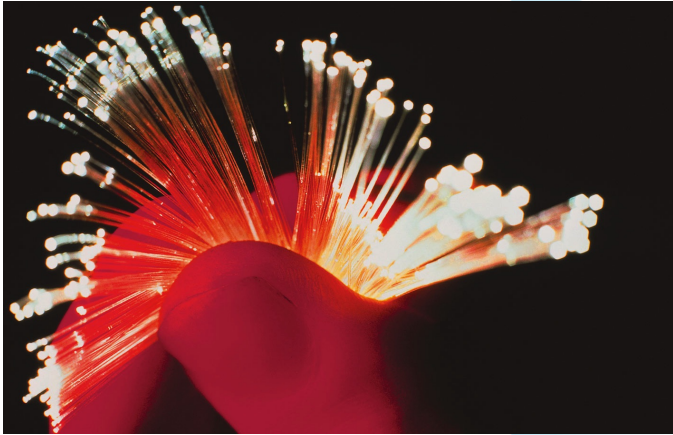


# Glasfaser im Anschlussbereich von Telekommunikationsnetzen (FTTx)

Goldgrube oder Goldgrab?



Zahlreiche Telekommunikationsunternehmen investieren bereits in Glasfaseranschlussnetze, andere zögern noch. Einerseits versprechen Investitionen in schnelle Zugangsnetze nachhaltige Wertsteigerungspotenziale für die jeweiligen Unternehmen. Andererseits bestehen zahlreiche Unsicherheiten, wie dieser Glasfaserausbau zu gestalten ist, damit er nicht nur technisch, sondern auch betriebswirtschaftlich zu einer „success story“ wird. Im Folgenden umreißen wir strategische, technische, wirtschaftliche und organisatorische Aspekte, die bei „Fiber“-Projekten systematisch zu analysieren sind, um das Fehlinvestitionsrisiko so gering wie möglich zu halten.

## Strategie

Senkung von Vorleistungskosten und enorme Leistungssteigerung

Grundsätzlich führt zur Steigerung der Leistung von heute mit Kupferadern ausgerüsteten Festnetzanschlüssen an der Verlegung von Glasfaserleitungen zumindest bis zum Gebäudekeller kein Weg vorbei, wenn Datenübertragungsgeschwindigkeiten von zunächst mehr als 100 Mbit/s und langfristig von mehr als 1 Gbit/s pro Haushalt realisiert werden sollen. Das Breitbandpotenzial herkömmlicher Kupferdoppeladern mit einigen Kilometern Länge wird mit ADSL2+-Angeboten bereits ausgeschöpft. Nur durch den Einsatz von Lichtwellenleitern auf der Strecke zwischen Hauptverteiler (HvT) und dem Endkunden sind so hohe Bandbreiten nicht realisierbar.

Die Koaxialkabelnetze der Kabel-TV-Netzbetreiber bieten zwar theoretisch Bandbreiten von bis zu 5 GBit/s als geteilte Kapazität für alle an einen Knotenpunkt angeschlossenen Haushalte – diese wird jedoch zum größten Teil durch Videoanwendungen (TV-Programme) belegt. Zudem ist in modernen Hybrid-Fiber-Kabelnetzen (HFC = Hybrid Fiber Cable) bereits Glasfaser bis in die Nähe der Kunden verbaut worden. Auf diese Weise sind dort heute über die TV-Verteilung hinaus für den Internetzugang Bandbreiten von etwa hundert MBit/s pro Nutzer realisierbar. Moderne LTE-Mobilfunknetze werden Down-/Up-link-Bandbreiten von bis zu 300/75 MBit/s bieten, allerdings lediglich pro Funkzelle und nicht pro Teilnehmer. Vorteile von Funklösungen liegen in der hohen Aufbau-

geschwindigkeit und wettbewerbsfähigen Kosten in dünn besiedelten Regionen. Aufgrund von Bandbreitenbeschränkungen und weiterer Schwächen (z.B. gebäudeinterne Verfügbarkeit) wird (Mobil-)Funk aber auch auf mittlere Sicht eine Nischentechnologie zur stationären Breitbandanbindung bleiben.

**Das Übertragungspotenzial einer einzelnen Glasfaser übersteigt das von HFC-Netzen um den Faktor 30.000**

Bei Glasfaser stehen in einer einzelnen Faser mit nur einer Wellenlänge Bandbreiten von einigen zehntausend Gigahertz zur Verfügung, was einer Nutzerbandbreite von etwa 100 TBit/s entspricht. Dieses Übertragungspotenzial übersteigt die Kapazität des gesamten Funkspektrums (nicht nur des für terrestrischen Mobilfunk reservierten Bereichs) um den Faktor 1.000 und die Kapazität von HFC-Netzen etwa um den Faktor 30.000 – und das pro angeschlossenen Teilnehmer. Zwar ist hinsichtlich der opto-elektrischen Beschaltung noch Entwicklungsarbeit zu leisten; realisierbar sind per Glasfaser aber heute bereits Bandbreiten von 10 GBit/s für jeden angeschlossenen Haushalt. Somit

steht mit einem durchgängigen Glasfaseranschlussnetz ein mittel- bis langfristiges Übertragungspotenzial für Online-Dienste aller Art zur Verfügung, das gegenüber Wettbewerbstechologien konkurrenzlos ist.

### Mittelfristig werden HD-Videoformate die Nachfrage nach sehr breitbandigen Anschlüssen erhöhen

Aus Endkundensicht ist heute zwar noch nicht absehbar, ob ein privater Haushalt jeweils *permanent* Bandbreiten von mehreren 100 Mbit/s „verbrauchen“ wird. Weitgehend sicher ist jedoch, dass auch Privatkunden in kurzen Zeitfenstern sehr hohe Übertragungsgeschwindigkeiten benötigen, um interaktive Anwendungen oder Dienste, bei denen die Daten in der „Netzwolke“ liegen (z.B. Abruf privater Videos), bequem nutzen zu können. Generell wird die Marktbedeutung Web-basierter Videoangebote, wie man sie heute von Portalen wie YouTube kennt, zunehmen. Dabei wird die technische Videoqualität (Bildauffösung) drastisch steigen. Die Bandbreite, die ein Endkunde benötigt, um solche Videodienste zu nutzen, wird – neben der Art der Signalkompression – vor allem davon beeinflusst, wie viele Videostreams in welcher Auflösung *gleichzeitig* übertragen werden sollen. Gegenwärtig steigt die Menge der Videos/TV-Kanäle, die im High Definition (HD) Format verfügbar sind, bereits merklich an. Zukünftige Filmformate wie Ultra-HD oder Super HD Video mit 7640 × 4320 Pixeln (= 32 Megapixel) erfordern Bandbreiten von mindestens 160–170 Mbit/s pro Stream. Und sogar für die

eigentlich hinsichtlich der Bandbreitennutzung ineffiziente analoge Übertragung von TV-Programmen verfügen Glasfaserzugangsnetze über hinreichend Kapazitätsreserven.

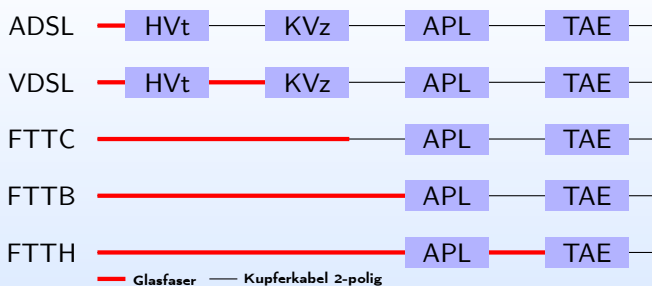
Carrier investieren in den Glasfaserausbau aber keineswegs nur, um hochbitratige Zugangsdienste anbieten zu können. Vielmehr liegt aus Sicht von Wettbewerbern der Deutschen Telekom (DT) ein zentraler Vorteil eigener Glasfaserzugangsnetze darin, von der DT für derzeit 10,20 Euro pro Monat angemietete Teilnehmeranschlussleitungen durch eine alternative Technik, die niedrigere Monatskosten für qualitativ bessere Zugangsoptionen beinhaltet, ersetzen zu können.

### Deutschland und Europa hinken bei der Verbreitung von Glasfaseranschlüssen hinterher

Im internationalen Vergleich hinkt Europa derzeit mit 2 Millionen per Glasfaser angebotenen Haushalten erheblich gegenüber anderen Kontinenten hinterher. In Nordamerika gibt es bereits 7 Millionen und im asiatisch-pazifischen Raum bereits 38 Millionen Glasfaserhaushalte. Innerhalb Europas weisen Schweden, Norwegen und Slowenien die höchsten Verbreitungsraten auf. In Deutschland dürften heute ca. 0,5 Millionen Haushalte per Glasfaserzugang zu TK-Netzen erhalten. In Ländern mit hohen Verbreitungsquoten wurde der Glasfaserausbau massiv durch staatliche Gelder auch in Ballungszentren unterstützt. Eine entsprechende Förderung ist in Deutschland nicht in Sicht.

## Technik

Netztopologie als wichtigstes Differenzierungsmerkmal



ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line; APL: Abschlusspunkt Linientechnik; FTTB: Fiber to the Building; FTTC: Fiber to the Curb/Cabinet; FTTH: Fiber to the Home; TAE: Teilnehmeranschlusseinheit; VDSL: Very High Speed Digital Subscriber Line.

### Varianten von Glasfaseranschlussnetzen

Beim Einsatz von Glasfaser im Anschlussnetz sind für klassische „Telefonnetze“ drei Varianten zu unterscheiden:

**FTTC** (Fiber To The Curb/Cabinet = Glasfaser bis zum Bordstein/Kabelverzweiger): Die Glasfaserleitungen werden bis zu Verzweigerpunkten in der Nähe von Gebäuden (= Kabelverzweiger) verlegt. Die verbleibende Distanz bis zum Endkunden wird über bereits vorhandene Kupferkabel überbrückt. In die Verzweigerpunkte wird „aktive Tech-

nik“ zur opto-elektrischen Signalumsetzung eingebaut, die es erforderlich macht, jeden Kabelverzweiger mit Strom zu versorgen. Auf der verkürzten Kupferkabelstrecke können hochbitratigere DSL-Varianten wie VDSL2 zum Einsatz kommen. Die realisierbare Bandbreite hängt dabei stark von der Länge der verbleibenden Kupferstrecke ab. Die Deutsche Telekom hat seit 2006 FTTC-Netze in rund 50 Großstädten aufgebaut. Sie kann so heute 30% aller Festnetzanschlüsse in Deutschland als VDSL2-Zugang mit 25 oder 50 Mbit/s Downloadgeschwindigkeit schalten.

**FTTB** (Fiber To The Building = Glasfaser bis zum Gebäude): Bei dieser Variante werden Glasfaserleitungen bis in Gebäude verlegt, typischerweise in die Keller. Zur Umsetzung der optischen in elektrische Signale ist die Errichtung eines VDSL2-DSLAM in den Kellern der angeschlossenen Gebäude notwendig (DSLAM = DSL Access Multiplexer). Im Gebäude selbst werden die vorhandenen Kupferdoppeladern zur Datenübertragung mittels VDSL2 genutzt. Aufgrund sehr kurzer Entfernungen sind hier pro

Haushalt Bandbreiten von 100 Mbit/s oder mehr möglich. **FTTH** (Fiber To The Home = Glasfaser bis in die Wohnung): In dieser Variante werden Glasfaserleitungen zusätzlich vom Keller bis in die Wohnungen geführt. Eine Umsetztechnik im Keller ist hierbei nicht erforderlich, kundenseitig müssen neue Fiber-Modems (ONU = Optical Network Unit) die Umsetzung der optischen in elektrische Signale leisten. Mittelfristig werden FTTH-Systeme Bandbreiten von 10 Gbit/s pro Haushalt liefern.

Bei allen drei FTTx-Varianten ist zu entscheiden, welche Netzwerktopologie errichtet werden soll. Hier stehen Punkt-zu-Punkt- und Punkt-zu-Mehrpunkt-Systeme zur Verfügung.

PtP Ethernet	PtMP PON	
100BASE-LX10 100/100 Mbit/s	EPON (2004) 100/100 Mbit/s	APON (1998) 622/155 Mbit/s
100BASE-BX10 100/100 Mbit/s		BPON (2001) 622/155 Mbit/s
1000BASE-LX10 1/1 Gbit/s	GEPON (2005) 1,25/1,25 Gbit/s	GPON (2004) 2,5/1,25 Gbit/s
1000BASE-BX10 1/1 Gbit/s		10GEPON (2009) 10/10 Gbit/s
		10GPON (2010?) 10/2,5 Gbit/s
	IEEE/MEF	ITU-T

Legende: APON: ATM Passive Optical Network; BPON: Broadband Passive Optical Network; EPON: Ethernet Passive Optical Network; GEPON: Gigabit Ethernet Passive Optical Network; GPON: Gigabit Passive Optical Network.

Passive Systeme zur Realisierung von FTTx

**Punkt-zu-Punkt-Topologie** (PtP = Point-to-Point): Bei diesem Ansatz werden von einem zentralen Knotenpunkt (COI = Central Office Infrastructure) einzelne Glasfasern für jeden (potenziellen) Kunden bis in die Gebäude bzw. Haushalte geführt. Die Nachteile von PtP-Systemen liegen in der großen Faserzahl, die in der COI enden und beleuchtet werden müssen. Vorteilhaft an diesem Ansatz ist hingegen, dass zwischen der COI und Kundenanschluss keine Verzweigerpunkte mit größerem Raumbedarf benötigt werden. Der wohl wichtigste Vorteil ist jedoch, dass PtP-Strukturen größtmögliche Flexibilität hinsichtlich eines zukunftsicheren Technikeinsatzes bieten.

**Punkt-zu-Mehrpunkt-Topologie** (PtMP = Point-to-Multipoint): Bei diesem Ansatz geht von der COI zu-

nächst eine gemeinsame Zuführungsfaser ab, die in einem gebäudenahen Verzweigungspunkt auf einzelne Kundenanschlussleitungen aufgeteilt wird. Die Vorteile liegen in platzsparender Technik in der COI, die Nachteile in mehr Platzbedarf in den Verzweigerpunkten. Der von der Deutschen Telekom gewählte FTTC-/VDSL2-Ausbauansatz beruht auf einer PtMP-Architektur mit aktiver Technik/Stromversorgung in den KVz. Modernere FTTH/H-PtMP-Varianten setzen passive Splitter/Koppler in den Verzweigern ein, die ohne eigene Stromversorgung auskommen.

### FTTC-Lösungen sind aufgrund der Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen HVt und Kabelverzweiger keine halben FTTH-Lösungen

Die zur Verfügung stehenden Standards sind entweder GPON (Gigabit Passive Optical Network) mit 2,5/1,25 Gbit/s Down-/Uplinkbandbreite pro Anschlussbereich oder GEPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) mit symmetrischen Übertragungskapazitäten von 1,25 Gbit/s pro angeschlossenen Haushalt. Der Vorteil der Ethernet-Variante liegt in der symmetrischen Bandbreitenverteilung, den wesentlich höheren Bandbreiten pro Anschluss und der Verfügbarkeit eines bereits verabschiedeten, noch leistungsfähigeren Nachfolgestandards (10GEPON). Zur Differenzierung von der PtP-Topologie werden die passiven PtMP-Varianten im Folgenden zusammenfassend als PON bezeichnet.

Hinsichtlich der verbauten passiven Technik beruhen aktuell ca. 75% der weltweiten Glasfaserzugangsnetze auf PON-Architekturen. In Deutschland nutzen z.B. die Deutsche Telekom, M-net, Primero und R-KOM diesen Ansatz. Die restlichen 25% sind PtP-Systeme – die in Deutschland z.B. von NetCologne, Ruhrnet und wilhelm.tel oder in der Schweiz von Swisscom eingesetzt werden. Derzeit greifen Carrier zunehmend auf PtP-Strukturen zurück.

## Wirtschaftlichkeit

Tiefbauarbeiten sind wichtigste Kostentreiber

Unabhängig von den gewählten passiven Übertragungstechniken wird die Höhe der Gesamtinvestitionen für Glasfaserzugangsnetze zu etwa 70–80% von Tiefbaukosten bestimmt. Diese Höhe dieser Kostenart ist bei FTTH und FTTH gleich; für PtP und PON bestehen geringe Unterschiede.

PON erfordert etwas größere und damit teure Verzweigerchächte als PtP. Die notwendige Tiefbaustrecke zum Ausbau eines Gebiets mit einer festgelegten Zahl an Gebäuden ist regional sehr heterogen. Abweichende Grundstücksgrößen, Gebäudearten, Bauordnungen, Straßen- und Gehwegeanordnungen führen zu unterschiedlichen Gebäudedichten und Haushaltszahlen pro Gebäude. Auch innerhalb einer Stadt bzw. einer Gemeinde gibt es mitunter sehr große Unterschiede hinsichtlich dieser Kostentreiber. Das eine Extrem sind vergleichsweise dünn besiedelte Wohngebiete mit Einfamilienhäusern und das andere Extrem dicht bebaute innerstädtische Wohnbereiche mit größeren Mehr-

**Die Höhe der Gesamtinvestitionen für Glasfaserzugangsnetze wird zu etwa 70–80% von den Tiefbaukosten bestimmt**

familienhäusern. In jedem Fall ist eine detaillierte Analyse des Ausbaubereichs erforderlich, die insbesondere eine Rangfolge der im Zeitablauf nacheinander anzuschließenden Stadtgebiete ableiten sollte

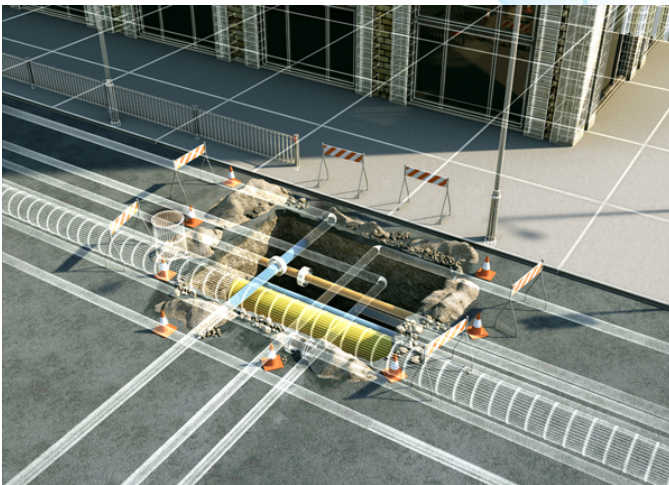
Die Errichtung von PON-Netzen ist heute geringfügig günstiger als die von PtP-Architekturen. Der Hauptgrund dafür liegt darin, dass pro 64 bzw. 128 Teilnehmeranschlüsse nur eine Faser in der COI ankommt und damit der COI-Raumbedarf bei PON geringer ausfällt. Verschiedene Studien deuten darauf hin, dass der Investitionsunterschied

zwischen PON- und PtP-Systemen sich in deutschen Zugangnetzen auf etwa 4 bis 6

Stellt man jedoch auf gesamten Lebenszykluskosten inklusive Betriebskosten und Erweiterungsinvestitionen von FTTx-Infrastrukturen ab, dann sind PtP-Topologien i.d.R. wirtschaftlich attraktiver als PON-Systeme. Zudem beinhalten PtP-Ansätze größere (Re)Aktionsspielräume, wenn es darum geht, zusätzliche Bandbreitennachfrage abzudecken, deren Höhe derzeit noch gar nicht seriös quantifiziert werden kann.

## Organisation

### Trennung von Netzbesitz und Netzbetrieb/-vermarktung



#### Tiefbauarbeiten

Alternative Carrier arbeiten in Deutschland, wie auch in vielen anderen Staaten, beim Roll-out von Glasfaserzugangnetzen häufig eng mit regionalen Versorgungsdienstleistern zusammen. Durch diese Kooperationen können die Tiefbaukosten gesenkt und die Tiefbaugeschwindigkeit erhöht werden. Carrier und Versorger sind häufig sogar Teil desselben Konzerns. Ein in der Praxis beliebter Ansatz zur Organisation der Zusammenarbeit zwischen Carriern und Versorgern besteht darin, das passive Glasfasernetz einer Besitzgesellschaft zuzuordnen, an der auch der Versorger Eigentumsanteile hält. Die aktive Technik wird hingegen

von einer Betreibergesellschaft errichtet, die auch die Vermarktung von FTTx-Leistungen (z.B. unbeschaltete Glasfaser, Bitstromzugang) gegenüber Dritten übernimmt. An der Betreibergesellschaft ist dann als Eigentümer nur der Carrier (gegebenenfalls ergänzt durch weitere Investoren), nicht aber der kommunale Versorger beteiligt.

Bei der konkreten Umsetzung einer solchen Organisation gilt es, in der Praxis zahlreiche Aspekte überlegt zu gestalten. Hierzu gehören die optimale Strukturierung der Eigentumsverhältnisse und der personellen Organisationszusammensetzung bei Besitz- und Betreibergesellschaften. Zudem ist genau festzulegen, wie die Teilaufgaben (z.B. Planung, Lieferantenauswahl, Tiefbau, Beschaltung) zwischen Besitz- und Betreibergesellschaft am zweckmäßigsten aufgeteilt werden sollen. Weiter müssen Verrechnungspreise zwischen Besitz- und Betreibergesellschaften, die betriebswirtschaftlichen und rechtlichen Anforderungen gleichermaßen Stand halten, abgeleitet werden. Für die Betreibergesellschaft ist schließlich zu erkunden, inwieweit Allianzen mit anderen räumlich nahen FTTx-Betreibern möglich sind, um für Carrier-Kunden die regionale Angebotszersplitterung zu begrenzen und um Kostensynergien auszuschnöpfen.

Nicht nur die technische, sondern auch die organisatorische (sowie betriebswirtschaftliche) Komplexität von Investitionen in Glasfaserzugangnetze ist demnach zumeist enorm.

### Ausloten von Chancen und Risiken

Für TK-Netzbetreiber und -planer beinhalten Glasfaserzugangnetze ebenso wie für Energieversorger und städtische Infrastrukturbetreiber große Chancen, aber auch nicht zu vernachlässigende Risiken. DIALOG CONSULT verfügt über eine langjährige Erfahrung aus zahlreichen Projekten zur Wirtschaftlichkeit, Organisation und Vermarktung von TK-Netzen und -Diensten generell sowie von FTTx-Geschäften im Besonderen. Deshalb sind wir in der Lage, Ihr Haus bei der professionellen Analyse der Chancen und Risiken von FTTx-Geschäften sowie bei der Planung und Umsetzung des

Aufbaus solcher Geschäfte kompetent zu unterstützen.

Autor:

DIALOG CONSULT GMBH

Bismarckstraße 142

47057 Duisburg

Telefon +49 203 306 1207

Fax +49 203 306 1212

E-Mail [info@dialog-consult.com](mailto:info@dialog-consult.com)

[www.dialog-consult.com](http://www.dialog-consult.com)