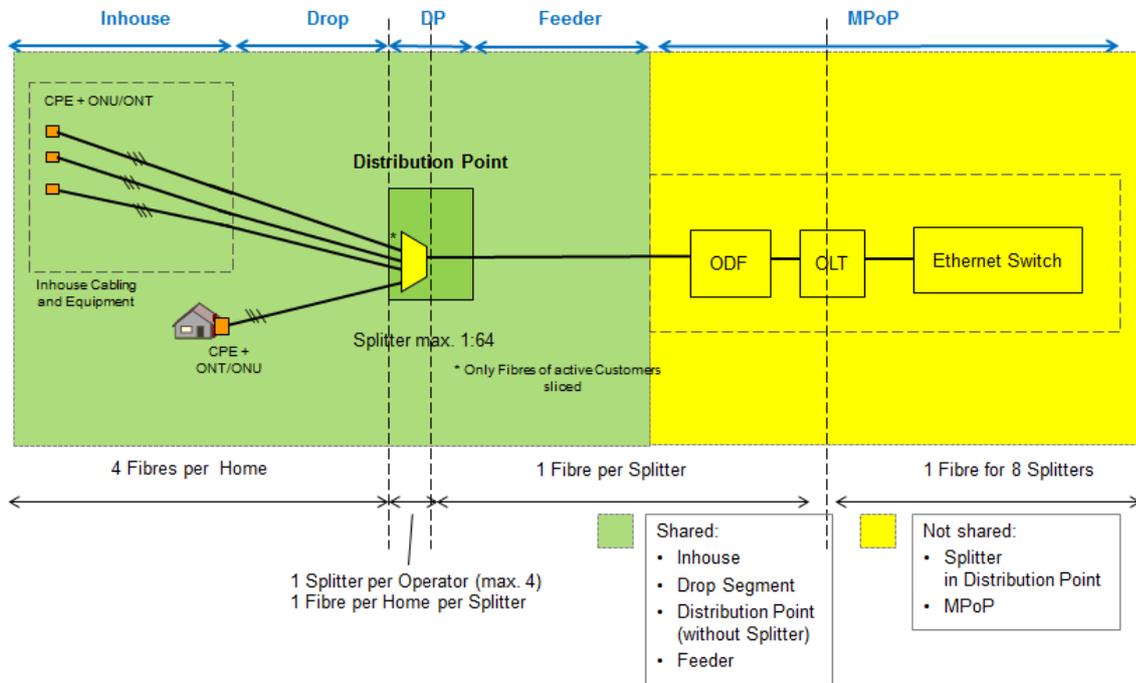
Abbildung 3-12: Duplikation FTTH P2P 4-Faser bei Übergabe am MPoP



Quelle: WIK.

Beim Ausbau von FTTH PtMP (PON) im 4-Faser-Modell muss neben dem MPoP auch der Splitter ungeteilt zur Verfügung stehen.

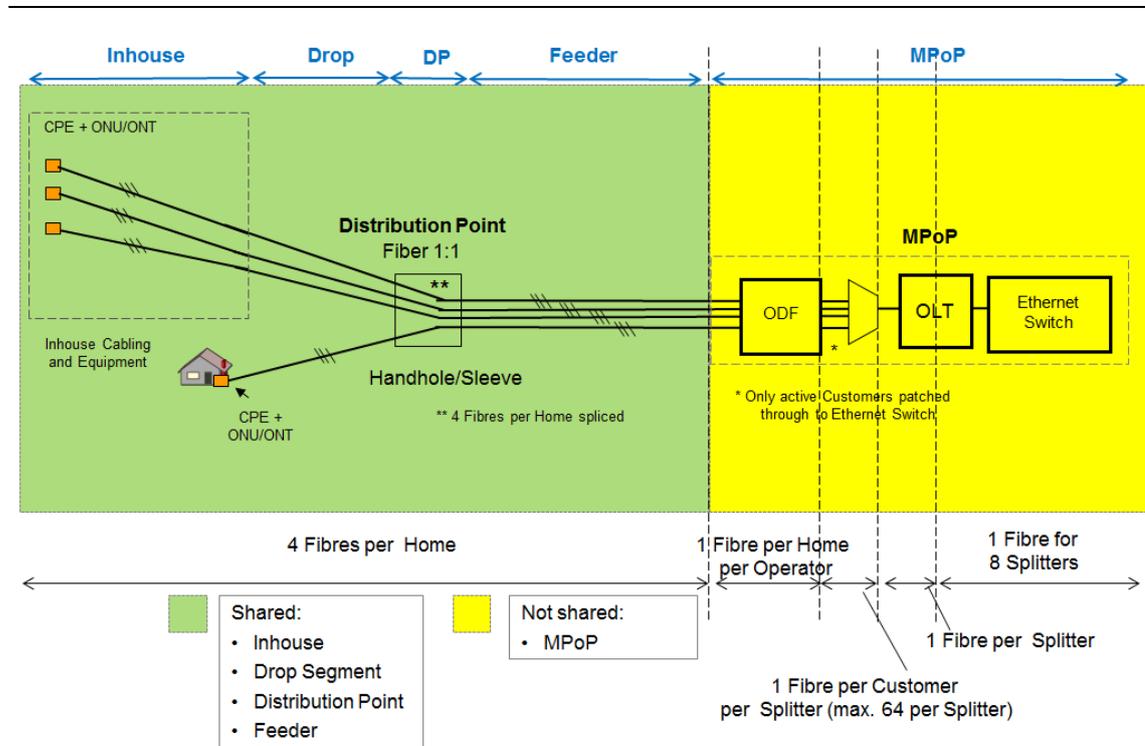
Abbildung 3-13: Duplikation FTTH PtMP (PON) 4-Faser bei Übergabe am MPoP



Quelle: WIK.

Dies gilt ebenso für den Ausbau von FTTH GPON über P2P. Allerdings befindet sich hier der Splitter im MPoP.

Abbildung 3-14: Duplikation FTTH GPON über P2P 4-Faser bei Übergabe am MPoP



### 3.4 Modellaufbau und Parametrierung

Die Investitionen des FTTH-Ausbaus wurden im vorliegenden Diskus unter Verwendung des WIK NGA-Modell berechnet, das bereits bei vorhergehenden WIK Studien Anwendung gefunden hat.<sup>97</sup>

#### 3.4.1 Modellierte Netzelemente

Mit Hilfe des WIK NGA-Modells haben wir die Investitionen (CAPEX) bottom-up bestimmt, die zum betriebsfähigen Aufbau eines FTTH-Anschlussnetzes getätigt werden müssen. Dabei fanden folgende Positionen Berücksichtigung:

- Passive Infrastruktur (Tiefbau/Gräben, Kabel, Leerrohre, Splitter etc.)
- Aktive Infrastruktur (im MPoP und beim Kunden)

Die Invests für den Hausstich, die Inhausverkabelung und die CPEs wurden nicht berücksichtigt.

#### 3.4.2 Clusterbildung

Die Profitabilität beim Ausbau des Anschlussnetzes hängt neben dem Average Revenue per User (ARPU) und der erzielbaren Take-up Rate ganz entscheidend von der Anschlussdichte der Haushalte ab. Mit abnehmender Anschlussdichte steigen die Kosten je ausgebautem Haushalt. Wir haben die Anschlussbereiche in Deutschland nach Anschlussdichte sortiert und eine Clusterung in 20 Gruppen vorgenommen.<sup>98</sup> Die 20 Cluster enthalten jeweils ca. 5% der 44,2 Mio. deutschen Haushalte. Cluster 1 stellt das am dichtesten besiedelte Cluster dar, in dem sich 2,2 Mio. Anschlüsse auf 0,2% der Fläche in Deutschland verteilen. Cluster 20 ist das am dünnsten besiedelte Cluster, mit 2,2 Mio. Haushalten auf 30,8% der Fläche.

---

<sup>97</sup> Vgl. Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbau und sein Subventionsbedarf; WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359, Bad Honnef, Oktober 2011;

Jay, Stephan; Plückebaum, Thomas (2014): Kostensenkungspotenziale für Glasfaseranschlussnetze durch Mitverlegung mit Stromnetzen, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 390, Bad Honnef, September 2014; Wernick, Christian; Queder, Fabian; Strube Martins, Sonia; Gries, Christin; unter Mitwirkung von Holznagel, Bernd (2017): Ansätze zur FTTH-Erschließung unterversorgter Gebiete, Studie für den DIHK Deutscher Industrie- und Handelskammertag e.V., Bad Honnef, August 2017, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2017/2017\\_DIHK\\_Studie.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2017/2017_DIHK_Studie.pdf);

Queder; Fabian; Ockenfels, Martin; Wernick, Christian; Plückebaum, Thomas (2017): Flächendeckende Glasfasernetze für Bayern, Studie für die Bayerische Landtagsfraktion von Bündnis 90 / Die Grünen, Bad Honnef, 01.12.2017, elektronisch verfügbar unter:

[https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Buendnis\\_90\\_Glasfaserausbau.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Buendnis_90_Glasfaserausbau.pdf).

<sup>98</sup> Zur Geodatenaufbereitung und modellendogenen Trassenoptimierung vgl. Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbau und sein Subventionsbedarf; WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359, Bad Honnef, Oktober 2011.

Die nach abnehmender Anschlussdichte sortierten Cluster sind in der folgenden Tabelle abgebildet.

Tabelle 3-3: Clusterbildung nach Anschlussdichte

Cluster	Anschlüsse	Anschlüsse in %	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Fläche in %
1	2.209.239	5%	616	0,2%
2	2.198.063	5%	948	0,3%
3	2.216.771	5%	1.280	0,3%
4	2.202.171	5%	1.635	0,4%
5	2.218.365	5%	2.092	0,6%
6	2.208.914	5%	2.683	0,7%
7	2.218.836	5%	3.386	0,9%
8	2.209.567	5%	4.378	1,2%
9	2.211.151	5%	5.425	1,5%
10	2.204.143	5%	6.900	1,9%
11	2.211.506	5%	8.598	2,3%
12	2.213.923	5%	10.648	2,9%
13	2.190.332	5%	12.932	3,5%
14	2.231.576	5%	16.378	4,4%
15	2.205.024	5%	20.162	5,5%
16	2.213.267	5%	25.286	6,9%
17	2.207.986	5%	31.964	8,7%
18	2.211.319	5%	42.139	11,4%
19	2.211.936	5%	57.297	15,6%
20	2.219.648	5%	113.487	30,8%
Gesamt	44.213.737		368.232	100,0%

Quelle: WIK.

### 3.4.3 Homes Passed

Unserem Modell liegt die Annahme zugrunde, dass das Netz in allen Clustern für 100% der adressierbaren Kunden (Homes Passed) aufgebaut wird. Die penetrationsabhängigen variablen Invests, die erst bei Anschaltung eines Kunden entstehen, werden in Abhängigkeit des unterstellten Take-up Verlaufs getätigt.

### 3.4.4 Homes Connected und unterstellter Take-up Verlauf

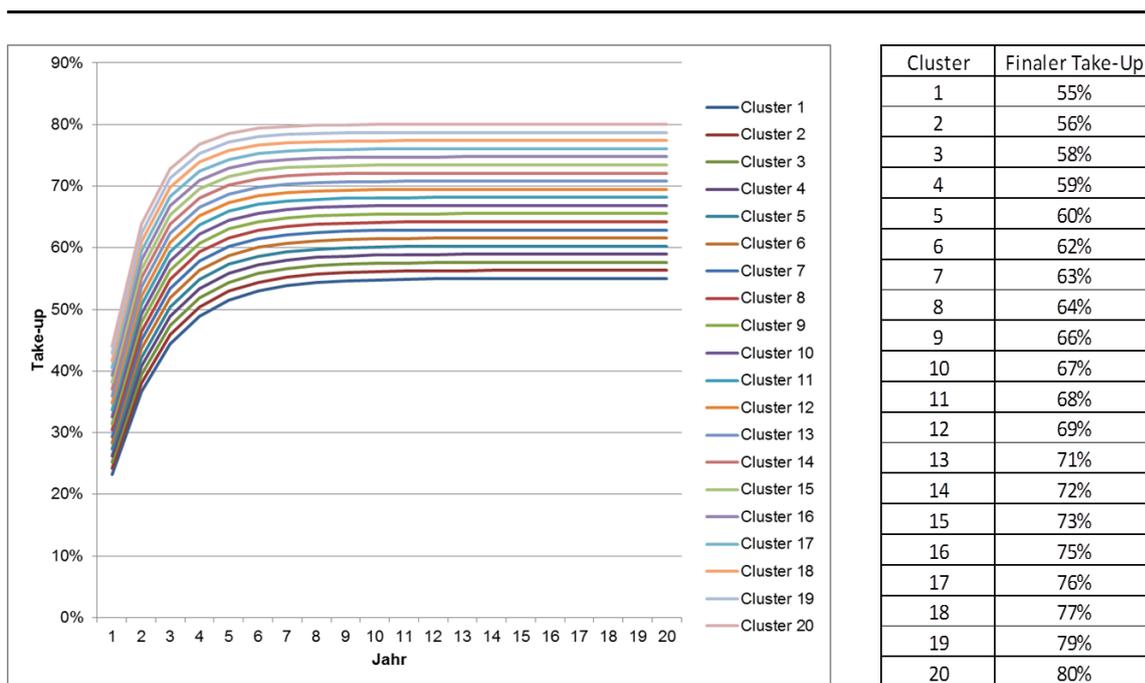
Die Modellierung der Take-up Raten erfolgt getrennt für jedes Cluster. Im ländlichsten Cluster 20 haben wir eine maximale Take-up Rate von 80% unterstellt. Für die übrigen 20% wird unterstellt, dass diese auf Kabelnetzbetreiber, dritte TK-Infrastrukturen, Mobi-

le-only- und Nicht-Nutzer entfallen.<sup>99</sup> In dieser Logik unterstellen wir in Cluster 1 eine Zielpenetration von 55%. Ausgehend von den unterstellten Take-up-Raten in Cluster 1 und 20 wird die Zielpenetration in den übrigen Clustern über ein lineares Wachstum berechnet.

Die Modellierung der Take-up Raten erfolgt im Zeitverlauf dynamisch mit Hilfe einer beschränkten exponentiellen Wachstumsfunktion. Dabei haben wir die Annahme zugrunde gelegt, dass die Ausbauten in Rahmen von vielen kleinen Teilprojekten jeweils innerhalb eines Jahres fertiggestellt werden und die erwartete Zielpenetration in dem jeweiligen Cluster nach 8 Jahren erreicht ist.

Die modellierten Take-up Kurven sowie die entsprechende Zielpenetration je Cluster sind in der folgenden Grafik dargestellt.

Abbildung 3-15: Modellierte Take-up Kurven im Zeitverlauf und maximaler Take-up je Cluster



Quelle: WIK.

<sup>99</sup> Im ländlichen Bereich beträgt die HFC-Abdeckung 15%, im städtischen Bereich 82% (Stand Mitte 2018). Vgl. TÜV Rheinland (2018): Bericht zum Breitbandatlas Mitte 2018 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Teil 1: Ergebnisse, Stand Mitte 2018.

### 3.4.5 Greenfield/Scorched Nodes Ansatz

Bei der Berechnung des Invests haben wir einen Greenfield/Scorched Nodes Ansatz zugrunde gelegt. Sowohl die aktive als auch die passive Netzinfrastruktur werden neu aufgebaut. Eventuell bestehende passive Infrastruktur wie beispielweise Leerrohre werden nicht berücksichtigt. Die Lage der bestehenden Netzknoten/Schaltzentralen der Deutschen Telekom wird aus öffentlich bekanntem Wissen dazu angenähert, ansonsten wird das Netz effizient optimiert.

### 3.4.6 WACC

In unseren Berechnungen haben wir für den Weighted Average Cost of Capital (WACC) einen Wert von 4,87% angenommen. Er entspricht dem aktuellen<sup>100</sup> WACC Festnetz geglättet, den die Bundesnetzagentur (BNetzA) einmal jährlich zum Stichtag 30.06. im TK-Bereich festlegt.<sup>101</sup> Die Festlegung durch die BNetzA beruht auf den Empfehlungen des Breitbandgutachtens 2010 und 2016 von Herrn Prof. Stehle.<sup>102</sup>

### 3.4.7 Berechnung des Nettobarwertes der Investition

Die Investition haben wir als Nettobarwert (Net Present Value, NPV) berechnet, bei der auch Reinvests berücksichtigt wurden, die innerhalb eines Betrachtungszeitraums von 20 Jahren zu tätigen sind.

In unserem Modell unterstellen wir, dass der Glasfaserausbau in ganz Deutschland im Rahmen von vielen kleinen Teilprojekten vorgenommen wird, die alle innerhalb von einem Jahr abgeschlossen werden. Die fixen Invests für den Erstausbau (= CAPEX je Home Passed x Anzahl der Homes Passed) werden daher nicht abgezinst. Alle variablen Invests entstehen erst bei Anschluss der Kunden gemäß des unterstellten Take-ups und wurden im Modell entsprechend ihrer Entstehung und unterstelltem WACC abgezinst. Reinvests, die aufgrund der individuellen Lebensdauer des Equipments innerhalb eines Betrachtungshorizonts von 20 Jahren getätigt werden müssen, wurden in die Berechnungen miteinbezogen und ebenfalls abgezinst. Auch bei der Berechnung der Reinvests für variables Equipment wurde der unterstellte Take-up Verlauf zugrunde gelegt.

Reinvests wurden getätigt für die ONU (Lifetime 5 Jahre) sowie für Ethernet Switches und OLT Equipment (Lifetime 7 Jahre).

---

<sup>100</sup> Gültig seit 30.06.2018.

<sup>101</sup> Vgl.

[https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Markregulierung/massstaebe\\_methoden/Kapitalkostensatz/kapitalkostensatz-node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Markregulierung/massstaebe_methoden/Kapitalkostensatz/kapitalkostensatz-node.html).

<sup>102</sup> Diese Gutachten sind elektronisch verfügbar unter:

[https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Markregulierung/massstaebe\\_methoden/Kapitalkostensatz/kapitalkostensatz-node.html](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Markregulierung/massstaebe_methoden/Kapitalkostensatz/kapitalkostensatz-node.html).

### 3.4.8 Kabelgrößen, Leerrohre und Kabelgräben

In unserem Modell ist ein Standardgraben vorgesehen. Dieser ist so dimensioniert, dass maximal 8 Kabel in Rohrzügen Platz finden. Es wird eine Verlegung in Leerrohren unterstellt. Entsprechende Erweiterungen aufgrund eines Mehrbedarfs werden vom Modell endogen bestimmt.

Wie in Kapitel 3 beschrieben ist bei FTTH P2P im 1-Faser-Modell im Drop Kabel eine Faser pro Haushalt vorgesehen. Auf einzelnen Netzsegmenten ist es möglich, dass entsprechend dem Faserbedarf mehrere Kabel benötigt werden. Diese Anzahl wird durch das Modell ebenfalls endogen bestimmt.

### 3.4.9 Abbildung der Mehrkosten im Rahmen der Duplikation

Wie in Kapitel 3.3 bereits dargestellt, fallen je nach abgebildetem Duplizierungsszenario unterschiedliche Mehrkosten an. Diese Mehrkosten haben wir in unserem Modell über einen Aufschlag auf die stand-alone Tiefbaukosten abgebildet. In der folgenden Tabelle sind die Aufschläge, die im jeweiligen Szenario zum Ansatz gekommen sind, abgebildet. Die entsprechenden Werte gehen auf WIK-Schätzungen auf Basis von Erfahrungswerten aus der WIK Anschlussnetzmodellierung zurück.

Tabelle 3-4: Aufschläge auf stand-alone Tiefbaukosten

Szenarien	Mitverlegung	Mitnutzung Leerrohre	4-Faser-Modell
Grabenerweiterung inkl. zus. Koordination	6,50%	-	-
Abweichung Trassenführung	0,50%	0,50%	-
Zugang zu Kabeln	-	1,50%	-
Rüstkosten für nachträgliches Durchziehen der Kabel inkl. Einblasen	-	0,01%	-
<b>Aufschläge gesamt</b>	<b>7,00%</b>	<b>2,01%</b>	<b>0,00%</b>

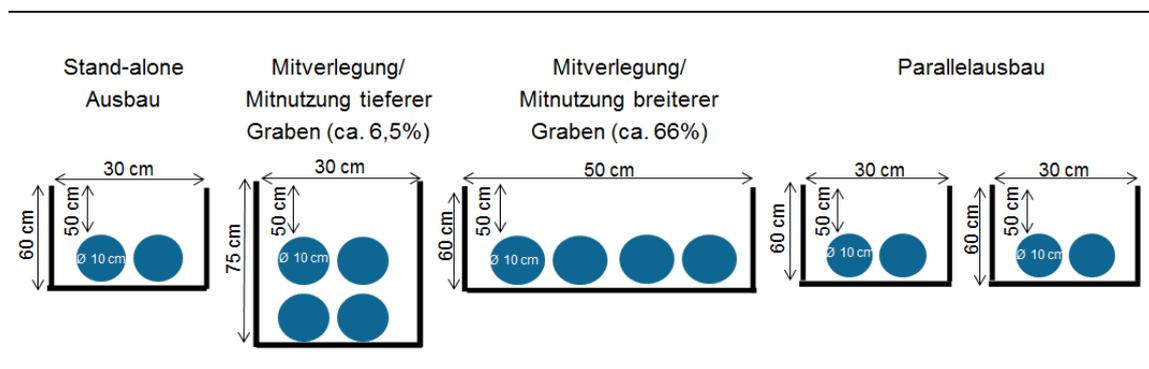
Quelle: WIK.

Den mit Abstand höchsten Aufschlag in Höhe von 6,50% setzen wir für die Grabenerweiterung bei der Mitverlegung an.

Wie bereits beschrieben stellt der Tiefbau den Hauptkostentreiber beim Glasfaserausbau dar. Etwa 70 bis 80 Prozent der gesamten Ausbaurkosten entstehen beim Tiefbau. Bei der Mitverlegung kann im Vergleich zum parallelen stand-alone Ausbau pro ausbauenden Unternehmen ein großer Teil der Tiefbaukosten eingespart werden, jedoch

müssen die Gräben im Vergleich zum stand-alone Ausbau etwas vergrößert werden. Wie hoch der Aufschlag für die Vergrößerung des Grabens ausfällt, hängt davon ab, ob die Gräben für die Mitverlegung im gemeinsamen Graben breiter oder tiefer werden. In unserer Modellierung sind wir diesbezüglich von folgenden Annahmen ausgegangen. Die Kosten im Tiefbau (stand-alone) verteilen sich im Verhältnis von 74% zu 26% auf die Oberflächenwiederherstellung und den Aushub.<sup>103</sup> In Abhängigkeit davon, ob die Kabel bei der Mitverlegung untereinander in einem tieferen Graben oder nebeneinander in einem breiteren Graben verlegt werden, vergrößern sich die Tiefbaukosten im ersten Fall um 6,5% und im zweiten Fall um 66% (siehe Abbildung 3-16). In unserer Modellierung haben wir die Annahme zugrunde gelegt, dass die Kabel übereinander verlegt werden und sich die Tiefbaukosten entsprechend um 6,5% erhöhen.

Abbildung 3-16: Aufschläge Grabenerweiterung



Quelle: WIK.

<sup>103</sup> Erfahrungswerte WIK aus Anschlussnetzmodellierung.

### 3.5 Ergebnisse der Investberechnung

Die Ergebnisse unserer Berechnungen der Invests sind für alle betrachteten NGA-Netzarchitekturen und Szenarien in der folgenden Tabelle abgebildet.

Tabelle 3-5: Übersicht Ergebnisse Kostenberechnung<sup>104</sup>

	1-Faser-Modell		
	P2P	GPON über P2P	PtMP
Stand-alone Ausbau	64.728.838.376 €	63.121.426.245 €	60.922.528.504 €
Paraller Ausbau	120.510.167.793 €	118.845.711.899 €	117.928.889.578 €
<b>Delta Paralleler Ausbau/Stand-alone Ausbau</b>	<b>55.781.329.417 €</b>	<b>55.724.285.654 €</b>	<b>57.006.361.074 €</b>
Mitverlegung	79.178.630.052 €	77.514.174.158 €	79.883.022.588 €
<b>Delta Mitverlegung/Stand-alone Ausbau</b>	<b>14.449.791.676 €</b>	<b>14.392.747.913 €</b>	<b>18.960.494.084 €</b>
<b>Delta Mitverlegung/Paraller Ausbau</b>	<b>-41.331.537.741 €</b>	<b>-41.331.537.741 €</b>	<b>-38.045.866.990 €</b>
Mitnutzung	76.960.948.618 €	75.296.492.724 €	77.841.636.822 €
<b>Delta Mitnutzung/Stand-alone Ausbau</b>	<b>12.232.110.242 €</b>	<b>12.175.066.479 €</b>	<b>16.919.108.317 €</b>
<b>Delta Mitnutzung/Paraller Ausbau</b>	<b>-43.549.219.175 €</b>	<b>-43.549.219.175 €</b>	<b>-40.087.252.757 €</b>

	4-Fasermodell		
	P2P	GPON über P2P	PtMP
Stand-alone Ausbau	69.006.544.242 €	67.296.087.173 €	64.355.118.860 €
Duplikation durch 2. Operator	70.797.776.151 €	68.927.230.379 €	71.522.434.405 €
<b>Delta Duplikation durch 2. Operator/Stand-alone Ausbau</b>	<b>1.791.231.909 €</b>	<b>1.631.143.207 €</b>	<b>7.167.315.545 €</b>
Duplikation durch 3. Operator	72.589.008.060 €	70.558.373.586 €	78.689.749.950 €
<b>Delta Duplikation durch 3. Operator/Stand-alone Ausbau</b>	<b>3.582.463.818 €</b>	<b>3.262.286.413 €</b>	<b>14.334.631.090 €</b>
Duplikation durch 4. Operator	74.380.239.969 €	72.189.516.792 €	85.857.065.494 €
<b>Delta Duplikation durch 4. Operator/Stand-alone Ausbau</b>	<b>5.373.695.727 €</b>	<b>4.893.429.620 €</b>	<b>21.501.946.634 €</b>

Quelle: WIK.

Die stand-alone Ausbauskosten im 4-Faser-Modell übersteigen in jeder Netztopologie die Kosten der jeweils entsprechenden Netztopologie im 1-Faser-Modell. Die Kosten liegen je nach ausgebauter Netztopologie zwischen 3,4 und 4,3 Milliarden (Mrd.) Euro (€) höher als beim Ausbau als 1-Faser-Modell.

Im stand-alone Ausbau stellt FTTH P2P sowohl im 1-Faser- als auch im 4-Faser-Modell mit zu tätigen Invests in Höhe von 64,7 Mrd. € (1-Faser-Modell) bzw. 69 Mrd. € die jeweils teuerste NGA-Netzarchitektur dar, gefolgt von FTTH GPON über P2P und FTTH PtMP (PON) als der günstigsten stand-alone Variante, mit Ausbauskosten in Höhe von 60,9 Mrd. € (1-Faser-Modell) bzw. 64,3 Mrd. € (4-Faser-Modell).

Das mit Abstand teuerste Szenario für die Duplizierung von Glasfaser stellt der parallele Ausbau im 1-Faser-Modell dar, mit einem Anstieg der Ausbauskosten um 86-94% im Vergleich zum stand-alone Ausbau. Dabei fällt auf, dass die Duplizierungskosten der FTTH PtMP Netzarchitektur in allen betrachteten Duplizierungsszenarien deutlich über denen von FTTH P2P und FTTH GPON über P2P liegen. Dies ist dem Umstand geschuldet, dass die FTTH P2P und FTTH GPON über P2P Netzarchitektur aus einem größeren Anteil von variablen und damit penetrationsabhängigen Komponenten beste-

<sup>104</sup> Bemerkung: Alle angegebenen Werte sind Nettobarwerte und enthalten Erstinvests sowie die innerhalb von 20 Jahren zu tätigen Reinvests.

hen als FTTH PtMP. Die variablen Invests für die gesamte unterstellte Zielpenetration sind, wie in Kapitel 2 beschrieben, schon im stand-alone Invest enthalten. Dupliziert werden nur penetrationsunabhängige Invests, die bei FTTH PtMP höher liegen als bei den anderen beiden Netzarchitekturen. Dies gilt auch für das 4-Faser-Modell.

Die niedrigsten Duplizierungskosten ergeben sich bei den 4-Faser-Modellen:

Während die Duplizierungskosten im 1-Faser-Modell je nach Netzarchitektur und Szenario zwischen 12,2 und 57 Mrd. € liegen, liegen diese im 4-Faser-Modell im Vergleich zum stand-alone Ausbau im 4-Faser-Modell nur zwischen 1,6 und 7,1 Mrd. € für den Aufbau eines 2. Netzes, zwischen 3,3 und 14,3 Mrd. € für den Aufbau von 2 zusätzlichen Netzen und zwischen 4,9 und 21,5 Mrd. € für den Aufbau von drei zusätzlichen Netzen.

Vergleicht man die Duplizierungskosten im 4-Faser-Modell mit den Kosten für den stand-alone Ausbau im 1-Faser-Modell, liegen die Mehrkosten im 4-Faser-Modell zwischen 5,8 und 10,6 Mrd. € für den Aufbau eines 2. Netzes, zwischen 7,4 und 17,8 Mrd. € für den Aufbau von 2 zusätzlichen Netzen und zwischen 9,1 und 25,0 Mrd. € für den Aufbau von drei zusätzlichen Netzen.

Die Ausbaurkosten der FTTH P2P und FTTH GPON über P2P Netzarchitektur im 4-Faser-Modell liegen sogar beim Ausbau von insgesamt 4 Netzen mit 74,4 Mrd. € (FTTH P2P) bzw. 72,2 Mrd. € (GPON über P2P) noch weit unter den Auskosten der Mitnutzung als dem günstigsten Duplizierungsszenario im 1-Faser-Modell, die sich auf 77 Mrd. € bei FTTH P2P bzw. 75,3 Mrd. € bei FTTH GPON über P2P belaufen und bei dem insgesamt „nur“ 2 parallele Netze geschaffen werden.

## 4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

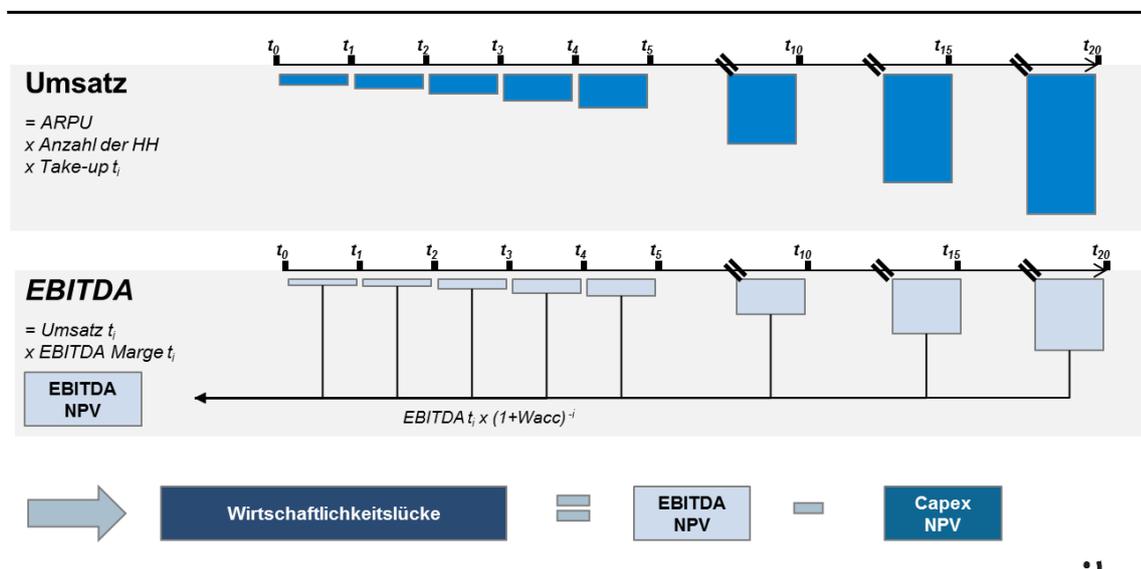
Nachdem wir im vorangegangenen Kapitel bereits die Kostenseite des Glasfaserausbaus abgebildet haben, soll dieser in diesem Kapitel die Einnahmenseite gegenübergestellt werden, um die Wirtschaftlichkeit des Invests und den Umfang, in dem ein eigenwirtschaftlicher Ausbau möglich ist, zu bestimmen. Dazu wenden wir ein Discounted Cashflow Modell an, das bereits in vorhergehenden WIK Studien zur Anwendung kam<sup>105</sup> und dessen Aufbau und Input Parameter sich wie folgt darstellen.

### 4.1 Modellaufbau

#### 4.1.1 DCF Modell – Rechenansatz

Zur Bestimmung der Wirtschaftlichkeitslücke werden die in Kapitel 3 berechneten diskontierten CAPEX von den diskontierten Cashflows subtrahiert. Diese ergeben sich aus dem Produkt des Umsatzes mit der EBITDA<sup>106</sup>-Marge. Die Diskontierung erfolgt auch hier auf Basis des WACC. Die Methodik des DCF-Modells entspricht einer Business Case-Betrachtung. Der Rechenansatz des Modells ist in der folgenden Grafik für ein beliebiges Cluster dargestellt.

Abbildung 4-1: Rechenansatz des DCF Modells



Quelle: WIK.

<sup>105</sup> Vgl. z. B. Wernick, Christian; Queder, Fabian; Strube Martins, Sonia; Gries, Christin; unter Mitwirkung von Holznagel, Bernd (2017): Ansätze zur FTTH-Erschließung unterversorgter Gebiete, Studie für den DIHK Deutscher Industrie- und Handelskammertag e.V., Bad Honnef, August 2017, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2017/2017\\_DIHK\\_Studie.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2017/2017_DIHK_Studie.pdf).

<sup>106</sup> Earnings before interests, taxes, depreciation and amortisation; Ergebnis vor Zinsen, Steuern, und Abschreibungen auf Sachanlagen und immaterielle Vermögensgegenstände.

Die verwendeten Input-Parameter sind in der folgenden Darstellung abgebildet.

Abbildung 4-2: Input-Variablen DCF Modell

<b>WACC</b>	<b>Modell-Input:</b> 4,87% WACC Festnetz geglättet, seit 30.06.2018, BNetzA
<b>EBITDA</b>	<b>Modell-Input:</b> 39,7% GB DTAG 2018 (EBITDA-Marge gesamt)
<b>ARPU</b>	<b>Modell-Input:</b> 38,00 € für alle Cluster <b>Alternativszenario:</b> 38,00 € Cluster 1-10 42,00 € Cluster 11-20
<b>Betrachtungshorizont</b>	<b>Modell-Input:</b> 20 Jahre
<b>Take-up</b>	<b>Modell-Input:</b> Finaler Take-up Cluster 1: 55% Finaler Take-up Cluster 20: 80% Finaler Take-up erreicht nach 8 Jahren

Quelle: WIK.

## WACC

Für die Abzinsung der Cashflows wurde wie für die Abzinsung der CAPEX der seit dem 30.06.2018 gültige von der BNetzA festgesetzte WACC Festnetz geglättet in Höhe von 4,87% verwendet.

## EBITDA Marge

Im Modell wurde eine EBITDA Marge in Höhe von 39,7% angesetzt. Diese entspricht der EBITDA-Marge gesamt der Deutschen Telekom AG gemäß ihrem Geschäftsbericht 2018. Wir unterstellen auf Basis unserer Marktkenntnisse, dass diese EBITDA Marge der marktüblichen EBITDA Marge eines integrierten Anbieters entspricht.<sup>107</sup>

## ARPU

In den letzten 10 Jahren beobachten wir auf dem Breitbandmarkt, dass sich die durchschnittlichen Preise für Breitbandprodukte auf annähernd konstantem Niveau bewegen,

<sup>107</sup> Deutsche Telekom (2019): DEUTSCHE TELEKOM DAS GESCHÄFTSJAHRE 2018, S.24, elektronisch verfügbar unter: <https://www.telekom.com/resource/blob/559490/fcdc7294e70549c5faf53870bc72f8af/dl-190221-q4-18-pdf-data.pdf>.

während die Leistungsfähigkeit der Anschlüsse, insbesondere mit Blick auf die Bandbreite, immer weiter ansteigt. Im Rahmen einer WIK-Studie aus dem Jahr 2011 zum flächendeckenden Glasfaserausbau und seines Subventionsbedarfes haben wir einen durchschnittlichen ARPU in Höhe von 38 € ermittelt.<sup>108</sup> Dieser setzt sich zusammen aus Privatkundenumsätzen (Mix aus Single-, Double- und Triple-Play Produkten) sowie aus den durchschnittlichen Geschäftskundenumsätzen.<sup>109</sup> Eine aktuellere WIK Studie aus dem Jahr 2017 ermittelte einen durchschnittlichen ARPU von 37,58 € je Kunde und Monat.<sup>110</sup> Daher haben wir den Berechnungen in dieser Studie ebenfalls einen ARPU in Höhe von 38 € zugrunde gelegt.

Da in der Praxis zu beobachten ist, dass die Zahlungsbereitschaft in ländlichen Gebieten mit einer schlechten Breitbandversorgung zum Teil höher ist als in besser versorgten städtischen Gebieten,<sup>111</sup> haben wir als Sensitivität ein Szenario berechnet, in dem der ARPU in den Clustern 11-20 um 4 € höher liegt als in den Clustern 1-10.

### Betrachtungshorizont

Wir unterstellen aus Gründen der Vergleichbarkeit in allen Szenarien einen Betrachtungshorizont von 20 Jahren. Es sei allerdings darauf hingewiesen, dass bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeitslücke im Rahmen von geförderten Projekten in Deutschland häufig ein Betrachtungshorizont von 7 Jahren angewendet wird.<sup>112</sup> Zudem ist bei einigen privaten Investoren eine Berechnung des Business Cases auf 7 Jahre ebenfalls nicht unüblich. Der Ansatz eines Betrachtungshorizonts von 20 Jahren ist daher als eher konservativer Ansatz zu werten.

### Take-up

Die getrennt für jedes Cluster erfolgende Modellierung der dynamischen Take-ups entspricht den Annahmen, die in Kapitel 3 den Berechnungen des Invests zugrunde gelegt wurden.

<sup>108</sup> Siehe z. B. Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf; WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359, Bad Honnef, Oktober 2011.

<sup>109</sup> Privatkundenumsätze bestehend aus: 1. Reinem Telefonanschluss, ARPU 17 €, Anteil 10%; 2. Telefonanschluss mit Festnetzflatrate und Internet, ARPU 30 €, Anteil 45 €, Telefonanschluss mit Festnetzflatrate, Internet und IPTV, ARPU 40 €, Anteil 35%; Geschäftskundenanschlüsse: ARPU 88 €, Anteil 10%.

<sup>110</sup> Sprache, ARPU 17 €, Anteil 10 %; Sprache und Breitband, ARPU 30 €, Anteil 47%; Sprache, Breitband und IPTV, ARPU 40 €, Anteil 35%; Geschäftskunden, ARPU 88 €, Anteil 7,83%; Leased Lines, ARPU 525 €, Anteil 0,17%, vgl. Queder; Fabian; Ockenfels, Martin; Wernick, Christian; Plückebaum, Thomas (2017): Flächendeckende Glasfasernetze für Bayern, Studie für die Bayerische Landtagsfraktion von Bündnis 90 / Die Grünen, Bad Honnef, 01.12.2017, S. 29, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Buendnis\\_90\\_Glasfaserausbau.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Buendnis_90_Glasfaserausbau.pdf).

<sup>111</sup> Vgl. z. B. Wernick, Christian; Henseler-Unger, Iris; unter Mitarbeit von Strube Martins, Sonia (2016): Erfolgsfaktoren beim FTTB/H Ausbau, Studie für den BREKO, Bad Honnef, Mai 2016, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2016/WIK-Studie\\_-\\_Erfolgsfaktoren\\_FTTB-FTTH-Ausbau.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2016/WIK-Studie_-_Erfolgsfaktoren_FTTB-FTTH-Ausbau.pdf).

<sup>112</sup> Vgl. Queder; Fabian; Ockenfels, Martin; Wernick, Christian; Plückebaum, Thomas (2017): Flächendeckende Glasfasernetze für Bayern, Studie für die Bayerische Landtagsfraktion von Bündnis 90 / Die Grünen, Bad Honnef, 01.12.2017, Seite 29, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Buendnis\\_90\\_Glasfaserausbau.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Buendnis_90_Glasfaserausbau.pdf).

## Restwertansatz

Die von uns gewählte Methodik des DCF-Modells entspricht einer Business Case-Betrachtung. Ziel ist es, eine Investitionsentscheidung so realistisch wie möglich abzubilden. Aus Investorensicht wird der Restwert des Invests nach einer Laufzeit von 20 Jahren als Upside und/oder als Risikoabsicherung angesehen und daher in den Berechnungen nicht abgebildet. Wir sind in unseren Annahmen dieser Investorenlogik gefolgt.

## 4.2 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse unserer Wirtschaftlichkeitsberechnungen für alle betrachteten Szenarien und Ausbautopologien abgebildet. In der linken Tabelle sind jeweils die Ergebnisse unter der Annahme eines einheitlichen ARPU in Höhe von 38 € dargestellt. Die rechte Tabelle zeigt jeweils die Ergebnisse der Berechnungen, bei denen der ARPU in den Clustern 11-20 um einen regionalen Aufschlag in Höhe von 4 € erhöht wurde. In der jeweils linken Spalte der Tabellen ist die Wirtschaftlichkeitslücke für den stand-alone Ausbau abgebildet. Die jeweils rechte Spalte enthält die Daten zum entsprechenden Ausbauszenario.

In den rot gefärbten Clustern ist ein eigenwirtschaftlicher Ausbau nicht möglich. Die Wirtschaftlichkeitslücke gesamt ergibt sich aus dem Saldo über alle Cluster, diese enthält also eine Quersubvention der dichten in die dünn besiedelten Cluster. Hierbei handelt es sich um eine wohlfahrtsoptimierte Sichtweise. In der Realität ist eher zu erwarten, dass Netzbetreiber nur die profitablen (grünen) Cluster eigenwirtschaftlich ausbauen werden und ein Ausbau in den nicht profitablen Clustern nur dann stattfindet, wenn die komplette Deckungslücke für das jeweilige Cluster durch die öffentliche Hand ausgeglichen wird.<sup>113</sup>

---

<sup>113</sup> Vgl. Wernick, Christian; Bender, Christian (2017): The Role of Municipalities for Broadband Deployment in Rural Areas in Germany: An Economic Perspective, in DigiWorld Economic Journal. 2017 1st Quarter, Vol. 105, pp. 91-110, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2016/Study\\_Role\\_of\\_municipalities\\_for\\_broadband\\_deployment\\_in\\_rural\\_areas.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2016/Study_Role_of_municipalities_for_broadband_deployment_in_rural_areas.pdf).

## 4.2.1 1-Faser-Modell: Stand-alone und Parallelausbau

## FTTH P2P – 1-Faser-Modell

Tabelle 4-1: Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH P2P  
Szenario Parallelausbau

ARPU Cluster 1-20: 38 €			ARPU Cluster 1-10: 38 € ARPU Cluster 11-20: 42 €		
Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation	Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation
1	602.058.452	-957.405.751	1	602.058.452	-957.405.751
2	340.224.271	-1.522.986.746	2	340.224.271	-1.522.986.746
3	253.574.479	-1.768.357.033	3	253.574.479	-1.768.357.033
4	264.571.554	-1.784.361.102	4	264.571.554	-1.784.361.102
5	215.899.669	-1.952.111.084	5	215.899.669	-1.952.111.084
6	230.826.869	-1.965.284.645	6	230.826.869	-1.965.284.645
7	181.518.058	-2.128.244.514	7	181.518.058	-2.128.244.514
8	52.696.278	-2.428.715.881	8	52.696.278	-2.428.715.881
9	53.388.456	-2.482.438.067	9	53.388.456	-2.482.438.067
10	-94.898.635	-2.823.943.322	10	-94.898.635	-2.823.943.322
11	-119.533.843	-2.935.343.943	11	211.854.750	-2.603.955.349
12	-87.066.168	-2.926.760.042	12	251.241.123	-2.588.452.751
13	-146.926.100	-3.069.999.213	13	194.264.672	-2.728.808.442
14	-129.707.426	-3.141.697.517	14	224.520.284	-2.787.469.807
15	-140.801.638	-3.182.825.954	15	215.746.666	-2.826.277.650
16	-130.908.282	-3.227.332.315	16	233.534.280	-2.862.889.753
17	1.983.488	-3.007.806.623	17	372.103.791	-2.637.686.320
18	-464.463.256	-3.998.674.236	18	-87.225.472	-3.621.436.452
19	-944.561.185	-5.013.182.539	19	-560.656.004	-4.629.277.358
20	-2.337.376.230	-7.863.360.080	20	-1.945.546.023	-7.471.529.873
<b>Gesamt</b>	<b>-2.399.501.192</b>	<b>-58.180.830.609</b>	<b>Gesamt</b>	<b>1.209.697.517</b>	<b>-54.571.631.900</b>

Quelle: WIK.

Bei einem bundeseinheitlichen ARPU in Höhe von 38 € ergibt sich in unserem Modell für den stand-alone Ausbau von FTTH P2P im 1-Faser-Modell eine Wirtschaftlichkeitslücke in Höhe von 2,4 Mrd. €, die sich beim parallelen Ausbau auf 58,2 Mrd. € erhöht.

Während beim stand-alone Ausbau die eigenwirtschaftliche Erschließung von Cluster 1-9 sowie Cluster 17<sup>114</sup> möglich ist, ist diese im Szenario Parallelausbau in keinem Clus-

**114** Bei Betrachtung der Ergebnisse fällt auf, dass das Cluster 17 im stand-alone Ausbau bei einheitlichem ARPU eigenwirtschaftlich erschließbar ist, während die stärker besiedelten Cluster 10-16 nicht eigenwirtschaftlich erschließbar sind. Zudem fällt in einigen weniger dicht besiedelten Clustern die Wirtschaftlichkeitslücke etwas geringer aus als in einigen etwas dichter besiedelten Clustern. Diese Ergebnisse sind zwei Umständen geschuldet:

Zum einen haben wir für die eher ländlicheren Cluster eine höhere Zielpenetration unterstellt als in den städtischen Clustern. Den höheren Invests in ländlichen Clustern stehen daher auch höhere Einnahmen gegenüber, so dass sich die ergebenden Wirtschaftlichkeitslücken in städtischen und ländlichen Clustern teilweise etwas angleichen.

Zum anderen ist dies der Art der Clusterbildung geschuldet. Diese sagt zwar aus, dass sich in Cluster 17 die gleiche Anzahl an Haushalten auf eine größere Fläche verteilt und die Bevölkerungsdichte damit geringer ist als in den darüber liegenden Clustern. Dies erlaubt uns allerdings keine Aussage über die Topologie innerhalb der einzelnen Cluster. Es ist möglich, dass sich die Haushalte in einem dichter besiedelten Cluster kleinteilig über die gesamte Fläche verteilen und sich in einem dünner besiedelten Cluster neben kleinteilig verteilten Haushalten auch mehrere Ballungspunkte befinden, die den

ter mehr möglich. Dies gilt auch beim Ansatz eines regionalen Aufschlags auf den ARPU, allerdings verringert sich hier die Wirtschaftlichkeitslücke um 3,6 Mrd. € auf 54,6 Mrd. €. Im stand-alone Ausbau bewirkt der regionale Aufschlag, dass sich im Vergleich zum Szenario mit einheitlichem ARPU zusätzlich Cluster 11-16 eigenwirtschaftlich erschließen lassen.

**FTTH GPON über P2P**

Tabelle 4-2: Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH GPON über P2P  
Szenario Parallelausbau

ARPU Cluster 1-20: 38 €			ARPU Cluster 1-10: 38 € ARPU Cluster 11-20: 42 €		
Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation	Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation
1	667.933.925	-888.535.718	1	667.933.925	-888.535.718
2	407.193.505	-1.453.136.441	2	407.193.505	-1.453.136.441
3	322.839.083	-1.696.000.108	3	322.839.083	-1.696.000.108
4	334.762.566	-1.711.244.371	4	334.762.566	-1.711.244.371
5	288.321.474	-1.876.567.788	5	288.321.474	-1.876.567.788
6	304.313.558	-1.888.850.443	6	304.313.558	-1.888.850.443
7	257.081.574	-2.049.514.790	7	257.081.574	-2.049.514.790
8	129.601.286	-2.348.535.860	8	129.601.286	-2.348.535.860
9	131.340.297	-2.401.753.654	9	131.340.297	-2.401.753.654
10	-15.511.219	-2.741.681.240	10	-15.511.219	-2.741.681.240
11	-38.309.860	-2.851.201.572	11	293.078.733	-2.519.812.979
12	-3.899.444	-2.840.356.953	12	334.407.848	-2.502.049.661
13	-63.404.468	-2.983.557.610	13	277.786.304	-2.642.366.838
14	-42.704.147	-3.051.362.289	14	311.523.563	-2.697.134.579
15	-53.968.485	-3.093.369.128	15	302.579.819	-2.736.820.824
16	-41.762.344	-3.135.104.378	16	322.680.218	-2.770.661.817
17	92.284.616	-2.914.599.156	17	462.404.920	-2.544.478.853
18	-372.075.640	-3.902.964.456	18	5.162.144	-3.525.726.672
19	-852.144.138	-4.918.978.125	19	-468.238.957	-4.535.072.943
20	-2.243.981.202	-7.769.060.637	20	-1.852.150.994	-7.377.230.429
<b>Gesamt</b>	<b>-792.089.061</b>	<b>-56.516.374.715</b>	<b>Gesamt</b>	<b>2.817.109.647</b>	<b>-52.907.176.007</b>

Quelle: WIK.

Beim stand-alone Ausbau von FTTH GPON über P2P ergibt sich bei bundesweit einheitlichem ARPU eine Wirtschaftlichkeitslücke in Höhe von 0,8 Mrd. €. Dagegen ergibt sich bei regionalem Aufschlag sogar ein Überschuss in Höhe von 2,8 Mrd. €. Während im ersten Fall die eigenwirtschaftliche Erschließung von Cluster 1-9 sowie Cluster 17 möglich ist, ist diese im zweiten Fall zusätzlich auch für Cluster 11-16 und 18 realisierbar.

Ausbau in diesem Cluster insgesamt günstiger machen. Dies kann in Einzelfällen dazu führen, dass ein insgesamt dichter besiedeltes Cluster höhere Ausbaukosten verursacht, als ein weniger dicht besiedeltes Cluster (Beispiele dazu siehe CEF2 Workshop DG CNECT, Funding the Gigabit Society, Brüssel, 01.10.2019).

Ein Parallelausbau ist mit einer Wirtschaftlichkeitslücke in Höhe von 56,5 Mrd. € (einheitlicher ARPU) bzw. 52,9 Mrd. € (regional differenzierter ARPU) in keinem Cluster realisierbar.

### FTTH PtMP (PON)

Tabelle 4-3: Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH PtMP (PON)  
Szenario Parallelausbau

ARPU Cluster 1-20: 38 €			ARPU Cluster 1-10: 38 € ARPU Cluster 11-20: 42 €		
Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation	Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation
1	614.844.050	-1.135.951.497	1	614.844.050	-1.135.951.497
2	388.457.817	-1.634.548.472	2	388.457.817	-1.634.548.472
3	305.457.529	-1.879.377.932	3	305.457.529	-1.879.377.932
4	328.834.867	-1.874.162.669	4	328.834.867	-1.874.162.669
5	292.859.528	-2.023.118.350	5	292.859.528	-2.023.118.350
6	317.197.519	-2.021.485.055	6	317.197.519	-2.021.485.055
7	265.826.633	-2.194.593.732	7	265.826.633	-2.194.593.732
8	152.318.027	-2.468.433.557	8	152.318.027	-2.468.433.557
9	152.035.313	-2.529.257.670	9	152.035.313	-2.529.257.670
10	50.640.332	-2.781.170.945	10	50.640.332	-2.781.170.945
11	30.193.280	-2.890.008.108	11	361.581.873	-2.558.619.515
12	72.490.621	-2.867.032.274	12	410.797.913	-2.528.724.983
13	48.683.260	-2.940.339.667	13	389.874.032	-2.599.148.895
14	81.579.314	-2.990.639.467	14	435.807.024	-2.636.411.757
15	114.664.319	-2.945.150.898	15	471.212.623	-2.588.602.594
16	128.373.712	-2.988.038.052	16	492.816.274	-2.623.595.490
17	308.984.223	-2.677.388.712	17	679.104.527	-2.307.268.409
18	-125.467.023	-3.609.681.841	18	251.770.761	-3.232.444.056
19	-489.526.558	-4.397.184.531	19	-105.621.377	-4.013.279.350
20	-1.631.638.085	-6.751.988.964	20	-1.239.807.877	-6.360.158.757
<b>Gesamt</b>	<b>1.406.808.679</b>	<b>-55.599.552.395</b>	<b>Gesamt</b>	<b>5.016.007.388</b>	<b>-51.990.353.686</b>

Quelle: WIK.

Beim stand-alone Ausbau von FTTH PtMP (PON) ergibt sich sowohl bei einheitlichem als auch regionalem ARPU in Summe keine Wirtschaftlichkeitslücke. Dennoch lassen sich ohne Quersubventionierung zwischen den unterschiedlichen Clustern im Falle eines einheitlichen ARPU die Cluster 18-20 nicht eigenwirtschaftlich ausbauen, bei regionalem ARPU reduzieren sich die nicht eigenwirtschaftlich erschließbaren Cluster auf die Cluster 19 und 20.

Ein Parallelausbau ist mit einer Wirtschaftlichkeitslücke in Höhe von 55,6 Mrd. € (einheitlicher ARPU) bzw. 52 Mrd. € (regional differenzierter ARPU) in keinem Cluster realisierbar.

### 4.2.2 1-Faser-Modell: Mitverlegung

#### FTTH P2P

Tabelle 4-4: Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH P2P  
Szenario Mitverlegung

ARPU Cluster 1-20: 38 €			ARPU Cluster 1-10: 38 € ARPU Cluster 11-20: 42 €		
Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation	Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation
1	602.058.452	308.649.199	1	602.058.452	308.649.199
2	340.224.271	-3.859.328	2	340.224.271	-3.859.328
3	253.574.479	-122.314.771	3	253.574.479	-122.314.771
4	264.571.554	-124.313.212	4	264.571.554	-124.313.212
5	215.899.669	-203.898.859	5	215.899.669	-203.898.859
6	230.826.869	-213.438.876	6	230.826.869	-213.438.876
7	181.518.058	-296.576.071	7	181.518.058	-296.576.071
8	52.696.278	-471.480.450	8	52.696.278	-471.480.450
9	53.388.456	-497.921.252	9	53.388.456	-497.921.252
10	-94.898.635	-703.660.754	10	-94.898.635	-703.660.754
11	-119.533.843	-770.261.152	11	211.854.750	-438.872.558
12	-87.066.168	-774.509.143	12	251.241.123	-436.201.851
13	-146.926.100	-886.508.317	13	194.264.672	-545.317.545
14	-129.707.426	-934.173.141	14	224.520.284	-579.945.431
15	-140.801.638	-1.007.038.189	15	215.746.666	-650.489.885
16	-130.908.282	-1.081.752.047	16	233.534.280	-717.309.485
17	1.983.488	-1.001.915.438	17	372.103.791	-631.795.134
18	-464.463.256	-1.639.277.387	18	-87.225.472	-1.262.039.603
19	-944.561.185	-2.293.606.048	19	-560.656.004	-1.909.700.867
20	-2.337.376.230	-4.131.437.633	20	-1.945.546.023	-3.739.607.426
<b>Gesamt</b>	<b>-2.399.501.192</b>	<b>-16.849.292.868</b>	<b>Gesamt</b>	<b>1.209.697.517</b>	<b>-13.240.094.159</b>

Quelle: WIK.

Beim Ausbau von FTTH P2P ist im Rahmen der Mitverlegung sowohl unter Zugrundelegung eines einheitlichen als auch eines regionalen ARPU nur Cluster 1 eigenwirtschaftlich ausbaubar. Die Wirtschaftlichkeitslücke liegt bei 16,8 Mrd. € (einheitlicher ARPU) bzw. 13,2 Mrd. € (regional differenzierter ARPU).

## FTTH GPON über P2P

Tabelle 4-5: Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH GPON über P2P  
Szenario Mitverlegung

ARPU Cluster 1-20: 38 €			ARPU Cluster 1-10: 38 € ARPU Cluster 11-20: 42 €		
Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation	Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation
1	667.933.925	377.519.232	1	667.933.925	377.519.232
2	407.193.505	65.990.977	2	407.193.505	65.990.977
3	322.839.083	-49.957.845	3	322.839.083	-49.957.845
4	334.762.566	-51.196.481	4	334.762.566	-51.196.481
5	288.321.474	-128.355.563	5	288.321.474	-128.355.563
6	304.313.558	-137.004.674	6	304.313.558	-137.004.674
7	257.081.574	-217.846.347	7	257.081.574	-217.846.347
8	129.601.286	-391.300.429	8	129.601.286	-391.300.429
9	131.340.297	-417.236.839	9	131.340.297	-417.236.839
10	-15.511.219	-621.398.672	10	-15.511.219	-621.398.672
11	-38.309.860	-686.118.781	11	293.078.733	-354.730.188
12	-3.899.444	-688.106.053	12	334.407.848	-349.798.762
13	-63.404.468	-800.066.713	13	277.786.304	-458.875.941
14	-42.704.147	-843.837.912	14	311.523.563	-489.610.202
15	-53.968.485	-917.581.363	15	302.579.819	-561.033.059
16	-41.762.344	-989.524.110	16	322.680.218	-625.081.548
17	92.284.616	-908.707.971	17	462.404.920	-538.587.667
18	-372.075.640	-1.543.567.607	18	5.162.144	-1.166.329.823
19	-852.144.138	-2.199.401.634	19	-468.238.957	-1.815.496.453
20	-2.243.981.202	-4.037.138.190	20	-1.852.150.994	-3.645.307.982
<b>Gesamt</b>	<b>-792.089.061</b>	<b>-15.184.836.974</b>	<b>Gesamt</b>	<b>2.817.109.647</b>	<b>-11.575.638.266</b>

Quelle: WIK.

Die Wirtschaftlichkeitslücke im Rahmen der Mitverlegung beim Ausbau von FTTH GPON über P2P liegt bei 15,2 Mrd. € (einheitlicher ARPU) bzw. 11,6 Mrd. € (regional differenzierter ARPU). Sowohl bei einheitlichem als auch bei regional differenziertem ARPU sind nur die ersten beiden Cluster eigenwirtschaftlich duplizierbar.

**FTTH PtMP (PON)**

Tabelle 4-6: Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH PtMP (PON)  
Szenario Mitverlegung

ARPU Cluster 1-20: 38 €			ARPU Cluster 1-10: 38 € ARPU Cluster 11-20: 42 €		
Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation	Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation
1	614.844.050	70.919.897	1	614.844.050	70.919.897
2	388.457.817	-190.944.892	2	388.457.817	-190.944.892
3	305.457.529	-320.406.223	3	305.457.529	-320.406.223
4	328.834.867	-303.060.883	4	328.834.867	-303.060.883
5	292.859.528	-358.912.095	5	292.859.528	-358.912.095
6	317.197.519	-358.431.405	6	317.197.519	-358.431.405
7	265.826.633	-463.303.356	7	265.826.633	-463.303.356
8	152.318.027	-621.517.147	8	152.318.027	-621.517.147
9	152.035.313	-660.850.265	9	152.035.313	-660.850.265
10	50.640.332	-792.212.598	10	50.640.332	-792.212.598
11	30.193.280	-864.809.410	11	361.581.873	-533.420.816
12	72.490.621	-862.211.427	12	410.797.913	-523.904.136
13	48.683.260	-916.644.166	13	389.874.032	-575.453.394
14	81.579.314	-955.387.126	14	435.807.024	-601.159.416
15	114.664.319	-954.090.581	15	471.212.623	-597.542.277
16	128.373.712	-1.041.618.195	16	492.816.274	-677.175.633
17	308.984.223	-877.363.766	17	679.104.527	-507.243.462
18	-125.467.023	-1.516.996.484	18	251.770.761	-1.139.758.700
19	-489.526.558	-2.008.722.577	19	-105.621.377	-1.624.817.395
20	-1.631.638.085	-3.557.122.706	20	-1.239.807.877	-3.165.292.498
<b>Gesamt</b>	<b>1.406.808.679</b>	<b>-17.553.685.404</b>	<b>Gesamt</b>	<b>5.016.007.388</b>	<b>-13.944.486.696</b>

Quelle: WIK.

Bei der Duplikation von FTTH PtMP (PON) im Rahmen der Mitverlegung ist nur Cluster 1 eigenwirtschaftlich erschließbar. Dies gilt sowohl bei einem einheitlichen als auch einem regional differenziertem ARPU, da sich dieser nur in der Wirtschaftlichkeitslücke der Cluster 11-20 und in der Wirtschaftlichkeitslücke gesamt niederschlägt. Diese liegt bei 17,6 Mrd. € (einheitlicher ARPU) bzw. 13,9 Mrd. € (regional differenzierter ARPU).

## 4.2.3 1-Faser-Modell: Mitnutzung

## FTTH P2P

Tabelle 4-7: Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH P2P  
Szenario Mitnutzung

ARPU Cluster 1-20: 38 €			ARPU Cluster 1-10: 38 € ARPU Cluster 11-20: 42 €		
Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation	Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation
1	602.058.452	376.580.535	1	602.058.452	376.580.535
2	340.224.271	77.650.842	2	340.224.271	77.650.842
3	253.574.479	-33.994.869	3	253.574.479	-33.994.869
4	264.571.554	-35.241.826	4	264.571.554	-35.241.826
5	215.899.669	-110.096.934	5	215.899.669	-110.096.934
6	230.826.869	-119.441.990	6	230.826.869	-119.441.990
7	181.518.058	-198.296.226	7	181.518.058	-198.296.226
8	52.696.278	-366.463.194	8	52.696.278	-366.463.194
9	53.388.456	-391.440.188	9	53.388.456	-391.440.188
10	-94.898.635	-589.895.055	10	-94.898.635	-589.895.055
11	-119.533.843	-654.091.656	11	211.854.750	-322.703.062
12	-87.066.168	-659.028.154	12	251.241.123	-320.720.862
13	-146.926.100	-769.351.117	13	194.264.672	-428.160.345
14	-129.707.426	-815.726.403	14	224.520.284	-461.498.693
15	-140.801.638	-890.294.308	15	215.746.666	-533.746.004
16	-130.908.282	-966.628.977	16	233.534.280	-602.186.415
17	1.983.488	-894.287.513	17	372.103.791	-524.167.209
18	-464.463.256	-1.512.681.793	18	-87.225.472	-1.135.444.009
19	-944.561.185	-2.147.684.686	19	-560.656.004	-1.763.779.505
20	-2.337.376.230	-3.931.197.923	20	-1.945.546.023	-3.539.367.716
<b>Gesamt</b>	<b>-2.399.501.192</b>	<b>-14.631.611.434</b>	<b>Gesamt</b>	<b>1.209.697.517</b>	<b>-11.022.412.726</b>

Quelle: WIK.

Beim Ausbau von FTTH P2P im Rahmen der Mitnutzung sind in beiden ARPU Szenarien die Cluster 1 und 2 eigenwirtschaftlich ausbaubar. Die Wirtschaftlichkeitslücke gesamt unterscheidet sich und liegt bei 14,6 Mrd. € (einheitlicher ARPU) bzw. 11,0 Mrd. € (regional differenzierter ARPU).

**FTTH GPON über P2P**

Tabelle 4-8: Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH GPON über P2P  
Szenario Mitnutzung

ARPU Cluster 1-20: 38 €			ARPU Cluster 1-10: 38 € ARPU Cluster 11-20: 42 €		
Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation	Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation
1	667.933.925	445.450.568	1	667.933.925	445.450.568
2	407.193.505	147.501.147	2	407.193.505	147.501.147
3	322.839.083	38.362.057	3	322.839.083	38.362.057
4	334.762.566	37.874.906	4	334.762.566	37.874.906
5	288.321.474	-34.553.638	5	288.321.474	-34.553.638
6	304.313.558	-43.007.788	6	304.313.558	-43.007.788
7	257.081.574	-119.566.502	7	257.081.574	-119.566.502
8	129.601.286	-286.283.173	8	129.601.286	-286.283.173
9	131.340.297	-310.755.775	9	131.340.297	-310.755.775
10	-15.511.219	-507.632.973	10	-15.511.219	-507.632.973
11	-38.309.860	-569.949.285	11	293.078.733	-238.560.692
12	-3.899.444	-572.625.064	12	334.407.848	-234.317.773
13	-63.404.468	-682.909.513	13	277.786.304	-341.718.742
14	-42.704.147	-725.391.174	14	311.523.563	-371.163.464
15	-53.968.485	-800.837.482	15	302.579.819	-444.289.178
16	-41.762.344	-874.401.040	16	322.680.218	-509.958.478
17	92.284.616	-801.080.046	17	462.404.920	-430.959.742
18	-372.075.640	-1.416.972.013	18	5.162.144	-1.039.734.229
19	-852.144.138	-2.053.480.272	19	-468.238.957	-1.669.575.090
20	-2.243.981.202	-3.836.898.480	20	-1.852.150.994	-3.445.068.272
<b>Gesamt</b>	<b>-792.089.061</b>	<b>-12.967.155.540</b>	<b>Gesamt</b>	<b>2.817.109.647</b>	<b>-9.357.956.832</b>

Quelle: WIK.

Die Duplikation von FTTH GPON über P2P im Rahmen der Mitnutzung ermöglicht den eigenwirtschaftlichen Ausbau von Cluster 1-4. Die Wirtschaftlichkeitslücke liegt mit regionalem Aufschlag bei 9,4 Mrd. €, mit einheitlichem ARPU bei 13 Mrd. €.

**FTTH PtMP (PON)**

Tabelle 4-9: Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH PtMP (PON)  
Szenario Mitnutzung

ARPU Cluster 1-20: 38 €			ARPU Cluster 1-10: 38 € ARPU Cluster 11-20: 42 €		
Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation	Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation
1	614.844.050	135.675.684	1	614.844.050	135.675.684
2	388.457.817	-113.487.022	2	388.457.817	-113.487.022
3	305.457.529	-236.758.171	3	305.457.529	-236.758.171
4	328.834.867	-218.761.981	4	328.834.867	-218.761.981
5	292.859.528	-269.617.587	5	292.859.528	-269.617.587
6	317.197.519	-269.198.742	6	317.197.519	-269.198.742
7	265.826.633	-370.409.388	7	265.826.633	-370.409.388
8	152.318.027	-522.419.159	8	152.318.027	-522.419.159
9	152.035.313	-560.599.158	9	152.035.313	-560.599.158
10	50.640.332	-685.493.220	10	50.640.332	-685.493.220
11	30.193.280	-756.145.522	11	361.581.873	-424.756.929
12	72.490.621	-754.640.932	12	410.797.913	-416.333.641
13	48.683.260	-808.060.934	13	389.874.032	-466.870.163
14	81.579.314	-846.183.801	14	435.807.024	-491.956.091
15	114.664.319	-847.258.420	15	471.212.623	-490.710.116
16	128.373.712	-937.181.258	16	492.816.274	-572.738.696
17	308.984.223	-780.781.782	17	679.104.527	-410.661.478
18	-125.467.023	-1.404.711.539	18	251.770.761	-1.027.473.755
19	-489.526.558	-1.880.567.468	19	-105.621.377	-1.496.662.286
20	-1.631.638.085	-3.385.699.237	20	-1.239.807.877	-2.993.869.029
<b>Gesamt</b>	<b>1.406.808.679</b>	<b>-15.512.299.638</b>	<b>Gesamt</b>	<b>5.016.007.388</b>	<b>-11.903.100.929</b>

Quelle: WIK.

Bei der Mitverlegung von FTTH PtMP (PON) ist lediglich Cluster 1 eigenwirtschaftlich duplizierbar. Die Wirtschaftlichkeitslücke liegt bei 15,5 Mrd. € (einheitlicher ARPU) bzw. 11,9 Mrd. € (regional differenzierter ARPU).

**4.2.4 4-Faser-Modell****FTTH P2P**

Da die Duplikationskosten für den Aufbau eines weiteren Netzes im 4-Faser-Modell im Vergleich zum 1-Faser-Modell relativ gering sind, haben wir für das 4-Faser-Modell ebenfalls die Wirtschaftlichkeitslücke für den Aufbau eines 3. und 4. Netzes berechnet. Die folgende Tabelle zeigt die Wirtschaftlichkeitslücke beim Ausbau von FTTH P2P im 4-Faser-Modell für 1 Netz (1. Spalte) bis zu 4 Netzen (4. Spalte).

Tabelle 4-10: Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH P2P  
Szenario 4-Faser-Modell: Ausbau von 2, 3 und 4 Netzen

ARPU Cluster 1-20: 38 €				
Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation durch 1 Operator => 2 parallele Netze	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation durch 2 Operator => 3 parallele Netze	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation durch 3 Operator => 4 parallele Netze
1	517.129.787	433.999.648	350.869.509	267.739.370
2	239.975.602	157.305.848	74.636.094	-8.033.660
3	141.107.212	56.318.255	-28.470.702	-113.259.658
4	148.142.628	63.837.716	-20.467.197	-104.772.109
5	106.415.160	21.896.109	-62.622.942	-147.141.993
6	113.141.694	28.507.849	-56.125.996	-140.759.842
7	50.702.373	-36.677.277	-124.056.927	-211.436.577
8	-91.309.874	-177.009.361	-262.708.849	-348.408.337
9	-101.917.971	-188.287.890	-274.657.808	-361.027.726
10	-271.276.747	-357.946.280	-444.615.812	-531.285.344
11	-312.674.797	-400.111.096	-487.547.396	-574.983.696
12	-296.262.243	-385.557.114	-474.851.985	-564.146.857
13	-383.685.651	-472.769.000	-561.852.350	-650.935.700
14	-395.739.815	-487.905.022	-580.070.230	-672.235.437
15	-442.062.823	-534.632.841	-627.202.858	-719.772.875
16	-476.989.139	-571.750.137	-666.511.135	-761.272.132
17	-388.029.861	-489.652.730	-591.275.599	-692.898.468
18	-807.749.952	-911.180.634	-1.014.611.317	-1.118.041.999
19	-1.353.083.986	-1.453.291.016	-1.553.498.046	-1.653.705.076
20	-2.673.038.655	-2.763.533.994	-2.854.029.332	-2.944.524.671
Gesamt	-6.677.207.058	-8.468.438.967	-10.259.670.876	-12.050.902.785

ARPU Cluster 1-10: 38 € ARPU Cluster 11-20: 42 €				
Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation durch 1 Operator => 2 parallele Netze	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation durch 2 Operator => 3 parallele Netze	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation durch 3 Operator => 4 parallele Netze

1	517.129.787	433.999.648	350.869.509	267.739.370
2	239.975.602	157.305.848	74.636.094	-8.033.660
3	141.107.212	56.318.255	-28.470.702	-113.259.658
4	148.142.628	63.837.716	-20.467.197	-104.772.109
5	106.415.160	21.896.109	-62.622.942	-147.141.993
6	113.141.694	28.507.849	-56.125.996	-140.759.842
7	50.702.373	-36.677.277	-124.056.927	-211.436.577
8	-91.309.874	-177.009.361	-262.708.849	-348.408.337
9	-101.917.971	-188.287.890	-274.657.808	-361.027.726
10	-271.276.747	-357.946.280	-444.615.812	-531.285.344
11	18.713.797	-68.722.503	-156.158.803	-243.595.103
12	42.045.049	-47.249.823	-136.544.694	-225.839.565
13	-42.494.879	-131.578.229	-220.661.578	-309.744.928
14	-41.512.104	-133.677.312	-225.842.520	-318.007.727
15	-85.514.520	-178.084.537	-270.654.554	-363.224.571
16	-112.546.578	-207.307.575	-302.068.573	-396.829.570
17	-17.909.557	-119.532.426	-221.155.295	-322.778.164
18	-430.512.168	-533.942.850	-637.373.533	-740.804.215
19	-969.178.805	-1.069.385.834	-1.169.592.864	-1.269.799.894
20	-2.281.208.447	-2.371.703.786	-2.462.199.124	-2.552.694.463
Gesamt	-3.068.008.350	-4.859.240.259	-6.650.472.168	-8.441.704.077

Quelle: WIK.

Für den Ausbau von FTTH P2P im 4-Faser-Modell ohne Duplikation ergibt sich in unserem Modell eine Wirtschaftlichkeitslücke in Höhe von 6,7 Mrd. € (einheitlicher ARPU) bzw. 3 Mrd. € (regional differenzierter ARPU). Ein eigenwirtschaftlicher Ausbau ist in den Clustern 1-7 bei einheitlichem ARPU und zusätzlich in den Clustern 11 und 12 bei regionalem Aufschlag möglich.

Die Duplikation von FTTH P2P im 4-Faser-Modell durch einen Netzbetreiber (Aufbau von insgesamt 2 parallelen Netzen) ist eigenwirtschaftlich in beiden ARPU Varianten in den Clustern 1-6 möglich. Ohne regionalen Aufschlag liegt die Wirtschaftlichkeitslücke bei 8,5 Mrd. €, mit regional differenzierten ARPU bei 4,9 Mrd. €.

Beim Ausbau von 3 Netzen sind immer noch die Cluster 1 und 2 eigenwirtschaftlich erschließbar. Die Wirtschaftlichkeitslücke liegt bei 10,3 Mrd. € (einheitlicher ARPU) bzw. 6,6 Mrd. € (regional differenzierter ARPU).

Auch beim Ausbau von 4 Netzen ist Cluster 1 noch eigenwirtschaftlich erschließbar, mit einer Wirtschaftlichkeitslücke gesamt in Höhe von 12,0 Mrd. € (einheitlicher ARPU) bzw. 8,4 Mrd. € (regional differenzierter ARPU).

**FTTH GPON über P2P**

Tabelle 4-11: Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH GPON über P2P  
Szenario 4-Faser-Modell: Ausbau von 2, 3 und 4 Netzen

ARPU Cluster 1-20: 38 €

Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation durch 1 Operator => 2 parallele Netze	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation durch 2 Operator => 3 parallele Netze	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation durch 3 Operator => 4 parallele Netze
1	588.283.028	513.425.218	438.567.407	363.709.597
2	312.421.838	238.110.157	163.798.475	89.486.793
3	215.504.300	138.940.149	62.375.998	-14.188.153
4	223.893.831	148.074.829	72.255.828	-3.563.174
5	184.207.225	108.179.924	32.152.624	-43.874.677
6	192.200.795	116.086.873	39.972.951	-36.140.971
7	131.938.151	53.396.972	-25.144.206	-103.685.385
8	-9.190.914	-86.401.436	-163.611.958	-240.822.480
9	-18.534.931	-96.741.076	-174.947.222	-253.153.368
10	-186.532.810	-264.971.155	-343.409.500	-421.847.846
11	-226.012.825	-305.092.748	-384.172.671	-463.252.595
12	-207.867.268	-288.697.523	-369.527.779	-450.358.034
13	-294.364.318	-374.727.996	-455.091.674	-535.455.352
14	-303.063.126	-386.222.974	-469.382.822	-552.542.670
15	-349.504.536	-433.725.748	-517.946.960	-602.168.172
16	-382.955.323	-469.746.444	-556.537.565	-643.328.686
17	-291.975.439	-384.938.675	-477.901.912	-570.865.149
18	-711.235.179	-807.216.540	-903.197.901	-999.179.262
19	-1.256.307.506	-1.350.367.737	-1.444.427.967	-1.538.488.198
20	-2.577.654.984	-2.665.257.265	-2.752.859.546	-2.840.461.828
Gesamt	-4.966.749.989	-6.597.893.196	-8.229.036.402	-9.860.179.609

ARPU Cluster 1-10: 38 €  
ARPU Cluster 11-20: 42 €

Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation durch 1 Operator => 2 parallele Netze	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation durch 2 Operator => 3 parallele Netze	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation durch 3 Operator => 4 parallele Netze
1	588.283.028	513.425.218	438.567.407	363.709.597
2	312.421.838	238.110.157	163.798.475	89.486.793
3	215.504.300	138.940.149	62.375.998	-14.188.153
4	223.893.831	148.074.829	72.255.828	-3.563.174
5	184.207.225	108.179.924	32.152.624	-43.874.677
6	192.200.795	116.086.873	39.972.951	-36.140.971
7	131.938.151	53.396.972	-25.144.206	-103.685.385
8	-9.190.914	-86.401.436	-163.611.958	-240.822.480
9	-18.534.931	-96.741.076	-174.947.222	-253.153.368
10	-186.532.810	-264.971.155	-343.409.500	-421.847.846
11	105.375.769	26.295.845	-52.784.078	-131.864.001
12	130.440.024	49.609.768	-31.220.487	-112.050.743
13	46.826.454	-33.537.224	-113.900.902	-194.264.580
14	51.164.584	-31.995.264	-115.155.112	-198.314.960
15	7.043.767	-77.177.445	-161.398.656	-245.619.868
16	-18.512.761	-105.303.882	-192.095.003	-278.886.124
17	78.144.865	-14.818.372	-107.781.609	-200.744.846
18	-333.997.395	-429.978.756	-525.960.117	-621.941.478
19	-872.402.325	-966.462.556	-1.060.522.786	-1.154.583.017
20	-2.185.824.777	-2.273.427.058	-2.361.029.339	-2.448.631.620
Gesamt	-1.357.551.281	-2.988.694.487	-4.619.837.694	-6.250.980.900

Quelle: WIK.

Beim Ausbau von FTTH GPON über P2P im 4-Faser-Modell ohne Duplikation ergibt sich bei einheitlichem ARPU die Möglichkeit eines eigenwirtschaftlichen Ausbaus für die Cluster 1-7 und eine Wirtschaftlichkeitslücke in Höhe von 5 Mrd. €. Mit regionalem Aufschlag verringert sich die Wirtschaftlichkeitslücke auf 1,4 Mrd. €. Eigenwirtschaftlich erschließbar sind zusätzlich auch Cluster 11-15 und 17.

Beim Aufbau von 2 Netzen und einheitlichem ARPU ist der eigenwirtschaftliche Ausbau ebenfalls in den Clustern 1-7 abbildbar. Unter Zugrundelegung eines regionalen Aufschlags ist eine Duplikation zusätzlich noch in den Clustern 11 und 12 möglich. Die Wirtschaftlichkeitslücke gesamt liegt bei 6,6 Mrd. € (einheitlicher ARPU) bzw. 3,0 Mrd. € (regional differenzierter ARPU).

Beim Ausbau von 3 Netzen ist in beiden ARPU Szenarien ein Ausbau in den Clustern 1-5 eigenwirtschaftlich darstellbar. Die Wirtschaftlichkeitslücke liegt bei 8,2 Mrd. € (einheitlicher ARPU) bzw. 4,6 Mrd. € (regional differenzierter ARPU) (siehe Tabelle 4-11).

Auch beim Ausbau von 4 Netzen ist der Ausbau noch in Cluster 1 und 2 ohne Wirtschaftlichkeitslücke abbildbar. Die Wirtschaftlichkeitslücke gesamt liegt bei 9,9 Mrd. € (einheitlicher ARPU) bzw. 6,3 Mrd. € (regional differenzierter ARPU) (siehe Tabelle 4-11).

**FTTH PtMP (PON)**

Tabelle 4-12: Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung FTTH PtMP (PON)  
Szenario 4-Faser-Modell: Ausbau von 2, 3 und 4 Netzen

ARPU Cluster 1-20: 38 €

Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation durch 1 Operator => 2 parallele Netze	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation durch 2 Operator => 3 parallele Netze	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation durch 3 Operator => 4 parallele Netze
1	551.105.030	218.307.169	-114.490.693	-447.288.554
2	315.440.722	-4.232.743	-323.906.208	-643.579.673
3	224.676.596	-114.685.666	-454.047.929	-793.410.191
4	247.717.521	-83.994.004	-415.705.528	-747.417.052
5	202.575.515	-119.970.916	-442.517.347	-765.063.778
6	221.826.126	-101.367.350	-424.560.826	-747.754.302
7	161.386.682	-187.200.906	-535.788.494	-884.376.082
8	38.751.894	-310.734.397	-660.220.688	-1.009.706.980
9	31.882.919	-332.165.301	-696.213.521	-1.060.261.742
10	-83.045.933	-425.038.669	-767.031.404	-1.109.024.140
11	-113.508.827	-470.213.682	-826.918.538	-1.183.623.393
12	-80.159.012	-446.349.368	-812.539.724	-1.178.730.079
13	-118.267.523	-467.617.274	-816.967.026	-1.166.316.777
14	-101.487.501	-468.309.803	-835.132.104	-1.201.954.405
15	-86.498.674	-432.381.343	-778.264.012	-1.124.146.681
16	-96.444.766	-474.238.258	-852.031.750	-1.229.825.242
17	65.830.120	-291.855.915	-649.541.949	-1.007.227.984
18	-419.635.535	-842.852.553	-1.266.069.571	-1.689.286.588
19	-840.295.476	-1.241.644.371	-1.642.993.266	-2.044.342.160
20	-2.147.631.553	-2.596.551.871	-3.045.472.189	-3.494.392.507
Gesamt	-2.025.781.676	-9.193.097.221	-16.360.412.766	-23.527.728.311

ARPU Cluster 1-10: 38 €  
ARPU Cluster 11-20: 42 €

Cluster	Wirtschaftlichkeitslücke ohne Duplikation	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation durch 1 Operator => 2 parallele Netze	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation durch 2 Operator => 3 parallele Netze	Wirtschaftlichkeitslücke mit Duplikation durch 3 Operator => 4 parallele Netze
1	551.105.030	218.307.169	-114.490.693	-447.288.554
2	315.440.722	-4.232.743	-323.906.208	-643.579.673
3	224.676.596	-114.685.666	-454.047.929	-793.410.191
4	247.717.521	-83.994.004	-415.705.528	-747.417.052
5	202.575.515	-119.970.916	-442.517.347	-765.063.778
6	221.826.126	-101.367.350	-424.560.826	-747.754.302
7	161.386.682	-187.200.906	-535.788.494	-884.376.082
8	38.751.894	-310.734.397	-660.220.688	-1.009.706.980
9	31.882.919	-332.165.301	-696.213.521	-1.060.261.742
10	-83.045.933	-425.038.669	-767.031.404	-1.109.024.140
11	217.879.766	-138.825.089	-495.529.944	-852.234.800
12	258.148.279	-108.042.076	-474.232.432	-840.422.788
13	222.923.249	-126.426.503	-475.776.254	-825.126.006
14	252.740.209	-114.082.092	-480.904.394	-847.726.695
15	270.049.630	-75.833.039	-421.715.708	-767.598.377
16	267.997.796	-109.795.696	-487.589.188	-865.382.680
17	435.950.423	78.264.389	-279.421.646	-637.107.680
18	-42.397.751	-465.614.769	-888.831.787	-1.312.048.804
19	-456.390.295	-857.739.190	-1.259.088.084	-1.660.436.979
20	-1.755.801.346	-2.204.721.664	-2.653.641.982	-3.102.562.300
Gesamt	1.583.417.032	-5.583.898.512	-12.751.214.057	-19.918.529.602

Quelle: WIK.

Beim Ausbau von FTTH PtMP (PON) im 4-Faser-Modell ohne Duplikation ist ein eigenwirtschaftlicher Ausbau in den Clustern 1-9 und 17 möglich, wenn ein bundesweit einheitlicher ARPU zugrunde gelegt wird. Mit regionalem Aufschlag kommen Cluster 11-16 hinzu. Im ersten Fall beträgt die Wirtschaftlichkeitslücke 2 Mrd. €. Mit regionalem Aufschlag kann insgesamt sogar ein Plus von 1,6 Mrd. € erreicht werden.

Beim Ausbau von FTTH PtMP (PON) als 4-Faser-Modell ist der Aufbau von 2 Netzen bei einheitlichem ARPU nur in Cluster 1 eigenwirtschaftlich abbildbar (siehe Tabelle 4-12). Mit regionalem Aufschlag ist dies zusätzlich auch in Cluster 17 realisierbar. Die Wirtschaftlichkeitslücke liegt insgesamt bei 9,2 Mrd. € (einheitlicher ARPU) bzw. 5,6 Mrd. € (regional differenzierter ARPU).

Ein Ausbau von 3 Netzen oder 4 Netzen ist in dieser Netzarchitektur in keinem Cluster möglich (siehe Tabelle 4-12).

#### 4.2.5 Zusammenfassende Übersicht der Ergebnisse

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse unserer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung überblicksartig zusammengefasst.

Bei der Interpretation der sich ergebenden Wirtschaftlichkeitslücke gesamt ist zu beachten, dass sich diese aus dem Saldo über alle Cluster ergibt und daher eine Quersubvention der dichten in die dünn besiedelten Cluster enthält, die einer wohlfahrtsoptimierten Sichtweise entspricht. Wie bereits beschrieben ist in der Realität eher zu erwarten, dass Netzbetreiber nur die profitablen (grünen) Cluster eigenwirtschaftlich ausbauen werden und ein Ausbau in den nicht profitablen Clustern nur dann stattfindet, wenn die komplette Deckungslücke für das jeweilige Cluster durch die öffentliche Hand ausgeglichen wird.<sup>115</sup>

Bei der Interpretation der Wirtschaftlichkeitslücken für die einzelnen Cluster ist zu beachten, dass es sich bei der Modellierung um eine modellhafte Betrachtungsweise handelt, in der individuelle Planungsannahmen der ausbauenden Unternehmen, wie beispielsweise Take-up Raten und Betrachtungshorizont nur abgeschätzt werden können. Wie in Kapitel 4.1 bereits beschrieben, handelt es sich bei dem Ansatz eines Betrachtungshorizonts von 20 Jahren um einen eher konservativen Ansatz, da bei einigen privaten Investoren eine Berechnung des Business Cases auf 7 Jahre ebenfalls nicht unüblich ist. Durch einen Ansatz eines Betrachtungshorizonts von 7 Jahren für die Berechnung der Wirtschaftlichkeitslücken würden einige Cluster, die die jetzigen Ergeb-

---

<sup>115</sup> Vgl. Wernick, Christian; Bender, Christian (2017): The Role of Municipalities for Broadband Deployment in Rural Areas in Germany: An Economic Perspective, in DigiWorld Economic Journal. 2017 1st Quarter, Vol. 105, pp. 91-110, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2016/Study\\_Role\\_of\\_municipalities\\_for\\_broadband\\_deployment\\_in\\_rural\\_areas.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2016/Study_Role_of_municipalities_for_broadband_deployment_in_rural_areas.pdf).

nisse als eigenwirtschaftlich erschließbar ausweisen, zu nicht eigenwirtschaftlich erschließbaren Clustern werden.

Tabelle 4-13: Übersicht Wirtschaftlichkeitslücke gesamt und erschließbare Cluster

	ARPU 38 € Cluster 1-20			ARPU 38 € Cluster 1-10 42 € Cluster 11-20		
	1-Faser-Modell			1-Fasermodell		
	P2P	GPON über P2P	PtMP	P2P	GPON über P2P	PtMP
Stand-alone Ausbau	-2.399.501.192 €	-792.089.061 €	1.406.808.679 €	1.209.697.517 €	2.817.109.647 €	5.016.007.388 €
Eigenwirtschaftlich erschließbare Cluster	1-9 17	1-9 17	1-17	1-9 11-17	1-9 11-18	1-18
Paralleler Ausbau	-58.180.830.609 €	-56.516.374.715 €	-55.599.552.395 €	-54.571.631.900 €	-52.907.176.007 €	-51.990.353.686 €
Eigenwirtschaftlich erschließbare Cluster	-	-	-	-	-	-
Mitverlegung	-16.849.292.868 €	-15.184.836.974 €	-17.553.685.404 €	-13.240.094.159 €	-11.575.638.266 €	-13.944.486.696 €
Eigenwirtschaftlich erschließbare Cluster	1	1-2	1	1	1-2	1
Mitnutzung	-14.631.611.434 €	-12.967.155.540 €	-15.512.299.638 €	-11.022.412.726 €	-9.357.956.832 €	-11.903.100.929 €
Eigenwirtschaftlich erschließbare Cluster	1-2	1-4	1	1-2	1-4	1

	4-Fasermodell			4-Fasermodell		
	P2P	GPON über P2P	PtMP	P2P	GPON über P2P	PtMP
Stand-alone Ausbau	-6.677.207.058 €	-4.966.749.989 €	-2.025.781.676 €	-3.068.008.350 €	-1.357.551.281 €	1.583.417.032 €
Eigenwirtschaftlich erschließbare Cluster	1-7	1-7	1-9 17	1-7 11-12	1-7 11-15 17	1-9 11-17
Duplikation durch 2. Operator	-8.468.438.967 €	-6.597.893.196 €	-9.193.097.221 €	-4.859.240.259 €	-2.988.694.487 €	-5.583.898.512 €
Eigenwirtschaftlich erschließbare Cluster	1-6	1-7	1	1-6	1-7 11-12	1 17
Duplikation durch 3. Operator	-10.259.670.876 €	-8.229.036.402 €	-16.360.412.766 €	-6.650.472.168 €	-4.619.837.694 €	-12.751.214.057 €
Eigenwirtschaftlich erschließbare Cluster	1-2	1-6	-	1-2	1-6	-
Duplikation durch 4. Operator	-12.050.902.785 €	-9.860.179.609 €	-23.527.728.311 €	-8.441.704.077 €	-6.250.980.900 €	-19.918.529.602 €
Eigenwirtschaftlich erschließbare Cluster	1	1-2	-	1	1-2	-

Quelle: WIK.

Die in Kapitel 3 dargestellten Unterschiede der verschiedenen NGA-Netzarchitekturen und Duplikationsszenarien schlagen sich in den Ergebnissen der Wirtschaftlichkeitslückenbetrachtung nieder.

Im stand-alone Szenario besteht bei national einheitlichem ARPU bei einem Ausbau auf Basis von FTTH PtMP (PON) in Summe keine Wirtschaftlichkeitslücke. Somit wäre unter den getroffenen Annahmen bei einer Quersubventionierung zwischen den einzelnen Clustern ein flächendeckender Ausbau eigenwirtschaftlich abbildbar.

Bei Berücksichtigung regionaler Preisaufschläge bestehen auch für FTTH P2P und FTTH GPON über P2P im stand-alone Ausbau keine Wirtschaftlichkeitslücken. Dies unterstreicht die Sensitivität der Business Cases in Bezug auf die Höhe des erzielbaren ARPU.

Wenig überraschend weist eine Duplikation im Szenario Parallelausbau mit 58,2 Mrd. € (einheitlicher ARPU) bzw. 54,6 Mrd. € (regionaler Aufschlag) die höchste Wirtschaftlichkeitslücke bei einer flächendeckenden Erschließung aus (FTTH P2P im 1-Faser-Modell).

Unter den im Rahmen des DigiNetzG möglichen Duplikationsszenarien ist die Wirtschaftlichkeitslücke bei einer Mitnutzung und dem Ausbau von FTTH GPON über P2P

am geringsten (13,0 Mrd. € bei einheitlichem ARPU, 9,4 Mrd. € bei regionalem Aufschlag), gefolgt vom Ausbau von FTTH P2P als zweitgünstigster Alternative. Die Wirtschaftlichkeitslücke liegt hier um 1,7 Mrd. € höher.

Die meisten im Rahmen einer Duplizierung eigenwirtschaftlich erschließbaren Cluster und die geringste Wirtschaftlichkeitslücke identifizieren wir im 4-Faser-Modell in der Variante FTTH GPON über P2P (6,6 Mrd. € bei einheitlichem ARPU, 3,0 Mrd. € bei regionalem Aufschlag), dicht gefolgt von FTTH P2P (8,5 Mrd. bei einheitlichem ARPU, 4,9 Mrd. € bei regionalem Aufschlag).

Allerdings ist beim 4-Faser-Modell zu beachten, dass die Kosten im stand-alone Ausbau in allen Ausbautopologien um rund 4 Mrd. höher liegen als beim Ausbau eines 1-Faser-Modells und es damit das mit Abstand teuerste stand-alone Szenario darstellt. Würde man die Inhausverkabelung mit in die Berechnung einbeziehen, würde sich der Unterschied zwischen den Invests im 1- und 4-Fasermodell noch vergrößern, da hier im 4-Fasermodell höhere Investitionen notwendig sind (siehe Kapitel 3.1.3.2).

Entsprechend bestehen im eigenwirtschaftlichen Ausbau kaum Anreize für eine solche Ausbauvariante und auch bei kooperativen Ausbautvorhaben, z. B. in Form von Co-Invest Modellen, erscheint es wahrscheinlich, dass kostengünstigere Architekturen Anwendung finden werden, bei denen der gegenseitige Zugang über passive oder aktive Vorleistungsprodukte gewährt wird.

## 5 Projektion der Ergebnisse auf den Markt

In diesem Kapitel soll die marktliche Relevanz der betrachteten Szenarien untersucht werden. Insbesondere stellt sich die Frage nach den Anreizmechanismen, sowohl mit Blick auf die unterschiedlichen Arten von Anbietern, die am Markt aktiv sind, als auch hinsichtlich der zu erwartenden Verteilung der Marktanteile. Letzteres hat auch Relevanz für die Frage, unter welchen Bedingungen (ARPU und Take-up Raten) sich eine Duplikation von Glasfaser eigenwirtschaftlich für mehrere Marktteilnehmer tragen kann.

### 5.1 Motive von Telekommunikationsunternehmen und praktische Relevanz

Für alle Marktteilnehmer bietet sich durch die Inanspruchnahme einer Mitnutzung/Mitverlegung die Möglichkeit, die eigenen Ausbaurkosten deutlich abzusenken, wie wir in Kapitel 3 gezeigt haben. Dies bietet grundsätzlich die Möglichkeit zur eigenwirtschaftlichen Erschließung von Clustern, die andernfalls nicht kostendeckend erschließbar wären.

Bei der Duplikation von Telekommunikationsnetzen durch Mitverlegung/Mitnutzung sinken die aggregierten Kosten für den Netzausbau im Vergleich zu einer Infrastrukturduplizierung ohne Zugriff auf die Infrastrukturen Dritter. Da die Zahl der im Rahmen des Ausbauprojekts zu erschließenden Haushalte und Standorte jedoch trotz Mitverlegung/Mitnutzung konstant bleibt, müssen mehrere Anbieter die Einnahmen zur Amortisation ihrer Business Cases untereinander aufteilen. Dies führt zu der in Kapitel 4 skizzierten Situation, dass sich die Zahl der für zwei Anbieter eigenwirtschaftlich erschließbaren Cluster in den Szenarien Mitnutzung und Mitverlegung im Vergleich zum Ausbau durch ein Unternehmen deutlich verringert.

In dieser Modellierung handelt es sich jedoch um eine aggregierte Sichtweise, die eine asymmetrische Marktanteilsverteilung zwischen den Anbietern ausblendet. Diese ist aufgrund von Incumbency Vorteilen allerdings wahrscheinlich, wirkt sich auf die Business Cases der Anbieter aus und bietet Möglichkeiten für strategisches Verhalten.

Entsprechend unterscheiden sich, wie aus den in Kapitel 2 zitierten Statements der Stakeholder ersichtlich, die Motivationslage und die Anreizwirkungen für die verschiedenen Arten von Anbietern.

#### 5.1.1 Motive von Incumbents für eine Mitverlegung

Neben der Reduktion der Erschließungskosten und damit der Vergrößerung des eigenwirtschaftlich erschließbaren Footprints stellt die Verhinderung des Churns eigener Retail- und Wholesalekunden auf höherwertige Endkundenprodukte von Wettbewerbern ein wesentliches Motiv eines Incumbents für eine Mitverlegung von Glasfaser beim

Ausbau durch einen Wettbewerber dar. Aufgrund der bestehenden Kundenbasis, die auf die neu errichtete Infrastruktur migriert wird, kann eine Mitverlegung durch den Incumbent das Aus für den Business Case eines alternativen Betreibers bedeuten, da Wachstum in einem nahezu gesättigten Breitbandmarkt notwendigerweise zulasten der Mitbewerber erfolgen muss. Sobald Incumbents jedoch in der Lage sind, Produkte mit vergleichbaren Leistungscharakteristika wie die ihrer Mitbewerber anzubieten, wirkt sich das negativ auf deren Vertriebspotenziale aus. Vor diesem Hintergrund kann bereits die Ankündigung eines Incumbents, mitverlegen zu wollen, dazu führen, dass Ausbauprojekte alternativer Anbieter abgebrochen oder nur in kleineren Dimensionen umgesetzt werden. Darüber hinaus stellt die Erweiterung/Verdichtung des Footprints in Neubaugebieten ein weiteres Motiv für eine Mitverlegung dar.

### 5.1.2 Motive von Kabelunternehmen

Für Kabelnetzbetreiber erscheinen insbesondere Neubaugebiete für eine Mitverlegung hochattraktiv. Neben der Erweiterung/Verdichtung des Footprints stellt der Lückenschluss der teilweise sehr fragmentierten Netzabdeckung ein weiteres Motiv dar.

### 5.1.3 Motive alternativer Netzbetreiber

Wie weiter oben schon beschrieben, lässt sich in der Praxis feststellen, dass die Anreize für alternative Netzbetreiber für einen Überbau von Glasfaserinfrastruktur im Rahmen einer Mitverlegung und Mitnutzung eher gering sind und zumeist der Incumbent und nicht der alternative Netzbetreiber der Überbauende ist. Der Grund dafür ist ein hohes Risiko einer asymmetrischen Aufteilung der Marktanteile aufgrund von Incumbency Vorteilen und die Gefahr einer Entwertung von Investitionen und eines drohenden Marktaustritts. Ausnahmen stellen die Erschließung von Neubaugebieten sowie von Gebieten, in denen der Incumbent nicht ausbauen will oder kann (Vectoring Listen), dar.

### 5.1.4 Resümee

Grundsätzlich lässt sich sagen, dass sich die Motive für einen Überbau bzw. eine Duplizierung von Glasfaserinfrastrukturen eher auf der Seite nationaler oder regionaler/lokaler Incumbents verorten lassen. Daher verwundert es nicht, dass diese die Hauptnachfrager nach einer Mitverlegung/Mitnutzung sind und weniger die Anbieter, die neu in den Markt eintreten.

Eine Ausnahme kann die Erschließung von Neubaugebieten darstellen. Hier können aufgrund der Möglichkeit einer Mitverlegung Anreize für strategisches Verhalten der Marktakteure in der Gestalt entstehen, dass bewusst auf eine Eigenschließung verzichtet wird, um die öffentliche Hand in die Erschließung zu drängen und dadurch die

eigenen Ausbaurkosten über die Nutzung der Mitverlegungsmöglichkeiten zu reduzieren.

## 5.2 Business Cases

In Kapitel 4 haben wir dargestellt, in welchen Clustern eine Duplizierung von Glasfaser in unterschiedlichen Szenarien (Parallelausbau, Mitverlegung, Mitnutzung Leerrohre, 4-Faser-Modell) eigenwirtschaftlich möglich ist. Allerdings ist es auch in diesen Clustern möglich, dass der Ausbau für eines der beiden ausbauenden Unternehmen unrentabel ist. Grund dafür ist das erhöhte Wettbewerbsrisiko, dass sich dadurch ergibt, dass ein zweites Telekommunikationsunternehmen ebenfalls Glasfaseranschlüsse bzw. vergleichbare Produkte an Endkunden vermarktet und sich die Marktanteile nicht symmetrisch, d. h. im Verhältnis von 50:50, sondern asymmetrisch verteilen.

Im schlimmsten Fall würde das bedeuten, dass ein Unternehmen das komplette Marktpotenzial abschöpft und das andere Unternehmen Einnahmen in Höhe von Null erzielt und aus dem Markt austreten muss.

Dieses Wettbewerbsrisiko kann ein starkes Investitionshemmnis insbesondere für die Unternehmen darstellen, die sich gegenüber den Wettbewerbern in Bezug auf die Vertriebspower als eher schwächer einschätzen.

Die Berechnung der Business Cases jeweils eines First Movers und Second Movers soll Aufschluss darüber geben, unter welchen Bedingungen (ARPU und Take-up Raten) sich eine Duplikation von Glasfaser für beide Unternehmen eigenwirtschaftlich trägt.

### 5.2.1 Ansatz und Annahmen

Es stellt sich die Frage, welche Marktanteile vom First Mover und Follower jeweils erreicht werden müssen, um eine positive Rendite zu erzielen.

Die Rendite als Relation aller Nettobarwerte abzüglich operativer und investiver Kosten zum erforderlichen Kapital (fortlaufend bezeichnet als Return on Invested Capital – ROIC) wurde wie folgt berechnet.

$$\begin{aligned}
 ROIC_{FM} &= \frac{\sum_{t=1}^T \frac{(Takeup_t * ms_{FM}) * ARPU - OPEX_{FMt}}{(1+i)^t} - Inv * Anteil_{FM}}{Inv * Anteil_{FM}} \\
 &= \frac{\sum_{t=1}^T \frac{(Takeup_t * ms_{FM}) * ARPU * EBITDA\ Marge_{FMt}}{(1+i)^t} - Inv * Anteil_{FM}}{Inv * Anteil_{FM}} \\
 &= \frac{\sum_{t=1}^T NPV\ EBITDA_{FM} - Inv * Anteil_{FM}}{Inv * Anteil_{FM}}
 \end{aligned}$$

$ROIC_{FM}$  = Return on Invested Capital des First Movers

$Inv$  = Gesamtinvestitionen für den Netzaufbau

$Anteil_{FM}$  = Anteil der Investition, die der First Mover zu tragen hat

$Takeup_t$  = Homes Connected zum Jahr  $t$

$ms_{FM}$  = Anteil der Endkunden auf dem Netz, die auf den First Mover entfallen

$ARPU$  = Jährlicher Umsatz je Kunde

$OPEX_{FMt}$  = Operative Kosten des First Movers im Jahr  $t$

$i$  = Diskontierungszinssatz

$EBITDA\ Marge_{FMt}$  = EBITDA Marge First Mover im Jahr  $t$

$NPV\ EBITDA_{FM}$  = Net Present Value First Mover

Der ROIC des Followers ergibt sich entsprechend durch das Ersetzen von  $Anteil_{FM}$  durch  $(1 - Anteil_{FM})$  und  $ms_{FM}$  durch  $(1 - ms_{FM})$ .

Wholesale-Umsätze wurden in unseren Berechnungen nicht berücksichtigt. Zudem wurde von der vereinfachten Annahme ausgegangen, dass sich beide vollintegrierte Netzbetreiber in ihrer EBITDA-Marge und dem erzielten ARPU nicht unterscheiden und diese im Zeitverlauf konstant bleiben. Des Weiteren wurde unterstellt, dass sich die

Aufteilung der Marktanteile zwischen dem First Mover und Follower über die Jahre nicht verändert.<sup>116</sup>

Die Erzielung einer positiven Rendite ist nur in den Clustern möglich, die gemäß der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in Kapitel 4 eigenwirtschaftlich erschließbar sind. Beim Ausbau von FTTH P2P und einem einheitlichen ARPU von 38 € über alle Cluster ist dies bei einer Mitverlegung Cluster 1. Bei einer Mitnutzung sind die Cluster 1-2 und im 4-Faser-Modell die Cluster 1-6 eigenwirtschaftlich erschließbar. Bei einem ARPU von 38 € in den Clustern 1-10 und einem um 4 € höheren ARPU in den Clustern 11-20 weisen die Cluster 11-20 zwar eine geringere Wirtschaftlichkeitslücke auf, sind aber weiterhin nicht wirtschaftlich erschließbar. Aufgrund der Vergleichbarkeit der Szenarien haben wir für alle Szenarien den Business Case für das Cluster 1 für den First Mover und den Follower berechnet. Dabei haben wir folgende Annahmen zugrunde gelegt.

Bei der Mitverlegung sind wir davon ausgegangen, dass das Invest inklusive der Grabenerweiterung von First Mover und Follower im Verhältnis von 50:50 geteilt wird und der Follower lediglich den Aufschlag für die Abweichung der Trassenführung allein zu tragen hat (siehe Tabelle 3-2). Um die 3 Szenarien Mitverlegung, Mitnutzung und 4-Faser-Modell vergleichbar zu machen, sind wir in unseren Berechnungen davon ausgegangen, dass bei der Mitnutzung und beim 4-Faser-Modell die Entgelte so gesetzt werden, dass die Investition geteilt wird und der Mitnutzer nur die Zusatzkosten allein trägt. Im Szenario Mitnutzung Leerrohre entstehen für den Follower Zusatzkosten in Höhe von 2,01% der stand-alone Tiefbaukosten für die Abweichung der Trassenführung, den Zugang zu Kabel und Rüstkosten für nachträgliches Durchziehen der Kabel (siehe Tabelle 3-4). Beim 4-Faser-Modell entstehen keine zusätzlichen Aufschläge. Entsprechend wurde für First Mover und Follower eine EBITDA Marge in gleicher Höhe unterstellt. Alle in Kapitel 3 und 4 vorgestellten Annahmen wurden für die Berechnung der Business Cases übernommen.

Wie oben beschrieben, stellt eine asymmetrische Verteilung der Marktanteile insbesondere für alternative Netzbetreiber ein großes Risiko dar. Die Anwendung der oben stehenden Formel zu der Rendite ermöglicht es unter den dargestellten Annahmen, die Szenarien Mitverlegung, Mitnutzung und 4-Faser-Modell hinsichtlich des Einflusses von unterschiedlichen Marktanteilen auf die Profitabilität des First Movers und Followers miteinander zu vergleichen.

---

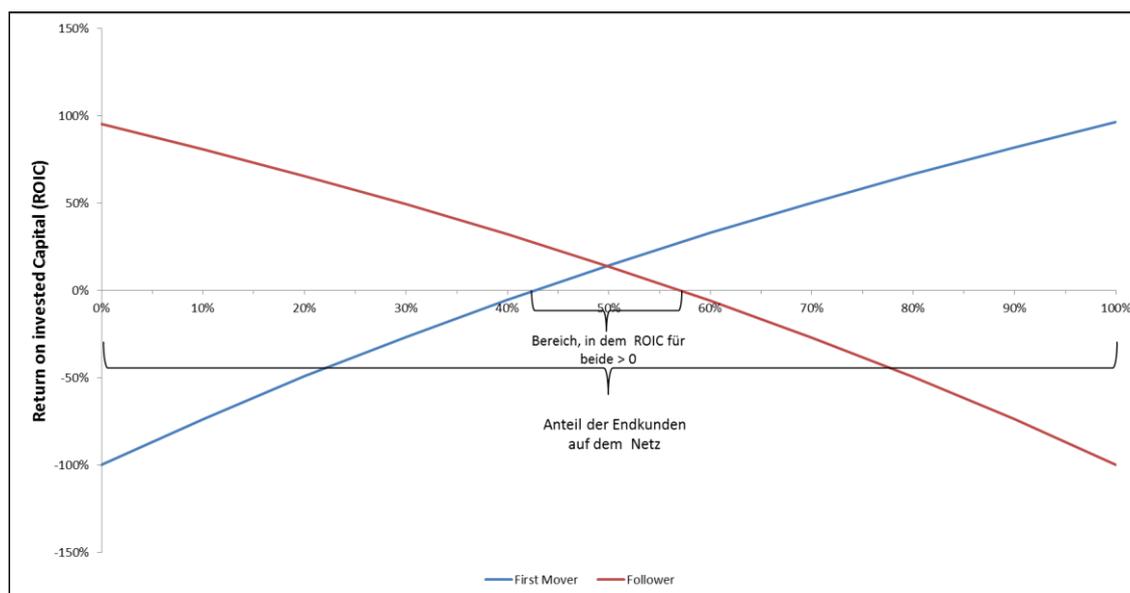
<sup>116</sup> Vgl. auch Ansatz in: Tenbrock, Sebastian; Strube Martins, Sonia; Wernick, Christian; Queder, Fabian; Henseler-Unger, Iris (2018): Co-Invest Modelle zum Aufbau von neuen FTTH/H-Netzinfrastrukturen, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 430, Bad Honnef, August 2018.

## 5.2.2 Ergebnisse der Business Case Berechnung

In den folgenden Abbildungen sind die Business Cases des First Movers und des Followers für die Szenarien Mitverlegung, Mitnutzung und 4-Faser-Modell jeweils in einer FTTH P2P Netzarchitektur<sup>117</sup> für Cluster 1 abgebildet. Der Marktanteil ist auf der horizontalen Achse abgebildet. Dabei ist der Marktanteil des First Movers von links nach rechts abzulesen und der des Followers entsprechend genau umgekehrt. Der Schnittpunkt der Geraden mit der horizontalen Achse zeigt jeweils die „Margin-of-Safety“ an, d. h. den Mindest-Marktanteil, bei dem durch den First Mover bzw. den Follower eine Rendite von Null erzielt wird.<sup>118</sup>

### Business Case Mitverlegung

Abbildung 5-1: Business Case FTTH P2P, Cluster 1, Szenario Mitverlegung



Quelle: WIK.

Bei symmetrischer Verteilung der Marktanteile ergibt sich mit 14,28% für den First Mover und 13,58% für den Follower über einen Beobachtungszeitraum von 20 Jahren für

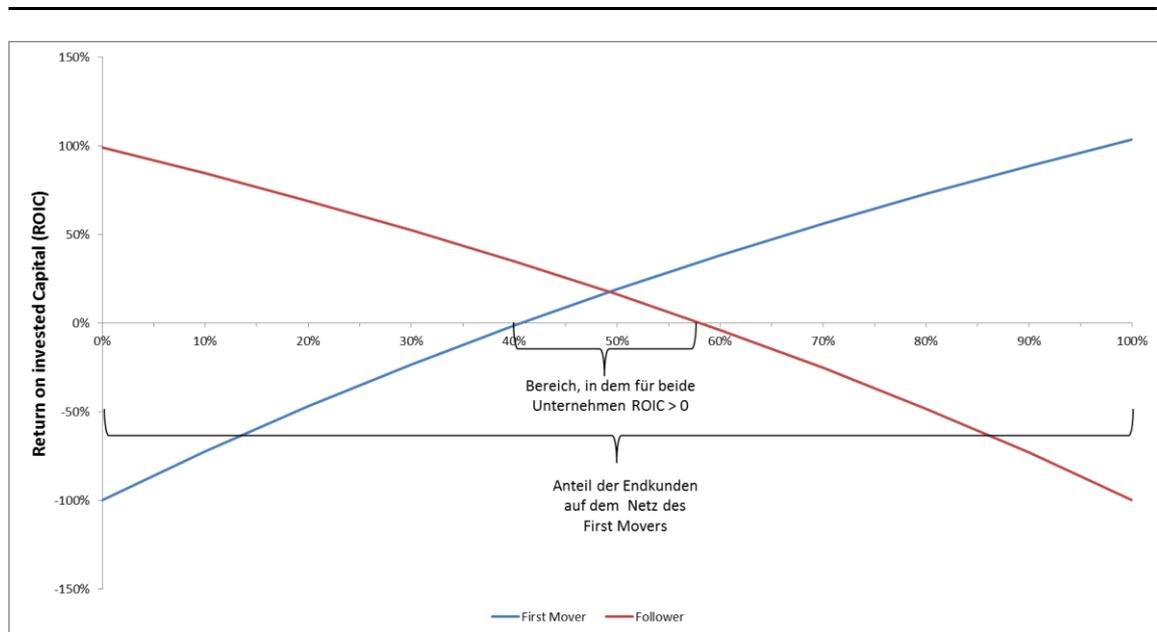
<sup>117</sup> Da die Abbildung der Business Cases in allen Szenarien und jeweils allen NGA-Netzarchitekturen den Umfang dieses Diskusses erheblich vergrößern würde, ohne dass diesem Vorgehen ein nennenswerter zusätzlicher Erkenntnisgewinn gegenüberstehen würde, haben wir uns in unserer Darstellung auf FTTH P2P beschränkt.

<sup>118</sup> Vgl. Tenbrock, Sebastian; Strube Martins, Sonia; Wernick, Christian; Queder, Fabian; Henseler-Unger, Iris (2018): Co-Invest Modelle zum Aufbau von neuen FTTH/H-Netzinfrastrukturen, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 430, Bad Honnef, August 2018, S. 64.

beide Unternehmen eine positive Rendite. Diese ergibt sich für den First Mover ab einem Marktanteil von  $> 45\%$  und für den Follower ab  $> 46\%$ . Verteilen sich die Marktanteile zwischen beiden Unternehmen in dem Intervall zwischen  $>45\%$  und  $<54\%$  für den First Mover und  $> 46\%$  und  $< 55$  für den Follower, erreichen beide Unternehmen eine Rendite größer Null. Außerhalb dieses Bereiches gelingt es dem Unternehmen mit dem geringeren Marktanteil nicht, sein Invest wieder zu erwirtschaften.

### Business Case Mitnutzung Leerrohre

Abbildung 5-2: Business Case FTTH P2P, Cluster 1, Szenario Mitnutzung Leerrohre



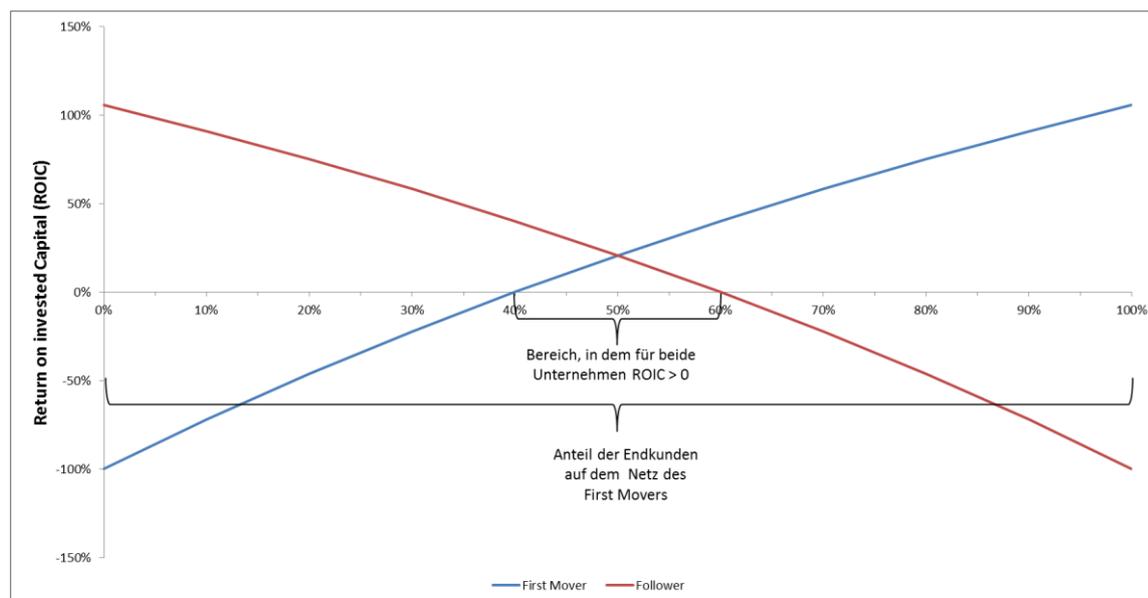
Quelle: WIK.

Im Szenario Mitnutzung Leerrohre ergibt sich bei symmetrischer Aufteilung der Marktanteile eine Rendite in Höhe von 19% für den First Mover und 16% für den Follower. Ersterer muss mindestens einen Marktanteil in Höhe von 40% erreichen, um eine positive Rendite zu generieren. Letzterer benötigt mindestens einen Marktanteil in Höhe von 42%. Da das benötigte Invest für eine Mitnutzung insgesamt um 2,2 Mrd. € geringer ist als für eine Mitverlegung, liegen hier die mindestens zu erreichenden Marktanteile etwas niedriger als beim Szenario Mitverlegung. Der Korridor, in dem beide Unternehmen eine positive Rendite erzielen, verbreitert sich im Vergleich zur Mitverlegung daher etwas.

## Business Case 4-Faser-Modell

Dies gilt auch im Vergleich zu den Business Cases im 4-Faser-Modell, welches in Abbildung 5-3 dargestellt ist.

Abbildung 5-3: Business Case FTTH P2P, Cluster 1, Szenario 4-Faser-Modell



Quelle: WIK.

Auch hier benötigt der First Mover einen Marktanteil von mindestens 40%, um eine positive Rendite zu erwirtschaften. Der Second Mover benötigt hier ebenfalls nur einen Marktanteil in gleicher Höhe, da für ihn im Vergleich zu den vorherigen beiden Szenarien keine Zusatzkosten anfallen, die nur er allein zu tragen hat. Da das 4-Faser-Modell beim Ausbau einer FTTH P2P Netzarchitektur im Vergleich zu den vorherigen beiden Szenarien das günstigste Duplizierungsszenario darstellt, erreichen sowohl First Mover als auch Follower bei einer symmetrischen Verteilung der Marktanteile eine Rendite in Höhe von knapp 21%.

### 5.3 Diskussion der Ergebnisse und Bewertung ihrer praktischen Relevanz

Zwar sind vom Incumbent wie vom Altnet im Vergleich zum stand-alone Ausbau geringere Investitions zu tätigen, allerdings kann ein Altnet in den seltensten Fällen mit der Vertriebsstärke eines Incumbents mithalten, insbesondere dann nicht, wenn es sich bei dem Incumbent um den First Mover handelt und/oder die Endkunden in dem Ausbaubereich bereits Kunden des Incumbents sind. Werden zu geringe Marktanteile erreicht, können der Mark Austritt und damit eine Entwertung der Investitionen drohen.

Dass diese Sorge nicht unbegründet ist, zeigen Erfahrungen aus der Schweiz, wo die Swisscom in vielen größeren Städten im Rahmen von Co-Investments zusammen mit verschiedenen Stadtwerken Glasfaser ausgebaut hat<sup>119</sup> und der Vermarktungserfolg der Swisscom und der Stadtwerke in vielen Fällen stark unterschiedlich ist. Swisscom hat sich dabei regelmäßig als vertriebsstärker herausgestellt.

In der Schweiz findet daher in vielen Kooperationsverträgen eine Aufteilung der Investitionen gemäß dem erwarteten Anteil der zukünftigen Netznutzung statt. Dabei wird regelmäßig von einem höheren Marktanteil der Swisscom ausgegangen. In vielen Verträgen ist eine Aufteilung von 60% (Swisscom) zu 40% (Elektrizitätswerke) verankert, so z. B. in der Kooperation zwischen Swisscom und St. Gallen, Zürich, Bern, Luzern, Basel.<sup>120</sup> Zudem wurden Ausgleichszahlungen für den Fall einer Nutzung des Netzes oberhalb des eigenen Investitionsanteils zwecks einer nutzungsgerechten Kostenverteilung vereinbart, so in den Kooperationsvereinbarungen mit den o. g. Städten bzw. Elektrizitätswerken. Diese Ausgleichszahlungen wurden neben weiteren Vertragsklauseln allerdings von der Schweizer Wettbewerbsbehörde (Weko) im Rahmen einer Vorabklärung kritisiert.<sup>121</sup> Daraufhin wurden beispielsweise im Kooperationsvertrag mit Industrielle Werke Basel (IWB) die Ausgleichszahlungen präzisiert.<sup>122</sup>

Grundsätzlich verfügt der Incumbent meist über ein flächendeckendes Vertriebsnetz, Vorteile im Bereich der Kundenbindung und -gewinnung sowie eine ausgeprägtere Vermarktungs- und Vertriebsstärke, die durch regionale Nähe nicht ohne weiteres ausgeglichen werden kann. Weitere Vorteile existieren beim Zugang zum Kapitalmarkt. Dies führt oft nicht nur zu höheren Marktanteilen des Incumbents, sondern auch dazu,

---

<sup>119</sup> Vgl. Neumann, Karl-Heinz; Strube Martins, Sonia (2017): Zur Lage des Wettbewerbs im Schweizer Breitbandmarkt, WIK Bericht, Bad Honnef, 27. Oktober 2017, elektronisch verfügbar unter: [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).

<sup>120</sup> Vgl. z. B. <https://www.bazonline.ch/wirtschaft/Vertraege-zu-den-Glasfasernetzen-enthalten-drei-heikle-Klauseln-/story/wirtschaft/vertraege-zu-den-glasfasernetzen-enthalten-drei-heikle-klauseln-/story/23030334>.

<sup>121</sup> Vgl. z. B. [https://www.bzbasel.ch/wirtschaft/bilden-die-elektizitaetswerke-und-swisscom-ein-kartell-107\\_286013](https://www.bzbasel.ch/wirtschaft/bilden-die-elektizitaetswerke-und-swisscom-ein-kartell-107_286013); <https://www.it-markt.ch/news/2014-01-31/weko-entscheid-kein-freibrief-fuer-swisscom-glasfa-serprojekte>; [https://entscheide.weblaw.ch/cache.php?link=rpw-dcp-2012-06-30-2012-2-b-1.1.2&sel\\_la ng=de](https://entscheide.weblaw.ch/cache.php?link=rpw-dcp-2012-06-30-2012-2-b-1.1.2&sel_la ng=de).

<sup>122</sup> Vgl. z. B. [https://www.swisscom.ch/de/about/news/2011/11/20111109\\_02\\_Glasfaserausbau\\_Basel.html](https://www.swisscom.ch/de/about/news/2011/11/20111109_02_Glasfaserausbau_Basel.html).

dass Altnets zur Kundengewinnung für vergleichbare Endkundenprodukte niedrigere Preise ansetzen müssen und daher für die gleichen ROICs höhere Marktanteile erreichen müssen. Schließlich verfügen Incumbents in der Regel über eine größere Zahl an Bestandskunden, die aufgrund von Transaktionskosten und Bündelprodukten bei vergleichbaren Produkten in der Regel wenig wechselaffin sind.

Bei einer Duplizierung von Glasfaser in Gebieten, in denen eine eigenwirtschaftliche Duplizierung realisierbar ist, wäre die Überlebensfähigkeit insbesondere der alternativen Netzbetreiber nur gesichert, wenn eine den Marktanteilen entsprechende Verteilung der Investitionen oder Entgelte erfolgen würde.

Die Zahl möglicher Szenarien, in denen eine Mitverlegung/Mitnutzung auf Telekommunikationsinfrastrukturen in großer Skalierung infrage kommt, ist eher gering. In der Tat handelt es sich laut Schilderungen aus dem Markt bei der Mehrzahl der diskutierten Streitfälle um lokale Projekte, bei denen nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl von Zugängen betroffen ist. Bei der Mitnutzung sind nicht vorhandene Leerrohrkapazitäten und „Überbau“ ein häufiger Versagensgrund. Dies überrascht nicht, da für den First Mover kaum Anreize bestehen, Voraussetzungen für eine Mitnutzung zu schaffen. Gleiches gilt für einen eigenwirtschaftlichen Ausbau im 4-Faser-Modell, der deutlich teurer ist als der Ausbau im 1-Faser-Modell.

Die Möglichkeit der Mitverlegung unterliegt engen gesetzlichen Beschränkungen, die im Zuge der Novellierung des DigiNetzG weiter eingeschränkt worden sind. Wenn Interesse an einer Mitverlegung besteht, dann ist dies überwiegend beim Incumbent der Fall. Ein positiver Business Case von 2 TK-Anbietern bei der Mitverlegung setzt voraus, dass beide in der Ausbauregion über ähnlich starke Vertriebskraft verfügen oder eine Verteilung der Investitionen auf Basis der ex-post erreichten oder ex-ante erwarteten Marktanteile stattfindet.

## 6 Der Nutzen von Infrastrukturwettbewerb

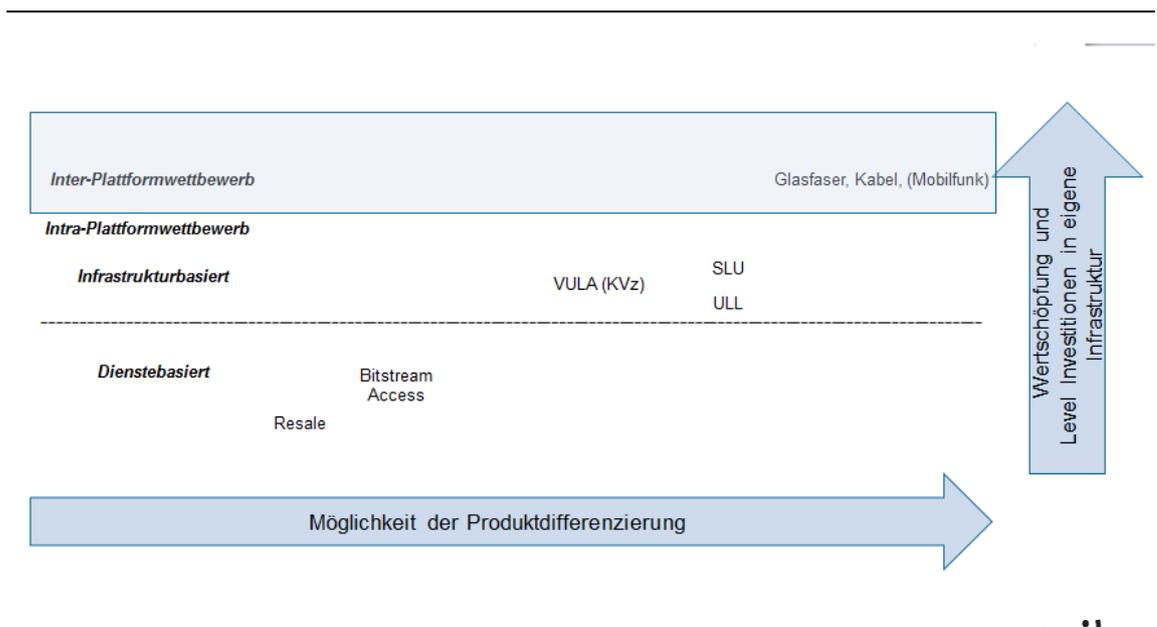
Wie in Kapitel 3 gezeigt wurde, ist eine flächendeckende Duplikation von Netzinfrastrukturen im Vergleich zu einem stand-alone Ausbau mit verhältnismäßig hohen Zusatzkosten verbunden. Gleichzeitig stellt der Infrastrukturwettbewerb weiterhin das Leitbild dar. Entsprechend soll in diesem Kapitel der volkswirtschaftliche Nutzen von Infrastrukturwettbewerb in einer Gigabitwelt reflektiert werden.

Da eine Quantifizierung des volkswirtschaftlichen Nutzens den Umfang der vorliegenden Studie übersteigen würde, fokussieren wir uns auf eine qualitative Betrachtung der Charakteristika verschiedener Wettbewerbsformen (auf Basis der „Ladder of Investment“) vor dem Hintergrund der verschiedenen Nutzeranforderungen. Darüber hinaus gehen wir darauf ein, ob sich die dynamischen Effizienzvorteile, die gemäß der volkswirtschaftlichen Theorie dem Infrastrukturwettbewerb zugeschrieben werden (siehe Kapitel 2.4), in der Realität widerspiegeln, und diskutieren, welche Effekte von der Digitalisierung und hierbei insbesondere von technologischen Weiterentwicklungen auf die verschiedenen Wettbewerbsmodelle ausgehen können.

### 6.1 Systematisierung von Infrastrukturwettbewerb

Abbildung 6-1 systematisiert anhand des vertikalen Integrationsgrades und der Möglichkeiten zur Produktdifferenzierung verschiedene Wettbewerbsformen.

Abbildung 6-1: Systematisierung von Inter- und Intraplattformwettbewerb



Auf Breitbandmärkten gibt es verschiedene Formen von Wettbewerb. Grundsätzlich muss jeder Marktteilnehmer die Entscheidung treffen, ob er ein eigenes Breitbandnetz aufbaut („make“) oder auf Zugangsprodukte anderer Unternehmen zurückgreift („buy“).<sup>123</sup> In einem ersten Schritt unterscheiden daher wir zwischen Inter-Plattformwettbewerb und Intra-Plattformwettbewerb.

### Inter-Plattformwettbewerb

Inter-Plattformwettbewerb bezeichnen wir auch als Infrastrukturwettbewerb. Unter Infrastrukturwettbewerb verstehen wir den Wettbewerb zwischen mehreren Netzen. Infrastrukturwettbewerb zeichnet sich durch eine größtmögliche Wertschöpfungstiefe und Möglichkeit der Produktdifferenzierung aus, allerdings ist das Level an erforderlichen Infrastrukturinvestitionen hier auch am höchsten. Dieser lässt sich weiter in den intramodalen und intermodalen Infrastrukturwettbewerb unterteilen. Im Rahmen des intermodalen Infrastrukturwettbewerbs werden „alternative Netze bzw. Infrastrukturen auf Grundlage alternativer Technologien genutzt (...), um vergleichbare Leistungen am Markt anzubieten.“<sup>124</sup> Als Beispiel ist hier ein Breitbandprodukt zu nennen, das sowohl über ein Glasfasernetz als auch über ein Kabelnetz abgebildet werden kann. Beim intramodalen Infrastrukturwettbewerb werden diese Leistungen auch über alternative Netze realisiert, die allerdings „auf der gleichen Technologie beruhen.“<sup>125</sup> Der Fokus unserer Betrachtung liegt auf der Duplizierung von Glasfasernetzen<sup>126</sup> und damit auf dem intramodalen Infrastrukturwettbewerb.

Die Duplizierung von Glasfaser kann im Rahmen von verschiedenen Szenarien umgesetzt werden, die sich durch die Höhe der erforderlichen Investits und das Maß an Unabhängigkeit der Wettbewerber unterscheiden. Beim parallelen Ausbau ist der höchste Grad an Unabhängigkeit zwischen den Wettbewerbern gegeben, da der Ausbau jeweils völlig autark stattfindet und keinerlei Koordinationsaktivitäten notwendig sind. Hier kann auch die Trassenplanung der Wettbewerber weitgehend unabhängig voneinander durchgeführt werden. Bei einer Mitverlegung muss sich der Second Mover ebenso wie bei einer Mitnutzung von Kabelschächten und/oder Leerrohren an der Trassenplanung bzw. der bestehenden Infrastruktur des First Movers orientieren, um Einsparpotenziale beim Ausbau realisieren zu können. Diese Abhängigkeiten beziehen sich allerdings nur auf den Aufbau der passiven Infrastruktur selbst, nicht auf die Gestaltungs- und Diffe-

<sup>123</sup> Vgl. Smith, Ron; Northall, Peter; Ovington, Tom; Santamaría, Juana (2013): The Impact of Intra-Platform Competition on Broadband Prices and Speeds, in: Journal of Information Policy 3 (2013): 601-618, elektronisch verfügbar unter: <https://www.jstor.org/stable/pdf/10.5325/jinfopoli.3.2013.0601.pdf?refregid=excelsior%3Afe596b3bf7d48bd567112e2fe2b954f4>.

<sup>124</sup> Vgl. Fetzer, Thomas (2014): § 9 Netzzugangsregelungen, in: Öffentliches Wettbewerbsrecht: Neuvermessung eines Rechtsgebiets, herausgegeben von Gregor Kirchhof, Stefan Korte, Stefan Magen, S. 288.

<sup>125</sup> Vgl. Fetzer, Thomas (2014): § 9 Netzzugangsregelungen, in: Öffentliches Wettbewerbsrecht: Neuvermessung eines Rechtsgebiets, herausgegeben von Gregor Kirchhof, Stefan Korte, Stefan Magen, S. 288.

<sup>126</sup> Innerhalb der Glasfasernetze unterscheiden wir hier nicht noch einmal zwischen verschiedenen Technologien.

renzierungsmöglichkeiten der jeweiligen Endkundenprodukte. Diese sind bei allen vorgestellten Duplizierungsszenarien gleich.

Beim 4-Faser-Modell ist zu beachten, dass die Zuordnung zum Inter- bzw. Intraplattformwettbewerb nicht trennscharf möglich ist. Der Ausbau eines 4-Faser-Modells kann im Rahmen eines Co-Invests erfolgen, d. h. jeder Netzbetreiber erlangt das Eigentum an einem eigenen Netz. In diesem Fall ist das 4-Faser-Modell dem Inter-Plattformwettbewerb zuzuordnen. Der Ausbau kann aber auch durch einen Netzbetreiber erfolgen, der die nicht selbst genutzten Netze an andere Netzbetreiber vermietet. In diesem Fall entsteht zwar Wettbewerb zwischen verschiedenen parallelen Netzen, allerdings wird die Faser vom Netzeigentümer als Vorleistungsprodukt zur Verfügung gestellt. In beiden Fällen obliegt die Bereitstellung und Entstörung einem Netzbetreiber, daher ist das Maß der Unabhängigkeit zwischen den Wettbewerbern beim 4-Faser-Modell auch bei einem Co-Invest etwas geringer als bei einem parallelen Ausbau.

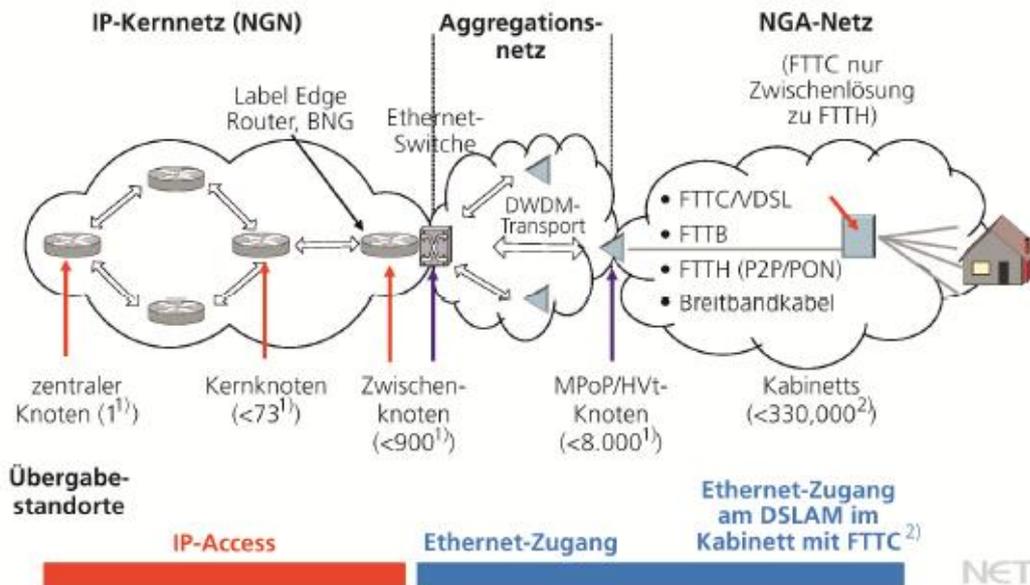
### **Intra-Plattformwettbewerb**

Der Wettbewerb auf nur einem Netz wird als Intra-Plattformwettbewerb bezeichnet. Hierbei greift der Wettbewerber über unterschiedliche Vorleistungsprodukte auf die Infrastruktur des Netzinhabers zurück, um seine Endkundenprodukte zu realisieren.<sup>127</sup> Der Zugriff ist sowohl auf der Infrastruktur- als auch auf der Applikationsebene möglich und kann an verschiedenen Netzpunkten, die in Abbildung 6-2 grafisch dargestellt sind, erfolgen.

---

<sup>127</sup> Die folgende Darstellung verschiedener Vorleistungsprodukte/Wettbewerbsformen erhebt nicht den Anspruch einer vollständigen Darstellung aller möglichen Vorleistungsprodukte.

Abbildung 6-2: NGN- und NGA-Netz der Zukunft



Quelle: Plückebaum (2013).<sup>128</sup>

In Abhängigkeit von den verschiedenen Zugangsleveln kann Intra-Plattformwettbewerb in infrastrukturbasierendem Intraplattform-Wettbewerb und dienstebasiertem Intra-Plattformwettbewerb unterteilt werden.

### Infrastrukturbasierter Intra-Plattformwettbewerb

Vom infrastrukturbasierten Intra-Plattformwettbewerb sprechen wir, wenn der Zugang zur Teilnehmeranschlussleitung physisch erfolgt. Der physische Zugang/die physische Entbündelung kann in der Kupferwelt im Rahmen von Local Loop Unbundling (LLU) (Zugang am KVz) oder Sub Loop Unbundling (SLU) (Zugang am HVT) realisiert werden. Der Wettbewerber baut sein Netz bis zum HVT (LLU) oder KVz (SLU) selbst aus und mietet ab diesem Netzknoten den Zugang zu den physischen Kupferleitungen/den „blanken“ Draht. Er baut eigenes aktives Equipment auf und übernimmt den Betrieb der Infrastruktur selbst. Das Pendant dazu bildet in der Glasfaserwelt Dark Fibre mit Übergabe am Distribution Point oder MPoP. Wir nutzen im Folgenden daher die Bezeichnung LLU und SLU auch für Glasfaservorleistungsprodukte. Im Rahmen des Intra-

<sup>128</sup> Vgl. Plückebaum, Thomas (2015): Europa entbündelt auch virtuell Neue Teilnehmeranschlusstechniken, auch reguliert, und VULA, in: NET 5/2015; S. 36-40; elektronisch verfügbar unter: [http://net-im-web.de/freedocs/1505\\_s36\\_plueckebaum\\_vula.pdf](http://net-im-web.de/freedocs/1505_s36_plueckebaum_vula.pdf).

Plattformwettbewerbs ist die Wertschöpfungstiefe des Wettbewerbers hier am größten. Entsprechend sind hier die größten Investitionen erforderlich, allerdings ist auch die Möglichkeit der Produktdifferenzierung am größten.

### Dienstebasierter Intra-Plattformwettbewerb

Beim Resale verfügt der Wettbewerber über keinerlei eigene Infrastruktur, weder im Anschluss-, Konzentrations- oder Kernnetz. Der Wettbewerber bezieht das fertige Produkt vom Netzinhaber und verkauft es unter eigener Marke an seine Endkunden weiter. Es sind keine Netzinvestitionen nötig, dafür ist eine Produktdifferenzierung nur äußerst eingeschränkt möglich. Sowohl in Bezug auf die erforderlichen Netzinvestitionen als auch in Bezug auf die Möglichkeit der Produktdifferenzierung liegt die virtuelle Entbündelung in Form eines Bitstromzugangs zwischen Resale und physischer Entbündelung.<sup>129</sup>

Die Übergabe kann lokal an einem der 900 Broadband Network Gateway (BNG) Standorte (Layer-2-Bitstrom) oder zentral an einem der 73 Point of Presence (PoP) Standorte erfolgen.<sup>130</sup>

Im Gegensatz zum physischen Zugang gibt es an diesen Übergabepunkten keinen physischen Wechsel zu den nachgelagerten Netzinfrastrukturen und Endkundenleitungen.<sup>131</sup> Der Wettbewerber mietet die erforderlichen Zugänge beim Netzeigentümer, baut aber kein eigenes aktives Equipment auf. Der eigentliche Betrieb des Netzes und der nachgelagerten Endnutzerleitungen verbleibt beim Infrastrukturbesitzer.<sup>132</sup>

Aufgrund des lokalen Zugangspunktes ist die Wertschöpfungstiefe bei Layer-2-Bitstrom entsprechend höher als bei Layer-3-Bitstrom. Layer-3-Bitstrom und Layer-2-Bitstrom unterscheiden sich daher durch die Möglichkeit der Gestaltung eigenständiger Produktangebote und -funktionen.

Eine Sonderstellung nimmt Virtual Unbundled Local Access (VULA) ein. VULA ist „im Prinzip ein Bitstrom mit lokaler Übergabe“<sup>133</sup>, soll in Bezug auf die Funktionen jedoch ein Substitut für die physische Entbündelung darstellen und „ein vergleichbares Maß an

---

<sup>129</sup> Vgl. Smith, Ron; Northall, Peter; Ovington, Tom; Santamaría, Juana (2013): The Impact of Intra-Platform Competition on Broadband Prices and Speeds, in: Journal of Information Policy 3 (2013): 601-618, S. 602, elektronisch verfügbar unter: <https://www.jstor.org/stable/pdf/10.5325/jinfopoli.3.2013.0601.pdf?refreqid=excelsior%3Afe596b3bf7d48bd567112e2fe2b954f4>.

<sup>130</sup> Vgl. Sickmann, Jörn; Neumann, Andreas (2017): Deregulierung und Verbraucherwohlfahrt auf dem deutschen Telekommunikationsmarkt, Studie im Auftrag des Verbraucherzentrale Bundesverbandes e. V., Abgeschlossener Endbericht, Bonn, 4. Oktober 2017, S. 16, elektronisch verfügbar unter: [https://www.vzbv.de/sites/default/files/downloads/2017/11/23/2017-10-04\\_studie\\_deregulierung\\_und\\_verbraucherwohlfahrt\\_tk-markt.pdf](https://www.vzbv.de/sites/default/files/downloads/2017/11/23/2017-10-04_studie_deregulierung_und_verbraucherwohlfahrt_tk-markt.pdf).

<sup>131</sup> Vgl. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/infrastructure-and-service-based-competition>.

<sup>132</sup> Vgl. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/infrastructure-and-service-based-competition>.

<sup>133</sup> Vgl. Plückerbaum, Thomas (2015): Europa entbündelt auch virtuell Neue Teilnehmeranschlusstechniken, auch reguliert, und VULA, in: NET 5/2015; S. 36-40; S. 38, elektronisch verfügbar unter: [http://net-im-web.de/freedocs/1505\\_s36\\_plueckerbaum\\_vula.pdf](http://net-im-web.de/freedocs/1505_s36_plueckerbaum_vula.pdf).

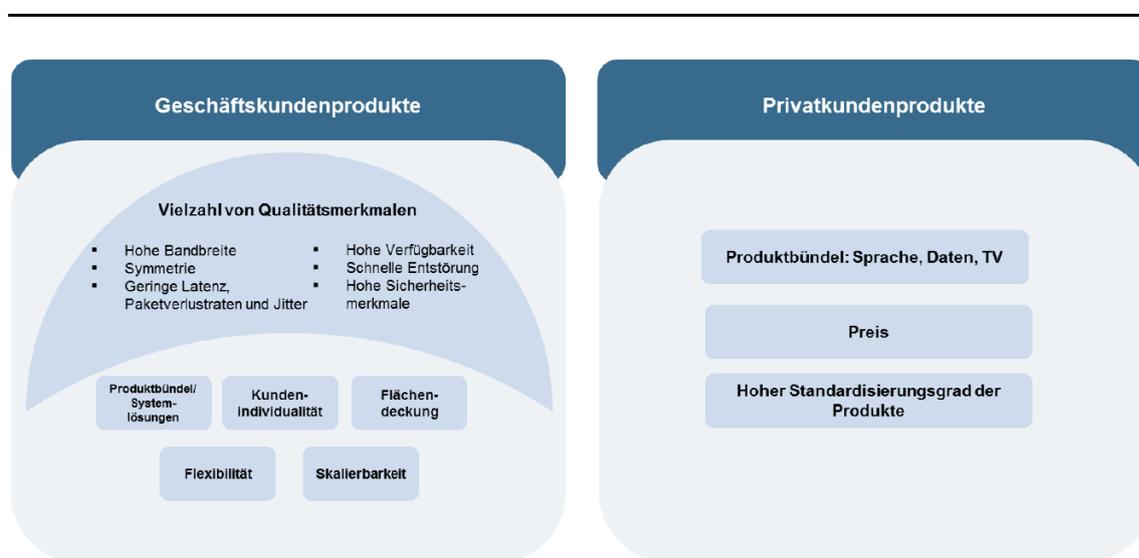
Möglichkeiten zur Produktdifferenzierung und Innovation bieten wie die physische Entbündelung<sup>134</sup>.

## 6.2 Verbrauchernutzen in Infrastruktur- und Dienstewettbewerb

Es ist davon auszugehen, dass Verbraucher ein Interesse an einer Auswahl an qualitativ hochwertigen und zuverlässigen Produkten haben. Besteht die Auswahl zwischen verschiedenen Anbietern, ist ein intensiver Preis- und Qualitätswettbewerb zu erwarten.

Unterschiede bestehen zwischen Geschäfts- und Privatkunden, wie in Abbildung 6-3 exemplarisch dargestellt ist.

Abbildung 6-3: Anforderungen von Privat- und Geschäftskunden



Quelle: Strube Martins et al. (2018).<sup>135</sup>

Generell lässt sich sagen, dass Geschäftskunden höhere Anforderungen an Breitbandprodukte haben als Privatkunden. Während Privatkundenprodukte häufig weitgehend standardisiert sind, um den Massenmarkt zu bedienen, und der Preis ein wesentliches Entscheidungskriterium darstellt, erwarten gerade größere Geschäftskunden flexible,

<sup>134</sup> Vgl. Plückebaum, Thomas (2015): Europa entbündelt auch virtuell Neue Teilnehmeranschlusstechniken, auch reguliert, und VULA, in: NET 5/2015; S. 36-40; S. 38, elektronisch verfügbar unter: [http://net-im-web.de/freedocs/1505\\_s36\\_plueckebaum\\_vula.pdf](http://net-im-web.de/freedocs/1505_s36_plueckebaum_vula.pdf).

<sup>135</sup> Vgl. Strube Martins, Sonia; Gries, Christin-Isabel; Wernick, Christian; Henseler-Unger, I. (2018): Gesamtwirtschaftliche Relevanz und Anforderungen des Geschäftskundensegments in Deutschland, WIK-Consult Studie für den Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten e. V. (VATM), Bad Honnef, Januar 2018, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Geschaefstkundenstudie\\_VATM.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Geschaefstkundenstudie_VATM.pdf).

maßgeschneiderte Lösungsansätze<sup>136</sup> mit oftmals hohen Anforderungen an (symmetrische) Bandbreiten, Qualität (Latenz, Paketverlusten, Jitter), Sicherheit, Verfügbarkeit, Ausfallsicherheit und Entstörfristen.<sup>137</sup> Aus diesen Gründen unterscheidet die Europäische Kommission (EU-Kommission) zwischen den Märkten 3 und 4.

Wie oben beschrieben, unterscheiden sich je nach Wettbewerbsform Wertschöpfungsstufen und der Umfang, in dem eigene Infrastruktur vorhanden ist. Je weniger eigene Infrastruktur vorhanden ist, je höher ist der Grad der Abhängigkeit von vorgeschalteten Übertragungstechnologien, durch die der eigene Produktgestaltungs- und Produktdifferenzierungsspielraum bestimmt wird. Je nach eigener Infrastruktur und Wertschöpfungstiefe sind Differenzierungen und Innovationen im Anschlussnetz (CPE und Teilnehmeranschlussleitung – TAL), Aggregationsnetz (MPoP und passives Netz), Kernnetz und auf der Diensteebene möglich. Dies hat Auswirkungen auf die Möglichkeit, die Anforderungen der Nachfrager an Breitbanddienste zu erfüllen.

### Resale

Die geringsten Produktdifferenzierungsmöglichkeiten ergeben sich beim Resale. Diese sind auf die Auswahl und Überwachung der CPEs beim Endkunden und ergänzende Features auf Diensteebene und in der Tarifierung/Abrechnung beschränkt.

Durch Ergänzung zusätzlicher Funktionen kann durch die Auswahl des CPE auf kundenindividuelle Anforderungen wie beispielsweise eine Kindersicherung, Ermöglichung von Funktionen wie Video on demand, Streaming, Verwaltung des WLAN und LAN, Sicherheitsfunktionen etc. eingegangen werden. Es kann ein Monitoring der Anschlussleitungen vorgenommen und so Einfluss auf die Verfügbarkeit/Reliability sowie weitere Qualitätsparameter genommen werden.

Auf Diensteebene können Dienste auf höherer Ebene, wie beispielsweise Portale, Plattformen oder VoIP ergänzt werden. Zwar haben die Kunden eine Auswahl zwischen vielen verschiedenen Anbietern, die Angebotsvielfalt der Produkte ist aufgrund der geringen Produktdifferenzierungsmöglichkeiten allerdings beschränkt.

### Bitstrom

Mehr Gestaltungsspielraum auf Diensteebene bieten Bitstrom Vorleistungsprodukte. Auch hier ist der Vorleistungsnachfrager abhängig von vorgeschalteten Übertragungs-

---

<sup>136</sup> Vgl. Strube Martins, Sonia; Gries, Christin-Isabel; Wernick, Christian; Henseler-Unger, I. (2018): Gesamtwirtschaftliche Relevanz und Anforderungen des Geschäftskundensegments in Deutschland, WIK-Consult Studie für den Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten e. V. (VATM), Bad Honnef, Januar 2018, S. 1, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Geschaefskundenstudie\\_VATM.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Geschaefskundenstudie_VATM.pdf).

<sup>137</sup> Vgl. Strube Martins, Sonia; Gries, Christin-Isabel; Wernick, Christian; Henseler-Unger, I. (2018): Gesamtwirtschaftliche Relevanz und Anforderungen des Geschäftskundensegments in Deutschland, WIK-Consult Studie für den Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten e. V. (VATM), Bad Honnef, Januar 2018, S. 8, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Geschaefskundenstudie\\_VATM.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Geschaefskundenstudie_VATM.pdf).

technologien, kann aber eigene Produktbündel konfigurieren und mit individuellen Qualitätsparametern versehen. Die Möglichkeit der Qualitätsdifferenzierung hängt dabei von dem entsprechenden Übergabepunkt bzw. der Art des Bitstroms ab. Während der Datenstrom beim Layer-3-Bitstrom (IP-Bitstrom) dem Vorleistungsnachfrager bereits im Kernnetz übergeben wird, verfügt dieser bei der Übergabe des Layer-2-Bitstroms (Ethernet-Bitstrom) im Aggregationsnetz über eigene Infrastruktur im Kernnetz, was eine weitreichendere Qualitätsdifferenzierung erlaubt als bei Layer-3-Bitstrom.

Der Möglichkeit der Qualitätsdifferenzierung bei Layer-3-Bitstrom sind insofern Grenzen gesetzt, als dass die Übertragung nach dem Best-effort-Prinzip stattfindet, d. h. es findet keine Priorisierung bestimmter Datenpakete statt. Der Vorleistungsnachfrager hat keine Möglichkeit, den Überbuchungsgrad zu bestimmen. Dies macht es für die Endnutzer schwierig, echtzeitkritische Dienste zu nutzen.

Bei einem Layer-2-Bitstrom gibt es sowohl im Zuführungsnetz, insbesondere bei der VULA-Vorleistung, zusätzliche Differenzierungsmöglichkeiten als auch im Bereich des vom Vorleistungsnachfrager selbst betriebenen Kernnetzes. Je nach Dimensionierung des Kernnetzes können beispielsweise höhere Bandbreiten erreicht sowie weitere Qualitätsparameter wie Paketverlustrate, Latenz, Jitter etc. bestimmt werden. Layer-2-Bitstrom erlaubt eine Priorisierung verschiedener Datenpakete, die Bestimmung des Überbuchungsgrades sowie eine Multicast Funktion, die die Nutzung echtzeitkritischer Dienste ermöglichen.

## VULA

VULA soll die physische Entbündelung substituieren, wo sie aus technischen oder ökonomischen Gründen nicht realisierbar ist, und entsprechend die Übertragung LLU-ähnlicher Dienste ermöglichen.<sup>138</sup> Mit eigener Infrastruktur auch im Aggregationsnetz bietet VULA gegenüber Layer-2-Bitstrom weitere Differenzierungsmöglichkeiten, insbesondere im Bereich des transparenten Durchreichens von Sicherheitsfunktionen, VPN Angeboten, Paketgrößen, Qualitätsparametern wie Delay, Jitter und Packet Loss und im Bereich von BSS und OSS Unterstützung, Fehleranalyse und Kundenservice.

## SLU/ULL

Den größten Produktgestaltungsspielraum im Bereich des Intraplattformwettbewerbs bietet die physische Entbündelung. Diese hängt „nur“ von der Qualität der Vorleistung TAL, deren Bereitstellung und Entstörung“ ab.<sup>139</sup> Der „blanke Draht“, die unbeschaltete Faser, wird ohne vorgeschaltete Übertragungstechnologien übergeben. Die Bandbreite kann im Rahmen der eigenen technischen Möglichkeiten und unter Einhaltung regulato-

---

<sup>138</sup> Vgl. Plückebaum, Thomas (2015): Europa entbündelt auch virtuell Neue Teilnehmeranschlusstechniken, auch reguliert, und VULA, in: NET 5/2015; S. 36-40; elektronisch verfügbar unter: [http://net-im-web.de/freedocs/1505\\_s36\\_plueckebaum\\_vula.pdf](http://net-im-web.de/freedocs/1505_s36_plueckebaum_vula.pdf).

<sup>139</sup> Vgl. Plückebaum, Thomas (2015): Europa entbündelt auch virtuell Neue Teilnehmeranschlusstechniken, auch reguliert, und VULA, in: NET 5/2015; S. 36-40; elektronisch verfügbar unter: [http://net-im-web.de/freedocs/1505\\_s36\\_plueckebaum\\_vula.pdf](http://net-im-web.de/freedocs/1505_s36_plueckebaum_vula.pdf).

rischer Vorgaben voll ausgeschöpft werden<sup>140</sup>. Durch den Aufbau von eigenem aktiven Equipment im MPoP können beispielsweise die Symmetrie des Verkehrs, Geschwindigkeitsklassen und VPN Funktionalität bestimmt werden. Zudem ist eine Fehleranalyse und Beseitigung weitgehend unbeeinflusst vom Vorlieferanten auf der aktiven Ebene möglich.

In einer Glasfaserwelt ist eine vollständige physische Entbündelung nur über eine P2P Topologie möglich. Nur bei vollständiger physischer Entbündelung kann jede Faser einzeln und kundenindividuell beschaltet werden und ist damit weitgehend technikneutral.<sup>141</sup> Die theoretisch mögliche Entbündelung eines PtMP Netzes am dem dem Endkunden nächstgelegenen Splitter im Feld ist bei den in Deutschland nicht regulierten Splitterstandorten wirtschaftlich nicht tragfähig. Ggf. liegt der letzte kaskadierte Splitter bereits im Kundengebäude. Dies ist in Frankreich anders. Eine Splitterlokation für die Übergabe zum SLU muss in den weniger dicht besiedelten Gebieten zumindest 1000 Teilnehmer aggregieren. Eine P2P Topologie erlaubt alle Netzarchitekturen abzubilden (z. B. Ethernet, GPON) und ist dadurch die einzige technologieneutrale Netztopologie. Sie ermöglicht es bei Entbündelung, dass mehrere Netzarchitekturen parallel auf demselben Anschlussnetz betrieben werden können (z. B. Ethernet P2P und GPON, wie das Beispiel Luxemburg zeigt).

### Infrastrukturwettbewerb

Infrastrukturwettbewerb ermöglicht den Verbrauchern eine große Auswahl an diversifizierten und unabhängigen Produkten.<sup>142</sup> Er schafft die höchste Form der Unabhängigkeit bei den Wettberbern. Diversifikationen sind auf allen Wertschöpfungsstufen möglich. Die Wettbewerber können ihre Produkte und deren Qualität völlig autark bestimmen und haben maximale Freiheit bei der Differenzierung ihrer Produkte.<sup>143</sup> Ihnen ob-

---

**140** Vgl. Plückebaum, Thomas (2015): Europa entbündelt auch virtuell Neue Teilnehmeranschlusstechniken, auch reguliert, und VULA, in: NET 5/2015; S. 36-40; elektronisch verfügbar unter: [http://net-im-web.de/freedocs/1505\\_s36\\_plueckebaum\\_vula.pdf](http://net-im-web.de/freedocs/1505_s36_plueckebaum_vula.pdf).

**141** Vgl. Plückebaum, Thomas (2015): Europa entbündelt auch virtuell Neue Teilnehmeranschlusstechniken, auch reguliert, und VULA, in: NET 5/2015; S. 36-40; elektronisch verfügbar unter: Vgl. Plückebaum, Thomas (2015): Europa entbündelt auch virtuell Neue Teilnehmeranschlusstechniken, auch reguliert, und VULA, in: NET 5/2015; S. 36-40; elektronisch verfügbar unter: [http://net-im-web.de/freedocs/1505\\_s36\\_plueckebaum\\_vula.pdf](http://net-im-web.de/freedocs/1505_s36_plueckebaum_vula.pdf).

**142** Vgl. Nett, Lorenz; Neumann, Karl-Heinz; Vogelsang, Ingo (2004): Geschäftsmodelle und konsistente Entgeltregulierung, Studie für die Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post, Bad Honnef, 02. April 2004, S. 81; elektronisch verfügbar unter: [https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Marktregulierung/Massstaebe\\_Methoden/Konsistenzgebot/StudieWikConsultId\\_880pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Marktregulierung/Massstaebe_Methoden/Konsistenzgebot/StudieWikConsultId_880pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=1).

**143** Vgl. Ilic, Dragan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Simeonova, Desislava und Zoz, Konrad (2009): Szenarien einer nationalen Glasfaserausbaustrategie in der Schweiz, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Kommunikation (BAKOM), Bad Honnef, Dezember 2009, S. 76, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie\\_Schweiz\\_2009\\_12\\_11.pdf](https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie_Schweiz_2009_12_11.pdf).

liegt die alleinige Kostenkontrolle und Planung. Dadurch entsteht eine stärkere gesamtwirtschaftliche Intensität als bei Dienstewettbewerb.<sup>144</sup>

Aus rein technischer Sicht ist das Potenzial zur Schaffung eines höchstmöglichen Verbrauchernutzens bei Infrastrukturwettbewerb als am größten einzustufen. Die gilt insbesondere in Bezug auf Geschäftskunden.

Allerdings ist Infrastrukturwettbewerb nicht gleich Infrastrukturwettbewerb. Die ausgebaute NGA-Netzarchitektur hat großen Einfluss darauf, welche Verbraucher Kriterien damit erfüllt werden können, wie die folgende Tabelle zeigt.

Tabelle 6-1: Leistungsfähigkeit verschiedener NGA-Netztopologien

	P2P	GPON over P2P	PtMP
Bandwidth per customer / capability for symmetry	● / ●	◐ / ◐	◑ / ◐
Ability to cater to business customers	●	◑	◑
Future-proof	●	●	◐
Security	●	◐	◐
Degree of vendor-independency	●	◑	◑
Fault identification and repair	●	◐	◑

Relatively good ●      Relatively poor ○

Quelle: WIK nach Hoernig et al. (2010).<sup>145</sup>

Die NGA-Netzarchitektur, die die beste Erfüllung der Verbraucher Kriterien – sowohl von privaten als auch von geschäftlichen Nachfragern – und die größte Zukunftssicherheit ermöglicht, ist FTTH P2P.

<sup>144</sup> Vgl. Ilic, Dragan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Simeonova, Desislava und Zoz, Konrad (2009): Szenarien einer nationalen Glasfaserausbaustrategie in der Schweiz, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Kommunikation (BAKOM), Bad Honnef, Dezember 2009, S. 76, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie\\_Schweiz\\_2009\\_12\\_11.pdf](https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie_Schweiz_2009_12_11.pdf).

<sup>145</sup> Vgl. Hoernig, Steffen; Ilic, Dragan; Neumann, Karl-Heinz; Peitz, Martin; Plückebaum, Thomas; Vogel-sang, Ingo (2010): Architectures and competitive models in fibre networks, Bad Honnef, Dezember 2010, S. 10; elektronisch verfügbar unter: [http://www.wik.org/uploads/media/Vodafone\\_Report\\_Final\\_WIKConsult\\_2011-01-10.pdf](http://www.wik.org/uploads/media/Vodafone_Report_Final_WIKConsult_2011-01-10.pdf).

Beim 4-Faser-Modell ist zu beachten, dass die Bereitstellung und Entstörung, unabhängig davon, ob sich alle Netze im Eigentum nur eines oder mehrerer Netzbetreiber befinden, nur durch einen Netzbetreiber erfolgt. Die Unabhängigkeit zwischen den Wettbewerbern beim 4-Faser-Modell ist daher als etwas geringer einzustufen als bei den anderen Duplizierungsszenarien und vergleichbar mit ULL.

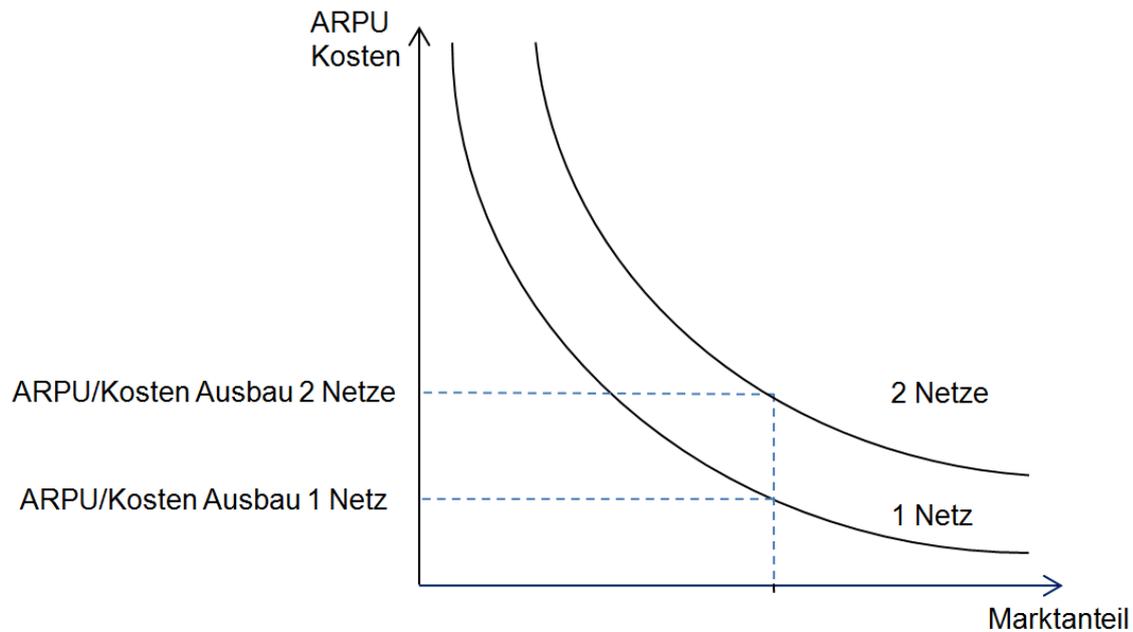
Der Wettbewerberzugang über die entbündelte Glasfaser-TAL in Form von ULL bietet annähernd die gleichen Differenzierungsmöglichkeiten wie „reiner“ Infrastrukturwettbewerb. Der Vorteil des 4-Faser-Modells gegenüber ULL liegt jedoch darin, dass ein Parallelbezug verschiedener Dienstleitungen über 2 oder mehr unabhängige Dienstleister möglich ist. Sollte dies insbesondere für Geschäftskunden an Relevanz gewinnen, ist der über das 4-Faser-Modell realisierte Infrastrukturwettbewerb gegenüber ULL im Vorteil.

Insgesamt lässt sich aber sagen, dass Wettbewerberzugang über die entbündelte Glasfaser-TAL in Form von ULL aus technischer Sicht annähernd die gleichen Differenzierungsmöglichkeiten und qualitativen Gestaltungsspielräume wie „reiner“ Infrastrukturwettbewerb auf Basis einer P2P Topologie bietet und damit in der Lage ist, einen entsprechenden Kundennutzen in ähnlicher Weise zu realisieren.

Ein aus Konsumentensicht wesentliches Kriterium bezüglich der Vorteilhaftigkeit verschiedener Wettbewerbsszenarien stellen die Endkundenpreise dar. Allerdings sind generelle Aussagen darüber, wie sich die Endkundenpreise bei Infrastrukturwettbewerb und Dienstewettbewerb in einer Gigabitwelt entwickeln werden, von einer Reihe von Faktoren abhängig und daher heute nicht abschließend möglich. Gleichwohl gehen wir auf die relevanten Einflussfaktoren für die Preissetzung ebenso wie auf die verschiedenen Pricingstrategien im Folgenden kurz ein.

Grundsätzlich bilden die Kosten eine (dauerhafte) Untergrenze für die Endkundenpreise. Diese liegen beim Ausbau mehrerer, paralleler Infrastrukturen höher als beim Ausbau nur einer Infrastruktur. Steigen die Gesamtkosten beim Ausbau, steigen bei konstantem, durch die Glasfaserinfrastruktur erreichten Marktanteil die Durchschnittskosten pro Kunde (vgl. Abbildung 6-4) und damit auch der ARPU.

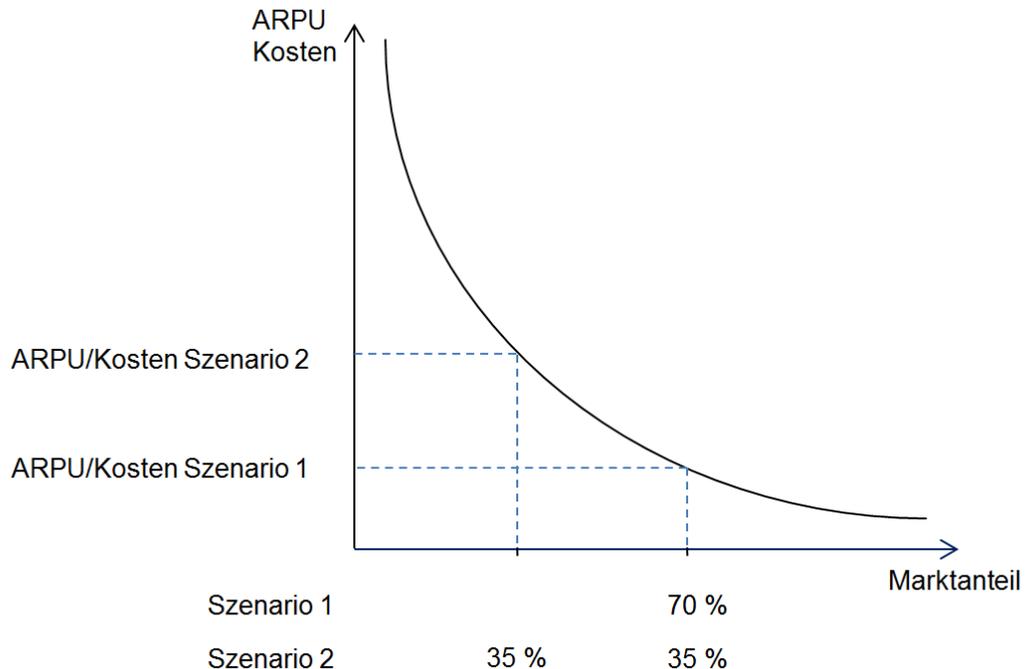
Abbildung 6-4: Durchschnittskosten und ARPU pro Endkunde beim Ausbau von 1 und 2 Netzen



Quelle: WIK.

Für den einzelnen Netzbetreiber bedeutet der Aufbau eines weiteren Netzes i. d. R. einen Verlust an Marktanteilen und damit eine entsprechende Erhöhung der durchschnittlichen Kosten pro Kunde, da sich die Gesamtkosten auf weniger Kunden verteilen. Dies ist in Abbildung 6-5 exemplarisch am Beispiel eines insgesamt durch Glasfaser erreichten Marktanteils von 70% dargestellt. In Szenario 1 schöpft der Netzbetreiber das gesamte Marktpotential allein ab. In Szenario 2 verliert der Netzbetreiber durch den Aufbau eines weiteren Netzes Marktanteile an den anderen Netzbetreiber. Im vorliegenden Beispiel erreichen beide Netzbetreiber nur noch jeweils 35% Marktanteil. Durch die Verringerung des Marktanteils erhöhen sich die Kosten pro Endkunde und somit muss sich auch der ARPU erhöhen. Die Profitabilitätsgrenze wird dort erreicht, wo der ARPU den Kosten entspricht.

Abbildung 6-5: Durchschnittskosten und erforderlicher ARPU (Profitabilitätsgrenze) pro Endkunde in Abhängigkeit der Marktanteile



Quelle: WIK.

Dies könnte ein Indiz für höhere Endkundenpreise bei Infrastrukturwettbewerb im Vergleich zum Wettbewerb auf nur einem Netz sein. Jedoch sind sowohl bei Wettbewerb auf einem als auch bei Wettbewerb auf mehreren Netzen auch andere Marktergebnisse aufgrund von strategischem Preissetzungsverhalten möglich. Zu nennen sind hier beispielsweise:

- Skimmingstrategie: Bei Markteintritt werden zunächst hohe Preise gesetzt, um die hohe Zahlungsbereitschaft der Nutzer abzuschöpfen, denen es wichtig ist, zu den „Early Adopters“ zu zählen. Im Zeitverlauf werden die Preise sukzessive gesenkt.
- Penetrationsstrategie: Die Preise werden bei Markteintritt sehr niedrig gesetzt, um schnell einen hohen Marktanteil zu erreichen.
- Monopolistische Preissetzung: Die Preise werden aufgrund des Vorliegens von Marktmacht über dem Wettbewerbspreis festgesetzt.
- Kollusives Verhalten: Die Preise werden in oligopolistischen Märkten durch Preisabsprachen unter den Marktteilnehmern über dem Wettbewerbspreis festgesetzt.

### 6.3 Relevanz von Infrastrukturwettbewerb in einer Gigabitwelt vor dem Hintergrund technologischer Innovationen

Eine weitere relevante Frage ist, ob der Infrastrukturwettbewerb in einer Gigabitwelt einen ähnlichen Stellenwert haben wird wie in der bisherigen „alten“ Kupferwelt, oder ob sich dessen Relevanz aufgrund neuer technischer Möglichkeiten ändert.

Neben einer höheren Leistungsfähigkeit werden sich zukünftige Zugangsnetze durch eine zunehmende Virtualisierung und eine Verlagerung der Intelligenz in die Netzinfrastruktur auszeichnen.<sup>146</sup> Beispielsweise wird durch Software Defined Networks (SDN) ein flexibleres Netzwerkmanagement möglich. Network Function Virtualisation (NFV) ermöglicht die softwarebasierte Virtualisierung von Netzfunktionen.<sup>147</sup>

BEREC (2016) hat sich mit möglichen Implikationen von Software Defined Networking (SDN) und Network Functions Virtualization (NFV) für Wettbewerb und Regulierung auseinandergesetzt.<sup>148</sup> Während sich durch SDN und NFV mit Blick auf den Zugang zu passiver Infrastruktur keine Änderungen ergeben, da sich die Innovationen auf dem Netz abspielen, ergeben sich neue Möglichkeiten hinsichtlich der Gestaltung von aktiven Zugangsprodukten für Vorleistungsnachfrager. Auch wenn entsprechende Produkte noch nicht vorliegen und mit Blick auf die Standardisierung noch Handlungsbedarf besteht, bieten diese technologischen Innovationen die Möglichkeit, dass Zugangspeten im Vergleich zu heutigen Layer 2-basierten Zugangsprodukten weitreichendere Gestaltungsmöglichkeiten erhalten und damit auch das Spektrum an Zugangsmöglichkeiten auf Netzinfrastrukturen, die für eine physische Entbündelung technisch nicht geeignet sind, vergrößert wird.<sup>149</sup>

Selbst wenn auf der physischen Netzwerkebene weniger Innovationen realisiert werden, können durch derartige Entwicklungen innovative Dienste, Apps und Produkte entwickelt werden, die zu einer Belebung der Angebotslandschaft führen. Entscheidend für die Verbraucher ist, dass es Wettbewerb auf der Diensteebene gibt. Dieser ist auch ohne den physischen Zugriff auf die Infrastruktur möglich, solange die Konnektivität in

<sup>146</sup> Vgl. Wernick, Christian; Fetzer, Thomas; Gries, Christin; Tenbrock, Sebastian; Queder, Fabian; Henseler-Unger, Iris; Strube Martins, Sonia (2018): Rahmenbedingungen für die Gigabitwelt 2025+ (RaGiga), WIK Bericht, S. 20, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Ragiga\\_20180706.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Ragiga_20180706.pdf).

<sup>147</sup> Vgl. Wernick, Christian; Fetzer, Thomas; Gries, Christin; Tenbrock, Sebastian; Queder, Fabian; Henseler-Unger, Iris; Strube Martins, Sonia (2018): Rahmenbedingungen für die Gigabitwelt 2025+ (RaGiga), WIK Bericht, S. 20, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Ragiga\\_20180706.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Ragiga_20180706.pdf); zu den Auswirkungen der neuen Technologien Software Defined Networking und Network Function Virtualization auf die zukünftige Telekommunikationslandschaft siehe: Arnold, René; Bonneau, Vincent; Bott, Johanna; Djurica, Miodrag; Holtzer; Arjen; Plückebaum, Thomas; Ramahandry, Tiana; Tas, Serpil; Wernick, Christian (2016): Implications of the emerging technologies Software-Defined Networking and Network Function Virtualisation on the future Telecommunications Landscape, A study prepared for the European Commission by WIK-Consult, IDATE and TNO, elektronisch verfügbar unter: [http://www.wik.org/fileadmin/Studien/2017/Foresight\\_study\\_SDN.pdf](http://www.wik.org/fileadmin/Studien/2017/Foresight_study_SDN.pdf).

<sup>148</sup> Vgl. hier und im Folgenden: BEREC (2016): Input paper on Potential Regulatory Implications of Software-Defined Networking and Network Functions Virtualisation, BoR (16) 97, 2016.

<sup>149</sup> Siehe ebenda, S. 8.

ausreichender Qualität offensteht. Je mehr Wettbewerb sich auf dem Dienstelayer abspielt, umso geringer wird die Bedeutung von Infrastrukturwettbewerb, sofern die Qualität (Bandbreite, Quality of Service – QoS) grundsätzlich stimmt.

Grundsätzlich sprechen diese Entwicklungen eher für eine sinkende als für eine steigende Bedeutung des Infrastrukturwettbewerbs in der Zukunft. Wenn sich das Portfolio an individualisierten Diensten, welches über eine Infrastruktur realisiert werden kann, vergrößert, sinkt vice versa die Bedeutung des Infrastrukturwettbewerbs als Voraussetzung für differenzierte Dienste. In einer Gigabitwelt, in der diskriminierungsfrei ohne Bandbreiten- und relevante Qualitätsbeschränkung auf Anschlussinfrastrukturen zugegriffen werden kann, können sich Wettbewerb und Innovationen auf den darüber liegenden Ebenen entwickeln.

#### **6.4 Regulierungsbedürftigkeit und dynamische Effizienz in der Gigabitwelt**

Die zentrale Frage nach der Stärke der jeweiligen Effekte in der Gigabitwelt kann im Rahmen dieses Beitrags nicht empirisch beantwortet werden. In Deutschland hat die Mehrheit der Bevölkerung maximal Zugang zu einer gigabitfähigen Infrastruktur (Kabel, sobald aufgerüstet, oder FTTB/H), in einigen Ballungsräumen wurden parallel zur bestehenden Kabelinfrastruktur FTTB/H-Netze ausgebaut. Mehr als 3 parallele unabhängigen Gigabitinfrastrukturen, die auf Basis der gängigen Entscheidungspraxis in der Marktregulierung als Indiz für einen Infrastrukturwettbewerb zu werten wären, sind in Deutschland allenfalls in wenigen Ausnahmefällen anzutreffen, wenn es sie denn in sehr dicht besiedelten Gebieten überhaupt gibt.

Auch in anderen europäischen Mitgliedsstaaten sind mehrere parallele, voneinander unabhängige Gigabitinfrastrukturen eher die Ausnahme<sup>150</sup>. Deren gesamtwirtschaftliche Implikationen im Vergleich zu Mitgliedsstaaten mit einer Infrastruktur waren bisher nicht Gegenstand einschlägiger Untersuchungen.

Nichtsdestotrotz ist zu beobachten, dass in zahlreichen europäischen Mitgliedsstaaten bei der Regulierung von FTTB/H-Infrastrukturen ein Paradigmenwechsel gegenüber der Kupferwelt stattgefunden hat, auch wenn de facto kein Infrastrukturwettbewerb zwischen gigabitfähigen Infrastrukturen stattfindet. Die Existenz einer gigabitfähigen Infrastruktur muss in der Bewertung des Regulierers jedoch nicht zwangsläufig darauf hinauslaufen, dass eine ex-ante Regulierung als erforderlich erachtet wird. Aufgrund der hohen Investitionen in Glasfaserausbauten besteht ein starkes Interesse, Kooperationen zu schließen und das Netz soweit wie möglich auszulasten. Dies gilt nicht nur für alternative Netzbetreiber, die ein Glasfasernetz ausbauen, sondern auch für Incumbents.

---

<sup>150</sup> Ein häufig genanntes Beispiel ist Riga, die Hauptstadt Lettlands.

In verschiedenen Mitgliedsstaaten wurden FTTB/H-Netzinfrastrukturen auf Basis von langfristigen, kommerziell verhandelten Kooperationsmodellen ausgebaut.<sup>151</sup> Auch in Deutschland gibt es hierzu entsprechende Projekte der Deutschen Telekom, wie beispielsweise die Gründung des Joint Ventures „Glasfaser NordWest“ zusammen mit der EWE zum gemeinsamen Ausbau von Glasfaser,<sup>152</sup> Kooperationen mit weiteren Stadtwerken<sup>153</sup> oder den Aufbau einer Fiber Plattform<sup>154</sup> als Plattform für die Vermarktung von Vorleistungen Dritter. Parallel forcieren auch alternative Anbieter ihre Bemühungen zur kommerziellen Vermarktung von Glasfaser durch Wholesale-Partner. Besondere Anreize für eine möglichst maximale Netzauslastung und damit die Öffnung der Infrastrukturen gegenüber Dritten ergeben sich bei Wholesale-only-Netzen, da Wholesale-only-Anbieter kein eigenes Endkundengeschäft betreiben und daher ein hohes Interesse daran haben, ihre Vorleistungsprodukte an möglichst viele Endkundenanbieter zu vertreiben.<sup>155</sup> Die oben geschilderten Entwicklungen sind auch in den TK-Recast eingeflossen, welcher eine Rückführung der Regulierungsintensität in den o. g. Fällen vorsieht.

Auch die Bundesnetzagentur erwägt eine Reduktion der Regulierung für Glasfasernetze. Am 1. Juli 2019 hat sie „Eck- und Diskussionspunkte für eine zukünftige Regulierung des Zugangs zum Kupfer- und Glasfaseranschlussnetz“<sup>156</sup> veröffentlicht und am 12. Juli 2019 eine öffentlich mündliche Anhörung zur künftigen Regulierung der „letzten Meile“ durchgeführt. Die Bundesnetzagentur beabsichtigt, „die Regulierung des Kupfernetzes nicht auf neu aufzubauende Glasfasernetze zu übertragen, sondern nach den Ergebnissen der Marktfestlegung davon differenziert zu gestalten und auf das erforderliche Mindestmaß zu beschränken“<sup>157</sup>

<sup>151</sup> Vgl. Tenbrock, Sebastian; Strube Martins, Sonia; Wernick, Christian; Queder, Fabian; Henseler-Unger, Iris (2018): Co-Invest Modelle zum Aufbau von neuen FTTB/H-Netzinfrastrukturen, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 430, Bad Honnef, August 2018.

<sup>152</sup> Vgl. z. B. <https://www.telekom.com/de/medien/medieninformationen/detail/telekom-und-ewe-vertrag-fuer-gemeinschaftsunternehmen-566326>.

<sup>153</sup> Vgl. z. B. <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/it-medien/netzausbau-die-telekom-steuert-um-regionale-partner-sollen-beim-glasfaserausbau-helfen/23065926.html?ticket=ST-4320140-MdhjnG5r2jbYQCRef0Ze-ap3>, <https://www.energie-und-management.de/nachrichten/detail/kooperationen-statt-wettbewerb-beim-glasfaserausbau-122581?scope=EXK&user=44113>.

<sup>154</sup> Vgl. <https://www.teltarif.de/telekom-ftth-breitband-glasfaser-fiberdays/news/76128.html>.

<sup>155</sup> Vgl. Wernick, Christian; Queder, Fabian; Strube Martins, Sonia; Gries, Christin; unter Mitwirkung von Holznagel, Bernd (2017): Ansätze zur FTTH-Erschließung unterversorgter Gebiete, Studie für den DIHK Deutscher Industrie- und Handelskammertag e.V., Bad Honnef, August 2017, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2017/2017\\_DIHK\\_Studie.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2017/2017_DIHK_Studie.pdf).

<sup>156</sup> Vgl. Bundesnetzagentur (2019): Eck- und Diskussionspunkte für eine zukünftige Regulierung des Zugangs zum Kupfer- und Glasfaseranschlussnetz, Bonn, 01. Juli 2019, elektronisch verfügbar unter: [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Service-Funktionen/Beschlusskammern/1\\_GZ/BK3-GZ/2019/2019\\_0001bis0099/BK3-19-0020/BK3-19-0020\\_Eck-und-Diskussionspunkte\\_download.pdf?blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Service-Funktionen/Beschlusskammern/1_GZ/BK3-GZ/2019/2019_0001bis0099/BK3-19-0020/BK3-19-0020_Eck-und-Diskussionspunkte_download.pdf?blob=publicationFile&v=1).

<sup>157</sup> Vgl. Bundesnetzagentur (2019): Eck- und Diskussionspunkte für eine zukünftige Regulierung des Zugangs zum Kupfer- und Glasfaseranschlussnetz, Bonn, 01. Juli 2019, elektronisch verfügbar unter: [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Service-Funktionen/Beschlusskammern/1\\_GZ/BK3-GZ/2019/2019\\_0001bis0099/BK3-19-0020/BK3-19-0020\\_Eck-und-Diskussionspunkte\\_download.pdf?blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Service-Funktionen/Beschlusskammern/1_GZ/BK3-GZ/2019/2019_0001bis0099/BK3-19-0020/BK3-19-0020_Eck-und-Diskussionspunkte_download.pdf?blob=publicationFile&v=1).

In Summe verliert mit der zu beobachtenden Rückführung der Regulierungsintensität in der Gigabitwelt in Anbetracht einer steigenden Bereitschaft zu Kooperationsmodellen ein wesentliches Argument für Infrastrukturwettbewerb, nämlich die Förderung der dynamischen Effizienz, an Relevanz.

## 7 Fazit und Empfehlungen

Im vorliegenden Diskussionsbeitrag haben wir eine Abschätzung über die Kosten verschiedener Glasfaserduplikationsszenarien vorgelegt, deren Marktrelevanz erörtert und die Rolle des Infrastrukturwettbewerbs in einer Gigabitwelt diskutiert.

Aus volkswirtschaftlicher und wettbewerbspolitischer Sicht ist Infrastrukturwettbewerb grundsätzlich positiv zu beurteilen. Infrastrukturwettbewerb bietet die umfangreichsten Differenzierungsmöglichkeiten auf der Produktebene, fördert Innovationen und kann eine sektorspezifische Regulierung überflüssig machen. Hierdurch lassen sich aufseiten der Öffentlichen Hand und der Marktteilnehmer Einsparungen realisieren und lässt sich die dynamische Effizienz erhöhen. Gleichwohl kann ein zu starker Fokus auf den Infrastrukturwettbewerb, welcher über das Maß hinausgeht, das sich bei effizienten Marktstrukturen und effizientem Marktverhalten ergeben würde, jedoch auch zu negativen Effekten wie Überkapazitäten und kollusivem Verhalten führen.

Grundsätzlich ist Infrastrukturwettbewerb in einer Gigabitwelt sowohl als intermodaler Inter-Plattform Wettbewerb zwischen verschiedenen Technologien als auch als intramodaler Inter-Plattform Wettbewerb zwischen mehreren FTTB/H-Netzen denkbar. Letzterer steht im Fokus des vorliegenden Beitrags.

Hierfür haben wir die vier Szenarien unabhängiger Parallelausbau, Mitnutzung, Mitverlegung und 4-Faser-Modell untersucht. Je nach ausgebauter Netzarchitektur steigen die Kosten für eine Duplizierung von Glasfaser im Vergleich zum stand-alone Ausbau im 1-Faser-Modell mit FTTH wie folgt an:

- Mitverlegung: Anstieg um 14,4 - 19,0 Mrd. € (22,3 - 31,1%)
- Mitnutzung (Leerrohre): Anstieg um 12,2 - 16,9 Mrd. € (18,9 - 27,8%)
- 4-Faser-Modell: Anstieg um 5,8 – 10,6 Mrd. € (9,2 - 17,4%)
- Parallelausbau: Anstieg um 55,7 - 57,0 Mrd. € (86,2 - 93,6%)

Es fällt somit auf, dass sich die Kosten einer Duplikation durch das 4-Faser-Modell sowie die Mitverlegung und Mitnutzung im Vergleich zu einem parallelen Ausbau signifikant verringern lassen.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigt jedoch, dass trotz der enormen Kostenreduktionspotenziale bei Mitverlegung und Mitnutzung bei einer 20-Jahres-Betrachtung dennoch nur in sehr dicht besiedelten Clustern ein zweiter Anbieter kostendeckend und damit eigenwirtschaftlich Glasfaser ausbauen kann.

Ursächlich hierfür sind die vergleichsweise hohen Ausbaurkosten in Kombination mit im Durchschnitt relativ geringen zusätzlichen Zahlungsbereitschaften für FTTH-Anschlussprodukte. Besser stellt sich die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung im 4-Faser-Modell dar, in dem eine größere Anzahl von Clustern parallel eigenwirtschaftlich er-

geschlossen werden kann. Da das 4-Faser-Modell im stand-alone Ausbau jedoch deutlich teurer als das Standardausbauverfahren ist, ist nicht davon auszugehen, dass dieses im eigenwirtschaftlichen Ausbau großflächig Anwendung finden wird.

Aus betriebswirtschaftlicher Perspektive ist zu erwarten, dass eine Infrastrukturduplikation nur dann stattfindet, wenn jedes der ausbauenden Unternehmen für sich einen positiven Business Case erwarten kann. Dies grenzt die Potenziale für eine Duplikation von Glasfaserinfrastrukturen weiter ein.

Die Zahl möglicher Szenarien, in denen eine Mitverlegung/Mitnutzung zur Duplikation von Glasfaser infrage kommt, ist darüber hinaus eher gering. Bei der Mitnutzung sind nicht vorhandene Leerrohrkapazitäten und „Überbau“ Versagensgründe, die nach Aussagen von Marktteilnehmern häufig aufgeführt werden. Hinzu kommt, dass für den First Mover auch kaum Anreize bestehen, Voraussetzungen für eine Mitnutzung zu schaffen. Die Möglichkeit der Mitverlegung unterliegt engen gesetzlichen Beschränkungen. Wenn Interesse an einer Mitverlegung besteht, ist dies überwiegend bei Incumbents der Fall, was wiederum zu einem Attentismus bei Ausbauvorhaben neuer Marktteilnehmer führen kann.

Zusammengenommen ist das Potenzial für einen eigenwirtschaftlichen intramodalen Infrastrukturwettbewerb in der Gigabitwelt in Deutschland eher gering. Unsere Modellergebnisse legen nahe, dass für die Entwicklung eines eigenwirtschaftlichen intramodalen Infrastrukturwettbewerbs die erzielbaren ARPUs signifikant ansteigen oder vice versa die Ausbaukosten noch deutlich über das mit der Mitnutzung und/oder Mitverlegung erzielbare Maß hinaus absinken müssten.

In Anbetracht fehlender betriebswirtschaftlicher Anreize stellt sich die Frage, wie der Nutzen des Infrastrukturwettbewerbs gegenüber anderen Wettbewerbsformen zu beurteilen ist. Diese Fragestellung lässt sich durch einen Vergleich der Wettbewerbsformen aus Konsumentensicht und der technischen Charakteristika von Gigabitnetzen beantworten.

Infrastrukturwettbewerb kann die technischen (zukünftigen) Anforderungen der Verbraucher am besten erfüllen. Allerdings bietet Wettbewerberzugang über die entbündelte Glasfaser-TAL in Form von ULL annähernd die gleichen Differenzierungsmöglichkeiten wie „reiner“ Infrastrukturwettbewerb. Dies gilt auch, wenn die Anforderungen der Nachfrager an Bandbreiten und Qualität in Zukunft zunehmen werden. Unterschiede bei den Gestaltungsmöglichkeiten bestehen hier primär in den Prozessen im Kundenlebenszyklus (Bereitstellung, Entstörung etc.).

Durch intelligente Netzfunktionen wie SDN und NFV ist aus technischer Sicht in der Gigabitwelt eine weitere Verlagerung der Innovationstätigkeit von der Infrastruktur- auf die Diensteebene und eine damit verbundene Belebung der Angebotslandschaft auf der Produktebene zu erwarten. Voraussetzung hierfür ist ein diskriminierungsfreier Zugang zu Konnektivität. Je mehr Wettbewerb sich auf dem Dienstelayer abspielt, umso gerin-

ger wird jedoch die Bedeutung von Infrastrukturwettbewerb, sofern die Vorleistungsqualität stimmt.

Schließlich stellt sich die Frage der Regulierungsbedürftigkeit. Als ein wesentliches Motiv für die Fokussierung auf Infrastrukturwettbewerb wird die Möglichkeit gesehen, Regulierung zurückführen zu können, da ein selbsttragender Wettbewerb entsteht. Stand heute sind nach allgemeiner Meinung mindestens drei Wettbewerber für einen solchen selbsttragenden Wettbewerb erforderlich. Nichtsdestotrotz beobachten wir in vielen europäischen Ländern eine Rückführung der Regulierungsintensität bei Gigabitnetzen, auch wenn de facto kein Infrastrukturwettbewerb zwischen drei oder mehr Gigabitnetzen stattfindet.

Die enormen Investitionen, die für den FTTB/H-Ausbau erforderlich sind, bieten Anreize für langfristige Kooperationsmodelle und freiwillige Wholesale-Vereinbarungen, die schnelle Hochlaufphasen und eine nachhaltige Netzauslastung befördern sollen. In vielen Fällen findet der FTTB/H-Ausbau auch auf Basis von Wholesale-only-Netzen statt, die aufgrund der eigentumsrechtlichen und organisatorischen Trennung zwischen den verschiedenen Wertschöpfungsstufen deutlich weniger Diskriminierungsanreize als Ausbauten vertikal integrierter Anbieter bieten. Solche Modelle bieten einerseits die Perspektive eines intensiven Wettbewerbs auf dem Netz, ohne dass hierfür zusätzliche Investitionen in Milliardenhöhe erforderlich sind, die sich zumindest aktuell nicht am Markt amortisieren lassen, und lassen andererseits eine Rückführung der Regulierungsintensität zu.

Zusammengenommen spricht einiges dafür, dass der intramodale Infrastrukturwettbewerb in einer Gigabitwelt an Bedeutung verlieren wird. Dies muss jedoch nicht zulasten der Konsumenten und Innovationen gehen. In einigen Ländern hat man sich bewusst für das Wholesale-only-Modell entschieden, da von vornherein die Überzeugung bestand, dass ein paralleler flächendeckender Glasfaserausbau eigenwirtschaftlich nicht darstellbar ist und dieses Modell damit einem möglichst effizienten und zielgerichteten Einsatz öffentlicher Mittel sicherstellt (z. B. Singapur; Italien). In anderen Ländern hat man positive Erfahrungen mit freiwilligen, langfristig orientierten Kooperationsmodellen gesammelt, bei denen die Partner sich gegenseitig und Dritten Netzzugang gewähren (z. B. Spanien, Frankreich).

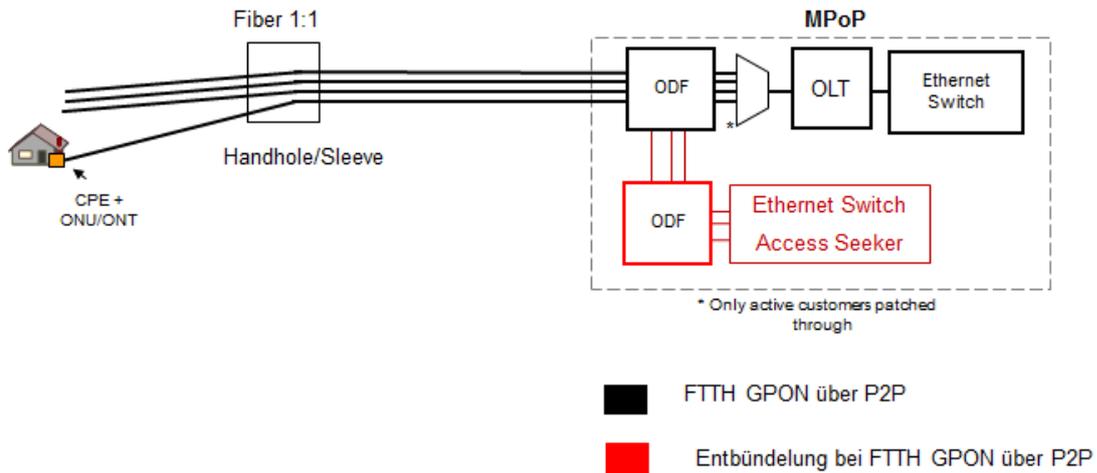
Intramodaler Infrastrukturwettbewerb zwischen FTTB/H Infrastrukturen ist in größerem Umfang letztendlich nur in Ländern anzutreffen, in denen die Ausbaurkosten aufgrund oberirdischer Verlegung und/oder eines umfangreichen, gut dokumentierten und flächendeckenden Leerrohrzugangs wesentlich niedriger als in Deutschland sind. Da vergleichbare Leerrohrinfrastrukturen wie in Portugal in Deutschland nicht existieren und ein großflächiger oberirdischer Ausbau, wie beispielsweise in Rumänien oder Lettland, gesellschaftlich nicht erwünscht ist, sind Wholesale-only-Netze als die volkswirtschaftlich effizienteste Ausbauvariante zu bewerten. Diese vereinen gleich mehrere Vorteile. Regulierung kann abgebaut werden, da Wholesale-only-Anbieter einen hohen Anreiz

haben, ihre Netze auszulasten. Es fallen keine Kosten für eine Duplikation des Netzes an und über ULL sind annähernd die gleichen Differenzierungs- und Innovationsmöglichkeiten gegeben wie beim Vorhandensein mehrerer paralleler Netze. Auch Kooperationsmodelle können aus volkswirtschaftlicher Sicht eine sinnvolle Ausbauvariante darstellen, wenn sichergestellt ist, dass keine Diskriminierung Dritter stattfindet.

Unabhängig vom Geschäftsmodell sollten FTTB/H-Netze idealerweise als P2P-Netzinfrastrukturen errichtet werden. Die Wahl der Netzarchitektur hat einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Leistungs- und damit auch die Zukunftsfähigkeit. Hinzu kommt die Entbündelungsfähigkeit, die nicht nur aus Produktgestaltungs-, sondern auch aus wettbewerbspolitischer und regulatorischer Sicht von Relevanz ist.

## Anhang

Abbildung 0-1: Physische Entbündelung bei FTTH GPON über P2P



Quelle: WIK nach Hoernig et al. (2010).<sup>158</sup>

<sup>158</sup> Vgl. Hoernig, Steffen; Ilic, Dragan; Neumann, Karl-Heinz; Peitz, Martin; Plückebaum, Thomas; Vogel-sang, Ingo (2010): Architectures and competitive models in fibre networks, Bad Honnef, Dezember 2010, S. 45, elektronisch verfügbar unter: [http://www.wik.org/uploads/media/Vodafone\\_Report\\_Final\\_WIKConsult\\_2011-01-10.pdf](http://www.wik.org/uploads/media/Vodafone_Report_Final_WIKConsult_2011-01-10.pdf).

## Literaturverzeichnis

- Arnold, René; Bonneau, Vincent; Bott, Johanna; Djurica, Miodrag; Holtzer; Arjen; Plückebaum, Thomas; Ramahandry, Tiana; Tas, Serpil; Wernick, Christian (2016): Implications of the emerging technologies Software-Defined Networking and Network Function Virtualisation on the future Telecommunications Landscape, A study prepared for the European Commission by WIK-Consult, IDATE and TNO, elektronisch verfügbar unter:  
[http://www.wik.org/fileadmin/Studien/2017/Foresight\\_study\\_SDN.pdf](http://www.wik.org/fileadmin/Studien/2017/Foresight_study_SDN.pdf)
- BEREC (2016): Input paper on Potential Regulatory Implications of Software-Defined Networking and Network Functions Virtualisation, BoR (16) 97, 2016
- Bitkom (2018): Bitkom warnt vor Änderungen am DigiNetz-Gesetz, Pressemitteilung vom 13.12.2018, elektronisch verfügbar unter:  
<https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Bitkom-warnt-vor-Aenderungen-am-DigiNetz-Gesetz>; <https://netzpolitik.org/2018/gesetzentwurf-verkehrsministerium-will-telekom-schmutzige-tricks-bei-glasfaserausbau-verbieten/>
- BMVI (2018): Referentenentwurf des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur Entwurf eines fünften Gesetzes zur Änderung des Telekommunikationsgesetzes (5. TKG-Änderungsgesetz – 5. TKGÄndG), Bearbeitungsstand: 25.07.2018 8:24 Uhr, elektronisch verfügbar unter:  
[https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/Gesetze-19/I-11-referentenentwurf-telekommunikationsgesetz.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/Gesetze-19/I-11-referentenentwurf-telekommunikationsgesetz.pdf?__blob=publicationFile)
- BMVI/Bundesförderung Breitband/atene KOM (2018): Einheitliches Materialkonzept und Vorgaben für die Dimensionierung passiver Infrastruktur im Rahmen des geförderten Breitbandausbaus (Version 4.0), elektronisch verfügbar unter:  
[https://atenekom.eu/wp-content/uploads/2018/08/Materialkonzept\\_und\\_Dimensionierung.pdf](https://atenekom.eu/wp-content/uploads/2018/08/Materialkonzept_und_Dimensionierung.pdf)
- Breko (2018): Glasfaser in die Fläche bringen anstatt Doppelausbau fördern – Verbände wollen Überarbeitung des DigiNetz-Gesetzes, Pressemitteilung vom 1. Juni 2018, elektronisch verfügbar unter:  
<https://brekoverband.de/glasfaser-in-die-flaeche-bringen-anstatt-doppelausbau-foerdern-verbaende-wollen-ueberarbeitung-des-diginetz-gesetzes>
- Breko (2019): Bundestag debattiert über Novelle des DigiNetz-Gesetzes – BREKO & BUGLAS rufen zu Verabschiedung noch vor der Sommerpause auf, Pressemitteilung vom 21. Juni 2019, elektronisch verfügbar unter:  
<https://brekoverband.de/bundestag-debattiert-ueber-novelle-des-diginetz-gesetzes-breko-buglas-rufen-zu-verabschiedung-noch-vor-der-sommerpause-auf>
- BUGLAS (2018): „Glasfaser-Mikado“ beenden – BUGLAS begrüßt Bundesrats-Beschluss zum DigiNetz-Gesetz, Pressemitteilung vom 23.11.2018, elektronisch verfügbar unter:  
<https://buglas.de/news/meldung/news/glasfaser-mikado-beenden-buglas-begruesst-bundesrats-beschluss-zum-diginetz-gesetz/>
- Bundesnetzagentur (2018): Beschluss vom 20. April 2018 (BK11-17-020), elektronisch verfügbar unter:  
[https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Service-Funktionen/Beschlusskammern/1\\_GZ/BK11-GZ/2017/BK11-17-0020/BK11-17-0020\\_Beschluss\\_download\\_bf\\_mKw.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Service-Funktionen/Beschlusskammern/1_GZ/BK11-GZ/2017/BK11-17-0020/BK11-17-0020_Beschluss_download_bf_mKw.pdf?__blob=publicationFile&v=5)

- Bundesnetzagentur (2019): Eck- und Diskussionspunkte für eine zukünftige Regulierung des Zugangs zum Kupfer- und Glasfaseranschlussnetz, Bonn, 01. Juli 2019, elektronisch verfügbar unter: [https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Service-Funktionen/Beschlusskammern/1\\_GZ/BK3-GZ/2019/2019\\_0001bis0099/BK3-19-0020/BK3-19-0020\\_Eck-und-Diskussionspunkte\\_download.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Service-Funktionen/Beschlusskammern/1_GZ/BK3-GZ/2019/2019_0001bis0099/BK3-19-0020/BK3-19-0020_Eck-und-Diskussionspunkte_download.pdf?__blob=publicationFile&v=1)
- Bundesrat (2018): Drucksache 506/18, 12.10.18, Gesetzentwurf der Bundesregierung Entwurf eines Fünften Gesetzes zur Änderung des Telekommunikationsgesetzes (5. TKG-Änderungsgesetz - 5. TKGÄndG), elektronisch verfügbar unter: [https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2018/0501-0600/506-18.pdf;jsessionid=844CB1632B5D508D67D98F80929A1588.2\\_cid391?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2018/0501-0600/506-18.pdf;jsessionid=844CB1632B5D508D67D98F80929A1588.2_cid391?__blob=publicationFile&v=1)
- CDU; CSU; SPD (2018): Ein neuer Aufbruch für Europa, Eine neue Dynamik für Deutschland, Ein neuer Zusammenhalt für unser Land, Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD, Berlin, 7. Februar 2018, elektronisch verfügbar unter: [https://www.cdu.de/system/tdf/media/dokumente/koalitionsvertrag\\_2018.pdf?file=1](https://www.cdu.de/system/tdf/media/dokumente/koalitionsvertrag_2018.pdf?file=1)
- Deutsche Telekom (2019): DEUTSCHE TELEKOM DAS GESCHÄFTSJAHR 2018, elektronisch verfügbar unter: <https://www.telekom.com/resource/blob/559490/fcdc7294e70549c5faf53870bc72f8af/dl-190221-q4-18-pdf-data.pdf>
- Dewenter, Ralf; Haucap, Justus; Heimeshoff, Ulrich (2007): Working Paper Regulatorische Risiken in Telekommunikationsmärkten aus institutionenökonomischer Perspektive, Diskussionspapier Nr. 64, September 2007, elektronisch verfügbar unter: [https://www.econstor.eu/dspace/bitstream/10419/23713/1/paper\\_64.pdf](https://www.econstor.eu/dspace/bitstream/10419/23713/1/paper_64.pdf)
- Dialog Consult/VATM (2018): 20. TK-Marktanalyse 2018, Ergebnisse einer Befragung der Mitgliedsunternehmen im Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten e. V. im dritten Quartal 2018, elektronisch verfügbar unter: [https://www.vatm.de/wp-content/uploads/2018/12/VATM\\_TK-Marktstudie-2018\\_091018\\_f.pdf](https://www.vatm.de/wp-content/uploads/2018/12/VATM_TK-Marktstudie-2018_091018_f.pdf)
- DIW ECON (2018): Ausbau von Gigabitnetzen: Wettbewerb und Regulierung, Eine Studie im Auftrag des Verbands der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten e. V. (VATM), Berlin, 2. Februar 2018, elektronisch verfügbar unter: [https://www.vatm.de/wp-content/uploads/2018/10/DIW\\_Econ\\_VATM\\_Gigabitnetz\\_Wettbewerb\\_und\\_Regulierung-1.pdf](https://www.vatm.de/wp-content/uploads/2018/10/DIW_Econ_VATM_Gigabitnetz_Wettbewerb_und_Regulierung-1.pdf)
- Europäische Union (2000): CHARTA DER GRUNDRECHTE DER EUROPÄISCHEN UNION, (2000/C 364/01), in: Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, 18.12.2000, Art. 14 GG, Art. 17, elektronisch verfügbar unter: [https://www.europarl.europa.eu/charter/pdf/text\\_de.pdf](https://www.europarl.europa.eu/charter/pdf/text_de.pdf)
- Europäische Union (2014): Richtlinie 2014/61/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Mai 2014 über Maßnahmen zur Reduzierung der Kosten des Ausbaus von Hochgeschwindigkeitsnetzen für die elektronische Kommunikation (Kostensenkungsrichtlinie), in: Amtsblatt der Europäischen Union, L 155/1, 23.05.2014, elektronisch verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0061&from=DE>
- Europäisches Parlament/Europäischer Rat (2014): RICHTLINIE 2014/61/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 15. Mai 2014 über Maßnahmen zur Reduzierung der Kosten des Ausbaus von Hochgeschwindigkeitsnetzen für die elektronische Kommunikation, elektronisch verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32014L0061>

- Fetzer, Thomas (2013): Staat und Wettbewerb in dynamischen Märkten, Eine juristisch-ökonomische Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung der sektorspezifischen Telekommunikationsregulierung in Deutschland und in den USA, Mohr Siebeck Tübingen
- Fetzer, Thomas (2014): § 9 Netzzugangsregelungen, in: Öffentliches Wettbewerbsrecht: Neuvermessung eines Rechtsgebiets, herausgegeben von Gregor Kirchhof, Stefan Korte, Stefan Magen
- Gesetz zur Erleichterung des Ausbaus digitaler Hochgeschwindigkeitsnetze (DigiNetzG) Vom 4. November 2016, in: Bundesgesetzblatt Jahrgang 2016 Teil I Nr. 52, ausgegeben zu Bonn am 9. November 2016, S. 2473-247, elektronisch verfügbar unter:  
[https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav#\\_bgbl\\_%2F%2F\\*%5B%40attr\\_id%3D%27bgbl116s2473.pdf%27%5D\\_1560779487765](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav#_bgbl_%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl116s2473.pdf%27%5D_1560779487765)
- Hoernig, Steffen; Ilic, Dragan; Neumann, Karl-Heinz; Peitz, Martin; Plückebaum, Thomas; Vogelsang, Ingo (2010): Architectures and competitive models in fibre networks, Bad Honnef, Dezember 2010, elektronisch verfügbar unter:  
[http://www.wik.org/uploads/media/Vodafone\\_Report\\_Final\\_WIKConsult\\_2011-01-10.pdf](http://www.wik.org/uploads/media/Vodafone_Report_Final_WIKConsult_2011-01-10.pdf)
- Ilic, Dragan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Simeonova, Desislava und Zoz, Konrad (2009): Szenarien einer nationalen Glasfaserausbaustrategie in der Schweiz, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Kommunikation (BAKOM), Bad Honnef, Dezember 2009, elektronisch verfügbar unter:  
[https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie\\_Schweiz\\_2009\\_12\\_11.pdf](https://www.wik.org/uploads/media/Glasfaserausbaustrategie_Schweiz_2009_12_11.pdf)
- Jay, Stephahn; Plückebaum, Thomas (2014): Kostensenkungspotenziale für Glasfaseranschlussnetze durch Mitverlegung mit Stromnetzen, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 390; Bad Honnef, September 2014
- Jay, Stephan.; Neumann, Karl-Heinz.; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf; WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359, Bad Honnef, Oktober 2011
- Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas (2011): Comparing FTTH access networks based on P2P and PMP fibre topologies, Conference on Telecommunications, Media and Internet Tecno-Economics (CTTE) 2011, Berlin, 16. - 18. May 2011, contribution to conference and workshop
- Jay, Stephan; Neumann, Karl-Heinz; Plückebaum, Thomas; unter Mitarbeit von Zoz, Konrad (2011): Implikationen eines flächendeckenden Glasfaserausbaus und sein Subventionsbedarf, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 359; Bad Honnef, Oktober 2011
- Jay, Stephan; Plückebaum, Thomas (2014): Kostensenkungspotenziale für Glasfaseranschlussnetze durch Mitverlegung mit Stromnetzen, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 390, Bad Honnef, September 2014
- Kirsch, U. (2017): Materialkonzept des Bundes, Berlin, 25.10.2017, elektronisch verfügbar unter:  
[https://atekom.eu/wp-content/uploads/2017/11/171025\\_01\\_Udo\\_Kirsch.pdf](https://atekom.eu/wp-content/uploads/2017/11/171025_01_Udo_Kirsch.pdf)
- Nett, Lorenz; Neumann, Karl-Heinz; Vogelsang, Ingo (2004): Geschäftsmodelle und konsistente Entgeltregulierung, Studie für die Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post, Bad Honnef, 02. April 2004, elektronisch verfügbar unter:  
[https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen\\_Institutionen/Marktregulierung/Massstaebe\\_Methoden/Konsistenzgebot/StudieWikConsultId880pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Marktregulierung/Massstaebe_Methoden/Konsistenzgebot/StudieWikConsultId880pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=1)

- Neumann, Karl-Heinz; Strube Martins, Sonia (2017): Zur Lage des Wettbewerbs im Schweizer Breitbandmarkt, WIK Bericht, Bad Honnef, 27. Oktober 2017, elektronisch verfügbar unter: [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)
- Plückebaum, Thomas (2015): Europa entbündelt auch virtuell Neue Teilnehmeranschlusstechniken, auch reguliert, und VULA, in: NET 5/2015; S. 36-40; elektronisch verfügbar unter: [http://net-im-web.de/freedocs/1505\\_s36\\_plueckebaum\\_vula.pdf](http://net-im-web.de/freedocs/1505_s36_plueckebaum_vula.pdf)
- Plückebaum, Thomas; Sanchez Garcia, Juan Eulogio (2016): GPON and TWDM-PON in the context of the wholesale local access market, WIK-report for ComReg, 9. Juni 2016, elektronisch verfügbar unter: <https://www.comreg.ie/publication/gpon-twdm-gpon-context-wholesale-local-access-market/>
- Queder; Fabian; Ockenfels, Martin; Wernick, Christian; Plückebaum, Thomas (2017): Flächendeckende Glasfasernetze für Bayern, Studie für die Bayerische Landtagsfraktion von Bündnis 90 / Die Grünen, Bad Honnef, 01.12.2017, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Buendnis\\_90\\_Glasfaserausbau.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Buendnis_90_Glasfaserausbau.pdf)
- RICHTLINIE (EU) 2018/1972 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 11. Dezember 2018 über den europäischen Kodex für die elektronische Kommunikation (Neufassung), Erwägungsgrund 190, elektronisch verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L1972>
- Schäfer, Saskia; Kulenkampff, Gabriele; Plückebaum, Thomas (2018): Mitnutzung und Verlegung von gebäudeinterner Infrastruktur im Rahmen des DigiNetz-Gesetzes: Verbesserungsvorschläge mit Blick auf das Ziel eines hochbitratigen Breitbandausbaus, WIK Newsletter Nr. 111, Juni 2018
- Schäfer, Saskia; Kulenkampff, Gabriele; Plückebaum, Thomas (2018): Zugang zu gebäudeinterner Infrastruktur und adäquate Bepreisung, WIK Diskussionsbeiträge Nr. 426, Bad Honnef
- Schumpeter, Joseph A. (1934): The Theory of Economic Development. An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle, Cambridge
- Sickmann, Jörn; Neumann, Andreas (2017): Deregulierung und Verbraucherwohlfahrt auf dem deutschen Telekommunikationsmarkt, Studie im Auftrag des Verbraucherzentrale Bundesverbandes e. V., Abgeschlossener Endbericht, Bonn, 4. Oktober 2017, elektronisch verfügbar unter: [https://www.vzbv.de/sites/default/files/downloads/2017/11/23/2017-10-04\\_studie\\_deregulierung\\_und\\_verbraucherwohlfahrt\\_tk-markt.pdf](https://www.vzbv.de/sites/default/files/downloads/2017/11/23/2017-10-04_studie_deregulierung_und_verbraucherwohlfahrt_tk-markt.pdf)
- Smith, Ron; Northall, Peter; Ovington, Tom; Santamaría, Juana (2013): The Impact of Intra-Platform Competition on Broadband Prices and Speeds, in: Journal of Information Policy 3 (2013): 601-618, elektronisch verfügbar unter: <https://www.jstor.org/stable/pdf/10.5325/jinopoli.3.2013.0601.pdf?refreqid=excelsior%3Afe596b3bf7d48bd567112e2fe2b954f4>
- Strube Martins, Sonia; Gries, Christin-Isabel; Wernick, Christian; Henseler-Unger, I. (2018): Gesamtwirtschaftliche Relevanz und Anforderungen des Geschäftskundensegments in Deutschland, WIK-Consult Studie für den Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten e. V. (VATM), Bad Honnef, Januar 2018, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Geschaefskundenstudie\\_VATM.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Geschaefskundenstudie_VATM.pdf)

- Tenbrock, Sebastian; Strube Martins, Sonia; Wernick, Christian; Queder, Fabian; Henseler-Unger, Iris (2018): Co-Invest Modelle zum Aufbau von neuen FTTB/H-Netzinfrastrukturen, WIK Diskussionsbeitrag Nr. 430, Bad Honnef, August 2018
- TÜV Rheinland (2018): Bericht zum Breitbandatlas Mitte 2018 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Teil 1: Ergebnisse, Stand Mitte 2018
- VATM/BUGLAS (2017): Gigabit-Ausbau beschleunigen – DigiNetz-Gesetz und Regulierungs-Spruchpraxis anpassen, Gemeinsame Pressemitteilung von BUGLAS und VATM, Köln, 29. November 2017, elektronisch verfügbar unter: <https://www.vatm.de/2017/11/29/gemeinsame-pressemitteilung-von-buglas-und-vatm-gigabit-ausbau-beschleunigen-diginetz-gesetz-und-regulierungs-spruchpraxis-anpassen/>
- Wernick, Christian; Henseler-Unger, Iris; unter Mitarbeit von Strube Martins, Sonia (2016): Erfolgsfaktoren beim FTTB/H Ausbau, Studie für den BREKO, Bad Honnef, Mai 2016, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2016/WIK-Studie\\_-\\_Erfolgsfaktoren\\_FTTB-FTTH-Ausbau.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2016/WIK-Studie_-_Erfolgsfaktoren_FTTB-FTTH-Ausbau.pdf)
- Wernick, Christian; Bender, Christian (2017): The Role of Municipalities for Broadband Deployment in Rural Areas in Germany: An Economic Perspective, in DigiWorld Economic Journal. 2017 1st Quarter, Vol. 105, pp. 91-110, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2016/Study\\_Role\\_of\\_municipalities\\_for\\_broadband\\_deployment\\_in\\_rural\\_areas.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2016/Study_Role_of_municipalities_for_broadband_deployment_in_rural_areas.pdf)
- Wernick, Christian; Queder, Fabian; Strube Martins, Sonia; Gries, Christin; unter Mitwirkung von Holznagel, Bernd (2017): Ansätze zur FTTH-Erschließung unterversorgter Gebiete, Studie für den DIHK Deutscher Industrie- und Handelskammertag e.V., Bad Honnef, August 2017, elektronisch verfügbar unter: [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2017/2017\\_DIHK\\_Studie.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2017/2017_DIHK_Studie.pdf)
- Wernick, Christian; Fetzer, Thomas; Gries, Christin; Tenbrock, Sebastian; Queder, Fabian; Henseler-Unger, Iris; Strube Martins, Sonia (2018): Rahmenbedingungen für die Gigabitwelt 2025+ (RaGiga), WIK Bericht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Bad Honnef, Mai 2018, elektronisch verfügbar unter : [https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Ragiga\\_20180706.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/Studien/2018/Ragiga_20180706.pdf)



Als "Diskussionsbeiträge" des Wissenschaftlichen Instituts für Infrastruktur und Kommunikationsdienste sind zuletzt erschienen:

- Nr. 376: Christin-Isabel Gries, Imme Philbeck:  
Marktentwicklungen im Bereich Content Delivery Networks, April 2013
- Nr. 377: Alessandro Monti, Ralf Schäfer, Stefano Lucidi, Ulrich Stumpf:  
Kundenbindungsansätze im deutschen TK-Markt im Lichte der Regulierung, Februar 2013
- Nr. 378: Tseveen Gantumur:  
Empirische Erkenntnisse zur Breitbandförderung in Deutschland, Juni 2013
- Nr. 379: Marcus Stronzik:  
Investitions- und Innovationsanreize: Ein Vergleich zwischen Revenue Cap und Yardstick Competition, September 2013
- Nr. 380: Dragan Ilic, Stephan Jay, Thomas Plückerbaum, Peter Stamm:  
Migrationsoptionen für Breitbandkabelnetze und ihr Investitionsbedarf, August 2013
- Nr. 381: Matthias Wissner:  
Regulierungsbedürftigkeit des Fernwärmesektors, Oktober 2013
- Nr. 382: Christian M. Bender, Alex Kalevi Dieke, Petra Junk, Sonja Thiele:  
Netzzugang im Briefmarkt, Oktober 2013
- Nr. 383: Andrea Liebe, Christine Müller:  
Energiegenossenschaften im Zeichen der Energiewende, Januar 2014
- Nr. 384: Christian M. Bender, Marcus Stronzik:  
Verfahren zur Ermittlung des sektoralen Produktivitätsfortschritts - Internationale Erfahrungen und Implikationen für den deutschen Eisenbahninfrastruktursektor, März 2014
- Nr. 385: Franz Büllingen, Annette Hillebrand, Peter Stamm:  
Die Marktentwicklung für Cloud-Dienste - mögliche Anforderungen an die Netzinfrastuktur, April 2014
- Nr. 386: Marcus Stronzik, Matthias Wissner:  
Smart Metering Gas, März 2014
- Nr. 387: René Arnold, Sebastian Tenbrock:  
Bestimmungsgründe der FTTP-Nachfrage, August 2014
- Nr. 388: Lorenz Nett, Stephan Jay:  
Entwicklung dynamischer Marktszenarien und Wettbewerbskonstellationen zwischen Glasfasernetzen, Kupfernetzen und Kabelnetzen in Deutschland, September 2014
- Nr. 389: Stephan Schmitt:  
Energieeffizienz und Netzregulierung, November 2014
- Nr. 390: Stephan Jay, Thomas Plückerbaum:  
Kostensenkungspotenziale für Glasfaseranschlusnetze durch Mitverlegung mit Stromnetzen, September 2014
- Nr. 391: Peter Stamm, Franz Büllingen:  
Stellenwert und Marktperspektiven öffentlicher sowie privater Funknetze im Kontext steigender Nachfrage nach nomadischer und mobiler hochbitratiger Datenübertragung, Oktober 2014
- Nr. 392: Dieter Elixmann, J. Scott Marcus, Thomas Plückerbaum:  
IP-Netzzusammenschaltung bei NGN-basierten Sprachdiensten und die Migration zu All-IP: Ein internationaler Vergleich, November 2014
- Nr. 393: Stefano Lucidi, Ulrich Stumpf:  
Implikationen der Internationalisierung von Telekommunikationsnetzen und Diensten für die Nummernverwaltung, Dezember 2014
- Nr. 394: Rolf Schwab:  
Stand und Perspektiven von LTE in Deutschland, Dezember 2014
- Nr. 395: Christian M. Bender, Alex Kalevi Dieke, Petra Junk, Antonia Niederprüm:  
Produktive Effizienz von Postdienstleistern, November 2014

- Nr. 396: Petra Junk, Sonja Thiele:  
Methoden für Verbraucherbefragungen zur Ermittlung des Bedarfs nach Post-Universaldienst, Dezember 2014
- Nr. 397: Stephan Schmitt, Matthias Wissner:  
Analyse des Preissetzungsverhaltens der Netzbetreiber im Zähl- und Messwesen, März 2015
- Nr. 398: Annette Hillebrand, Martin Zauner:  
Qualitätsindikatoren im Brief- und Paketmarkt, Mai 2015
- Nr. 399: Stephan Schmitt, Marcus Stronzik:  
Die Rolle des generellen X-Faktors in verschiedenen Regulierungsregimen, Juli 2015
- Nr. 400: Franz Büllingen, Solveig Börnsen:  
Marktorganisation und Marktrealität von Machine-to-Machine-Kommunikation mit Blick auf Industrie 4.0 und die Vergabe von IPv6-Nummern, August 2015
- Nr. 401: Lorenz Nett, Stefano Lucidi, Ulrich Stumpf:  
Ein Benchmark neuer Ansätze für eine innovative Ausgestaltung von Frequenzgebühren und Implikationen für Deutschland, November 2015
- Nr. 402: Christian M. Bender, Alex Kalevi Dieke, Petra Junk:  
Zur Marktabgrenzung bei Kurier-, Paket- und Expressdiensten, November 2015
- Nr. 403: J. Scott Marcus, Christin Gries, Christian Wernick, Imme Philbeck:  
Entwicklungen im internationalen Mobile Roaming unter besonderer Berücksichtigung struktureller Lösungen, Januar 2016
- Nr. 404: Karl-Heinz Neumann, Stephan Schmitt, Rolf Schwab unter Mitarbeit von Marcus Stronzik:  
Die Bedeutung von TAL-Preisen für den Aufbau von NGA, März 2016
- Nr. 405: Caroline Held, Gabriele Kulenkampff, Thomas Plückebaum:  
Entgelte für den Netzzugang zu staatlich geförderter Breitband-Infrastruktur, März 2016
- Nr. 406: Stephan Schmitt, Matthias Wissner:  
Kapazitätsmechanismen – Internationale Erfahrungen, April 2016
- Nr. 407: Annette Hillebrand, Petra Junk:  
Paketshops im Wettbewerb, April 2016
- Nr. 408: Tseveen Gantumur, Iris Henseler-Unger, Karl-Heinz Neumann:  
Wohlfahrtsökonomische Effekte einer Pure LRIC - Regulierung von Terminierungsentgelten, Mai 2016
- Nr. 409: René Arnold, Christian Hildebrandt, Martin Waldburger:  
Der Markt für Over-The-Top Dienste in Deutschland, Juni 2016
- Nr. 410: Christian Hildebrandt, Lorenz Nett:  
Die Marktanalyse im Kontext von mehrseitigen Online-Plattformen, Juni 2016
- Nr. 411: Tseveen Gantumur, Ulrich Stumpf:  
NGA-Infrastrukturen, Märkte und Regulierungsregime in ausgewählten Ländern, Juni 2016
- Nr. 412: Alex Dieke, Antonia Niederprüm, Sonja Thiele:  
UPU-Endvergütungen und internationaler E-Commerce, September 2016 (in deutscher und englischer Sprache verfügbar)
- Nr. 413: Sebastian Tenbrock, René Arnold:  
Die Bedeutung von Telekommunikation in intelligent vernetzten PKW, Oktober 2016
- Nr. 414: Christian Hildebrandt, René Arnold:  
Big Data und OTT-Geschäftsmodelle sowie daraus resultierende Wettbewerbsprobleme und Herausforderungen bei Datenschutz und Verbraucherschutz, November 2016
- Nr. 415: J. Scott Marcus, Christian Wernick:  
Ansätze zur Messung der Performance im Best-Effort-Internet, November 2016
- Nr. 416: Lorenz Nett, Christian Hildebrandt:  
Marktabgrenzung und Marktmacht bei OTT-0 und OTT-1-Diensten, Eine Projektskizze am Beispiel von Instant-Messenger-Diensten, Januar 2017

- Nr. 417: Peter Kroon:  
Maßnahmen zur Verhinderung von Preis-Kosten-Scheren für NGA-basierte Dienste, Juni 2017
- Nr. 419: Stefano Lucidi:  
Analyse marktstruktureller Kriterien und Diskussion regulatorischer Handlungsoptionen bei engen Oligopolen, April 2017
- Nr. 420: J. Scott Marcus, Christian Wernick, Tseveen Gantumur, Christin Gries:  
Ökonomische Chancen und Risiken einer weitreichenden Harmonisierung und Zentralisierung der TK-Regulierung in Europa, Juni 2017
- Nr. 421: Lorenz Nett:  
Incentive Auctions als ein neues Instrument des Frequenzmanagements, Juli 2017
- Nr. 422: Christin Gries, Christian Wernick:  
Bedeutung der embedded SIM (eSIM) für Wettbewerb und Verbraucher im Mobilfunkmarkt, August 2017
- Nr. 423: Fabian Queder, Nicole Angenendt, Christian Wernick:  
Bedeutung und Entwicklungsperspektiven von öffentlichen WLAN-Netzen in Deutschland, Dezember 2017
- Nr. 424: Stefano Lucidi, Bernd Sörries, Sonja Thiele:  
Wirksamkeit sektorspezifischer Verbraucherschutzregelungen in Deutschland, Januar 2018
- Nr. 425: Bernd Sörries, Lorenz Nett:  
Frequenzpolitische Herausforderungen durch das Internet der Dinge - künftiger Frequenzbedarf durch M2M-Kommunikation und frequenzpolitische Handlungsempfehlungen, März 2018
- Nr. 426: Saskja Schäfer, Gabriele Kulenkampff, Thomas Plückebaum unter Mitarbeit von Stephan Schmitt:  
Zugang zu gebäudeinterner Infrastruktur und adäquate Bepreisung, April 2018
- Nr. 427: Christian Hildebrandt, René Arnold:  
Marktbeobachtung in der digitalen Wirtschaft – Ein Modell zur Analyse von Online-Plattformen, Mai 2018
- Nr. 428: Christin Gries, Christian Wernick:  
Treiber und Hemmnisse für kommerziell verhandelten Zugang zu alternativen FTTB/H-Netzinfrastrukturen, Juli 2018
- Nr. 429: Serpil Taş, René Arnold:  
Breitbandinfrastrukturen und die künftige Nutzung von audiovisuellen Inhalten in Deutschland: Herausforderungen für Kapazitätsmanagement und Netzneutralität, August 2018
- Nr. 430: Sebastian Tenbrock, Sonia Strube Martins, Christian Wernick, Fabian Queder, Iris Henseler-Unger:  
Co-Invest Modelle zum Aufbau von neuen FTTB/H-Netzinfrastrukturen, August 2018
- Nr. 431: Johanna Bott, Christian Hildebrandt, René Arnold:  
Die Nutzung von Daten durch OTT-Dienste zur Abschöpfung von Aufmerksamkeit und Zahlungsbereitschaft: Implikationen für Daten- und Verbraucherschutz, Oktober 2018
- Nr. 432: Petra Junk, Antonia Niederprüm:  
Warenversand im Briefnetz, Oktober 2018
- Nr. 433: Christian M. Bender, Annette Hildebrandt:  
Auswirkungen der Digitalisierung auf die Zustelllogistik, Oktober 2018
- Nr. 434: Antonia Niederprüm:  
Hybridpost in Deutschland, Oktober 2018
- Nr. 436: Petra Junk:  
Digitalisierung und Briefsubstitution: Erfahrungen in Europa und Schlussfolgerungen für Deutschland, Oktober 2018
- Nr. 437: Peter Kroon, René Arnold:  
Die Bedeutung von Interoperabilität in der digitalen Welt – Neue Herausforderungen in der interpersonellen Kommunikation, Dezember 2018
- Nr. 438: Stefano Lucidi, Bernd Sörries:  
Auswirkung von Bündelprodukten auf den Wettbewerb, März 2019

- Nr. 439: Christian M. Bender, Sonja Thiele:  
Der deutsche Postmarkt als Infrastruktur für europäischen E-Commerce, April 2019
- Nr. 440: Serpil Taş, René Arnold:  
Auswirkungen von OTT-1-Diensten auf das Kommunikationsverhalten – Eine nachfrageseitige Betrachtung, Juni 2019
- Nr. 441: Serpil Taş, Christian Hildebrandt, René Arnold:  
Sprachassistenten in Deutschland, Juni 2019
- Nr. 442: Fabian Queder, Marcus Stronzik, Christian Wernick:  
Auswirkungen des Infrastrukturwettbewerbs durch HFC-Netze auf Investitionen in FTTP-Infrastrukturen in Europa, Juni 2019
- Nr. 443: Lorenz Nett, Bernd Sörries:  
Infrastruktur-Sharing und 5G: Anforderungen an Regulierung, neue wettbewerbliche Konstellationen, Juli 2019
- Nr. 444: Pirmin Puhl, Martin Lundborg:  
Breitbandzugang über Satellit in Deutschland – Stand der Marktentwicklung und Entwicklungsperspektiven, Juli 2019
- Nr. 445: Bernd Sörries, Marcus Stronzik, Sebastian Tenbrock, Christian Wernick, Matthias Wissner:  
Die ökonomische Relevanz und Entwicklungsperspektiven von Blockchain: Analysen für den Telekommunikations- und Energiemarkt, August 2019
- Nr. 446: Petra Junk, Julia Wielgosch:  
City-Logistik für den Paketmarkt, August 2019
- Nr. 447: Marcus Stronzik, Matthias Wissner:  
Entwicklung des Effizienzvergleichs in Richtung Smart Grids, September 2019
- Nr. 448: Christian M. Bender, Antonia Niederprüm:  
Berichts- und Anzeigepflichten der Unternehmen und mögliche Weiterentwicklungen der zugrundeliegenden Rechtsnormen im Postbereich, September 2019
- Nr. 449: Ahmed Elbanna unter Mitwirkung von Fabian Eltges:  
5G Status Studie: Herausforderungen, Standardisierung, Netzarchitektur und geplante Netzentwicklung, Oktober 2019
- Nr. 450: Stefano Lucidi, Bernd Sörries:  
Internationale Vergleichsstudie bezüglich der Anwendung und Umsetzung des Nachbildbarkeitsansatzes, Dezember 2019
- Nr. 451: Matthias Franken, Matthias Wissner, Bernd Sörries:  
Entwicklung der funkbasierten Digitalisierung in der Industrie, Energiewirtschaft und Landwirtschaft und spezifische Frequenzbedarfe, Dezember 2019
- Nr. 452: Bernd Sörries, Lorenz Nett:  
Frequenzmanagement: Lokale/regionale Anwendungsfälle bei 5G für bundesweite Mobilfunknetzbetreiber sowie für regionale und lokale Betreiber unter besonderer Betrachtung der europäischen Länder sowie von China, Südkorea und den Vereinigten Staaten von Amerika, Dezember 2019
- Nr. 453: Martin Lundborg, Christian Märkel, Lisa Schrade-Grytsenko, Peter Stamm:  
Künstliche Intelligenz im Telekommunikationssektor – Bedeutung, Entwicklungsperspektiven und regulatorische Implikationen, Dezember 2019
- Nr. 454: Fabian Eltges, Petra Junk:  
Entwicklungstrends im Markt für Zeitungen und Zeitschriften, Dezember 2019
- Nr. 455: Christin Gries, Julian Knips, Christian Wernick:  
Mobilfunkgestützte M2M-Kommunikation in Deutschland – zukünftige Marktentwicklung und Nummerierungsbedarf, Dezember 2019
- Nr. 456: Menessa Ricarda Braun, Christian Wernick, Thomas Plückebaum, Martin Ockenfels:  
Parallele Glasfaserausbauten auf Basis von Mitverlegung und Mitnutzung gemäß DigiNetzG als Möglichkeiten zur Schaffung von Infrastrukturwettbewerb, Dezember 2019



**ISSN 1865-8997**