

# Optionen des Netzzugangs bei Next Generation Access

Autoren:  
Stephan Jay  
Dragan Ilic  
Thomas Plückebaum

Bad Honnef, Dezember 2009

**WIK Wissenschaftliches Institut für  
Infrastruktur und Kommunikationsdienste GmbH**

Rhöndorfer Str. 68, 53604 Bad Honnef

Postfach 20 00, 53588 Bad Honnef

Tel 02224-9225-0

Fax 02224-9225-63

Internet: <http://www.wik.org>

eMail [info@wik.org](mailto:info@wik.org)

[Impressum](#)

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>VIII</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 NGA Architektur und Netzzugang</b>	<b>2</b>
2.1 Next-Generation-Access-Netze	2
2.1.1 Architektur	2
2.1.2 Technologieoptionen	4
2.1.3 Zugangsbarrieren	7
2.2 Zugang zu NGA-Netzen	9
2.2.1 Die Investitionsleiter für NGA-Netze	9
2.2.2 Fibre Unbundling	11
2.2.3 NGA-Bitstrom	14
<b>3 Business Case Analyse</b>	<b>19</b>
3.1 Das Modell	20
3.2 Ergebnisse	25
3.2.1 Business Case für FTTC und FTTH/P2P	25
3.2.2 Infrastrukturorientierter vs. Bitstrom Business Case	28
<b>4 Bewertung / Fazit</b>	<b>34</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>36</b>



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	NGN- / NGA-Netzarchitektur	2
Abbildung 2-2:	Generische Struktur eines Next-Generation-Access-Netzes	3
Abbildung 2-3:	FTTH-PON-Technologie	5
Abbildung 2-4:	FTTH Multi-Fiber	7
Abbildung 2-5:	Horizontale und Vertikale Zugangsbarrieren im NGA	8
Abbildung 2-6:	Ladder of Investment von NGA	10
Abbildung 2-7:	Fibre Sub-Loop Unbundling bei Einsatz von PON Technologie	12
Abbildung 2-8:	WDM-PON Entbündelungsbeispiel: Individuelle Wellenlänge für den Zugangsnachfrager	13
Abbildung 2-9:	Openreach Generic Ethernet Access FTTC-Architektur	16
Abbildung 2-10:	Openreach Generic Ethernet Access FTTH-GPON-Architektur	16
Abbildung 2-11:	Line Card Leasing	18
Abbildung 3-1:	Funktionsweise des Kostenmodells: Umrechnung von Investitionen und dedizierten Kostenwerten in Gesamtkosten pro Kunde	22
Abbildung 3-2:	Ermittlung des kritischen Marktanteils (Beispiel)	23
Abbildung 3-3:	Entwicklung des Triple-Play Portfolios von Iliad/Free	24
Abbildung 3-4:	Investitionen pro home passed bei 50% market share	26
Abbildung 3-5:	Investitionsanteile der Netzsegmente: FTTC	27
Abbildung 3-6:	Investitionsanteile der Netzsegmente: FTTH/P2P	27
Abbildung 3-7:	Stilisiertes Verhältnis von Gesamtkosten des Dienstes und Bitstrom	30
Abbildung 3-8:	Nahaufnahme des Übergangsbereiches der Gesamtkosten pro Kunde bei Eigenbau und Bitstrom (FTTC, Urban Cluster)	32
Abbildung 3-9:	Vergleich Gesamtkosten pro Kunden im Durchschnitt der urbanen Cluster für Eigenbau und Bitstrom Business Case: FTTC	33
Abbildung 3-10:	Vergleich Gesamtkosten pro Kunden im Durchschnitt der urbanen Cluster für Eigenbau und Bitstrom Business Case: FTTH/P2P	33

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Charakteristika und Herausforderungen des Active Line Access	15
Tabelle 3-1:	Clusterbildung anhand der Kundendichte	21
Tabelle 3-2:	Kritische Marktanteile je Cluster	25
Tabelle 3-3:	Vergleich der kritischen Marktanteile für Eigenbau und Bitstrombezug: FTTC	31
Tabelle 3-4:	Vergleich der kritischen Marktanteile für Eigenbau und Bitstrombezug: FTTH/P2P	31

## Abkürzungsverzeichnis

ALA	Active Line Access
ARPU	Average Revenue per User
BRAS	Broadband Remote Access Server
BT	British Telecom
CAPEX	Capital Expenditure
CPE	Customer Premises Equipment
DP	Distribution Point
DSL	Digital Subscriber Line
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer
DTAG	Deutsche Telekom AG
ECTA	European Competitive Telecommunications Association
ERG	European Regulators Group
FTTB	Fibre to the Building
FTTC	Fibre to the Curb
FTTH	Fibre to the Home
Gbps	Gigabit per second
GPON	Gigabit Passive Optical Network
IC	Interconnection
IP	Internet Protocol
KVz	Kabelverzweiger
LER	Label Edge Router
LRIC	Long Run Incremental Cost
Mbps	Megabit per second
MCL	Metro Core Location
MDF	Main Distribution Frame
MPoP	Metropolitan Point of Presence
MS	Metro core Switch
NGA	Next Generation Access
NGN	Next Generation Network
ODF	Optical Distribution Frames
OFCOM	Office Fédéral de la Communication

OLT	Optical Line Terminator
ONT	Optical Network Terminator
ONU	Optical Network Unit
OPEX	Operating Expenditure
OSDF	Optical Street Distribution Frame
OSI	Open Systems Interconnection
P2P	Point to Point
PMP	Point to Multipoint
PON	Passive Optical Network
PSTN	Public Switched Telephone Network
QoS	Quality of Service
RTR	Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH
SIP	Session Initiator Protocol
SLA	Service Level Agreement
SLU	Sub-Loop-Unbundling
TAL	Teilnehmeranschlussleitung
VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line
WDM	Wave Division Multiplex/ing

## Zusammenfassung

Der Umbau der Teilnehmeranschlussnetze zu Next Generation Access (NGA) bedingt strukturelle Veränderungen der Anschlussnetze, die sich in den Kosten, den regulierten Entgelten und dem Business Case des Betreibers niederschlagen. Ziel der Studie ist es, Netzzugangsoptionen bei verschiedenen NGA-Architekturen zu analysieren und die Ökonomie unterschiedlicher Ausbaustrategien im Vergleich zu einem reinen Bitstromzugang zu untersuchen. Zu diesem Zweck werden zunächst unterschiedliche Ausbaustrategien nach Architektur (Fibre-to-the-X) und Technologie (Point-to-Point, Passive Optical Networks) abgegrenzt und spezifische Zugangsbarrieren identifiziert. Im Anschluss wird die Relevanz aktiver und passiver Netzzugangsprodukte für die verschiedenen NGA-Varianten analysiert. Auf dieser Basis wird mit Hilfe eines Bottom-Up-Kostenmodells für das Szenario eines alternativen deutschen Netzbetreibers ein quantitativer Vergleich einer Strategie mit eigener Infrastruktur (vollständiger Neuaufbau als First Mover) und reinem Bitstromzugang am Rande des Kernnetzes durchgeführt.

Die Studie zeigt, dass Netzzugangsbarrieren je nach Architektur/Technologie unterschiedlich ausgeprägt sind. Dies betrifft zum einen Fragen der Entbündelung am Metropolitan Point of Presence (MPoP) oder dem zum Kunden vorgelagerten Netzknoten Distribution Point. Zum anderen betrifft dies auch den Zugang zu Inhausverkabelung. Aus diesem Grund wird auch die Ladder of Investment mehr Stufen aufweisen, deren jeweilige Relevanz sich je nach Land und eingesetzter NGA-Architektur unterscheiden kann.

Eine Analyse der Business Cases für FTTC und FTTH/P2P zeigt, dass unter den getroffenen Annahmen (darunter gleiches Niveau der Kundenumsätze wie heute) hohe Marktanteile nötig sind, um NGA profitabel zu betreiben. So sehen wir für FTTH/P2P im Rahmen der (konservativen) Modellannahmen nur eine ökonomische Tragfähigkeit für etwa 14% der deutschen Teilnehmer. Erwartungsgemäß erfordert die zukunftssichere FTTH/P2P-Lösung aufgrund des erheblich höheren Neu-Investitionsbedarfs auch höhere Marktanteile als FTTC, da bei den Berechnungen unterstellt wurde, dass der Zugangsnachfrager bei FTTC im Drop Cable Segment die Kupferdoppelader vom Kabelverzweiger bis zum Kunden von der Deutschen Telekom anmietet und nicht neu verlegt. Wegen der Annahme eines Aufbaus ohne Rückgriff auf existierende Infrastrukturen überschätzt das Modell Investitionen und kritische Marktanteile. Allerdings liegen die dominanten Investitionen bei FTTH/P2P im Drop Cable Segment, in dem zumindest auf Grundlage der DTAG-Erdkabel-Netze kaum Mitbenutzung von Leerrohren zu erwarten ist, was den Grad der Überschätzung relativiert.

Im Vergleich von Eigenbau und Bitstrom produziert ein Eigenbauer bei niedrigen Marktanteilen zu höheren Kosten als der Bitstromnachfrager. Bei höheren Marktanteilen kehrt sich das Verhältnis dann um. Dabei gibt es einen Übergangsbereich, bei dem beide Business Cases profitabel sind, aber der Betreiber mit eigener Infrastruktur noch zu höheren Kosten je Kunde produziert. Das Anreizsystem für die Investition in eigene Infrastruktur kann also bei konsistenten Entgelten (hier LRIC-kostenorientiert modelliert) auch im NGA aufrechterhalten werden.

## Summary

The migration to Next Generation Access (NGA) networks leads to structural changes of access networks which impact on cost, regulated fees and the business case of the operator. The goal of this study is to analyze (wholesale) access options for different NGA-architectures and compare the economics of building one's own infrastructure with procuring bitstream access. To this end we classify NGA deployment by architectures (Fibre-to-the-X) and technology (Point-to-Point, Passive Optical Networks), identify access barriers and analyze the relevance of active and passive access products for NGA. Based on this qualitative analysis a Long Run Incremental Cost (LRIC) bottom-up cost model is applied to conduct a quantitative comparison of an infrastructure and a bitstream access business model of an alternative German operator.

The study shows that access barriers differ between architectures/technologies both regarding unbundling at the Metropolitan Point of Presence (MPoP) or the Distribution Point and access to inhouse cabling. For this reason the Ladder of Investment will likely have more rungs, whose relevance depends on the NGA roll-out and national/regional conditions.

An analysis of the business cases for FTTC and FTTH/P2P shows that under the given assumptions (such as no increase of revenues per user) high market shares are required to operate NGA profitably. Under the conservative model assumptions FTTH/P2P only reaches about 14% of German users. As expected FTTH/P2P requires higher market shares than FTTC because of the higher requirement for new investments which is due to the assumption that the copper drop cable segment for FTTC is rented from Deutsche Telekom and not redeployed. The model assumes a deployment without use of existing ducts or dark fibre. Therefore investments and critical market shares of a real deployment will be lower. However, the dominant investments of FTTH/P2P lie in the drop cable segment in which only little (joint) use of existing infrastructures from Deutsche Telekom is expected.

At low market shares an operator building his own NGA produces at higher cost than a bitstream access seeker. At higher market shares this is reversed. In between there is market share level at which both business cases are profitable but it is still cheaper to procure bitstream access. This shows that at consistent wholesale pricing (in this case based on cost) the NGA Ladder of Investment provides incentives to invest into own infrastructure.

## 1 Einleitung

Die Weiterentwicklung der Teilnehmeranschlussnetze zu Next Generation Access (NGA) Netzen mit Glasfaserverlegung auf der letzten Meile ist eines der zentralen Themen heutiger Telekommunikationsmärkte. Dieser Umbau bedingt strukturelle Veränderungen der Verbindungs- und Anschlussnetze, die sich in den Kosten, den regulierten Entgelten und dem Business Case des Betreibers niederschlagen. Ziel der Studie ist es, Netzzugangsoptionen bei verschiedenen NGA-Architekturen zu analysieren und die Ökonomie unterschiedlicher Ausbaustrategien im Vergleich zu einem reinen Bitstromzugang zu untersuchen.

Zu diesem Zweck werden zunächst unterschiedliche Ausbaustrategien nach Architektur (Fibre-to-the-X) und Technologie (Point-to-Point, Passive Optical Networks) abgegrenzt und spezifische Zugangsbarrieren identifiziert. Im Anschluss wird die Relevanz aktiver und passiver Netzzugangsprodukte für die verschiedenen NGA-Varianten analysiert. Auf dieser Basis wird mit Hilfe eines Bottom-Up-Kostenmodells für das Szenario eines alternativen First Movers ein quantitativer Vergleich einer Infrastruktur- und einer Bitstromstrategie durchgeführt.

Die Studie knüpft an Arbeiten an, die das WIK in den vergangenen Jahren im Umfeld der Ökonomie von Next Generation Access durchgeführt hat. Zum Beispiel hat das WIK bereits 2006 die ökonomischen Rahmenbedingungen eines deutschen VDSL-Rollouts untersucht.<sup>1</sup> Im letzten Jahr haben wir in einer Studie für die ECTA<sup>2</sup> ebenfalls die Profitabilität des Ausbaus der Glasfaser bis zum Kabelverzweiger (Fiber-to-the-Curb) und bis zum Kunden (Fiber-to-the-Home) in mehreren europäischen Ländern untersucht.<sup>3</sup> In dieser Arbeit stellen wir nun qualitativ auf die Unterschiede beim Netzzugang zu Anschlussnetzen der nächsten Generation ab. Darüber hinaus ergänzen wir unsere bisherigen Ergebnisse um eine quantitative Betrachtung des Business Cases eines NGA-Bitstromnachfragers.

---

<sup>1</sup> Brinkmann / Ilic (2006).

<sup>2</sup> ECTA – European Competitive Telecommunication Association.

<sup>3</sup> Elixmann / Ilic / Neumann / Plückebaum (2008)

## 2 NGA Architektur und Netzzugang

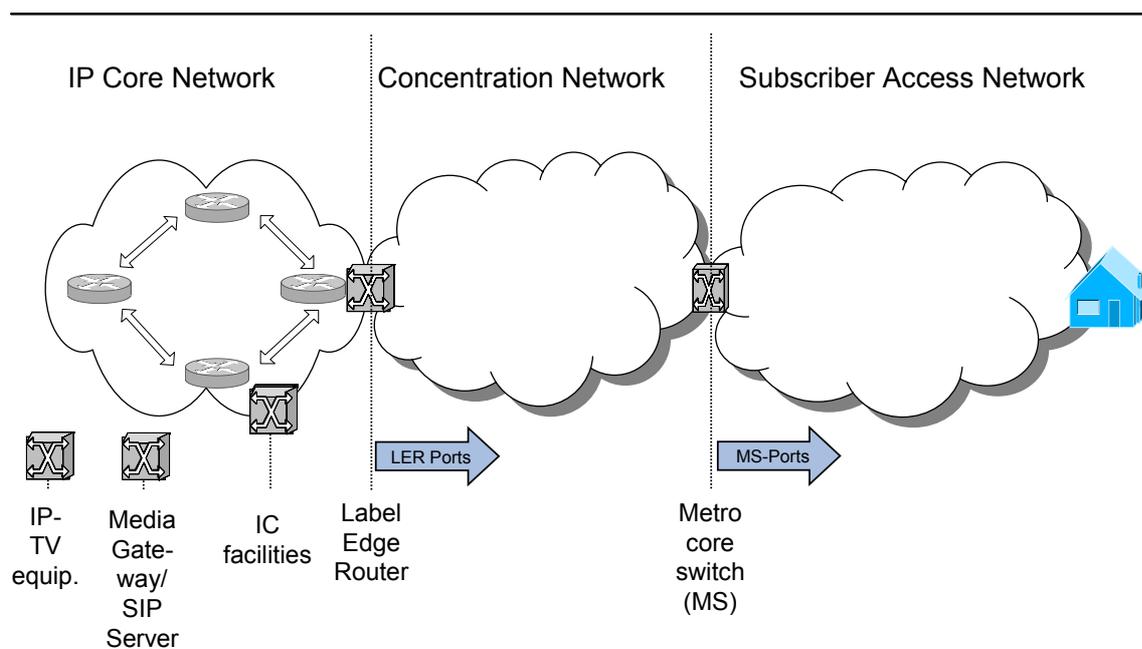
Der Ausbau von Glasfasernetzen näher an den Endkunden erlaubt höhere Bandbreiten und neue Dienste. Mit der veränderten Struktur der Anschlussnetze müssen sich auch die regulatorischen Zugangsverpflichtungen den neuen Architekturen anpassen, um weiterhin effizienten Wettbewerb und Investitionen zu fördern. Wir beschreiben zunächst kurz die Struktur wesentlicher NGA-Varianten und gehen dabei auch auf potenzielle Barrieren für den Wettbewerb ein. Anschließend diskutieren wir verschiedene Optionen des Netzzugangs bei den jeweiligen Architekturen.

### 2.1 Next-Generation-Access-Netze

#### 2.1.1 Architektur

Telekommunikationsnetze werden gewöhnlich in 2 oder 3 Ebenen eingeteilt. Das Anschlussnetz („Subscriber Access Network“) realisiert die Anbindung der einzelnen Kundenstandorte. Das Konzentrationsnetz („Concentration Network“) führt den Verkehr dann dem Kernnetz („Core Network“) zu. Die Analyse der Anschlussnetze der nächsten Generation (Next Generation Subscriber Access Networks) bezieht sich auf die Anschlussnetze, die in der folgenden Abbildung 2-1 ganz rechts dargestellt sind.

Abbildung 2-1: NGN- / NGA-Netzarchitektur

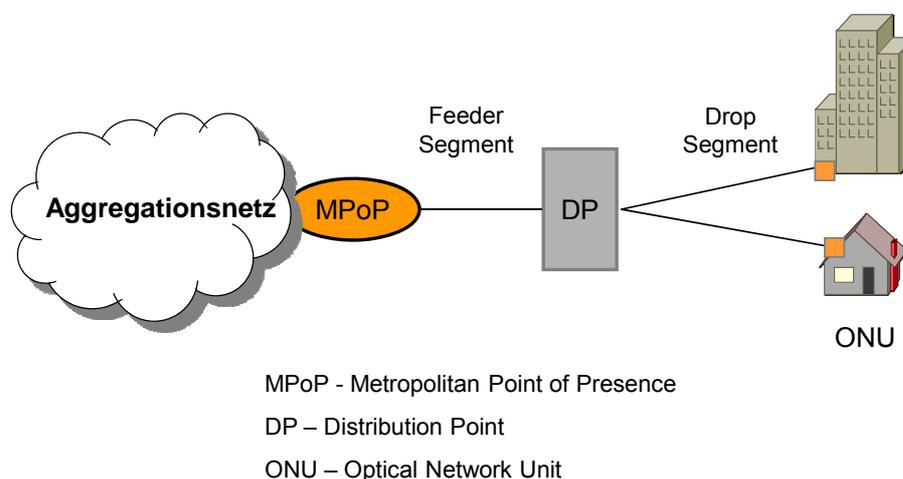


Die primären Netzknoten im NGA werden - unabhängig von der spezifischen FTTx Architektur – in der aktuellen Terminologie der Europäischen Kommission<sup>4</sup> *Metropolitan Point of Presence (MPoP)* und *Distribution Point* genannt (vgl. Abbildung 2-2).

Der *Metropolitan Point of Presence (MPoP)* ist der Punkt der Zusammenschaltung von Anschluss und Konzentrations-/Kernnetz eines NGA-Betreibers.<sup>5</sup> Er entspricht grundsätzlich dem Hauptverteiler im PSTN, allerdings ist davon auszugehen, dass im Zuge der Reorganisation des Anschlussnetzes eine Vielzahl von Hauptverteilerstandorten wegfallen und die Konzentration von Anschlussleitungen an einem MPoP höher ausfällt. Die Aufgabe von Hauptverteilerstandorten bedroht daher das Geschäftsmodell derjenigen alternativen Teilnehmernetzbetreiber, die mit eigener Infrastruktur an diesen Standorten präsent sind und bislang auf die Entbündelung der Teilnehmeranschlussleitung (TAL) gesetzt haben.

Der *Distribution Point* ist ein zwischengeschalteter Netzknoten eines NGA Netzes, an dem die Glasfasern vom MPoP aufgeteilt werden, bevor sie zu den Gebäuden der Endkunden geführt werden bzw. von dem aus die Gebäudeanbindungen über Kupfer- oder Koaxialkabel realisiert werden. Der Bereich zwischen MPoP und Distribution Point wird als *Feeder*, der Bereich zwischen Distribution Point und Kundengebäude als *Drop Cable Segment* bezeichnet (vgl. Abbildung 2-2).

Abbildung 2-2: Generische Struktur eines Next-Generation-Access-Netzes



Es gibt verschiedene NGA Architekturen, die alle dadurch gekennzeichnet sind, dass sie anstelle der bisher üblichen Kupferkabel zumindest teilweise Glasfasern als Übertragungsmedium auf der Anschlussleitung verwenden.

<sup>4</sup> Vgl. Europäische Kommission (2009): S. 10f.

<sup>5</sup> In vorherigen Studien haben wir diesen Knoten auch als *Metro Core Location (MCL)* bezeichnet.

- Fibre to the Curb (FTTC): Die Glasfaser wird vom MPoP bis zu einem Straßenverteiler auf einen VDSL DSLAM geführt. Von dort werden die Teilnehmer in den Gebäuden über Kupferkabel angeschlossen.
- Kabel-TV-Netze: Die Glasfaser wird vom MPoP bis zu einem Fiber Hub geführt, von wo aus Koaxialkabel in Bus-Struktur die Gebäude der Endkunden anschließen.
- Fibre to the Building (FTTB): Die Glasfaser wird bis in jedes Gebäude der Kunden geführt und dort im Keller z.B. auf einem VDSL DSLAM terminiert, von wo aus die einzelnen Wohnungen und Anschlüsse über die vorhandene Kupferverkabelung angeschlossen werden.
- Fibre to the Home (FTTH): Die Glasfaser wird bis in jede Wohnung der Endteilnehmer geführt, d.h. auch die Verkabelung im Gebäude beruht auf Glasfaser.

Bei der Charakterisierung von NGA Netzen spielt neben der Ausdehnung der Glasfaser in der letzten Meile (FTTx-Architektur) die Technologie (Point-to-Point oder PON) eine Rolle. Zurzeit werden auch Koinvestitionsmodelle diskutiert, die zusätzliche Fasern für andere Zugangsnachfrager in einer FTTH-Architektur bereitstellen, was die Höhe der Investitionen und den Business Case beeinflussen.

Der Einsatz von Glasfaser- anstelle von Kupferkabeln im Anschlussnetz erlaubt die Überwindung der bisher bei Kupfer bestehenden Längenrestriktionen. Dadurch kann auch auf bisherige Hauptverteilerstandorte verzichtet und der Kundenverkehr auf weniger Standorte konzentriert werden.

## 2.1.2 Technologieoptionen

### 2.1.2.1 Point-to-Point und PON

Je weiter der Ausbau der Glasfaser zum Endkunden getrieben wird, umso mehr Bandbreite kann dem Kunden bereitgestellt werden. Die größtmögliche individuelle Bandbreite kann bereitgestellt werden, wenn jeder Kunde über eine Anbindung mit „dedizierter“ (also einem einzelnen Kunden zur alleinigen Nutzung gewidmeter) Glasfaser vom MPoP bis zu seiner Wohneinheit (FTTH Point To Point – P2P) verfügt.

Wird PON-Technologie eingesetzt (Passive Optical Network), dann werden die individuellen Fasern der Kunden am Distribution Point durch einen passiven<sup>6</sup> Splitter zusammengefasst und auf einer gemeinsamen Faser zum MPoP geführt und dort auf dem Optical Line Terminator (OLT) terminiert. Die entsprechende Abschlusseinheit

---

<sup>6</sup> Der Splitter erfordert keine Stromversorgung. Er kann in einem Verteilerschrank (Cabinet), einem Schacht oder einer Muffe untergebracht werden.

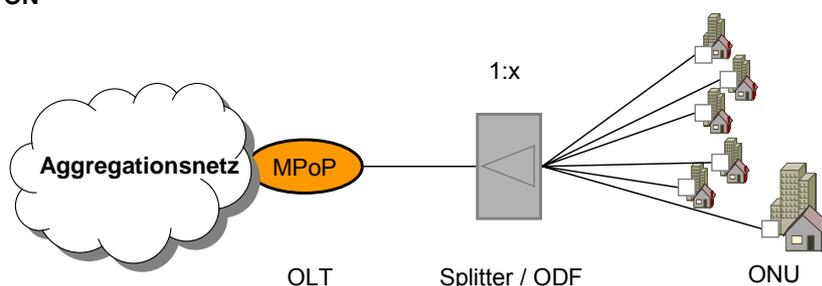
beim Kunden ist die Optical Network Terminator (ONT). Nach Stand der Technik können maximal 128 Fasern gesplittet werden.

Die Downstreamsignale (in Richtung des Kunden) werden wie bei einem Kabelfernsehtz als Broadcast durch den OLT eingespeist und über den Splitter auf alle ONTs verteilt. Jede ONT erhält somit die gleichen Informationen, erlaubt aber dem Kunden nur den Zugriff auf die für ihn bestimmten Signale. Der OLT diszipliniert die Senderechte der einzelnen Teilnehmer im Upstream, sodass immer nur ein Kunde zur selben Zeit senden kann. Somit teilen sich die Kunden, die an den gleichen Splitter angebunden sind die Bandbreite (zurzeit 2,5Gbps downstream und 1,25Gbps upstream bei GPON) als shared medium und stehen im Wettbewerb um sie.

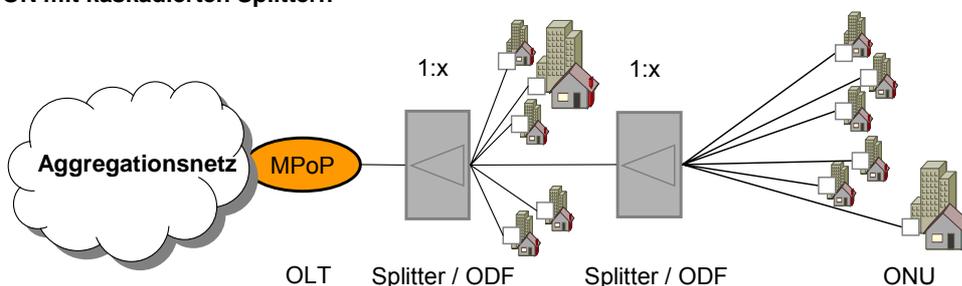
Die Splitter können auch kaskadiert werden (vgl. Abbildung 2-3). So können Primär- und Sekundärsplitter eine höhere Zahl von Kunden auf den gleichen OLT bündeln und dessen – im Vergleich zum Netzabschluss bei P2P hohen – Kosten auf mehr Kunden verteilen. Dennoch sollte die Summe der angeschlossenen ONUs das Splittinglimit von z.B. 1:64 pro PON-Baum nicht übertreffen.

Abbildung 2-3: FTTH-PON-Technologie

#### PON



#### PON mit kaskadierten Splitttern



Wave Division Multiplex (WDM)-PON-Systeme stellen technische Weiterentwicklungen der PON-Technologie dar. Bei WDM werden auf der gleichen Faser unterschiedliche Wellenlängen („Farben“) transportiert, die als individuelle Kommunikationskanäle mit der gleichen Maximalbandbreite (bei GPON 2,5Gbps Downstream) je Farbe nebenein-

ander etabliert werden können. Damit wird die Kapazität des Systems erhöht. Man könnte auch einzelnen Kunden eine individuelle „Farbe“ zuordnen, die dann wiederum separat entbündelbar wäre.

Da sich ein WDM-System nur auf ausgewählten Strecken des Anschlussnetzes rechnet (dort, wo die Kosten zusätzlicher Glasfaser bzw. die Kosten der längeren Time-to-market des Verlegens zusätzlicher Fasern das Umrüsten auf WDM übertreffen) und die Technik noch nicht standardisiert ist, wird WDM zurzeit noch nicht als relevante Anslusstechologie in unseren Untersuchungen berücksichtigt.

#### 2.1.2.2 FTTH-Multi-Fibre-Verlegung

In einer FTTH-Architektur ist die komplette Strecke zwischen MPoP und Wohneinheit des Kunden durch Glasfaser überbrückt. In Multi-Fibre-Ansätzen werden mehrere Fasern (Swisscom schlägt z.B. vier Fasern vor) pro Wohneinheit mit dem Ziel verlegt, anderen Netzbetreibern einen direkten infrastrukturbasierten Zugang zum Kunden zu gestatten und die Investition jedes einzelnen Netzbetreibers und das damit verbundene Risiko gegenüber einer parallelen Neuverlegung zu reduzieren.<sup>7</sup> Der Einsatz von Multi-Fibre erstreckt sich mindestens auf das Drop Segment. Er kann optional auch das Feeder Segment umfassen.

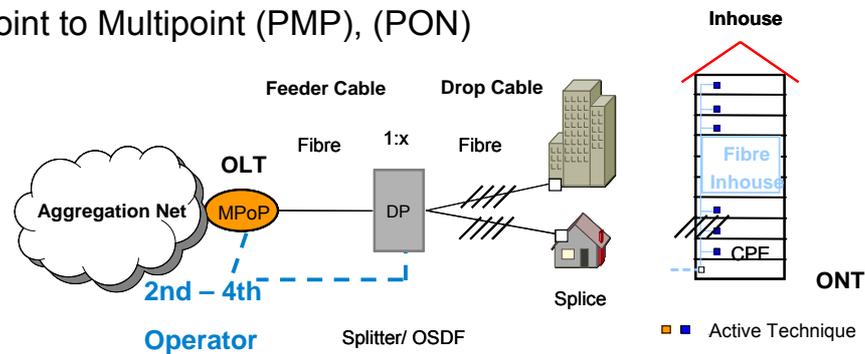
Der Betreiber, der das Netz errichtet (der „Investor“), schließt mindestens eine Faser pro Haushalt an das Feeder Segment an (die Faser, die er selber benutzen wird). Die Zugangsnachfrager können dann mit eigener Glasfaser an den Distribution Point gehen, um das Multi-Fibre Drop Segment anzubinden. Das bietet sich an, wenn sie über eigene Infrastrukturen (z.B. Leerrohre) verfügen, die dies erleichtern. Alternativ können sie auch das Feeder Segment des Investors mitbenutzen und die Glasfaser erst am MPoP übernehmen.

---

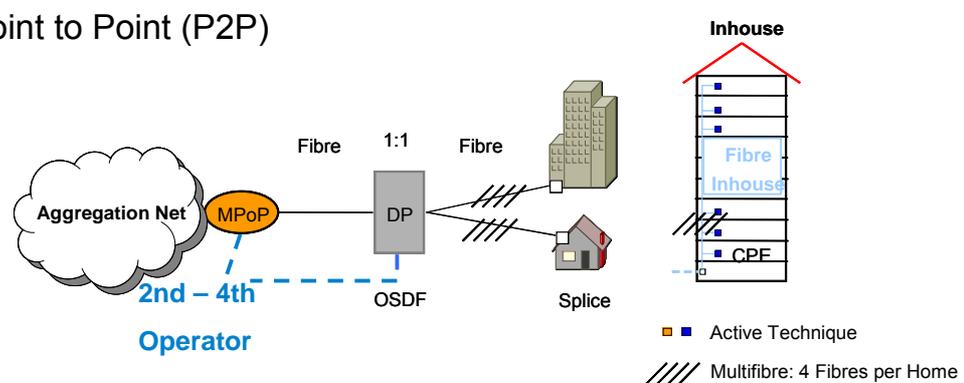
<sup>7</sup> Drei Ansätze werden zurzeit diskutiert (Vorschläge der Schweiz, Frankreich und der EU Kommission). Das WIK hat in einer kürzlich erschienenen Studie für die ECTA Optionen zur Risikoaufteilung auf mehrere Investoren auch diese Multifibre-Ansätze analysiert. Vgl. Ilic / Neumann / Plückebaum (2009).

Abbildung 2-4: FTTH Multi-Fiber

- FTTH Point to Multipoint (PMP), (PON)



- FTTH Point to Point (P2P)



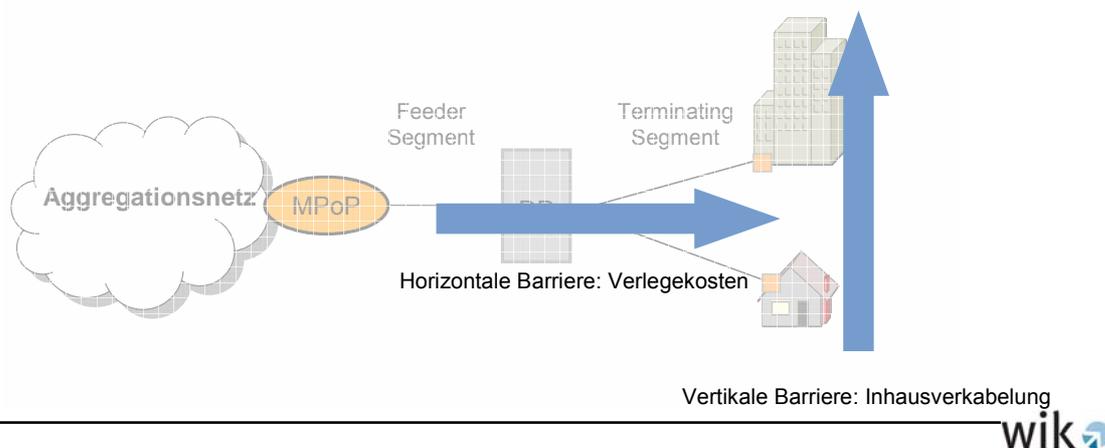
Quelle: Ilic / Neumann et al. (2009)

Wir vertiefen den Multifaserausbau aber hier nicht weiter. Stattdessen konzentrieren wir uns in dieser Studie auf die Konsequenzen eines Einfaserausbaus.

### 2.1.3 Zugangsbarrieren

Die ERG spricht im NGA-Zusammenhang von horizontalen und vertikalen Zugangsbarrieren. Horizontale Barrieren beziehen sich vor allem auf die Verlegung von Kabeln bis zum Kundengebäude, was in der Regel umfangreiche Erdarbeiten erfordert und den dominanten Kostentreiber des NGA darstellt. Vertikale Barrieren beziehen sich auf die Inhausverkabelung. Auch diese stellen einen bedeutenden Investitionsanteil dar, werden jedoch in Deutschland typischerweise vom Hauseigentümer oder vom Mieter bezahlt. Sie werden daher in der späteren Analyse nicht vertiefend betrachtet.

Abbildung 2-5: Horizontale und Vertikale Zugangsbarrieren im NGA



Bei FTTC liegen bedingte horizontale und keine vertikalen Barrieren vor, weil die existierenden Kupferkabel auf dem Sub-Loop und im Haus weiterverwendet werden und keine Neuverlegung erforderlich ist. Zur Entbündelung des kupferbasierten Sub-Loops müssen sich Wettbewerber jedoch zum einen am Distribution Point (hier der Kabelverzweiger / KVz) kollozieren können und zum anderen den Verkehr von dort zu ihrem Kernnetz transportieren (Backhaul).

Kollokation kann in Form gemeinsamer Nutzung des KVz geschehen. Alternativ kann die Kollokation auch in einem neuen Verteilerschrank neben dem des marktmächtigen Unternehmens erfolgen. Allerdings besteht u.U. für alle Betreiber das Problem, von der Kommune überhaupt zeitnah eine Genehmigung zum Aufbau neuer bzw. zur Vergrößerung bestehender KVz zu erhalten. Da die Anbindung der KVz durch Neuverlegung von Glasfasern hohe Investitionen erfordert und der Incumbent durch seine bestehenden Netze im Vorteil ist, gehen mit der Auflage von Sub-Loop-Unbundling (SLU) i.d.R. auch flankierende Verpflichtungen einher, die den Zugang zu Leerrohren oder Dark Fibre im Feeder Segment betreffen.<sup>8</sup>

In FTTB/H Netzen sind die horizontalen Barrieren im Vergleich zu FTTC noch größer, da jedes Gebäude mit Glasfaser angebunden werden muss, was bei der in Mitteleuropa gängigen unterirdischen Verlegung zu sehr hohen Verlegekosten führt. Bei FTTB-Architekturen kann grundsätzlich die bestehende kupferbasierte Telefonverkabelung im Haus weiter genutzt werden. Vertikale Barrieren gibt es daher nicht. Bei FTTH hingegen muss die Inhausverkabelung durch Glasfaser ersetzt werden. In beiden Fällen gibt es Hürden: Nicht in jedem Land ist die Hausverkabelung in den ehemaligen Markt 11 (entbündelter Großkundenzugang) eingeschlossen und daher für Entbündelung für FTTB zugänglich (in Deutschland ist dies jedoch der Fall). Außerdem ist die Neuverlegung paralleler Inhausverkabelungen möglicherweise nicht nur aus Platzgründen prob-

<sup>8</sup> In Deutschland ist dies der Fall.

lematisch.<sup>9</sup> Wenn – egal aus welchen Gründen - nur *eine* optische Inhausverkabelung aufgebaut werden kann, stellt dies für alle nachfolgenden Netzbetreiber eine strukturelle Barriere dar.

FTTB mit Mini-DSLAM im Gebäudekeller ist in dichtbesiedelten Gebieten mit hohem Anteil von Mehrfamilienhäusern durchaus attraktiv, da das existierende Kupfernetz im Haus für die Anbindung der einzelnen Wohneinheiten genutzt werden kann. In den weniger dicht besiedelten Gebieten nimmt auch die Zahl der Haushalte pro Gebäude ab. Dadurch sind die Investitionen pro Kunde in den Mini-DSLAM in diesen Gebieten vergleichsweise hoch. Beim Unterschreiten einer gewissen Dichte der Kunden pro Gebäude ist es daher ökonomisch, den FTTB-Ansatz zugunsten einer FTTH-Architektur aufzugeben. Der Mini-DSLAM dient sonst im Extremfall nur dem Multiplexen der Signale für wenige Kunden im Haus, was seinen Einsatz nicht mehr rechtfertigt.<sup>10</sup>

## 2.2 Zugang zu NGA-Netzen

### 2.2.1 Die Investitionsleiter für NGA-Netze

Vor dem Hintergrund der Zugangsbarrieren, dem erwarteten Abbau der Hauptverteilerstandorte und der in vieler Hinsicht vorteilhafteren Position des Incumbent stellt sich die Frage, wie Zugangsverpflichtungen in eine NGA-Welt migriert werden sollen.

Die ERG nimmt eine modifizierte und feingliedrigere Investitionsleiter an, die auf der linken Seite die Zugangsprodukte an ihrem jeweiligen Zugangspunkt darstellt (siehe Abbildung 2-6). Ein Hinaufsteigen der Leiter erfordert zusätzliche Investitionen und mehr Eigenleistung durch den Wettbewerber. Im Vergleich zur bisherigen Leiter sind jedoch im NGA mehrere Sprossen hinzugekommen, deren Relevanz von der FTTx-Architektur abhängt. Außerdem reflektiert die rechte Seite der Leiter die Notwendigkeit des weiter verzweigten Backhails, der ebenfalls auf unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen realisiert werden kann, angefangen bei einfachen Leased Lines (keine Eigenleistung des Zugangsnachfragers) bis hin zur eigenen Infrastruktur.<sup>11</sup>

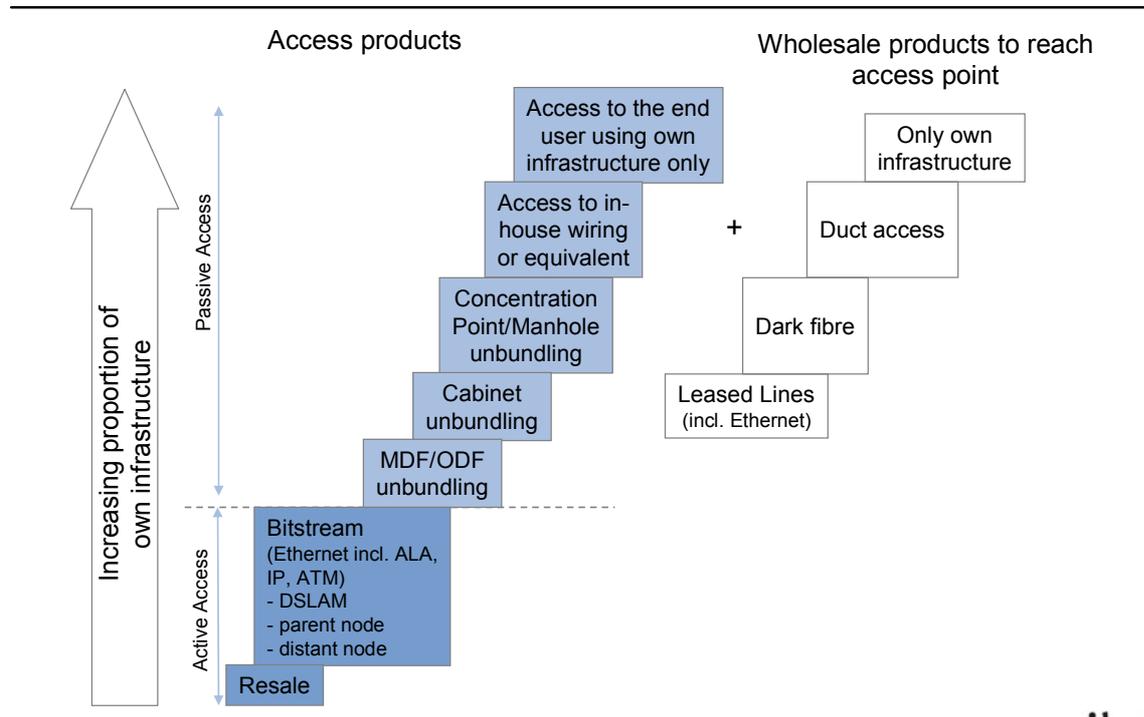
---

<sup>9</sup> Die Hauseigentümer könnten Mehrfachinstallationen durch verschiedenen Netzbetreiber nicht gestatten.

<sup>10</sup> In Frankreich wurde daher per Gesetz eine mehrfaserige Verkabelung verfügt. In der Schweiz beschloss der „runde Tisch“ des BAKOM dies ebenfalls auf freiwilliger Basis.

<sup>11</sup> Vgl. ERG (2009): S. 13f.

Abbildung 2-6: Ladder of Investment von NGA



Quelle: In Anlehnung an ERG (2009).



Passive Vorleistungen tragen direkt zur Förderung von Infrastrukturwettbewerb bei. Auf Basis passiver Vorleistungen lässt sich aber nicht überall ein tragfähiger Business Case realisieren. Auch in den Gebieten, die nicht die nötige Profitabilität für die Entbündelung am Hauptverteiler aufweisen, können alternative Anbieter den Endkunden nur ein Breitbandangebot mit Hilfe von Bitstromzugang oder Resale machen.<sup>12</sup> Sie erreichen dadurch alle vom Incumbent mit DSL belieferten Haushalte. So lassen sich bereits in der PSTN-Welt in Abhängigkeit von der Haushaltsdichte drei Gebiete unterscheiden: 1) Haushalte, die für passive Vorleistungen (vor allem Entbündelung) in Frage kommen, 2) Haushalte, die nur für Bitstrom in Frage kommen und 3) Haushalte, die gar nicht mit DSL versorgt werden können.

Der Aufbau von NGA wird zu einer größeren Heterogenität führen, da nun zwei weitere Gebiete hinzukommen. Dies sind die Gebiete, in denen die Wettbewerber - ggf. unter Zuhilfenahme passiver Vorleistungen - NGA selbst wirtschaftlich betreiben können und die Gebiete, in denen nur der Incumbent<sup>13</sup> eigene NGA-Netze wirtschaftlich betreiben kann. In letzteren sind die Wettbewerber dann auf einen NGA-Bitstrom angewiesen, um NGA-basierte Dienste überhaupt anzubieten. In einer Teilmenge davon könnte der Abbau von Hauptverteilerstandorten dazu führen, dass auch die herkömmliche Entbünde-

<sup>12</sup> Ohne Berücksichtigung des Neuaufbaus mit alternativer Infrastruktur wie z.B. Breitbandkabel.  
<sup>13</sup> Wie wir in Studien für die ECTA gezeigt haben, ist der Aufbau von NGA für den Incumbent einfacher und an weniger hohe Marktanteile für die Profitabilität geknüpft. Vgl. Elixmann / Ilic / Neumann / Plückebaum (2008).

lung der Teilnehmeranschlussleitung unmöglich wird, sodass ein NGA-Bitstrom als einzige Netzzugangsoption verbleibt.

Aufgrund der Skaleneffekte von NGA-Netzen sind im Vergleich zum PSTN höhere Marktanteile zum profitablen Infrastrukturbetrieb erforderlich. Dadurch gibt es Anreize für Betreiber von NGA-Infrastrukturen, ein eigenes Wholesalegeschäft aufzubauen, um schneller kritische Penetrationsraten zur Profitabilität des Business Case zu erreichen.

Die Unterteilung in aktiven und passiven Netzzugang kann noch genauer differenziert werden, indem auf die Ebene der OSI-Schicht abgestellt wird, auf der der Zugang erfolgt. Passive Vorleistungen greifen direkt auf die physikalische Schicht zu (Layer 1). Aktive Vorleistungen können auf Schicht 2 (Sicherheitsschicht, z.B. Ethernet) oder Schicht 3 (Vermittlungsschicht, z.B. IP) erfolgen.

Im folgenden betrachten wir die komplexeren Zusammenhänge der Entbündelung von FTTB/H Netzen und die des NGA-Bitstroms näher.

## 2.2.2 Fibre Unbundling

Die Entbündelung des kupferbasierten Sub-Loops ist – jenseits der kollokations- und backhaulbezogenen Probleme – technisch geradlinig. Auch die Entbündelung des optischen Anschlussleitung in einem FTTH-Point-to-Point-Netz kann sowohl am Distribution Point als auch am MPoP leicht realisiert werden, wenn entsprechende Verteilrahmen (Optical Distribution Frames) am Übergabepunkt eingesetzt werden. Problematischer ist die Entbündelung in Netzen, die mit PON Technologie realisiert wurden. In FTTB Netzen besteht unabhängig von der Technologiewahl zudem keine Möglichkeit, individuelle Kunden in einem Mehrfamilienhaus selektiv zu entbündeln.<sup>14</sup>

### 2.2.2.1 Unbundling von PON-Technologie

In einer mit PON-Technologie errichteten FTTH-Architektur besteht das Drop Segment aus dedizierten Fasern für jeden Kunden, die am Distribution Point zusammengeführt werden. Insofern besteht am Distribution Point noch die Möglichkeit, diese Fasern individuell zu entbündeln. Dafür müssen die Fasern vor dem Splitter abgegriffen werden. Um diese Glasfasern zu nutzen, muss der optische Splitter und die Fasern am Distribution Point zugänglich sein, z.B. indem ein Verteilerkasten mit einem OSDF (Optical Street Distribution Frame) eingesetzt wird. Dann können die Fasern des Drop Segments im Bedarfsfall auf den Splitter des Zugangsnachfragers gepatcht werden (siehe Abbildung 2-7), um ein eigenes PON aufzubauen.<sup>15</sup> Alternativ könnte der Zugangs-

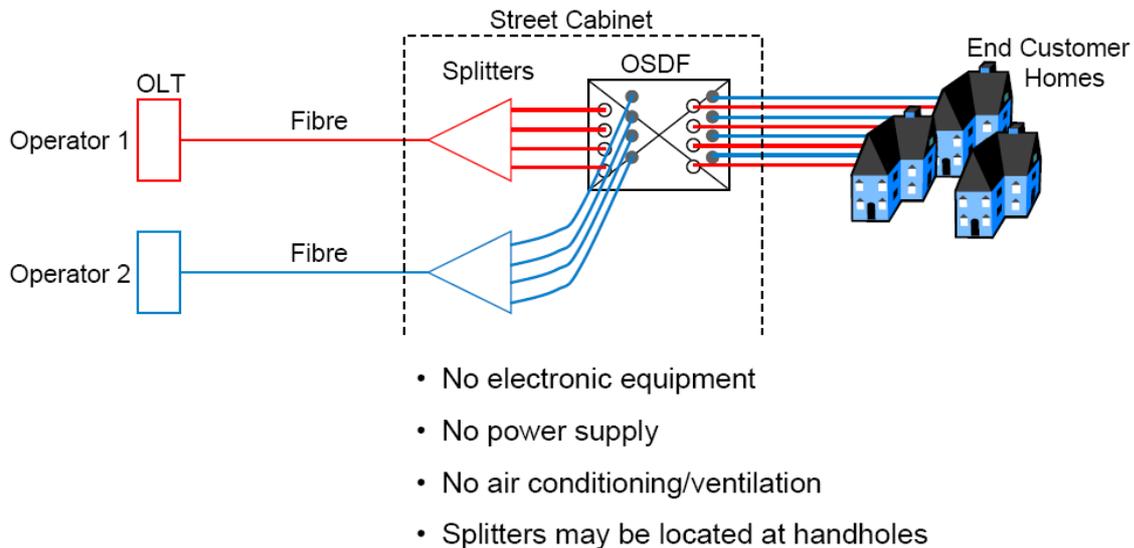
---

<sup>14</sup> Es sei denn, es gibt Reservefasern zum Haus, die dafür genutzt werden könnten.

<sup>15</sup> Vgl. auch Elixmann / Illic / Neumann / Plückebaum (2008).

nachfrager auch vom Distribution Point eigene individuelle Fasern zum MPoP führen und so ein FTTH in Point-To-Point-Technik aufbauen.

Abbildung 2-7: Fibre Sub-Loop Unbundling bei Einsatz von PON Technologie



Quellen: Elixmann / Ilic et al. (2008): S. 81.

wik

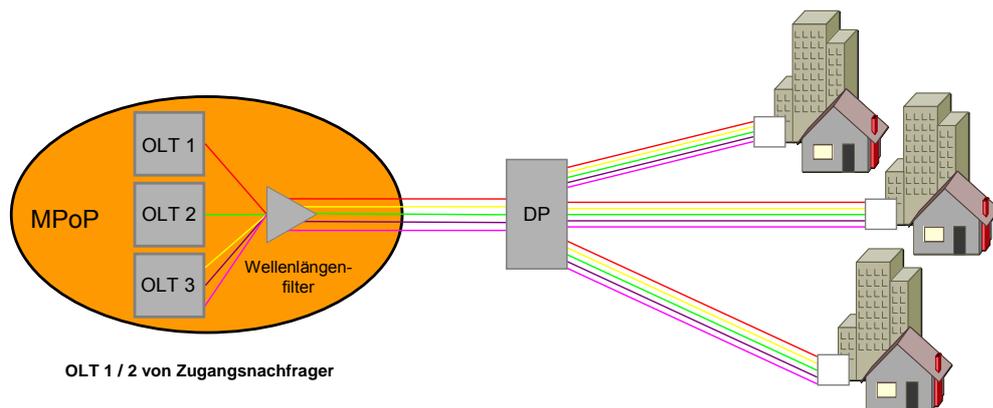
Eine Variante zum Fibre Sub-Loop Unbundling ist die Entbündelung des gesamten Splitters im Distribution Point, mit der der Zugangsnachfrager alle zugehörigen Anschlüsse übernimmt. Dies dürfte für die überwiegende Zahl der Architekturen und Kundenakquisition aber realitätsfern sein, da auch bei der Betrachtung von nur einem Gebäude (der Splitter könnte auch im Keller eines Hauses stehen) i.d.R. kein Netzbetreiber einen Marktanteil von 100% erzielt. Technisch erfordert dies jedoch nur die Anbindung des Splitters an das Feeder Segment des Zugangsnachfragers anstatt an das des Incumbents bzw. Investors. Eine Entbündelung von PON am MPoP ist mit herkömmlicher Technologie nicht möglich.<sup>16</sup>

Wave Division Multiplex (WDM) könnte durch den Einsatz verschiedener Wellenlängen („Farben“) nicht nur die Kapazität einer Glasfaser erhöhen, sondern auch unterschiedliche Formen von Wellenlängen-Entbündelung ermöglichen. Mit WDM könnte einzelnen Kunden eine Wellenlänge zugeordnet werden, die dann am MPoP entbündelt werden kann. Wellenlängen könnten auch netzbetreiberspezifisch zugeordnet werden, sodass mehrere Netzbetreiber ihr PON auf der gleichen Glasfaserinfrastruktur betreiben könnten (vgl. Abbildung 2-8). Unter Einsatz von Wellenlängen wäre auch ein Unbundling des Splitters am Distribution Point denkbar, bei dem der alternative Netzbetreiber das Feeder-Segment des Incumbents / Investors verwendet. All diese Optionen setzen jedoch

<sup>16</sup> In einigen Fällen könnte der (primäre) Splitter auch am MPoP selbst stehen. In diesem Fall würde die Entbündelung des Splitters genauso erfolgen wie am Distribution Point.

den Einsatz von WDM-Technik voraus, die teils auch aktive Komponenten am Distribution Point benötigt (Wellenlängenfilter). Diese Technik ist aufgrund ihrer Kosten und noch jungem Standardisierungsgrad nach aktuellem Stand im Anschlussnetz nur für einen sehr kleinen Teil von Strecken attraktiv.

Abbildung 2-8: WDM-PON Entbündelungsbeispiel: Individuelle Wellenlänge für den Zugangsnachfrager



Nach unserem Kenntnisstand sind die WDM-Varianten als Accesslösung noch nicht im Einsatz.

#### 2.2.2.2 Unbundling von FTTB

In einer FTTB-Architektur werden die Verkehre der Kunden im Gebäude zusammengefasst und gemeinsam über die gleiche Faser zum MPoP transportiert. Eine physische Entbündelung des Fiber Loops umfasst daher im Minimalfall von P2P ein Gebäude, bei FTTB PON sogar mehrere Gebäude. Ein einzelner Kunde kann daher in einer Einfaserwelt (siehe Kapitel zu Multifiber-Modellen) nicht entbündelt werden. Bei FTTB PON kann die Entbündelung eines Gebäudes nur am Distribution Point erfolgen.

### 2.2.3 NGA-Bitstrom

Es ist zu erwarten, dass die Zugangsebenen (Übergabeort und Übergabeart) des NGA-Bitstroms differenzierter ausgestaltet sein müssen. Der Bitstromzugang am Rand des Kernnetzes, wie er z.B. in Deutschland etabliert ist, wird weiterhin relevant sein; mindestens jedenfalls in dem Maße, in dem er bereits heute für die Regionen nachgefragt wird, in denen kein NGA zu erwarten ist. Der Bitstromzugang auf einer Ebene näher am Kunden wurde bislang international kaum nachgefragt bzw. war auch selten durch entsprechende Auflagen für den marktmächtigen Betreiber verpflichtend. Im Zuge der Reorganisation der Anschlussnetze könnte sich das ändern, denn Netzbetreiber, die bereits an Hauptverteilerstandorten vertreten sind und sich gegen einen weiteren Ausbau Richtung Endkunde entscheiden, könnten ihr eigenes Aggregationsnetz einbringen und daher ein Interesse am Bitstromzugang am MPoP haben.

Ein Bitstromzugang auf der Ebene des Distribution Points ist nur in Netzstrukturen mit aktivem Switch am Distribution Point möglich, also z.B. bei FTTC, nicht aber bei PON und P2P. Mit dem Ausbau von eigenem Backhaul bis zum Distribution Point und Bitstromzugang am selbigen erlangt der Vorleistungsnachfrager maximale Flexibilität, was die Qualität der Transportleistung angeht, weil er sie komplett selbst herstellt. Aufgrund der dafür notwendigen hohen Investitionen stellt sich allerdings die Frage, ob dann nicht die Entbündelung am Distribution Point ökonomisch und qualitativ noch reizvoller ist. Selbst, wenn die Ökonomie von (Fiber) Sub-Loop Unbundling durch Kollokationsbarrieren erschwert ist, verbessert das nicht die Position des Bitstromzugangs, da auch für diesen eine Kollokation am Distribution Point notwendig wäre.

Sofern der Incumbent umfangreiche und hochwertige QoS-Optionen anbietet und den Verkehr vom DSLAM auch ohne Überbuchung zum MPoP transportiert, kann der Bitstromzugang am MPoP eine betriebs- und volkswirtschaftlich sinnvolle Alternative sein.

#### 2.2.3.1 Bitstromvarianten: WIK-Vorschlag für einen NGN-Bitstrom (Irland)

Das WIK hat in einem Projekt für die irische Regulierungsbehörde einen Vorschlag für eine technische Ausgestaltung von Bitstromzugang im NGN gemacht. Die wesentlichen Anforderungen sind:<sup>17</sup>

- Zugang auf so vielen Ebenen wie ökonomisch tragfähig und von den Zugangsnachfragern verlangt (inklusive Zugang am DSLAM und einer stand-alone Bitstrom-Option),
- mehrere (2-5) Dienstklassen mit klar definierten Parametern (packet loss, delay, jitter, bandwidth),

---

<sup>17</sup> Jay / Anell / Plückebaum / Kulenkampff / Marcus (2007).

- Kapazitäten auf der Anschlussleitung von mindestens 20Mbps downstream und 5Mbps upstream, um z.B. 4 parallele Standard Definition IPTV-Kanäle auf der Anschlussleitung übertragen zu können,
- Multicast-Funktionalität, um eine effiziente IPTV-Verteilung im Aggregations-/Kernnetz zu ermöglichen und
- ein hohes Maß an Automatisierung in allen Bereichen von Operation- / Business-Support-Systemen, besonders hinsichtlich des Monitorings der Leistung und des Managements auf individueller Nutzerbasis.

Einige weitere Entwürfe eines Next Generation Bitstream werden im Folgenden kurz vorgestellt.

### 2.2.3.2 Besondere Bitstromvarianten: Active Line Access (Großbritannien)

OFCOM schlägt ein aktives Vorleistungsprodukt vor, das sie Active Line Access (ALA) nennt. Active Line Access ist eine besondere Form des Ethernet-Bitstroms, der so weit wie möglich das Innovationspotenzial des passiven Netzzugangs beibehalten und sich neutral zu höheren / tieferen Schichten (also auch zu unterschiedlichen FTTx-Architekturen) und Anwendungen verhalten soll. OFCOM stellt 5 Anforderungen an solch einen Bitstrom: Sicherheit, Quality of Service, Multicast, flexible Endgeräte und flexible Zusammenschaltung.<sup>18</sup>

Tabelle 2-1: Charakteristika und Herausforderungen des Active Line Access

Table 1 Competitive Characteristics of Active Line Access and Corresponding Challenges	
Characteristics	Challenges
<b>Flexible aggregation at different points in the network</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Where should aggregation be supported?</li> <li>• How should the individual traffic streams be associated with consumers, CPs and services?</li> <li>• What and how should resilience be provided?</li> </ul>
<b>QoS enabling</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Should QoS be supported within the Ethernet frame?</li> <li>• Should QoS be implemented within the equipment, for example, at the switch and the home hub?</li> </ul>
<b>Security enabling</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Should resilience against security attacks be implemented in the Ethernet ALA or in the network equipment?</li> <li>• How can traffic/signalling belonging to one CP be protected against access by another?</li> <li>• How to prevent insecure CP networks introducing vulnerabilities to other networks?</li> </ul>
<b>Multi-cast enabling</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Where (vertically) should multi-cast be implemented?</li> <li>• Where in the network should multi-cast be implemented?</li> <li>• How should multi-cast groups, etc, be managed?</li> <li>• Should dynamic and/or static multi-cast be supported?</li> </ul>
<b>Flexible Customer Premises Equipment</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• How many CPs and services should be supported in the home?</li> <li>• What flexibility is required in the choice of end-user interfaces?</li> <li>• How should home wiring be implemented?</li> <li>• What are the power supply requirements?</li> </ul>

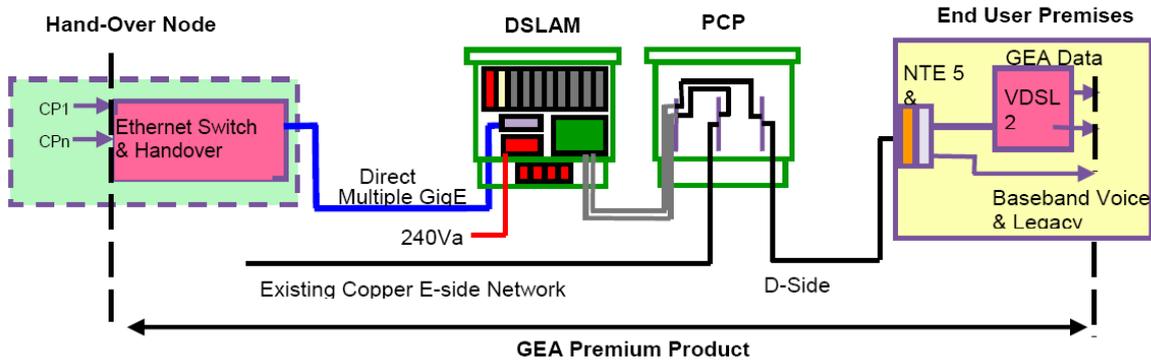
Quelle: Onwurah (2009).

<sup>18</sup> Vgl. Onwurah (2008).

Openreach entwickelt im von OFCOM moderierten Dialog mit der Industrie eine Familie von Vorleistungsprodukten mit dem Namen Generic Ethernet Access, die diesen Anforderungen Rechnung tragen sollen.

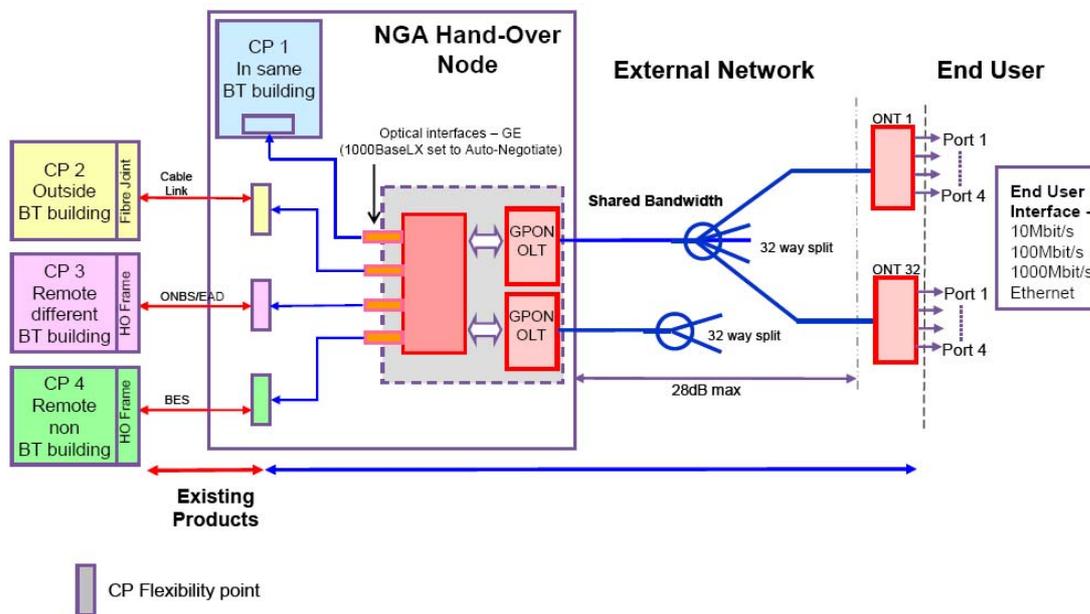
Abbildung 2-9: Openreach Generic Ethernet Access FTTC-Architektur

**Proposed FTTC Architecture**



Quelle: Openreach (2009): S. 6.

Abbildung 2-10: Openreach Generic Ethernet Access FTTH-GPON-Architektur



Quelle: Openreach (2009): S. 6.

### 2.2.3.3 Besondere Bitstromvarianten: „Virtual Unbundling“ / „Enhanced Bitstream“ (Österreich)

In Österreich wird in einer von der RTR moderierten Industriearbeitsgruppe eine neue Vorleistungsvariante für diejenigen Gebiete diskutiert, in denen NGA nur durch den Incumbent ökonomisch sinnvoll betrieben werden kann. Ein „Virtual Unbundling“ (vielleicht treffender von den Teilnehmern auch „Enhanced Bitstream“ genannt) soll dort zum Einsatz kommen, wo ein NGA-Ausbau stattfindet, ULL nicht möglich ist und SLU / Leerrohrzugang nicht greift. Zu den in Österreich diskutierten Fragestellungen zählen technische und preisliche Parameter, sowie Anforderungen an Schnittstellen.

Der Leistungsumfang wird voraussichtlich aus der Übergabe verschiedener Kanäle für unterschiedliche Dienste bestehen sowie aus verschiedenen SLAs, QoS und Bandbreiten; jeweils optional mit oder ohne Endgeräten.<sup>19</sup>

### 2.2.3.4 Besondere Bitstromvarianten: Line-Card Sharing (Alcatel)

Line-Card Sharing oder Leasing wurde von Alcatel als Hybrid-Modell aus Sub-Loop-Unbundling und Bitstrom in einer FTTC-Architektur vorgestellt. Jede Line-Card des VDSLAMs kann unabhängig und mandantenfähig gemanagt werden, d.h. ein Zugangsnachfrager würde die KVz-TAL entbündeln, aber kein eigenes Equipment am Distribution Point kollokieren. Stattdessen betreibt der Incumbent einen DSLAM mit „multi-tenant“ Funktionalität, sodass der Zugangsnachfrager den Port seines Endkunden auf der Line Card über eine entsprechende Softwareschnittstelle selber managen kann. Die Übergabe des Verkehrs kann am Distribution Point aber auch an jedem anderen designierten Punkt des Netzes erfolgen (vgl. Abbildung 2-11).

Der Vorteil eines solchen Verfahrens besteht darin, dass keine parallelen Gehäuse oder auch mehrere DSLAMs in einem Gehäuse benötigt werden. Es handelt sich dabei jedoch um einen herstellerspezifischen Ansatz, der unseres Wissens nach bislang noch nicht implementiert wurde und somit nur als Beispiel alternativer Zugangslösungen im NGA dienen kann. Zur Festlegung des Preises eines solchen Dienstes müssten dann die Kosten des DSLAMs, des Gehäuses etc. proportional umgelegt werden. Nach unserem Kenntnis ist dieses Verfahren bislang nicht zum Einsatz gekommen.

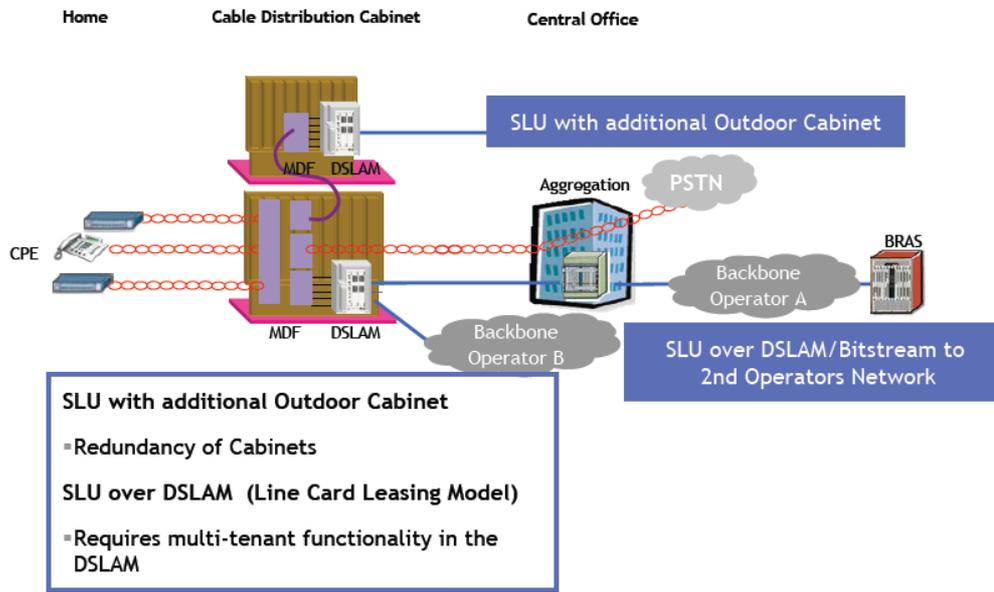
---

<sup>19</sup> Vgl. Telekom Austria (2009): S. 32.

Abbildung 2-11: Line Card Leasing

Access to a typical VDSL network

Scenario 1: Sub-Loop Unbundling (SLU)/Bitstream in Cable Distribution Cabinet (1/2)



Quelle: Wulf (2007).

### 3 Business Case Analyse

Die Wettbewerber der Deutschen Telekom ließen sich hinsichtlich ihrer Netzstrategie bislang grob in zwei Lager (Unbundler und Bitstrom- / Resalenachfrager) einteilen.<sup>20</sup> Vor allem die infrastrukturorientierten Betreiber, die zurzeit mit eigener Infrastruktur mindestens am Hauptverteiler präsent sind, stehen vor der Frage, ob sie ebenfalls in eigene NGA-Infrastrukturen investieren oder sich auf aktive Vorleistungen zurückziehen sollen.

Die Deutsche Telekom verfolgt in Deutschland ihrerseits eine FTTC-Strategie. Zur Nachbildung des VDSL-Angebots der Telekom ist die Kollokation am Distribution Point (in diesem Fall der KVz) und der entsprechende Backhaul dorthin notwendig, um den kupferbasierten Sub-Loop entbündeln zu können. Eine solche Entbündelung lohnt sich jedoch erst ab einer kritischen Zahl von Kunden, die umso leichter zu akquirieren ist, je höher die Bevölkerungsdichte ist und je mehr Kunden vom gleichen KVz versorgt werden. Noch kritischer werden die Skaleneffekte beim Ausbau der Glasfaser bis an die Kundengebäude (FTTB) und bis in deren Wohneinheiten (FTTH), wo ein profitabler Betrieb nur bei hohem Marktanteil möglich ist.<sup>21</sup>

Beim Neuaufbau („First Mover“) von NGA wird die neue Infrastruktur als erste in den Markt gebracht. Gegenüber Wettbewerbern kann der Incumbent dabei in höherem Maße auf existierende Kabelkanalanlagen oder existierende Glasfasern zurückgreifen, welche die Investitionen eines Neuaufbaus senken.<sup>22</sup> Weiterhin könnte er durch den Verkauf von Sachanlagen bei der Aufgabe von Hauptverteilerstandorten zusätzliche Einmalerlöse generieren, die bereits einen Teil der Investitionssumme abdecken können. Der nachfolgende Betreiber („Second Mover“) fragt Netzzugang, also Fibre Unbundling am MPoP, Fibre SLU am Distribution Point, Leerrohre, Dark Fibre, Kollokation am MPoP, Bitstrom etc. beim First Mover nach.

Im Rahmen einer Investitions- und Business-Case-Rechnung werden wir Investitionen und Profitabilität quantitativ analysieren und den folgenden Fragen nachgehen:

1. Wie hoch sind die Investitionen für den Ausbau von FTTC und FTTB, um eigene Infrastruktur sukzessive näher an den Endkunden zu führen?
2. Ab welchem Marktanteil / ab welcher Kundenzahl lohnt sich der Ausbau für den Nachfrager von Netzzugang? Wie verschieben sich die relativen Profitabilitätsgrenzen unterschiedlicher Strategien?

---

<sup>20</sup> Die eine Seite entbündelt die Teilnehmeranschlussleitung und ergänzt ihre Abdeckung mit Bitstrom/Resale. Die andere Seite kauft ausschließlich aktive Vorleistungen von der Telekom bzw. Wettbewerbern ein.

<sup>21</sup> Vgl. Elixmann / Ilic / Neumann / Plückerbaum (2008).

<sup>22</sup> Allerdings müssen die Kosten der Nutzung bestehender Infrastruktur im Rahmen einer LRIC Modellierung einbezogen werden.

Für einen alternativen Netzbetreiber stellen sich prinzipiell drei grundlegende Strategiealternativen dar. Er kann 1) als First Mover noch vor dem Incumbent NGA ausbauen. Er kann 2) als Second Mover das NGA des Incumbent mit passiven Vorleistungen nachbilden (z.B. Fiber Unbundling) oder sich 3) auf einen Bitstromzugang zurückziehen.

Wir beschränken uns auf eine Auswahl der möglichen Kombinationen von Ausbaustrategie und Netzzugangsnachfrage und stellen einer Eigenbaurealisierung den Business Case eines Bitstromnachfragers gegenüber, um die „make or buy“-Entscheidung zu analysieren. Betrachtet wird aus der Perspektive eines alternativen „Stand Alone“ First Movers (also ohne Rückgriff auf existierende Infrastrukturen zum Aufbau der optischen Netze):

- FTTC: Eigenausbau bis zum KVz und Anmietung der kupferbasierten KVz-TAL
- FTTH/P2P: vollständiger Eigenbau
- FTTC- / FTTH/P2P-Bitstrom mit Übergabe am MPoP

### 3.1 Das Modell

Für die Bestimmung der Investitionen und Kosten des Ausbaus von modernen Breitbandinfrastrukturen in Deutschland haben wir auf unser WIK NGA-Kostenmodell zurückgegriffen.<sup>23</sup> Die grundsätzliche Herangehensweise des clusterorientierten Bottom-Up LRIC (Long Run Incremental Cost) Modells sei an dieser Stelle nur kurz vorgestellt. Sie ist detailliert in unseren Studien dargelegt, die von der Website des WIK<sup>24</sup> heruntergeladen werden können.

In den ECTA-Studien haben wir umfangreiche Alternativszenarien mit geringer oder hoher Verfügbarkeit verschiedener unterstützender Vorleistungen untersucht. Im Rahmen dieser Studie verzichten wir darauf und fokussieren uns nur auf den Fall des alternativen First Movers ohne Sensitivitätsanalysen. Stattdessen fügen wir mit der Bitstrombetrachtung eine neue Komponente in das Modell ein.

Das Kostenmodell berechnet Investitionswerte und Kosten separat für acht Cluster unterschiedlicher Haushaltsdichte (vgl. Tabelle 3-1).

---

<sup>23</sup> Elixmann / Ilic / Neumann / Plückebaum (2008): "The Economics of Next Generation Access"

<sup>24</sup> [http://www.wik.org/content\\_e/ecta/ECTA%20NGA\\_masterfile\\_2008\\_09\\_15\\_V1.pdf](http://www.wik.org/content_e/ecta/ECTA%20NGA_masterfile_2008_09_15_V1.pdf).

Tabelle 3-1: Clusterbildung anhand der Kundendichte

Cluster	Teilnehmerdichte pro km <sup>2</sup>	Teilnehmerbasis (Mio)	Kumulierte % der gesamten Teilnehmer
Dense urban	>10.000	0,12	0,3%
Urban	>6.000	0,90	2,4%
Less Urban	>2000	4,86	13,7%
Dense Suburban	>1.500	2,04	18,5%
Suburban	>1000	2,85	25,1%
Less Suburban	>500	5,25	37,4%
Dense Rural	>100	14,62	71,5%
Rural	≤100	12,19	100,0%
	<b>Total</b>	<b>42,83</b>	

Quelle: WIK-Studie für ECTA

Die Netze werden so aufgebaut, dass potenziell jeder Teilnehmer angeschlossen werden kann, d.h. wir gehen immer von 100% „homes passed“ aus. Im Fall von VDSL bedeutet das beispielsweise die Anbindung und den Ausbau von allen Kabelverzweigern; im Fall von FTTH das Angraben und Verlegen von Glasfaser an jedes Gebäude mit einer dedizierten Faser für jeden Teilnehmer. Die Parametrisierung von Leitungslängen und Verteilung auf die Cluster erfolgte durch Schätzungen unter Rückgriff auf Stichproben.

Die Investitionsrechnung betrachtet nicht das Konzentrations- und Kernnetz, sondern nur den Teil des Anschlussnetzes vom Kundengebäude bis zum MPoP.<sup>25</sup> Für FTTC geht das Drop Cable Segment nicht in die Investitionsrechnung ein, weil es nur angemietet wird (Anmietung des kupferbasierten Sub-Loops).

In dieser Studie haben wir für die Aussagen zur Höhe der Investitionen das Szenario eines alternativen First Movers herangezogen. Alle investitionsrelevanten Positionen werden vollständig neu aufgebaut, d.h. es wird nicht auf Leerrohre oder existierende Glasfasern zurückgegriffen („Greenfield“-Aufbau). Die heutige Zahl der deutschen Hauptverteiler und Kabelverzweiger geht aber als Eingangsgröße in das Modell ein („Scorched Node“). Die Inhausverkabelung wird nicht berücksichtigt, ebenso keine Endgeräte.<sup>26</sup> Sämtliche Kabelverlegung geschieht im Modell in Leerrohren, was sich in höheren Investitionen pro Meter als bei der im Drop Segment des heutigen PSTN vorherrschenden Erdkabelform niederschlägt.

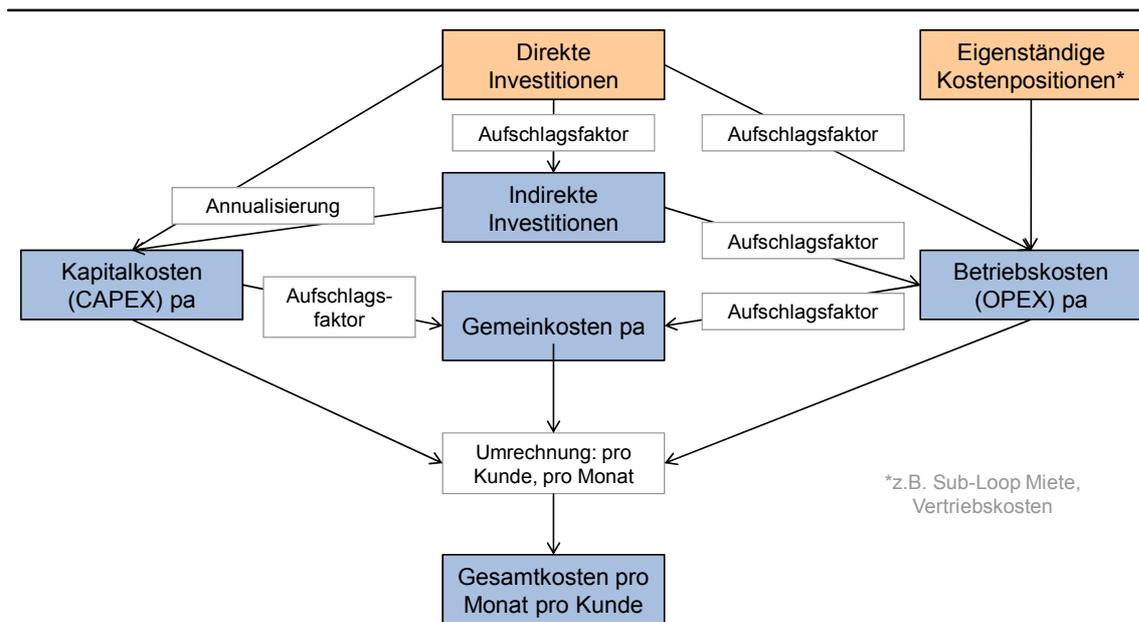
Aus den direkten und indirekten Investitionen werden annualisierte Kapitalkosten (CAPEX) abgeleitet. Dabei wurde für die passiven Infrastrukturen i.d.R. eine Laufzeit

<sup>25</sup> Es werden Investitionen in IPTV Equipment im Kernnetz berücksichtigt, nicht aber die Knoten und Verbindungen selbst.

<sup>26</sup> Dies geschieht unter der Hypothese, dass der Hauseigentümer bzw. der Kunde letzten Endes für die Inhausverkabelung zahlt.

von zwanzig Jahren unterstellt. Die Betriebskosten (OPEX) werden größtenteils aus Aufschlagfaktoren auf die Investitionswerte abgeleitet. Einige Betriebskosten liegen jedoch als eigenständige Parameter vor, so zum Beispiel die Miete für die KVz-TAL, Vertriebskosten und die Kosten von Konzentrations- und Kernnetz, welche im Modell investitionsseitig nicht erfasst sind.

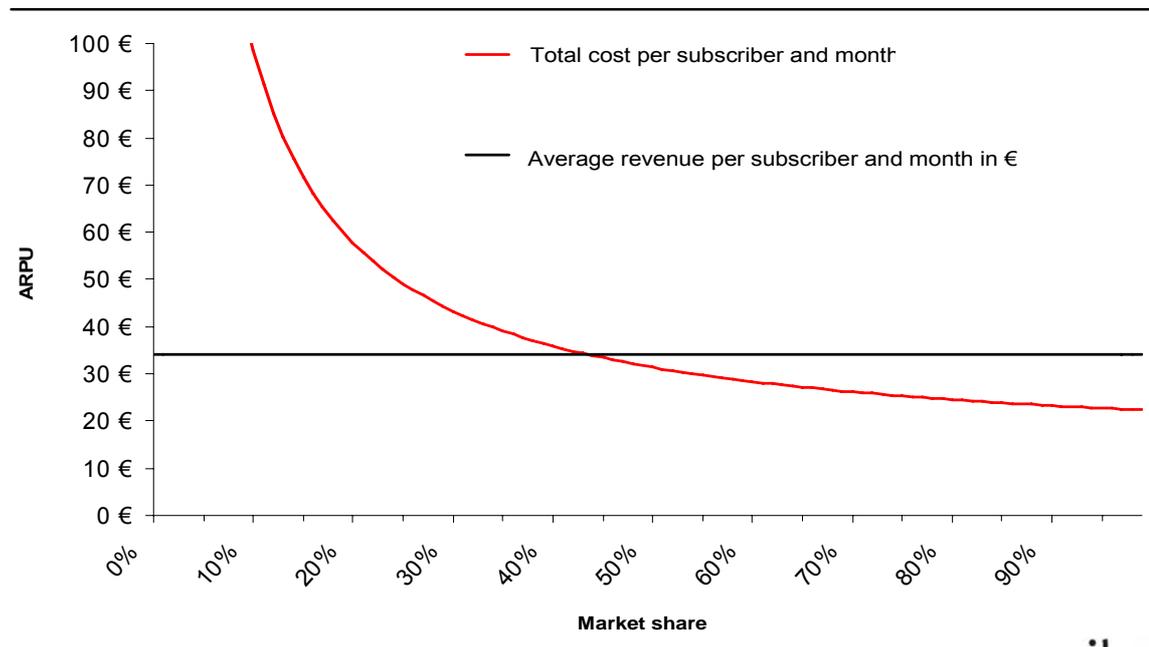
Abbildung 3-1: Funktionsweise des Kostenmodells: Umrechnung von Investitionen und dedizierten Kostenwerten in Gesamtkosten pro Kunde



Quelle: WIK

Unter Berücksichtigung von CAPEX, OPEX und Gemeinkosten ergeben sich Gesamtkosten, die auf Monat und Kundenzahl umgelegt und mit den durchschnittlichen Einkünften pro Kunde pro Monat (Average Revenue Per User - ARPU) verglichen werden (vgl. Abbildung 3-2 und Abbildung 3-1). So kann diejenige kritische Anzahl von Kunden bestimmt werden, bei denen gerade kein Verlust mehr gemacht wird. Dieser kritische Marktanteil ist cluster-individuell verschieden und von den anderen Clustern unabhängig.

Abbildung 3-2: Ermittlung des kritischen Marktanteils (Beispiel)



Quelle: WIK-Studie für ECTA



Das ARPU wurde mit 35€ bewusst auf einem Niveau angesetzt, das dem derzeitigen Preisniveau entspricht.<sup>27</sup> Wir gehen nicht davon aus, dass der Ausbau von FTTx in der Kombination mit Telefonie, Internet und IPTV zu einem (deutlichen) Anstieg der Endkundenpreise führt. Am Beispiel Frankreich konnte das eindrucksvoll nachvollzogen werden, wie die folgende Abbildung zeigt.<sup>28</sup>

<sup>27</sup> Die 35€ ergeben sich als durchschnittlicher ARPU aus Single (18%), Double (59%), Triple Play(14%) und Businesskunden (9%).

<sup>28</sup> Auch im Zeitraum 2007-2009 lag der Paketpreis bei rund 30€. Es kamen zusätzliche Leistungen hinzu, wie z.B. weitere Auslandsdestinationen, die in der Telefonie-Flatrate enthalten sind.

Abbildung 3-3: Entwicklung des Triple-Play Portfolios von Iliad/Free

	2002 Single Play	2003 Dual Play	2004 Triple Play	2005 Triple Play	2006 Triple Play	
<b>FT-Telefonhauptanschluss erforderlich?</b>	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	
<b>Internet</b>	Max. Bandbreite Tarif	512 kbps Flat	2 Mbps Flat	6 Mbps Flat	20 Mbps <sup>1)</sup> Flat	24 Mbps <sup>1)</sup> Flat
<b>Telefonie <sup>2)</sup></b>		Flat Inland	Flat Inland	Flat Inland	Flat inkl. Ausland	
<b>TV</b>			• >30 Programme	• >100 Programme • Pay-TV Pakete (Canal+, CanalSAT, TPS) und Video-on-Demand verfügbar	• >200 Programme in HDTV-Qualität (100 Programme Free-TV) • Pay-TV Pakete und Video-on-Demand verf. • 30 Radiokanäle	
<b>Paketpreis (in €/Monat, inkl. MwSt.)</b>	<b>29,99 €</b>	<b>29,99 €</b>	<b>29,99 €</b>	<b>29,99 €</b>	<b>29,99 €</b>	
<b>Mindestvertragsdauer</b>	Keine	Keine	Keine	Keine	Keine	

<sup>1)</sup> Wenn Unbundled Local Loop vorhanden und mit Freebox von Free (ADSL 2+)

<sup>2)</sup> Unbegrenzte Anrufe ins nationale Festnetz und On-Net, aktuell auch ins Festnetz ausgewählter 15 Länder (u.a. Australien, China, Deutschland, UK, USA)

Quellen: Free; A.T. Kearney-Analyse

A.T. Kearney 29/05.2006/11553b\_2 7

Quelle: ATKearney (2006)

In einigen Clustern kann selbst bei 100% customers connected bei dem von uns weiterhin standardmäßig angesetzten ARPU von 35€ kein profitabler Betrieb erreicht werden. In anderen Clustern ist der kritische Marktanteil zwar kleiner 100%, aber dennoch so hoch, dass unter Berücksichtigung von Mobile-only-Haushalten, Breitbandkabelkunden und „Breitbandverweigerern“ ein Erreichen der Schwelle sehr unwahrscheinlich wird. Grob geschätzt dürfte dies ab ca. 80% nicht mehr möglich sein. Die in der Rechnung eingenommene Perspektive ist die eines alternativen Netzbetreibers, der seine Netzzugangsstrategie gewinnmaximierend optimieren will. Überschüsse des einen Clusters werden nicht dazu verwendet, Unterdeckung in einem anderen Cluster aufzufangen, um eine Maximierung der abgedeckten Fläche zu erreichen.

Das Modell betrachtet einen eingeschwungen Zustand („steady-state“) und berücksichtigt nicht die Anlaufverluste, die bis zum Erreichen des designierten Marktanteils durch die geringere Kundenbasis anfallen.

## 3.2 Ergebnisse

### 3.2.1 Business Case für FTTC und FTTH/P2P

Im Folgenden werden die Gesamtkosten pro Nutzer mit dem ARPU verglichen, um die für die Profitabilität nötigen kritischen Marktanteile zu bestimmen. Diese kritischen Marktanteile sind in der folgenden Tabelle dargestellt. Grün eingefärbt wurden Cluster, in denen der kritische Marktanteil unter 40% liegt. Gelbe Zellen stellen kritische Marktanteile zwischen 40% und 80% dar, die nur von einem Monopolisten zu erreichen sind. In roten Zellen ist der kritische Marktanteil entweder zwischen 81 und 100%, oder es kann nicht einmal mit 100% Marktanteil Profitabilität erreicht werden. Während für FTTH/P2P nur in den ersten drei Clustern überhaupt eine Chance auf profitablen Betrieb existiert, verfügt FTTC über eine größere Reichweite. Der Stand-Alone-First-Mover-Wettbewerber könnte daher theoretisch etwas mehr als 1/3 der potenziellen Kunden in Deutschland an seine FTTC-Infrastruktur anschließen.

Tabelle 3-2: Kritische Marktanteile je Cluster

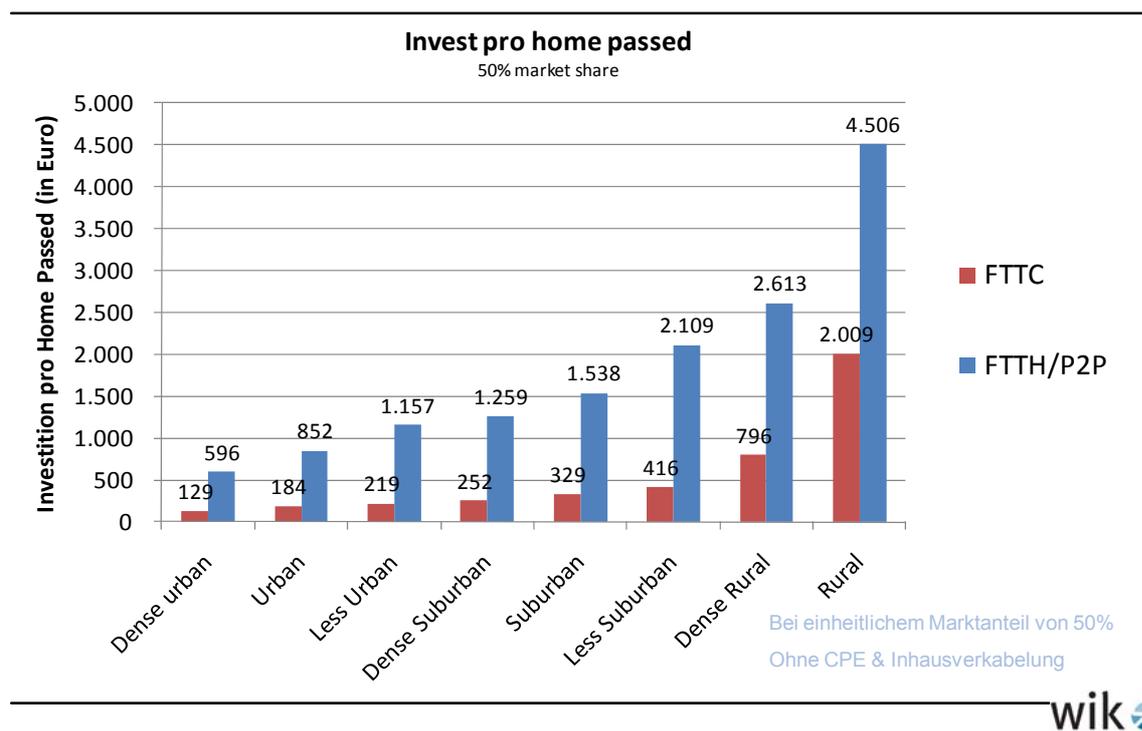
Cluster	Anzahl potenzieller Teilnehmer im Cluster	Kumulierter Anteil	Kritischer Marktanteil FTTC	Kritischer Marktanteil FTTH/P2P
Dense urban	118.087	0,3%	16%	36%
Urban	904.596	2,4%	23%	54%
Less Urban	4.858.656	13,7%	29%	75%
Dense Suburban	2.041.008	18,5%	33%	82%
Suburban	2.848.088	25,1%	43%	>100%
Less Suburban	5.249.763	37,4%	55%	>100%
Dense Rural	14.616.576	71,5%	>100%	>100%
Rural	12.192.893	100,0%	>100%	>100%

In den Modellannahmen haben wir erklärt, dass die Netze immer für 100% passed homes, also für alle Teilnehmer des Clusters aufgebaut werden. Daher fallen nur noch geringe zusätzliche Investitionen an, die durch die tatsächliche Anzahl der Nutzer getrieben sind. Diese netzseitigen Investitionen (weiterhin ohne Betrachtung von Endgeräten oder Inhausverkabelung) liegen bei unter 100€ für FTTC. Für FTTH/P2P sind sie wegen der kundengetriebenen Ports an ODF und Ethernet Switch im MPoP etwa dreimal höher.

Der Aufbau von FTTH erfordert vor allem aufgrund der Tiefbauarbeiten im Drop Cable Segment deutlich höhere Investitionen als FTTC. Für beide Architekturen steigen die Investitionen pro passed Home mit abnehmender Kundendichte progressiv an. Wir haben bei den folgenden Investitionswerten angenommen, dass in jedem Cluster 50% der

potenziellen Kunden auch tatsächlich zahlende Abonnenten des Dienstes geworden sind. Dieser Marktanteil könnte je nach Untersuchungsrichtung auch anders gewählt werden, z.B. auf dem Niveau des jeweiligen kritischen Marktanteils. Um eine identische Vergleichsbasis zwischen Clustern und Technologien zu erhalten, wurde der einheitliche Marktanteil auf einem Niveau gewählt, dass ansatzweise in der Mitte der kritischen Schwellenwerte beider FTTx Varianten liegt.<sup>29</sup>

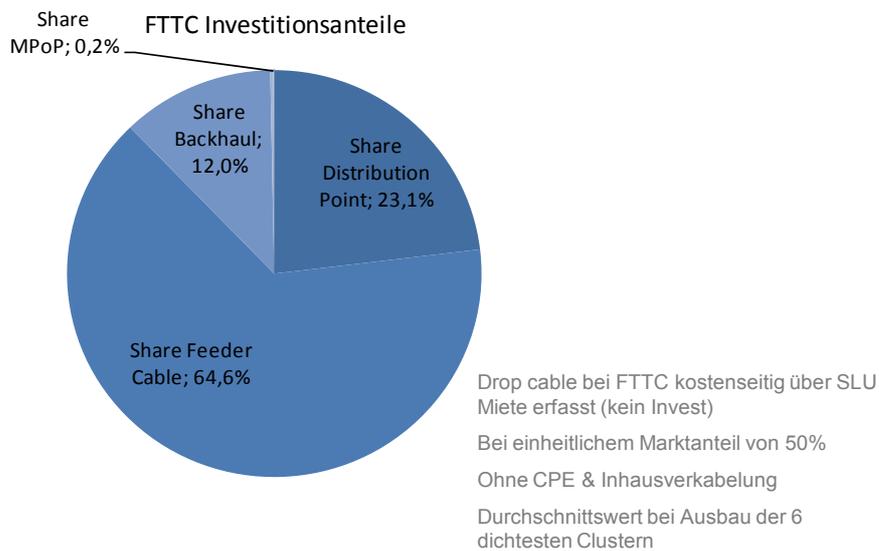
Abbildung 3-4: Investitionen pro home passed bei 50% market share



Dabei fallen die dominanten Anteile der Investitionen für Tiefbaumaßnahmen in Drop und Feeder Segment an, wie die folgenden Abbildungen illustrieren. Die prozentualen Angaben beziehen sich auf die Investitionssumme über alle Cluster. Bei FTTC fallen für das Drop Cable Segment keine Investitionen an, weil dieses Segment nur kostenseitig über die Entbündelung der KVz-TAL erfasst wird. Diese steht somit als fixe Kostenposition pro Kunde zu Buche, die auch bei wachsendem Marktanteil unverändert bleibt. Da in der Abbildung nur Investitionen betrachtet werden, beträgt der Anteil des Drop Cables an den Gesamtinvestitionen 0%.

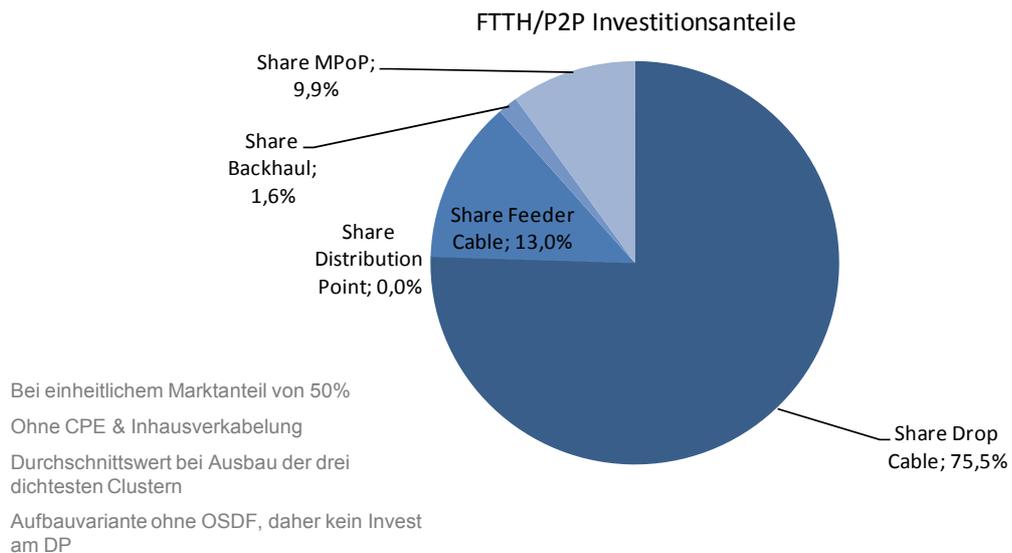
<sup>29</sup> Wählt man stattdessen die Gegenpole 1% oder 100% Marktanteil, so verringern bzw. erhöhen sich die Gesamtinvestitionen für alle Cluster insgesamt um 2-3% gegenüber dem Niveau von 50% Marktanteil.

Abbildung 3-5: Investitionsanteile der Netzsegmente: FTTC



Der Anteil des Distribution Points im FTTH/P2P Fall beträgt 0%, weil der hier modellier- te Netzbetreiber keine Voraussetzungen für den Zugang am Distribution Point durch Dritte schafft, indem er z.B. einen Optical Distribution Frame aufbaut. Für den hier mo- dellierten Fall ist der Distribution Point nur ein logischer, aber kein faktischer Netzkno- ten und erfordert daher keine spezifischen Investitionen.

Abbildung 3-6: Investitionsanteile der Netzsegmente: FTTH/P2P



Aufgrund der umfangreichen Investitionen in im Drop Cable Segment, die besonders durch Tiefbau getrieben sind, haben die Abschreibungsdauern einen wichtigen Einfluss auf die Kosten des Business Case. Mit einer Verlängerung der Abschreibungsdauer verringern sich die Kosten und die kritischen Marktanteile sinken. Wird die Abschreibungsdauer für passive Infrastrukturen bspw. von zwanzig auf dreißig Jahre verlängert, so verringern sich die kritischen Marktanteile bei FTTH/P2P je nach Cluster um drei bis sieben Prozentpunkte.

Vergleicht man die Gesamtkosten pro Kunde von FTTH/P2P und FTTC, so zeigt sich für den dichtesten Cluster sogar, dass FTTH/P2P bei hohen Marktanteilen zu niedrigeren Kosten produzieren kann. Das liegt daran, dass bei FTTC die Miete des Sub-Loops einen großen und kundenspezifischen Kostenblock darstellt, der sich nicht mit zunehmender Kundenzahl verringert. Schon bei Durchschnittsbetrachtung der drei dichtesten Cluster ist das allerdings nicht mehr der Fall.

### 3.2.2 Infrastrukturorientierter vs. Bitstrom Business Case

Zurzeit existieren für den VDSL-Bitstrom keine regulierten Preise. Der Preis eines Bitstroms in einem FTTH-Netz wäre ohnehin zurzeit nicht reguliert. Dies stellt uns vor das Problem, einen Bitstrompreis in adäquater Höhe für den Business Case des Bitstromnachfragers anzunehmen.

Wenn es sich beim Bitstrompreis um ein auf Kostenbasis zu ermittelndes Vorleistungsentgelt handelt, dann wären die Kosten der effizienten Leistungsbereitstellung die relevante Vergleichsgröße. Aus diesem Grund haben wir das Kostenmodell herangezogen, um die für Bitstrom relevanten Kosten des Netzes zu extrahieren und in einen Wholesalepreis pro Kunde umzurechnen. Dafür wurden alle Kosten des bereits beschriebenen First Movers herangezogen, die im Bitstrom enthalten sind.<sup>30</sup>

Zu diesem Zweck haben wir folgende Annahmen getroffen:

- Der Bitstrom wird analog zur heutigen Übergabe am BRAS am Eingang des Kernnetzes übergeben.
- Ein Bitstromangebot gibt es nur in Clustern, in denen der kritische Marktanteil 80% nicht überschreitet.
- Da die Gesamtkosten pro Kunde erheblich von der tatsächlich akquirierten Kundenzahl abhängen, muss festgelegt werden, wie viele Kunden auf der Plattform des Bitstromanbieters aktiv sind. Für einen kritischen Marktanteil zwischen 1%-40% wurde 40% gewählt, weil wir annehmen, dass sich in diesen Gebieten ein weiterer Wettbewerber etabliert hat. Für einen kritischen Marktanteil zwischen

---

<sup>30</sup> Es kam also das gleiche Kostenmodell mit der gleichen Parametrisierung zum Einsatz wie zuvor. Unterstellt wird somit, dass wir einen effizienten Netzbetreiber modelliert haben.

41%-80% wurde 80% gewählt, weil wir annehmen, dass es hier nur einen Infrastrukturanbieter gibt.<sup>31</sup>

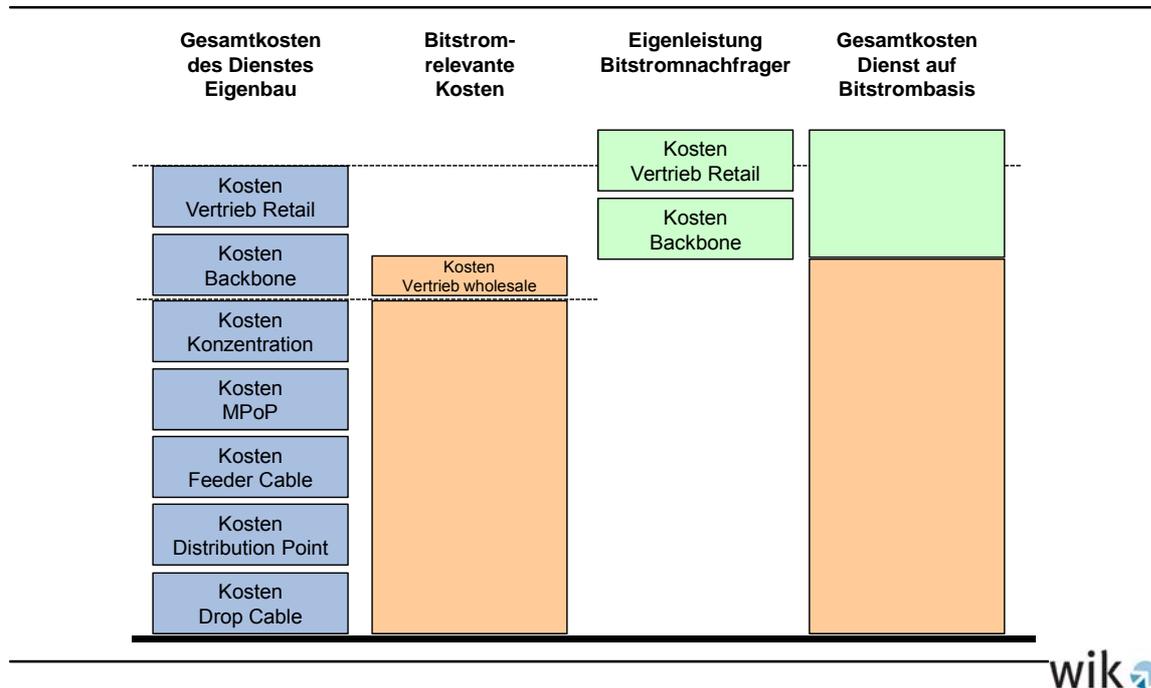
- Der so entstehende clusterindividuelle Bitstrompreis wurde mit der Anzahl der Kunden im Cluster gewichtet und auf einen clusterübergreifenden Durchschnittspreis umgerechnet. Aufgrund der unterschiedlichen Zahl von profitabel zu bewirtschaftenden Clustern ist die Basis für den Bitstrompreis bei FTTC (Durchschnitt über sechs Cluster) eine andere als bei FTTH/P2P (Durchschnitt über drei Cluster).
- Dieser Bitstrompreis gilt pro Leitung unabhängig vom Marktanteil des Bitstromnachfragers.
- Statt der Retail-Vertriebskosten wurden Wholesale-Vertriebskosten auf deutlich niedrigerem Niveau zur Bestimmung der Gesamtkosten pro Bitstromanschluss angesetzt.

Der Bitstromnachfrager fügt dem Bitstrom noch Backbone und Retail-Vertrieb als Eigenleistungen hinzu. Bei einer clusterindividuellen Betrachtung entspricht daher die Summe aus Bitstromkosten und Eigenleistung ohne Berücksichtigung von Vertriebskosten prinzipiell genau der Summe eines eigenständigen Ausbaus bei gegebenem Marktanteil. In der Aufsummierung der Komponenten der Gesamtkosten des Bitstromnachfragers sind jedoch zwei Vertriebskomponenten enthalten (siehe Abbildung 3-7). Die Abbildung macht keine Aussagen über die relativen Anteile der jeweiligen Komponenten, sondern zeigt die Aufteilung nur stilisiert. Die horizontalen gestrichelten Linien sollen bloß andeuten, dass in der Summe mehr Komponenten bei den Gesamtkosten des Dienstes auf Bitstrombasis einfließen als beim Eigenbau. Eine Aussage über die Entgelthöhe ist damit nicht verbunden.

---

<sup>31</sup> Eine höhere Zahl von aktiven Kunden führt zu niedrigeren Gesamtkosten pro Kunde. Bei dieser Betrachtung wird ausschließlich auf diesen Wert abgestellt. Wie viel Prozent von diesen Kunden Retail- und wie viele Wholesalekunden sind, ist für diesen Kostenwert, der dem Preis des Bitstroms entspricht und als Kostenposition in den Business Case des Bitstromnachfragers eingeht, nicht entscheidend. Die kritischen Marktanteile, die bisher thematisiert wurden, bezogen sich auf ein ARPU von 35€, was ausschließlich das Retailgeschäft berücksichtigt. Einen kritischen Marktanteil bei Retail- und Wholesalegeschäft haben wir hier nicht berechnet.

Abbildung 3-7: Stilisiertes Verhältnis von Gesamtkosten des Dienstes und Bitstrom



Wir unterschätzen in unserem Modell die Kosten des Bitstromnachfragers bei kleinen Marktanteilen, da das Backbonenetz (ebenso wie das Konzentratornetz) ausschließlich über linear pro Kunde skalierende Kosten abgebildet wurde. Die hohen Startinvestitionen, die der Aufbau eines neuen Backbones mit sich bringt und die auch zu Skalenvorteilen bei größerer Kundenbasis führen, werden daher nicht berücksichtigt. Gleichfalls wird im Modell nicht die Kollokation und Zusammenschaltung am Übergabeort berücksichtigt. Für eine genauere Untersuchung wären diese in das Modell zu integrieren.

Da wir die Parametrisierung des Modells für die Berechnung des Bitstromentgeltes nicht verändern, ist die Bandbreitendimensionierung des Bitstrom anteilig auch für einen Triple-Play-Dienst ausgelegt. Insofern ist es legitim ein im Vergleich zum Eigenbau-identisches Dienstebündel. Wir haben uns entschieden, hier auch den selben ARPU für den Bitstrom Business Case anzunehmen.

Um zu einer Vorteilhaftigkeitsaussage für oder gegen eine Infrastrukturstrategie zu gelangen, betrachten wir die Gesamtkosten pro Kunde und Monat in den Clustern, in denen die jeweilige NGA-Plattform errichtet wird (siehe Tabelle 3-2). Neben dem kritischen Marktanteil, ab dem der Eigenbau profitabel durchzuführen ist, können wir so noch den Fragen nachgehen, ab wann ein Bitstrom profitabel ist und ab wann der Eigenbau dem Bitstrom vorzuziehen ist. Diese Schwellenwerte sind gemeinsam mit dem ursprünglichen kritischen Marktanteil bei Eigenbau in den folgenden beiden Tabellen dargestellt (wie bisher auch hier ohne Berücksichtigung von CPE und Inhausverkabelung).

Tabelle 3-3: Vergleich der kritischen Marktanteile für Eigenbau und Bitstrombezug: FTTC

Cluster	Kritischer Marktanteil		
	...bei Eigenbau	...bei Realisierung über Bitstrom*	...ab dem Eigenbau vorteilhafter als Bitstrom ist
Dense urban	16%	3%	21%
Urban	23%	3%	31%
Less Urban	29%	4%	38%
Dense Suburban	33%	4%	44%
Suburban	43%	4%	58%
Less Suburban	55%	6%	74%
Dense Rural	>100%		
Rural	>100%		

\* Preis des Bitstroms ermittelt als gewichteter Durchschnitt über die sechs dichtesten Cluster

Tabelle 3-4: Vergleich der kritischen Marktanteile für Eigenbau und Bitstrombezug: FTTH/P2P

Cluster	Kritischer Marktanteil		
	...bei Eigenbau	...bei Realisierung über Bitstrom*	...ab dem Eigenbau vorteilhafter als Bitstrom ist
Dense urban	36%	6%	38%
Urban	54%	6%	57%
Less Urban	75%	8%	80%
Dense Suburban	82%		
Suburban	>100%		
Less Suburban	>100%		
Dense Rural	>100%		
Rural	>100%		

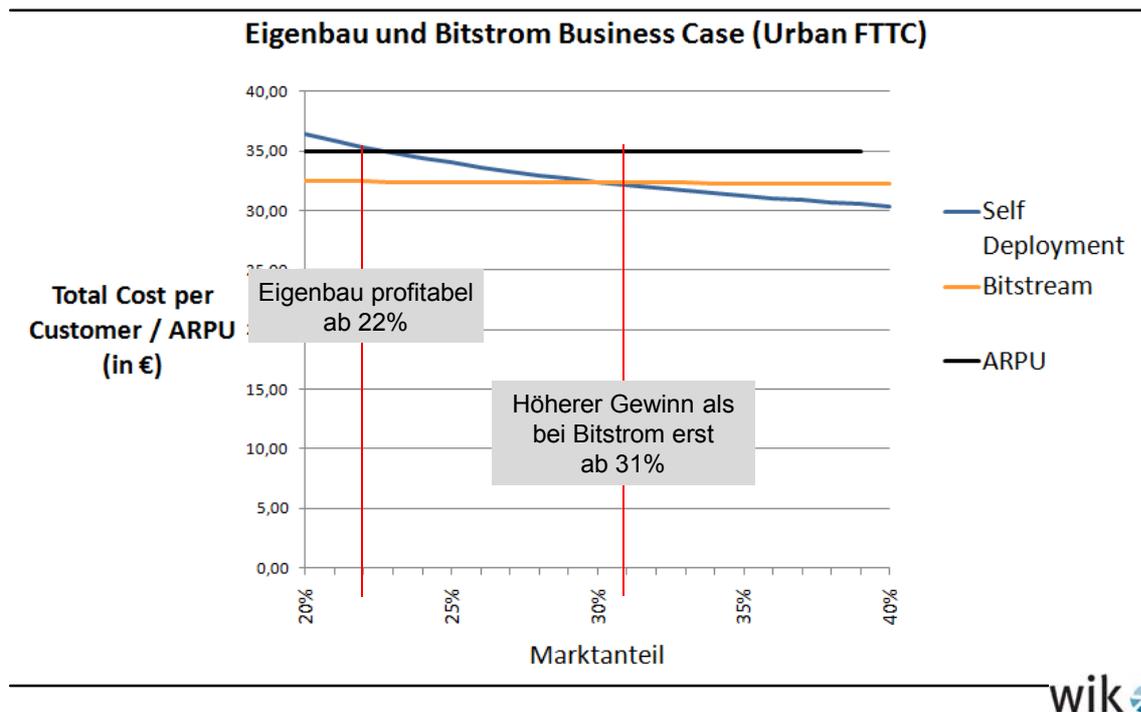
\* Preis des Bitstroms ermittelt als gewichteter Durchschnitt über die drei dichtesten Cluster

An den Ergebnissen lassen sich mehrere Aspekte ablesen: Zunächst einmal erlauben die ermittelten Preise des Bitstroms bei beiden Architekturen bereits bei kleinen Marktanteilen unter 8% profitabel zu wirtschaften. Hierfür gilt aber die oben erläuterte Einschränkung hinsichtlich der Unterschätzung der Kosten des Bitstroms bei geringen Marktanteilen. Bei Berücksichtigung der tatsächlich notwendigen Investitionen in Backbone und Konzentratornetze könnte der kritische Marktanteil des Bitstrom Business Case höher als hier identifiziert sein.

Es existiert in jedem Cluster eine Lücke zwischen dem kritischen Marktanteil bei Eigenbau und dem Marktanteil, ab dem der Eigenbau auch tatsächlich zu niedrigeren Ge-

samtkosten pro Kunde als im Bitstrom Business Case produziert. Dieser Verlauf von Gesamtkosten pro Kunde und ARPU ist in Abbildung 3-8 beispielhaft für FTTC im Urban Cluster dargestellt.

Abbildung 3-8: Nahaufnahme des Übergangsbereiches der Gesamtkosten pro Kunde bei Eigenbau und Bitstrom (FTTC, Urban Cluster)



Bislang haben wir ausschließlich clusterindividuelle Aussagen getätigt. Für die von beiden Architekturen profitabel betreibbaren, dichtesten drei urbanen Cluster betrachten wir nun zusätzlich eine gemeinsame Perspektive. Darin wurden die clusterindividuellen Kosten pro Kunde mit der Kundenzahl gewichtet, um auf diese Weise einen gewichteten Durchschnitt der Gesamtkosten pro Kunde über die drei urbanen Cluster zu erhalten. Bei dieser Betrachtungsweise zeigt sich erwartungsgemäß, dass die durchschnittlichen kritischen Marktanteile sich dem Niveau des Less Urban Clusters als größter der drei Cluster annähern. Auch bei den aggregierten Werten gibt es einen Bereich, in dem beide Business Cases positiv sind, der Eigenbau aber noch zu höheren Kosten produziert als der Bitstrom Business Case.

Abbildung 3-9: Vergleich Gesamtkosten pro Kunden im Durchschnitt der urbanen Cluster für Eigenbau und Bitstrom Business Case: FTTC

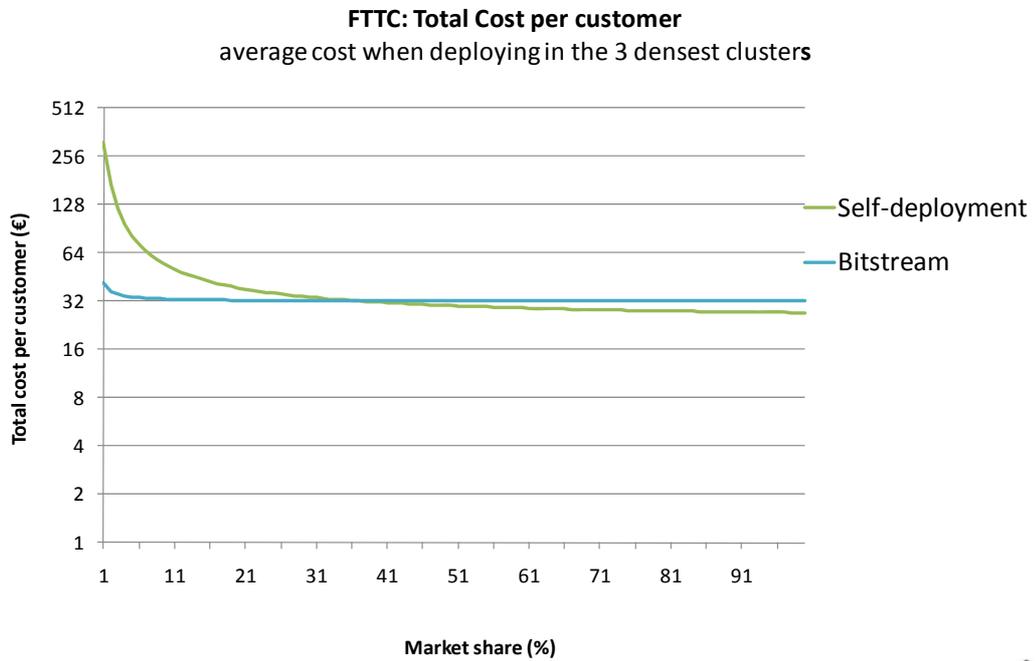
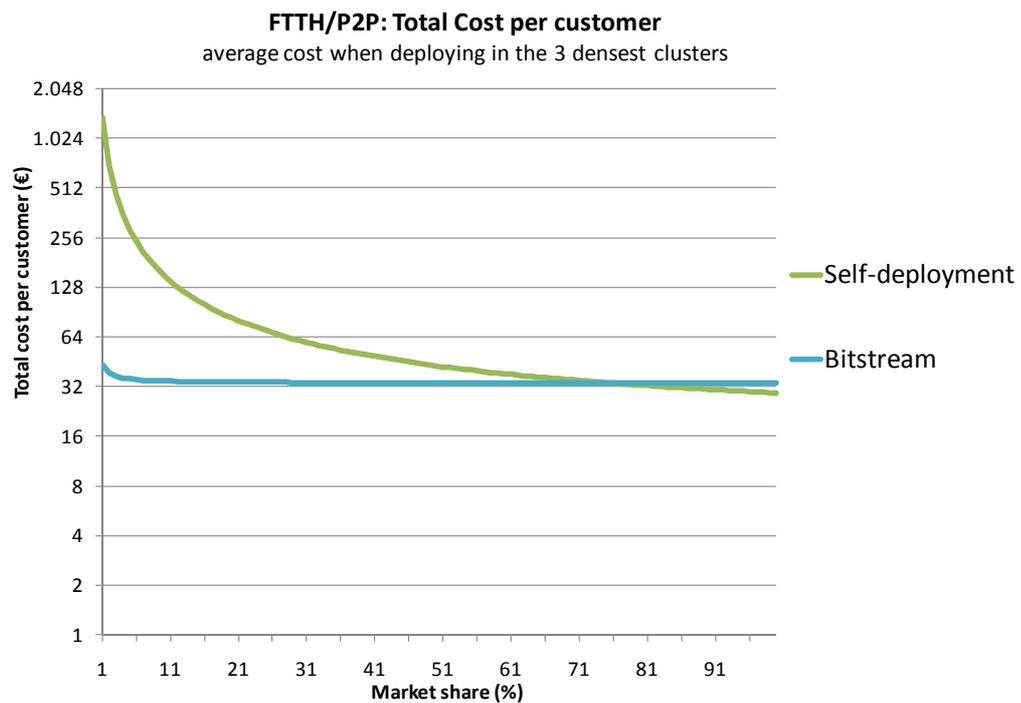


Abbildung 3-10: Vergleich Gesamtkosten pro Kunden im Durchschnitt der urbanen Cluster für Eigenbau und Bitstrom Business Case: FTTH/P2P



## 4 Bewertung / Fazit

Netzzugangsbarrieren sind je nach Architektur und Technologie unterschiedlich stark ausgeprägt. So ist ein Unbundling von FTTH/P2P am MPoP ungleich leichter durchzuführen als ein Unbundling von FTTH/PON am Distribution Point. Bei FTTB stellt sich die Frage, ob ein Unbundling der Faser zum Gebäude aus ökonomischen Gesichtspunkten überhaupt in Erwägung zu ziehen ist und ob nicht ausschließlich Bitstromprodukte rational wären. Mit der Heterogenität der Zugangsarchitekturen wächst auch die Zahl der „Sprossen“ auf der Investitionsleiter, welche nun neben den Zugangsprodukten selber auch die Realisierung des Backhails auf unterschiedliche hohen Wertschöpfungsstufen umfasst.

Passive Vorleistungen sind aus Sicht einer Regulierung, die den Infrastrukturwettbewerb fördern will, vorzuziehen. Aufgrund erheblicher Skaleneffekte konnte aber bereits deutlich gemacht werden, dass die Reichweite eines infrastrukturbasierten NGA-Angebots begrenzt ist. Ein Bitstromzugang wird daher auch vor dem Hintergrund des aufwändigen entbündelten Zugangs zu FTTH/PON (vgl. Kapitel 2.2) eine wichtige Rolle spielen. Zur Implementierung eines adäquaten NGA-Bitstromzugang sind aber noch umfangreiche Fragestellungen zu klären, darunter besonders das Vorsehen von QoS-Eigenschaften. Es zeichnet sich ab, dass nicht nur wenige große Netzbetreiber, sondern auch eine Reihe von regionalen und lokalen Akteuren NGA aufbauen. Daher stellt sich - besonders aus Sicht der bundesweit bzw. überregional aktiven Netzbetreiber - umso mehr die Frage nach Standards für Vorleistungsprodukte, Prozesse und Schnittstellen.

In dieser Studie haben wir bei der Modellierung nur Bitstrom als Vorleistungsoption in Betracht gezogen und versucht quantitativ abzuschätzen, wann sich die Investition in eigene Infrastruktur lohnt und wann stattdessen eher ein Bitstromvorleistungsprodukt vorzuziehen ist. Verwendet man kostenorientierte Wholesalepreise für den Bitstrom, so produziert der Bitstromnachfrager bei niedrigen Marktanteilen günstiger als der Netzbetreiber mit eigener Infrastruktur. Ab einer kritischen Teilnehmerzahl kehrt sich das Verhältnis dann um. In einem kleinen Bereich vor dieser kritischen Teilnehmerzahl sind beide Business Cases bereits profitabel.

In der Modellierung wurde gezeigt, dass konsistente Entgelte (hier modelliert auf Basis effizienter Kosten) Anreize zu Investitionen in eigene Infrastrukturen geben, weil dies einen höheren Gewinn ermöglicht. Das gibt Anreize zum Aufsteigen auf der Investitionsleiter, wobei je nach FTTx-Architektur, Technologie und Wertschöpfung unterschiedliche „Sprossen“ der Leiter im Vordergrund stehen.

Die Annahme eines alternativen First Movers, der mit Ausnahme der KVz-TAL im Falle von FTTC auf keinerlei existierende Infrastrukturen zurückgreift, dürfte die tatsächlichen Investitionen, damit die Kosten und letztlich die nötigen kritischen Marktanteile überschätzen. Schließlich gibt es sehr wohl existierende Infrastrukturen, die genutzt werden

könnten. Die Ergebnisse unserer Studie für die ECTA zeigen, dass der Incumbent aufgrund der Erlöse aus der Auflösung von Hauptverteilerstandorten und höherem ARPU und Wettbewerber, die auf Vorleistungen wie Fibre SLU oder Dark Fibre zurückgreifen können, bereits mit geringeren kritischen Marktanteilen profitabel sein können als der alternative First Mover.

Allerdings zeigt sich, dass die dominanten Kostentreiber die Tiefbauarbeiten im Drop Cable Segment sind. Soweit in diesem Segment Erdkabel verlegt wurden, sind keine Leerrohre vorhanden, die (mit-)genutzt werden könnten. Somit gibt es zumindest mit Blick auf die Infrastruktur des Incumbents nur eingeschränkte Möglichkeiten, diesen Block zu reduzieren. Insofern wird der Umfang der Überschätzung wieder relativiert.

Fakt bleibt jedoch, dass der zukunftssichere Aufbau von FTTH/P2P nur für einen sehr kleinen Teil der deutschen Nutzer in sehr dicht besiedelten Gebieten eigenständig profitabel realisierbar ist. Um diesen Kreis zu erweitern bedürfte es entweder 1) eines höheren Umsatzes, 2) nutzbarer Infrastrukturen im Drop Cable Segment, welche das Investitionsvolumen in diesem Segment reduzieren könnten, 3) noch langfristigeren Abschreibedauern für die passiven Infrastrukturen oder 4) Subventionen. Da eine Umsatzsteigerung zurzeit nicht zu erwarten ist, kommen vielmehr die letzten beiden Alternativen in Betracht. Dies kann auch erklären, warum viele europäische NGA-Vorhaben von Energieversorgern vorangetrieben werden. Diese besitzen zum einen entweder nutzbare Trassen im Drop Cable Segment tätigen ohnehin vielfältige Tiefbauarbeiten, welche zumindest teilweise synergetisch für die Glasfaserverlegung genutzt werden können. Zum anderen können sich diese Unternehmen aufgrund ihres Geschäftsmodells längere Abschreibedauern und niedrigere Zinsen „leisten“, welche dem Business Case zu Gute kommen.

Die Kombination aus Architektur und Technologie führt auch dazu, dass der Begriff der Teilnehmeranschlussleitung in NGA-Netzen keinen absoluten Charakter mehr besitzt. Die Abgrenzung von individuell dem Kunden zurechenbaren Netzelementen für das Anschlussnetz und denen, in denen die Kunden um gemeinsam genutzte Ressourcen im Wettbewerb stehen, unterscheidet sich zwischen den verschiedenen Architekturen. Diese Problematik stellt sich auch bei der Bestimmung von Terminierungsentgelten, bei denen nur der von allen Kunden gemeinsam genutzte Teil des Netzes für die Kostenrechnung herangezogen wird. Die Kosten der Terminierung im NGA untersuchen wir in einer demnächst erscheinenden Studie.<sup>32</sup> Die Analyse und regulierungsökonomische Würdigung der Definition der Teilnehmeranschlussleitung im NGA ist eine offene Frage, die weiterer Untersuchungen bedarf.<sup>33</sup>

---

<sup>32</sup> Jay / Plückebaum / Ilic (2009).

<sup>33</sup> Dazu hat die Bundesnetzagentur auch eine Kommentierungsaufforderung zum Markt 4 (Bitstrom) veröffentlicht. Bundesnetzagentur (2009)

## Literaturverzeichnis

- ATKearney (2006): Triple-Play-Entwicklung in Deutschland und weltweit. Münchener Kreis - Fachkonferenz "Triple Play", München.  
[http://www.atkearney.de/content/misc/wrapper.php/id/49645/name/pdf\\_060510\\_mk\\_-\\_a\\_t\\_kearney\\_-\\_triple-play\\_vortrag\\_axel\\_freyberg\\_\\_v22\\_11553b\\_2\\_-\\_web-site\\_1147343380f203.pdf](http://www.atkearney.de/content/misc/wrapper.php/id/49645/name/pdf_060510_mk_-_a_t_kearney_-_triple-play_vortrag_axel_freyberg__v22_11553b_2_-_web-site_1147343380f203.pdf).
- Brinkmann, M. / Ilic, D. (2006): Technische und ökonomische Aspekte des VDSL-Ausbaus, Glasfaser als Alternative auf der (vor-) letzten Meile. WIK Diskussionsbeitrag 281, Bad Honnef.
- Bundesnetzagentur (2009): "Veröffentlichung eines Entwurfs zur Marktdefinition und Marktanalyse für den Vorleistungsmarkt für den (physischen) Zugang zu Netzinfrastrukturen (einschließlich des gemeinsamen oder vollständig entbündelten Zugangs) an festen Standorten (Markt Nr. 4 der Märkte-Empfehlung 2007). ." Amtsblatt 21.
- Elixmann, D. / Ilic, D. / Neumann, K.-H. / Plückebaum, T. (2008): The Economics of Next Generation Access. Study for the ECTA, Bad Honnef,  
[http://www.wik.org/content\\_e/ecta/ECTA%20NGA\\_masterfile\\_2008\\_09\\_15\\_V1.pdf](http://www.wik.org/content_e/ecta/ECTA%20NGA_masterfile_2008_09_15_V1.pdf).
- ERG (2009): Report on Next Generation Access - Economic and Regulatory Principles,  
[http://www.erg.eu.int/doc/publications/erg\\_09\\_17\\_nga\\_economic\\_analysis\\_regulatory\\_principles\\_report\\_090603\\_v1.pdf](http://www.erg.eu.int/doc/publications/erg_09_17_nga_economic_analysis_regulatory_principles_report_090603_v1.pdf).
- Europäische Kommission (2009): Draft Commission Recommendation on regulated access to Next Generation Access Networks (NGA) - 2nd public consultation Brussels,  
[http://ec.europa.eu/information\\_society/policy/ecomms/doc/library/public\\_consult/nga\\_2/090611\\_nga\\_recommendation\\_spc.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/policy/ecomms/doc/library/public_consult/nga_2/090611_nga_recommendation_spc.pdf).
- Ilic, D. / Neumann, K.-H. / Plückebaum, T. (2009): The Economics of Next Generation Access - Addendum Bad Honnef, [http://www.wik.org/content/ecta\\_study\\_addendum\\_2009.pdf](http://www.wik.org/content/ecta_study_addendum_2009.pdf).
- Jay, S. / Anell, P. / Plückebaum, T. / Kulenkampff, G. / Marcus, S. (2007): Next Generation Bitstream Access. WIK-Consult study for ComReg,  
[http://www.comreg.ie/\\_fileupload/publications/ComReg0795a.pdf](http://www.comreg.ie/_fileupload/publications/ComReg0795a.pdf).
- Jay, S. / Plückebaum, T. / Ilic, D. (2009): Der Einfluss von Next Generation Access auf die Kosten der Terminierung. WIK Diskussionsbeitrag, Bad Honnef.
- Onwurah, C. (2008): Developing a generic wholesale Ethernet access product. Carrier Ethernet World Congress, Berlin.  
<http://www.ofcom.org.uk/telecoms/discussnga/presspeech/OnwurahVersion3.pdf>.
- Onwurah, C. (2009): "Competition and Investment in Next Generation Fibre Networks." The Journal of The Institute of Telecommunications Professionals 2: 6,  
[http://www.theitp.org/journal/may\\_pdfs/TJ-11-16.pdf](http://www.theitp.org/journal/may_pdfs/TJ-11-16.pdf).
- Openreach (2009): Generic Ethernet Access (GEA) over Fibre to the Cabinet (FTTC) draft 1.4.
- Openreach (2009): Generic Ethernet Access over Fibre to the Premises (FTTP) for deployment at Brownfield Sites,  
[http://www.openreach.co.uk/orpg/products/nga/fttp/downloads/FTTP%20Brownfield%20Prod%20Proposal%20Iss%201\\_0.pdf](http://www.openreach.co.uk/orpg/products/nga/fttp/downloads/FTTP%20Brownfield%20Prod%20Proposal%20Iss%201_0.pdf).

Telekom Austria (2009): Morphologieklassen, Testgebiete und VDSL@Co,  
[http://www.rtr.at/de/tk/IAG14/VDSL\\_Telekom\\_Austria.pdf](http://www.rtr.at/de/tk/IAG14/VDSL_Telekom_Austria.pdf).

Wulf, A. H. (2007): Access requirements and access options in a VDSL environment. An engineering perspective. Presented at WIK VDSL conference, Königswinter, March 2007,  
[http://www.wik.org/content/vdsl\\_ngn/wulf.pdf](http://www.wik.org/content/vdsl_ngn/wulf.pdf).



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

- Nr. 254: Andreas Hense, Daniel Schäffner:  
Regulatorische Aufgaben im Energiebereich – ein europäischer Vergleich, Juni 2004
- Nr. 255: Andreas Hense:  
Qualitätsregulierung und wettbewerbspolitische Implikationen auf Postmärkten, September 2004
- Nr. 256: Peter Stamm:  
Hybridnetze im Mobilfunk – technische Konzepte, Pilotprojekte und regulatorische Fragestellungen, Oktober 2004
- Nr. 257: Christin-Isabel Gries:  
Entwicklung der DSL-Märkte im internationalen Vergleich, Oktober 2004
- Nr. 258: Franz Büllingen, Annette Hillebrand, Diana Rätz:  
Alternative Streitbeilegung in der aktuellen EMVU-Debatte, November 2004
- Nr. 259: Daniel Schäffner:  
Regulierungsökonomische Aspekte des informatorischen Unbundling im Energiebereich, Dezember 2004
- Nr. 260: Sonja Schölermann:  
Das Produktangebot von Universaldienstleistern und deren Vergleichbarkeit, Dezember 2004
- Nr. 261: Franz Büllingen, Aurélie Gillet, Christin-Isabel Gries, Annette Hillebrand, Peter Stamm:  
Stand und Perspektiven der Vorratsdatenspeicherung im internationalen Vergleich, Februar 2005
- Nr. 262: Oliver Franz, Marcus Stronzik:  
Benchmarking-Ansätze zum Vergleich der Effizienz von Energieunternehmen, Februar 2005
- Nr. 263: Andreas Hense:  
Gasmarktregulierung in Europa: Ansätze, Erfahrungen und mögliche Implikationen für das deutsche Regulierungsmodell, März 2005
- Nr. 264: Franz Büllingen, Diana Rätz:  
VoIP – Marktentwicklungen und regulatorische Herausforderungen, Mai 2005
- Nr. 265: Ralf G. Schäfer, Andrej Schöbel:  
Stand der Backbone-Infrastruktur in Deutschland – Eine Markt- und Wettbewerbsanalyse, Juli 2005
- Nr. 266: Annette Hillebrand, Alexander Kohlstedt, Sonia Strube Martins:  
Selbstregulierung bei Standardisierungsprozessen am Beispiel von Mobile Number Portability, Juli 2005
- Nr. 267: Oliver Franz, Daniel Schäffner, Bastian Trage:  
Grundformen der Entgeltregulierung: Vor- und Nachteile von Price-Cap, Revenue-Cap und hybriden Ansätzen, August 2005
- Nr. 268: Andreas Hense, Marcus Stronzik:  
Produktivitätsentwicklung der deutschen Strom- und Gasnetzbetreiber – Untersuchungsmethodik und empirische Ergebnisse, September 2005
- Nr. 269: Ingo Vogelsang:  
Resale und konsistente Entgeltregulierung, Oktober 2005
- Nr. 270: Nicole Angenendt, Daniel Schäffner:  
Regulierungsökonomische Aspekte des Unbundling bei Versorgungsunternehmen unter besonderer Berücksichtigung von Pacht- und Dienstleistungsmodellen, November 2005
- Nr. 271: Sonja Schölermann:  
Vertikale Integration bei Postnetzbetreibern – Geschäftsstrategien und Wettbewerbsrisiken, Dezember 2005
- Nr. 272: Franz Büllingen, Annette Hillebrand, Peter Stamm:  
Transaktionskosten der Nutzung des Internet durch Missbrauch (Spamming) und Regulierungsmöglichkeiten, Januar 2006

- Nr. 273: Gernot Müller, Daniel Schäffner, Marcus Stronzik, Matthias Wissner:  
Indikatoren zur Messung von Qualität und Zuverlässigkeit in Strom- und Gasversorgungsnetzen, April 2006
- Nr. 274: J. Scott Marcus:  
Interconnection in an NGN Environment, Mai 2006
- Nr. 275: Ralf G. Schäfer, Andrej Schöbel:  
Incumbents und ihre Preisstrategien im Telefondienst – ein internationaler Vergleich, Juni 2006
- Nr. 276: Alex Kalevi Dieke, Sonja Schölermann:  
Wettbewerbspolitische Bedeutung des Postleitzahlensystems, Juni 2006
- Nr. 277: Marcus Stronzik, Oliver Franz:  
Berechnungen zum generellen X-Faktor für deutsche Strom- und Gasnetze: Produktivitäts- und Inputpreisdifferential, Juli 2006
- Nr. 278: Alexander Kohlstedt:  
Neuere Theoriebeiträge zur Netzökonomie: Zweiseitige Märkte und On-net/Off-net-Tariffdifferenzierung, August 2006
- Nr. 279: Gernot Müller:  
Zur Ökonomie von Trassenpreissystemen, August 2006
- Nr. 280: Franz Büllingen, Peter Stamm in Kooperation mit Prof. Dr.-Ing. Peter Vary, Helge E. Lüders und Marc Werner (RWTH Aachen):  
Potenziale alternativer Techniken zur bedarfsgerechten Versorgung mit Breitbandzugängen, September 2006
- Nr. 281: Michael Brinkmann, Dragan Ilic:  
Technische und ökonomische Aspekte des VDSL-Ausbaus, Glasfaser als Alternative auf der (vor-) letzten Meile, Oktober 2006
- Nr. 282: Franz Büllingen:  
Mobile Enterprise-Solutions – Stand und Perspektiven mobiler Kommunikationslösungen in kleinen und mittleren Unternehmen, November 2006
- Nr. 283: Franz Büllingen, Peter Stamm:  
Triple Play im Mobilfunk: Mobiles Fernsehen über konvergente Hybridnetze, Dezember 2006
- Nr. 284: Mark Oelmann, Sonja Schölermann:  
Die Anwendbarkeit von Vergleichsmarktanalysen bei Regulierungsentscheidungen im Postsektor, Dezember 2006
- Nr. 285: Iris Böschen:  
VoIP im Privatkundenmarkt – Marktstrukturen und Geschäftsmodelle, Dezember 2006
- Nr. 286: Franz Büllingen, Christin-Isabel Gries, Peter Stamm:  
Stand und Perspektiven der Telekommunikationsnutzung in den Breitbandkabelnetzen, Januar 2007
- Nr. 287: Konrad Zoz:  
Modellgestützte Evaluierung von Geschäftsmodellen alternativer Teilnehmernetzbetreiber in Deutschland, Januar 2007
- Nr. 288: Wolfgang Kiesewetter:  
Marktanalyse und Abhilfemaßnahmen nach dem EU-Regulierungsrahmen im Ländervergleich, Februar 2007
- Nr. 289: Dieter Elixmann, Ralf G. Schäfer, Andrej Schöbel:  
Internationaler Vergleich der Sektorperformance in der Telekommunikation und ihrer Bestimmungsgründe, Februar 2007
- Nr. 290: Ulrich Stumpf:  
Regulatory Approach to Fixed-Mobile Substitution, Bundling and Integration, März 2007
- Nr. 291: Mark Oelmann:  
Regulatorische Marktzutrittsbedingungen und ihre Auswirkungen auf den Wettbewerb: Erfahrungen aus ausgewählten Briefmärkten Europas, März 2007
- Nr. 292: Patrick Anell, Dieter Elixmann:  
"Triple Play"-Angebote von Festnetzbetreibern: Implikationen für Unternehmensstrategien, Wettbewerb(s)politik und Regulierung, März 2007

- Nr. 293: Daniel Schäffner:  
Bestimmung des Ausgangsniveaus der Kosten und des kalkulatorischen Eigenkapitalzinssatzes für eine Anreizregulierung des Energiesektors, April 2007
- Nr. 294: Alex Kalevi Dieke, Sonja Schölermann:  
Ex-ante-Preisregulierung nach vollständiger Marktöffnung der Briefmärkte, April 2007
- Nr. 295: Alex Kalevi Dieke, Martin Zauner:  
Arbeitsbedingungen im Briefmarkt, Mai 2007
- Nr. 296: Antonia Niederprüm:  
Geschäftsstrategien von Postunternehmen in Europa, Juli 2007
- Nr. 297: Nicole Angenendt, Gernot Müller, Marcus Stronzik, Matthias Wissner:  
Stromerzeugung und Stromvertrieb – eine wettbewerbsökonomische Analyse, August 2007
- Nr. 298: Christian Growitsch, Matthias Wissner:  
Die Liberalisierung des Zähl- und Messwesens, September 2007
- Nr. 299: Stephan Jay:  
Bedeutung von Bitstrom in europäischen Breitbandvorleistungsmärkten, September 2007
- Nr. 300: Christian Growitsch, Gernot Müller, Margarethe Rammerstorfer, Prof. Dr. Christoph Weber (Lehrstuhl für Energiewirtschaft, Universität Duisburg-Essen):  
Determinanten der Preisentwicklung auf dem deutschen Minutenreservemarkt, Oktober 2007
- Nr. 301: Gernot Müller:  
Zur kostenbasierten Regulierung von Eisenbahninfrastrukturentgelten – Eine ökonomische Analyse von Kostenkonzepten und Kostentreibern, Dezember 2007
- Nr. 302: Patrick Anell, Stephan Jay, Thomas Plückebaum:  
Nachfrage nach Internetdiensten – Diensteararten, Verkehrseigenschaften und Quality of Service, Dezember 2007
- Nr. 303: Christian Growitsch, Margarethe Rammerstorfer:  
Zur wettbewerblichen Wirkung des Zweivertragsmodells im deutschen Gasmarkt, Februar 2008
- Nr. 304: Patrick Anell, Konrad Zoz:  
Die Auswirkungen der Festnetzmobilfunksubstitution auf die Kosten des leitungsvermittelten Festnetzes, Februar 2008
- Nr. 305: Marcus Stronzik, Margarethe Rammerstorfer, Anne Neumann:  
Wettbewerb im Markt für Erdgasspeicher, März 2008
- Nr. 306: Martin Zauner:  
Wettbewerbspolitische Beurteilung von Rabattsystemen im Postmarkt, März 2008
- Nr. 307: Franz Büllingen, Christin-Isabel Gries, Peter Stamm:  
Geschäftsmodelle und aktuelle Entwicklungen im Markt für Broadband Wireless Access-Dienste, März 2008
- Nr. 308: Christian Growitsch, Gernot Müller, Marcus Stronzik:  
Ownership Unbundling in der Gaswirtschaft – Theoretische Grundlagen und empirische Evidenz, Mai 2008
- Nr. 309: Matthias Wissner:  
Messung und Bewertung von Versorgungsqualität, Mai 2008
- Nr. 310: Patrick Anell, Stephan Jay, Thomas Plückebaum:  
Netzzugang im NGN-Core, August 2008
- Nr. 311: Martin Zauner, Alex Kalevi Dieke, Torsten Marner, Antonia Niederprüm:  
Ausschreibung von Post-Universaldiensten. Ausschreibungsgegenstände, Ausschreibungsverfahren und begleitender Regulierungsbedarf, September 2008
- Nr. 312: Patrick Anell, Dieter Elixmann:  
Die Zukunft der Festnetzbetreiber, Dezember 2008

- Nr. 313: Patrick Anell, Dieter Elixmann, Ralf Schäfer:  
Marktstruktur und Wettbewerb im deutschen Festnetz-Markt: Stand und Entwicklungstendenzen, Dezember 2008
- Nr. 314: Kenneth R. Carter, J. Scott Marcus, Christian Wernick:  
Network Neutrality: Implications for Europe, Dezember 2008
- Nr. 315: Stephan Jay, Thomas Plückerbaum:  
Strategien zur Realisierung von Quality of Service in IP-Netzen, Dezember 2008
- Nr. 316: Juan Rendon, Thomas Plückerbaum, Iris Bösch, Gabriele Kulenkampff:  
Relevant cost elements of VoIP networks, Dezember 2008
- Nr. 317: Nicole Angenendt, Christian Growitsch, Rabindra Nepa, Christine Müller:  
Effizienz und Stabilität des Stromgroßhandelsmarktes in Deutschland – Analyse und wirtschaftspolitische Implikationen, Dezember 2008
- Nr. 318: Gernot Müller:  
Produktivitäts- und Effizienzmessung im Eisenbahninfrastruktursektor – Methodische Grundlagen und Schätzung des Produktivitätsfortschritts für den deutschen Markt, Januar 2009
- Nr. 319: Sonja Schölermann:  
Kundenschutz und Betreiberaufgaben im liberalisierten Briefmarkt, März 2009
- Nr. 320: Matthias Wissner:  
IKT, Wachstum und Produktivität in der Energiewirtschaft - Auf dem Weg zum Smart Grid, Mai 2009
- Nr. 321: Matthias Wissner:  
Smart Metering, Juli 2009
- Nr. 322: Christian Wernick unter Mitarbeit von Dieter Elixmann:  
Unternehmensperformance führender TK-Anbieter in Europa, August 2009
- Nr. 323: Werner Neu, Gabriele Kulenkampff:  
Long-Run Incremental Cost und Preissetzung im TK-Bereich - unter besonderer Berücksichtigung des technischen Wandels, August 2009
- Nr. 324: Gabriele Kulenkampff:  
IP-Interconnection – Vorleistungsdefinition im Spannungsfeld zwischen PSTN, Internet und NGN, November 2009
- Nr. 325: Juan Rendon, Thomas Plückerbaum, Stephan Jay:  
LRIC cost approaches for differentiated QoS in broadband networks, November 2009
- Nr. 326: Kenneth R. Carter with contributions of Christian Wernick, Ralf Schäfer, J. Scott Marcus:  
Next Generation Spectrum Regulation for Europe: Price-Guided Radio Policy, November 2009
- Nr. 327: Gernot Müller:  
Ableitung eines Inputpreisindex für den deutschen Eisenbahninfrastruktursektor, November 2009
- Nr. 328: Anne Stetter, Sonia Strube Martins:  
Der Markt für IPTV: Dienstverfügbarkeit, Marktstruktur, Zugangsfragen, Dezember 2009
- Nr. 329: J. Scott Marcus, Lorenz Nett, Ulrich Stumpf, Christian Wernick:  
Wettbewerbliche Implikationen der On-net/Off-net Preisdifferenzierung, Dezember 2009
- Nr. 330: Anna Maria Doose, Dieter Elixmann, Stephan Jay:  
"Breitband/Bandbreite für alle": Kosten und Finanzierung einer nationalen Infrastruktur, Dezember 2009
- Nr. 331: Alex Kalevi Dieke, Petra Junk, Antonia Niederprüm, Martin Zauner:  
Preisstrategien von Incumbents und Wettbewerbern im Briefmarkt, Dezember 2009
- Nr. 332: Stephan Jay, Dragan Ilic, Thomas Plückerbaum:  
Optionen des Netzzugangs bei Next Generation Access, Dezember 2009



**ISSN 1865-8997**