



Whitepaper

Breitbandausbau mit Glasfaser





Die Erweiterung und Modernisierung von hochleistungsfähigen Gigabit-Telekommunikationsnetzen schreitet immer weiter voran. Sie haben das Ziel, möglichst viele Haushalte, Unternehmen und öffentliche Einrichtungen mit schnellem, zuverlässigem Internet zu versorgen. Eine Breitbandversorgung bezeichnet dabei einen Internetzugang mit immerhin mindestens 50 MBit/s. Obwohl bereits ca. 93 Prozent der Haushalte in Deutschland mit dieser Geschwindigkeit versorgt sind, ist der Breitbandausbau noch immer ein Flickenteppich¹. Parallel zur Optimierung bestehender Kupferanschlüsse durch schnellere DSL-Technologien oder DOCSIS-Kabel-Internet werden insbesondere Anschlüsse über Glasfaser bereitgestellt, wobei es auch hier unterschiedliche Anschlussvarianten gibt. Neben GPON, AON und G.fast steht mit XGS-PON nun auch der neueste Breitbandnetzstandard für 10 GBit/s in den Startlöchern. Es muss also genau geprüft werden, welcher Anschluss am jeweiligen Standort verfügbar ist.

Deshalb werden in diesem Whitepaper die modernen Breitbandanschlüsse mit ihren Vorteilen und technischen Unterschieden beschrieben. Auf dieser Basis ist eine passgenaue Auswahl eines Anschluss-Routers möglich.

Glasfaser für den Hausanschluss (FTTH / FTTB)

Die Glasfaser hat eine zentrale Bedeutung für den Breitbandinternetausbau. Sie bietet eine nahezu unbegrenzte Bandbreitenkapazität und sehr geringe Signaldämpfung. Dadurch eignet sie sich somit optimal für die Übermittlung von großen Datenmengen über lange Distanzen.

Für den Hausanschluss wird dabei zwischen zwei Varianten unterschieden:

→ **FTTH (Fiber to the Home)**: Hier wird die Glasfaser bis in die einzelne Wohnung/Firmengebäude geführt. Am Übergabepunkt, zwischen dem FTTH-Netz des Netzbetreibers und dem Hausnetz des Kunden, sitzt eine Optical Network Termination (ONT), die das elektrische Signal aus dem Hausnetz in ein optisches Glasfaser-Signal zur Übermittlung an das Optical Line Terminal (OLT) wandelt. Ein optischer Splitter führt die optischen Signale von den ONTs in einem zusammengeführten Lichtstrahl an das OLT.

Bei FTTH werden drei unterschiedliche Zugangstechnologien verwendet, die zwar Glasfaser als Übertragungsmedien nutzen, sich jedoch in den Eigenschaften und der Funktionsweise unterscheiden, darunter **GPON**, **XGS-PON** und **AON** (auch als Active Ethernet bekannt).

→ **FTTB (Fiber to the Building)**: Hier wird die Glasfaser bis in das Gebäude geführt. Dabei endet sie meist an einem Übergabepunkt, der die Glasfaser in das bestehende Kupfer-Hausnetz überführt. Die im Gebäude vorhandenen Wohn-/Firmeneinheiten teilen sich somit die auf der Glasfaser ankommende Bandbreite.

¹ www.deutschlandatlas.bund.de/DE/Karten/Wie-wir-uns-ernetzen/090-Breitbandversorgung.html vom 22. August 2024

Aufbau Glasfaserkabel

Bei der Glasfaser handelt es sich um einen Lichtwellenleiter. Anders als bei DSL-Anschlüssen werden die Signale nicht elektrisch, sondern mittels Lichtimpulsen optisch übertragen. Die Übertragungsgeschwindigkeit innerhalb der Faser ist rasend schnell und beträgt 2/3 der Lichtgeschwindigkeit.

Ein Glasfaserkabel setzt sich dabei aus vier Komponenten zusammen, dem Kern, dem Innen- und Außenmantel sowie der äußeren Hülle.

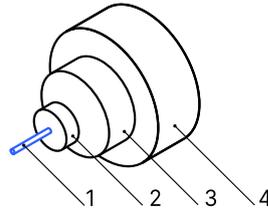


Abbildung 1:
Aufbau Glasfaserkabel

- Über den Kern (1), der ähnlich dünn ist wie ein menschliches Haar, werden die Signale übertragen.
- Der Mantel (2) sorgt für die Führung des Lichtes, und somit dafür, dass das Licht nicht die Faser verlassen kann.
- Der Außenmantel (3) und die äußere Hülle (4) dienen als Schutz vor mechanischen Beschädigungen.

Architekturen für FTTH-Glasfasernetzwerke

Für die Bereitstellung von Breitbanddiensten gibt es derzeit drei Technologien:

GPON

Bei einem Gigabit Passive Optical Network (GPON) handelt es sich, vergleichbar zum Kabelnetz, um ein Shared Medium. Die Glasfasern mehrerer Haushalte werden mit einem passiven optischen Splitter zusammengeführt und teilen sich dann dieselbe Leitung zum Netzbetreiber.

Pro Netzbetreiberleitung steht eine Datenrate von 2,5 GBit/s im Download und 1,25 GBit/s im Upload zur Verfügung. Diese Kapazität muss zwischen den angeschlossenen Haushalten aufgeteilt werden. Man spricht vom sogenannten Splitting-Faktor. Ein üblicher Splitting-Faktor in Deutschland beträgt 1 zu 32. 32 Haushalte teilen sich somit die Datenrate von einem GPON-Anschluss.

Punkt-zu-Mehrpunkt-Anwendung

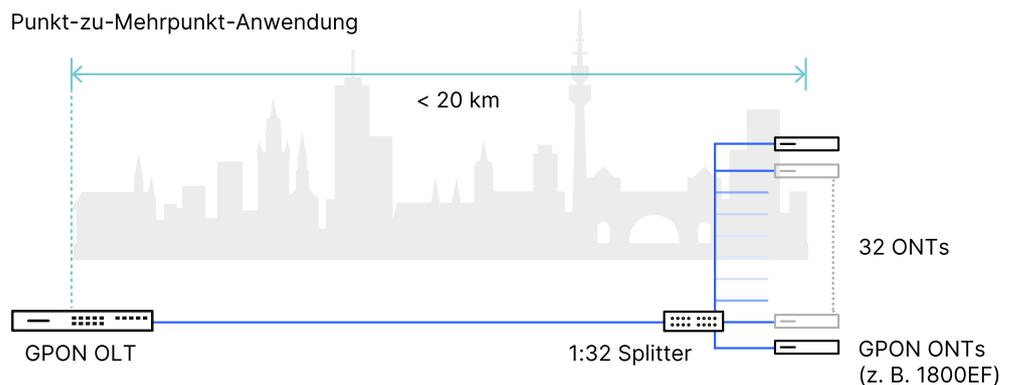


Abbildung 2:
Gigabit Passive Optical Network
(GPON)



GPON verfügt über eine dynamische Bandbreitenzuordnung und diverse Quality-of-Service-Funktionen, so dass die Nutzer trotz der geteilten Bandbreite eine höchstmögliche Performance erhalten. Die großen Vorteile von GPON sind auf Netzbetreiberseite die geringere Anzahl von Glasfasern, die verlegt werden müssen, und die höhere Portdichte in der Vermittlungsstelle. Mit einem Port können viele Teilnehmer angeschlossen werden. Dadurch ergibt sich ein Kostenvorteil.

XGS-PON

Das 10 Gigabit Symmetric Passive Optical Network, kurz XGS-PON, ist die Weiterentwicklung von GPON. Es bietet symmetrische Übertragungsraten von 10 GBit/s. Das heißt, die Upload- und Download-Geschwindigkeiten sind gleich und ideal für anspruchsvolle Anwendungen geeignet.

Dazu verwendet XGS-PON eine Kombination aus dem Zeitmultiplexverfahren (TDM) und dem Wellenlängenmultiplexverfahren (WDM), um mehrere Datenströme über dieselbe Faser zu übertragen. Die Downstream-Daten werden bei einer Wellenlänge von 1577 nm übertragen, während die Upstream-Daten bei 1270 nm gesendet werden. Mit der 10 GBit/s-Übertragungsraten sind breitbandintensivere Anwendungen als noch bei GPON möglich, darunter 8K-Streaming, Cloud-Computing und Virtual Reality.

Der Übergang zu XGS-PON erfordert nicht nur die Implementierung neuer optischer Netzwerkinfrastrukturen, sondern auch die Anpassung der Endgeräte, insbesondere der Router, die in Haushalten und Unternehmen eingesetzt werden. Ein XGS-PON-fähiger Router ist eine essenzielle Komponente, um die hohen Datenraten und die symmetrische Bandbreite, die XGS-PON bietet, vollständig auszuschöpfen.

Da XGS-PON nicht abwärtskompatibel mit GPON ist, bedeutet dies, dass bestehende GPON-Router nicht in der Lage sind, mit dem neuen Standard zu arbeiten. Die Anschaffung eines XGS-PON-fähigen Routers ist daher unumgänglich. Diese Router sind dafür ausgelegt, sowohl die höhere Bandbreite als auch die neuen technischen Anforderungen zu unterstützen, die mit XGS-PON einhergehen, wie z. B. bessere Netzwerkauslastung, geringere Latenzzeiten und eine stabilere Verbindung bei höheren Geschwindigkeiten.

Ein üblicher Splitting-Faktor in Deutschland beträgt 1 zu 64. Einige Systeme und Szenarien können jedoch auch höhere Splitting-Verhältnisse, wie zum Beispiel 1:128, unterstützen. Dies hängt von den spezifischen Datenratenanforderungen und der Übertragungsdistanz ab.

XGS-PON

Punkt-zu-Mehrpunkt-Anwendung

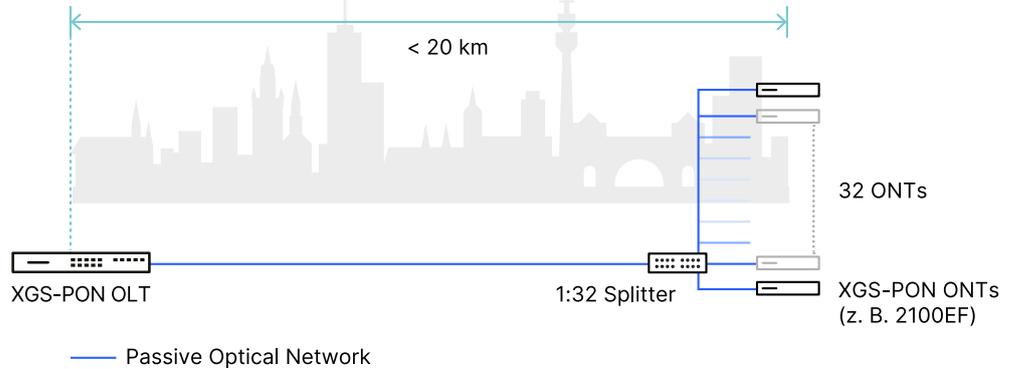


Abbildung 3:
10 Gigabit Symmetric Passive
Optical Network (XGS-PON)

AON

Bei Active Optical Networks (AON) bzw. Active Ethernet handelt es sich um Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zwischen dem Teilnehmer und dem Netzbetreiber. Jeder Teilnehmer verfügt also über eine separate Leitung zur Vermittlungsstelle des Netzbetreibers, auch als PoP oder CO bekannt. In der Regel wird als Übertragungsprotokoll Ethernet mit einer Geschwindigkeit von symmetrisch 1Gbit/s im Down- und Upload verwendet.

Punkt-zu-Punkt-Anwendung



Abbildung 4:
Active Optical Network (AON)

Der Vorteil von AON ist, dass die Datenrate nicht mit anderen Teilnehmern geteilt werden muss und der Nutzer so eine garantierte Performance erhält. Jedem Kunden steht somit zu jeder Zeit – auch in Spitzenzeiten – die volle Bandbreite zur Verfügung. Außerdem ist die Störsicherheit durch die separate Leitung höher. Insbesondere bei Business-Anwendungen spielt Active Ethernet somit seine Stärken aus.



Überblick über GPON, XGS-PON und AON

Eigenschaften	GPON	XGS-PON	AON
Verbindungsart	Punkt-zu-Mehrpunkt-Anwendung	Punkt-zu-Mehrpunkt-Anwendung	Punkt-zu-Punkt-Anwendung
Bandbreite	2,5 GBit/s Downstream, 1,25 GBit/s Upstream	Symmetrisch 10 GBit/s im Down- und Upstream	Abhängig von der verwendeten Übertragungs- technologie. Meist 1 oder 10 Gigabit Ethernet.
Typischer Splitting-Faktor	1:32	1:64	– (jedes Endgerät hat eine eigene Leitung)
Vorteile	kosteneffizient, weit verbreitet, leicht ska- lierbar → etablierter Standard	zukunftsichere Bandbreite für Down- und Upstream	ungeteilte Bandbreite → geringe Latenz und konstante Leistung
Nachteile	geteilte und asyme- trische Bandbreite, die für Performance-starke Anwendungen nicht ausreichen könnte	kostenintensivere Netzwerkkomponenten	höhere Kosten für Installation, Wartung und Stromverbrauch

G.fast für FTTB-Glasfasernetzwerke

Anstatt die Glasfaser bis in jeden Haushalt zu verlegen, wird bei FTTB die Glasfaser in einem Hausanschlussraum, häufig im Keller, oder in unmittelbarer Nähe des Gebäudes terminiert. Von hier aus werden auf den letzten Metern bis zum Teilnehmer das in vielen Fällen bereits vorhandene Kupferdoppeladerkabel der bestehenden Telefonverkabelung verwendet.

Als Übertragungstechnik wird G.fast eingesetzt, eine auf DSL basierende Technologie, die für die Übertragung über kurze Distanzen optimiert ist. Dadurch sind Datenraten von über 1 GBit/s pro Teilnehmer möglich. Die im Vergleich zu (V)DSL höheren Datenraten kommen durch ein massiv vergrößertes Frequenzspektrum zustande. In Folge dessen nimmt die Datenrate mit steigender Leitungslänge auf Grund der starken Dämpfungswerte der Kupferdoppelader schnell ab.

Der Vorteil von FTTB zusammen mit G.fast ist, dass man die bestehende Infrastruktur beim Teilnehmer wiederverwenden kann, ohne Geschwindigkeitsdefizite in Kauf zu nehmen. Die initialen Kosten sind gering und die Ausbaugeschwindigkeit hoch. G.fast eignet sich somit hervorragend als Brückentechnologie.



Fazit

Die immensen Anstrengungen, den Breitbandausbau in Deutschland voranzutreiben, führen einerseits zu einer deutlichen Steigerung der Anschlussgeschwindigkeiten, andererseits zu einer großen Vielfalt der Anschlussarten. Deshalb gilt es bei der Auswahl eines passenden Internetzugangs-Routers genau zu prüfen, beispielsweise welcher Glasfaseranschluss am jeweiligen Standort vorhanden ist bzw. sein wird.

Insbesondere Unternehmen mit erhöhtem Bandbreitenbedarf sollten auf professionelle Netzwerkequipment-Hersteller setzen, welche Router für jegliche Anschlussarten im Portfolio haben. Idealerweise sollten diese auch mehrere am jeweiligen Standort verfügbare Internetanschlüsse parallel zu nutzen können. Dies hat zwei Vorteile: Im Active / Active-Betrieb (Load Balancing) kann die Bandbreite mehrerer Anschlüsse einerseits gleichzeitig genutzt werden, andererseits bleibt bei Ausfall einer der Leitungen die Anbindung ans Internet aufrechterhalten (High Availability).