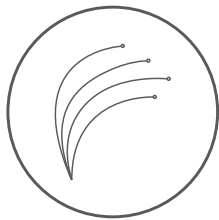




# FTTX- GRUNDLAGEN



Ein umfassender Überblick der Ansätze, Technologien, Architekturen und Geschäftsmodelle für zukünftige Netzwerke.

# Inhalt

<b>Kapitel 1   Geschichte und Entwicklung der FTTx-Netze</b>	<b>3</b>
Die Gigabit-Revolution!	4
Die Entwicklung der Glasfasernetzwerke	6
Konvergenz – die nächste Herausforderung	8
Glasfaser als Basis für unsere wirtschaftliche Entwicklung	9
Zusammenfassung	11
<b>Kapitel 2   Von den Grundlagen bis zur realen Umsetzung</b>	<b>12</b>
Warum Lichtwellen?	13
Multiplexing-Techniken	16
Stecker: So kommt das Licht aus und in das Kabel	19
Mehr Kapazität: Welche Lösung ist optimal?	24
Fallstudie: Entwicklung von Kompetenz im Bereich Glasfasern im Unternehmen zur Zukunftssicherung	25
Zusammenfassung	26
<b>Kapitel 3   Netzwerkarchitekturen: Optionen, Vorteile und Überlegungen</b>	<b>27</b>
Welcher Netzwerktyp?	28
Eine genauere Betrachtung von PONs.	29
Wichtige PON-Topologien und -Architekturen	32
Globale und regionale Trends	36
Fallstudie: Nationaler Energieversorger implementiert Breitband	38
Zusammenfassung	39
<b>Kapitel 4   Ein erfolgreicher FTTx-Geschäftsplan</b>	<b>40</b>
Wozu dient dieses Kapitel?	41
Umsatz	42
Kosten	44
Finanzierung	45
Analyse	46
Was passt zum Kunden?	47
Zusammenfassung	48

# KAPITEL 1

Geschichte und Entwicklung der FTTx-Netze



# Geschichte und Entwicklung der FTTx-Netze

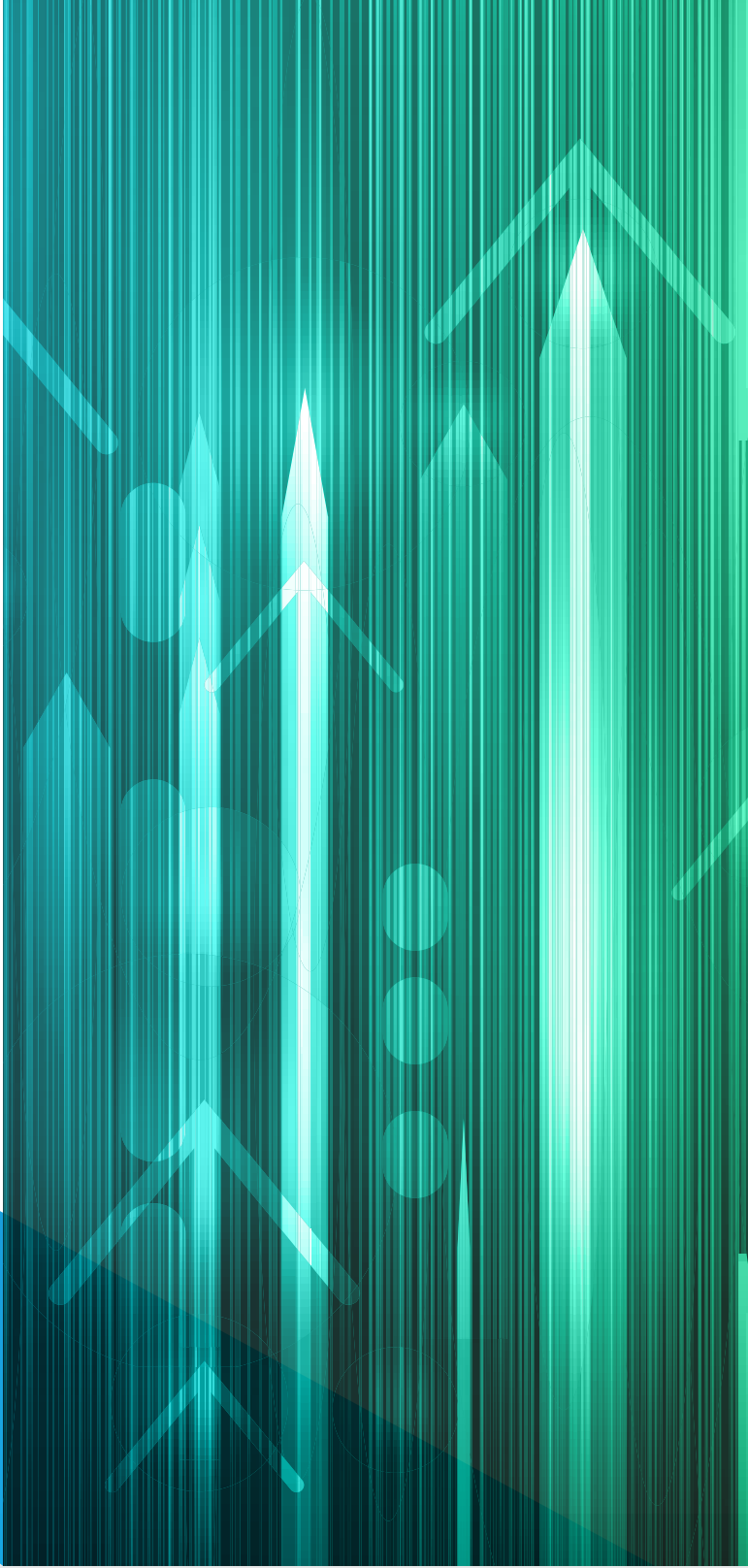
## Die Gigabit-Revolution!

Wir entwickeln uns in rasantem Tempo zu einer globalen, digitalen Gesellschaft. Diese Entwicklung verändert die Art und Weise, wie wir leben, arbeiten, lernen und uns entfalten.

Vor 15 bis 20 Jahren waren die Internetverbindungen zu Hause und im Unternehmen ziemlich langsam. Das Herunterladen eines einzelnen Bildes dauerte Stunden. Da der Zugriff auf das Internet in der Regel über die Telefonleitung erfolgte, musste man sich zwischen einem Telefonat und der Nutzung des Internets entscheiden – beides gleichzeitig war unmöglich.

Mit der Einführung von Breitbandanbindungen änderte dies grundlegend. Nun war es möglich, mehrere Kanäle gleichzeitig zu nutzen. Über den lang erwarteten „Daten-Highway“ konnten mit nur einem Kabel Daten gesendet und empfangen werden.

Die Glasfasertechnologie hat von Anfang an Breitbandgeschwindigkeiten ermöglicht. Heute ist der Begriff „Gigabit“ in den normalen Sprachgebrauch eingegangen. Er wird praktisch gleichbedeutend mit „Fiber To The Home“ (FTTH) verwendet. Ein Gigabit ist eine Milliarde Bit. Wird diese Datenmenge in einer Sekunde übertragen, so sind das 1 Gbit/s oder 1000 Mbit/s – etwa 100 Mal mehr als die durchschnittliche Downstream-Geschwindigkeit bei Internetverbindungen in den USA.



Die Einführung von Gigabit-Diensten begann Anfang des Jahrtausends mit einer Handvoll Kommunikationsanbieter. Heute sind Gigabit-Dienste in aller Munde. Laut einer aktuellen Studie von Viavi haben 57,5 Millionen US-Verbraucher Zugang zu Gigabit-Internetdiensten. Gigabit-Anwendungen revolutionieren die Bereitstellung von staatlichen Dienstleistungen, Gesundheitsdiensten, Unternehmens- und Bildungsangeboten. Die Bereitstellung von Breitbandverbindungen ist für diese Angebote von entscheidender Bedeutung. Sie ist jedoch nur der erste Schritt.

# Was ist Bandbreite? Warum brauche ich sie?

Ist eine Gigabit-Anbindung eigentlich notwendig? Zum einen wächst der Bandbreitenverbrauch in Haushalten und Unternehmen rasant. In den frühen 90er Jahren (als Modems mit Geschwindigkeiten von 14,4 kbps Standard waren) konnten sich viele Menschen nicht vorstellen, wozu schnellere Verbindungen nötig sein sollten. Auch bei zunehmender Bandbreite wird über weiterentwickelte Technologien die gesamte verfügbare Bandbreite genutzt, da Entwickler Anwendungen und Dienste erstellen, die mehr Bandbreite benötigen.

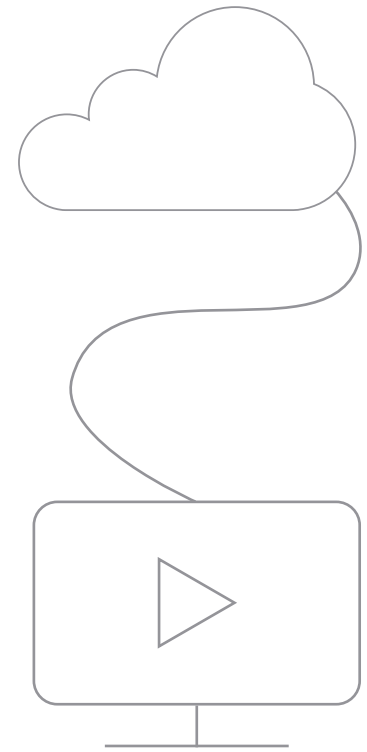
Zurzeit empfiehlt Netflix für die Wiedergabe in Ultra HD-Qualität eine 25 Mbit/s-Verbindung. Eine Familie, in der vier Personen auf verschiedenen Geräten Streams nutzen, kann die volle Kapazität einer 100-Mbit/s-Verbindung auslasten.

Der weltweite Internetverkehr verdoppelt sich alle zwei Jahre. Durch die zunehmende Verbreitung von Mobile Computing und Smartphones wird er zukünftig noch schneller wachsen.

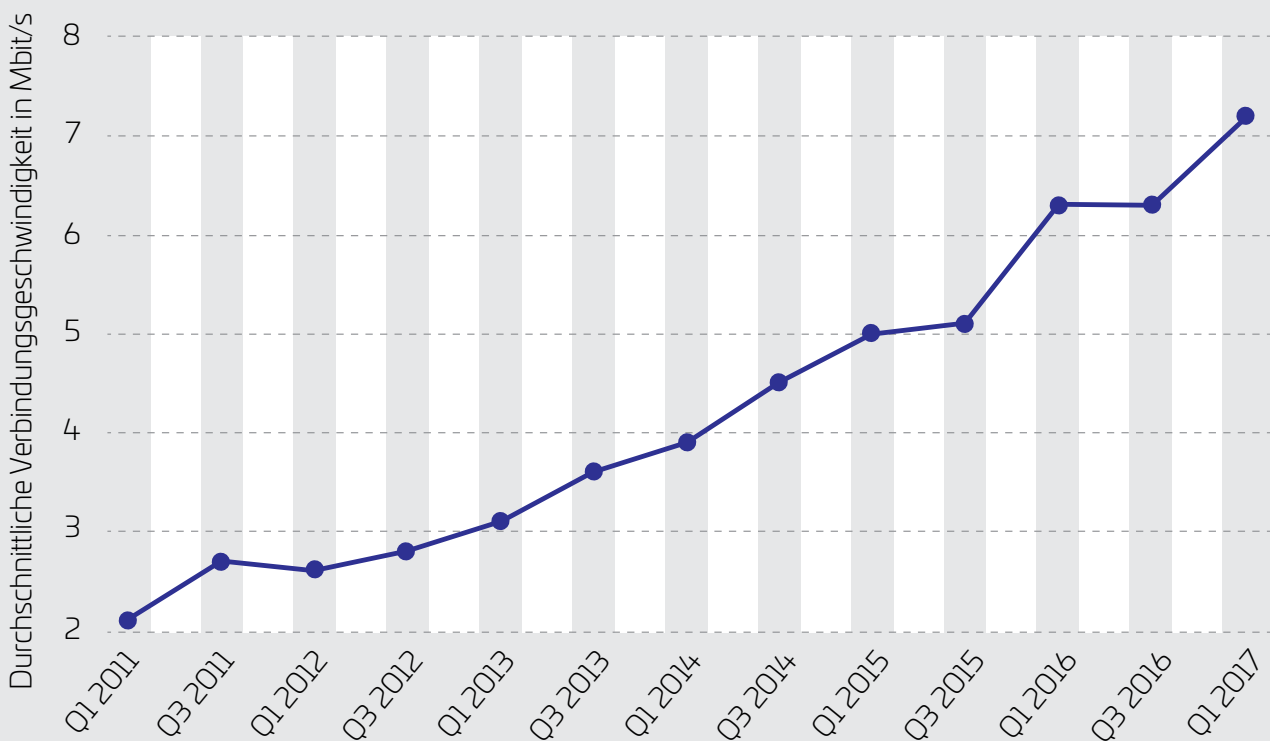
5G, der kommende Standard in der Mobilfunktechnologie, soll Geschwindigkeiten von über 10 Gbit/s liefern. Die Datenübertragung kann bis zu 150 mal schneller erfolgen als bei 4G. Dies wird die ohnehin schon hohe Nutzung von HD-Videostreaming auf mobilen Geräten verstärken.

Video erfordert eine hohe Bandbreite und Netzwerkzuverlässigkeit. Nur so ist ein reibungsloser Steam möglich (zumal immer mehr Menschen in einem Netzwerk gleichzeitig verschiedene Dinge streamen).

Auch die Einführung von 3D-HDTV-, 4K-, 8K- und VR-Videos (Virtual Reality) steht vor der Tür. Ganz zu schweigen von bandbreitenintensiven Innovationen wie dem Internet der Dinge, Cloud-Diensten und -Anwendungen, intelligenten Gebäuden, virtueller und erweiterter Realität, autonomen Fahrzeugen und der Blockchain-Technologie.



## DURCHSCHNITTliche INTERNETVERBINDUNGSGESCHWINDIGKEIT WELTWEIT



Weitere Informationen: Weltweit; Akamai Technologies; erstes Quartal 2011 bis erstes Quartal 2017; IPv4  
Quelle: Akamai Technologies © Statista 2017

# Entwicklung von Glasfasernetzwerken

## Warum ist die Glasfaser so gut?

Mit dem Aufkommen der Cloud, dem Internet der Dinge, intelligenten Verkehrsanwendungen und der Einführung von 5G steigt der Bedarf an zukunftssicheren Netzwerken mit hoher Bandbreite und geringer Latenz weiter an. Darüber hinaus ist die Nachfrage nach symmetrischer Bandbreite – mit vergleichbarer Leistung beim Download und Upload – deutlich gestiegen. Die Anwender erwarten eine allgegenwärtige und reibungslos funktionierende Konnektivität.

Glasfaserkabel sind sowohl für die heutigen Anwendungen als auch für zukünftige Technologien von hoher Bedeutung. Autonome Fahrzeuge werden beispielsweise große Datenmengen produzieren. Ein Großteil dieser Daten wird in die Cloud übertragen. Die Menschen in den Fahrzeugen werden zudem umfangreiche Möglichkeiten haben – sowohl beruflich als auch in der Freizeit. Dies wird zu einem noch höheren Bandbreitenverbrauch führen.

Die Kapazität der Glasfaser ist groß genug, um als Backbone für alle wichtigen Netzwerkbereiche zu agieren: Internet, Kabelfernsehen, Telefon (auch mobil), private Unternehmen und Rechenzentren. Die Glasfaser deckt die schnell wachsende Nachfrage nach Video-Streaming ab, das derzeit ca. 70 Prozent des Internetverkehrs ausmacht.



Ohne Glasfaser wären viele tagtäglich genutzte Angebote unmöglich: Bankgeschäft, Arbeiten im Home-Office, Online-Shopping, Audio- und Video-Streaming, Nutzung von Smartphones und Tablets und viele Gesundheitsanwendungen.



### WUSSTEN SIE ...?

35%

aller Anbieter geben an, dass sie die Mehrheit der Kunden zwischen 2017 und 2020 auf FTTH umstellen werden.



+25%



Weitere 25 % der Betreiber erwarten, dass sie den Übergang bis 2025 vollzogen haben.

Quelle: Broadband Outlook Report 2016

## Geschwindigkeit muss sein

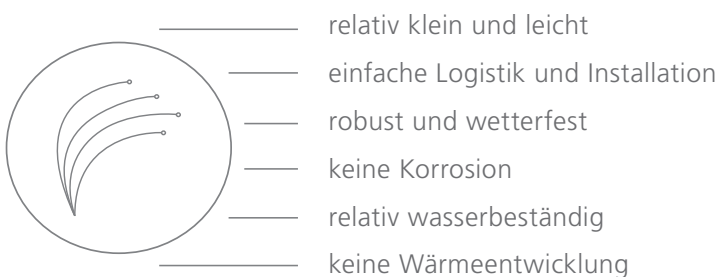
Um privaten und gewerblichen Endkunden die gewünschten Dienste anbieten zu können, benötigen Entwickler und Anbieter Glasfasernetzwerke. Um heute als Unternehmen erfolgreich agieren zu können, ist eine ständig verfügbare, zuverlässige, schnelle, latenzarme und allgegenwärtige Konnektivität erforderlich – zumal die modernen Verbraucher eine noch nie dagewesene Freiheit und Auswahl haben.

In den nächsten Jahren werden globale Anbieter auf FTTH als zentrale Breitbandplattform setzen.

## Einige *sehr* praktische Vorteile

Eine sehr hohe Bandbreite macht die Übertragung großer Datenmengen mit geringer Latenz (oder Verzögerung) möglich. So sind praktisch keine Verzögerungen beim Datentransport spürbar. Anwendungen werden reibungslos und ohne Unterbrechungen ausgeführt. Glasfasern arbeiten über lange Strecken (65 Kilometer oder mehr) ohne Signalverschlechterung. Es ist nicht erforderlich, das Signal auf dem Übertragungsweg zu verstärken.

Die Bereitstellung ist relativ einfach. Die Glasfaser kann in verschiedene Kabelprofile verpackt und leicht im Boden oder in Wänden versteckt werden. Einmal installiert, kann die Glasfaserleistung durch einen Wechsel der Elektronik für die Erzeugung und den Empfang der Lichtimpulse verbessert werden, ohne dass Kabel ausgetauscht werden müssen.



Darüber hinaus ist die Glasfaser im Gegensatz zu anderen Kabeltypen immun gegen elektromagnetische Störungen. Dies sorgt dafür, dass die Glasfaserverkabelung von Natur sicherer ist – denn die übertragenen Signale können nicht so einfach „abgehört“ oder gestört werden.

## Keine einzelne Standardlösung

Die Glasfaserverkabelung bildet die Grundlage für die aktuellen und zukünftigen Kommunikationsnetze. Ein Glasfaser-Backbone kann bis zu einem drahtlosen Zugangspunkt führen oder im Keller eines Unternehmens, einem Verteilungspunkt an einer Straßenecke oder in einem Mehrfamilienhaus enden. Es gibt verschiedene Ansätze für die Verbindung auf den letzten Metern zwischen Glasfaser-Backbone und dem Benutzer im Haus oder Büro.

Obwohl verschiedene Optionen zur Auswahl stehen, wird in vielen Fällen die Glasfaserverkabelung verwendet, um den Backbone direkt mit dem Endgerät zu verbinden. So sind die höchste Geschwindigkeit und niedrigste Latenz möglich.



## Verschiedene FTTx-Konzepte



Fiber to the home (Glasfaser bis in die Wohnung)



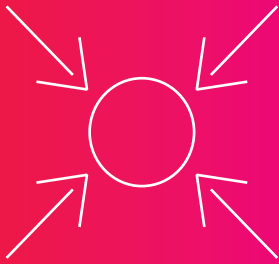
Fiber to the curb/cabinet (Glasfaser bis an den Bordstein)



Fiber to the building/basement (Glasfaser bis ins Gebäude)



Fiber to the node/neighborhood (Glasfaser bis zur Vermittlungsstelle)



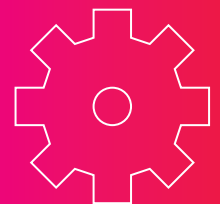
## Konvergenz – die nächste Herausforderung

Über konvergente Glasfasernetze kann ein Dienstanbieter ein breiteres Spektrum an Diensten bereitstellen, innovative Dienste anbieten und schneller in neue Märkte einsteigen. Einfach ausgedrückt bedeutet Netzwerkkonvergenz die Entwicklung eines einzigen Build-Outs, der für mehrere Service-Delivery-Plattformen verwendet wird.

Der Prozess der Netzwerkkonvergenz wird in erster Linie durch die Entwicklung von Basistechnologien und der Notwendigkeit höherer Wirkungsgrade vorangetrieben. Große, etablierte Dienstanbieter mit Wireline- und Wireless-Betrieb streben ein einheitliches Netzwerk an, um die Anlagennutzung zu maximieren und Größenvorteile zu nutzen. Kleinere Anbieter mit begrenzteren Budgets können mehrere Marktsegmente ansprechen, neue Einnahmequellen eröffnen und den Geschäftsplan mit mehr Interessengruppen, mehr Finanzierungsquellen und einem höheren ROI risikoärmer gestalten.

### Vorteile:

- **Gemeinsame Nutzung physischer Ressourcen zwischen Festnetz und Mobilfunk**  
Mit kleinen und tiefer in das Netzwerk integrierten Zellen und CRAN (Centralized RAN) zur Bündelung von Basisbandressourcen wird die gemeinsame Nutzung von Glasfaserkabeln und Immobilien immer wichtiger. Die gemeinsame Nutzung verhindert Szenarien wie den Aufbau eines neuen FTTH-Netzwerks, dem einige Monate später ein erneutes Aufreißen der Straßen zur Verlegung von Glasfasern für einen Mobilfunkstandort folgt.
- **Gemeinsame Nutzung der Datenströme für Festnetz und Mobilfunk**  
Für Unternehmen, die bereit sind, Glasfasern für mehrere Anwendungen gemeinsam zu nutzen, ergeben sich zusätzliche Effizienzvorteile. Darüber hinaus ermöglichen WDMs, NGPON2 und andere Technologien das Zusammenführen von Bitströmen und eine verbesserte Netzwerkeffizienz. Freie Kapazitäten können als „Virtual Dark Fiber“ oder Wavelength Services vermarktet werden – kostengünstiger und schneller in der Bereitstellung.
- **Gemeinsame Nutzung von Prozess- und Managementressourcen**  
Durch die Tendenz zu SDN/NFV können Netzbetreiber ihre Prozesse und das Management des Netzwerks unabhängig von der Endanwendung gemeinsam nutzen.



Da mehrere Dienste über ein einziges Netzwerk bereitgestellt werden, wird die Zuverlässigkeit immer wichtiger. Die Qualität und die Standardisierung werden daher zunehmend eine entscheidende Rolle spielen.



Die Glasfaser ist für die moderne, innovative Wirtschaft unerlässlich. Eine Studie der Analysis Group\* aus dem Jahr 2014 ergab ein höheres BIP pro Kopf (1,1 Prozent) in Gemeinden, die Gigabit-Internet anbieten. Das BIP in diesen Gemeinden lag rund 1,4 Milliarden Dollar höher als in ähnlichen Gemeinden. Eine Studie von RVA LLC für die Fiber Broadband Association USA aus dem Jahr 2017 stellte in ähnlicher Weise eine Verbindung zwischen großflächig verfügbaren Glasfasernetzen und neuen Unternehmensgründungen, einer stärkeren Wirtschaft und mehr Arbeitsplätzen her. Untersuchungen in anderen Regionen zeigen vergleichbare Ergebnisse. In Frankreich wurden beispielsweise in Gemeinden mit ultraschneller Breitbandversorgung 4,8 Prozent mehr Start-ups gegründet als in Gemeinden mit langsamerem Zugang.

## Glasfaser als Basis für die wirtschaftliche Entwicklung



\* Quelle: BIP-ERHÖHUNG DURCH GIGABIT-BREITBAND IN SICHT

[http://www.analysisgroup.com/uploadedfiles/contentinsights/publishing/gigabit\\_broadband\\_sosa.pdf](http://www.analysisgroup.com/uploadedfiles/contentinsights/publishing/gigabit_broadband_sosa.pdf)

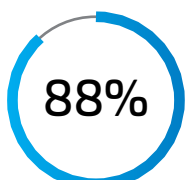


### WUSSTEN SIE ...?

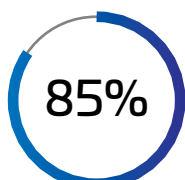
Die Bewohner von Mehrfamilienhäusern sind bereit, für den Kauf einer Eigentumswohnung oder Wohnung mit Glasfaseranschluss 2,8 Prozent mehr zu zahlen. Mieter sind bereit, bei einer monatlichen Miete von 1000 US-Dollar eine Prämie von 8 Prozent für einen Glasfaseranschluss zu zahlen. Eine gewichtige Zahl, da etwa 30 Prozent der US-Bürger in einem Mehrfamilienhaus leben. Darüber hinaus kann der Glasfaserzugang den Wert eines Hauses laut eines Berichts von Forschern der University of Colorado und der Carnegie Mellon University um bis zu 3,1 Prozent erhöhen. Selbst an Orten, an denen es noch keinen Gigabit-Service gibt, können die Immobilienpreise um 1,8 Prozent steigen, sobald ein lokaler Netzbetreiber eine Glasfaserinfrastruktur bereitstellt, die 100 Mbit/s oder mehr unterstützt.



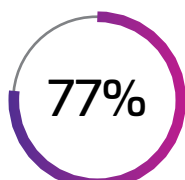
Glasfaserverbindungen können außerdem noch mehr positive Auswirkungen haben:



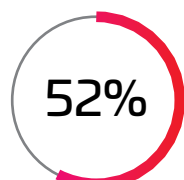
ANREIZE  
FÜR NEUE  
ARBEITGEBER



EXPANSION VON  
ARBEITGEBERN



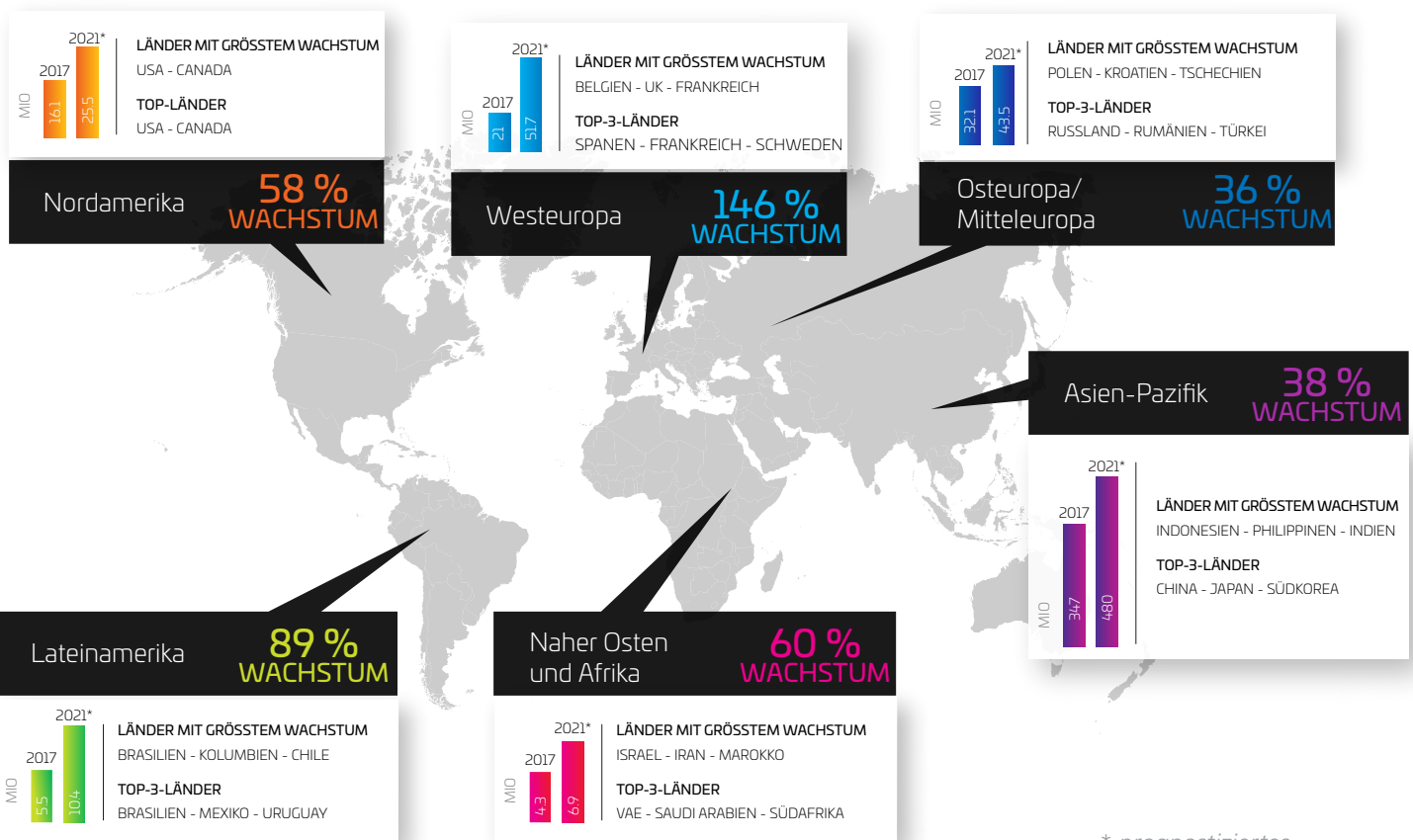
ARBEITGEBER-  
BINDUNG



KLEINUNTER-  
NEHMER

Laut regionalen Wirtschafts-  
experten und politischen  
Entscheidungsträgern, die von  
RVA, LLC für die Fiber Broadband  
Association 2017 befragt wurden.

# Globaler Wettlauf um die Zukunft FTTx-Nutzer heute und im Jahr 2021



\* prognostiziertes Wachstum

Quelle: IDATE DigiWorld



## 1 Milliarde Nutzer bis 2021

Im Bereich der Breitbandzugangstechnologien hat FTTx heute den größten Marktanteil weltweit, wobei ein paar Branchenanalysten bis 2021 mit mehr als 1 Milliarde Haushalten rechnen.

Immer mehr Staaten betrachten die Entwicklung der Breitbandinfrastruktur als öffentliche Aufgabe – ähnlich wie bei Gas, Strom und Wasser. Die Einführung von Glasfaser bis zum Endkunden gewinnt weiter an Dynamik, da viele Länder ihre nationalen Breitbandnetze (NBNs) weiter ausbauen. Darüber hinaus sinken die globalen Breitbandpreise in vielen Märkten weltweit. Dadurch werden sie für die breite Bevölkerung erschwinglicher und zugänglicher. Obwohl sich die Einführung von Fiber to the Home weltweit weiter beschleunigt, gibt es aufgrund einer Vielzahl von Faktoren wie politischen Richtlinien, Gesetzen und Vorschriften regionale Unterschiede, die Einfluss auf die Geschwindigkeit der Einführung haben.

### KAPITEL 1 – ZUSAMMENFASSUNG

## Digitale Transformation fördern und zukünftige Entwicklung ermöglichen

Der Bandbreitenbedarf wird durch 5G, die Cloud, das Internet der Dinge, Mobile-Computing, HD-Video und bandbreitenintensive Anwendungen immer größer. Wir erleben weltweit einen fortschreitenden Aufschwung der Glasfaser. Diese ist die wichtigste Technologie für heutige und zukünftige Anwendungen.

Die sehr hohe Bandbreite der Glasfaser macht die Übertragung großer Datenmengen mit geringer Latenz möglich. Der Trend zur Konvergenz unterschiedlicher Netzwerktypen und Funktionalitäten in einem einzigen Netzwerk verspricht eine Steigerung der Effizienz.

Darüber hinaus zeigen Studien und langjährige Erfahrungen, dass die Präsenz von Breitband eine Fülle von Vorteilen mit sich bringt – von der Steigerung des BIP und der Beschäftigungsquote bis hin zur Erhaltung von Arbeitsplätzen und der Gründung neuer Unternehmen. Die Glasfaser ist nicht nur „nice to have“ – sie ist für unsere langfristige wirtschaftliche und gesellschaftliche Zukunft unerlässlich.

# KAPITEL 2

Von den Grundlagen bis zur realen Umsetzung



# Von den Grundlagen bis zur realen Umsetzung

## Warum Lichtwellen?

Warum Daten mit Licht statt z. B. mit elektrischen Impulsen übertragen? Ganz einfach: Licht ist unglaublich schnell. Die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum beträgt etwa 300.000 Kilometer pro Sekunde. Im Glasfaserkabel ist sie nur ein Drittel langsamer: etwa 200.000 Kilometer pro Sekunde. Es gibt einige Koaxkabel, die schnellere Übertragungen ermöglichen. Diese Koax-Übertragungsleitungen benötigen jedoch viel mehr Verstärker als die Glasfaserleitungen, was die Glasfasertechnologie zur schnellsten Übertragungslösung für Langstreckenleitungen macht.

Eine Glasfaser beziehungsweise ein Lichtwellenleiter enthält einen Glaskern, durch den das Licht wandert. Um diesen Kern herum befindet sich eine weitere Glasschicht, der so genannte „Mantel“. Dieser sorgt dafür, dass kein Licht aus dem Kern entweicht. Eine optische Technik namens „Totalreflexion“ hält das Licht im Kern. Eine Polymerschicht schützt das Glas des Mantels vor Feuchtigkeit, Schmutz und Beschädigung. Der Gesamtdurchmesser einer Glasfaser beträgt 250 µm oder 1/4 Millimeter.

Die dünne Glasfaser allein ist nicht robust genug, um verarbeitet und in Außenbereichen eingesetzt zu werden. Bei Glasfaserkabeln wird die Glasfaser durch ein härteres Verstärkungsmaterial (Aramidgarne) vor mechanischer Belastung geschützt. Die Außenhülle oder der Außenmantel schützt das Kabel vor Umwelteinflüssen wie Staub und Wasser.

## Hauptvorteile von Glasfasern

- Sehr hohe Bandbreite – Transport großer Datenmengen
- Geringe Latenz – keine Verzögerungen beim Datentransport spürbar
- Minimale Dämpfung
- Klein und leicht – einfach zu transportieren und zu installieren
- Unempfindlich gegen elektromagnetische Störungen
- Minimales Sicherheitsrisiko (Lichtwellen können nur schwer unbemerkt abgegriffen werden)



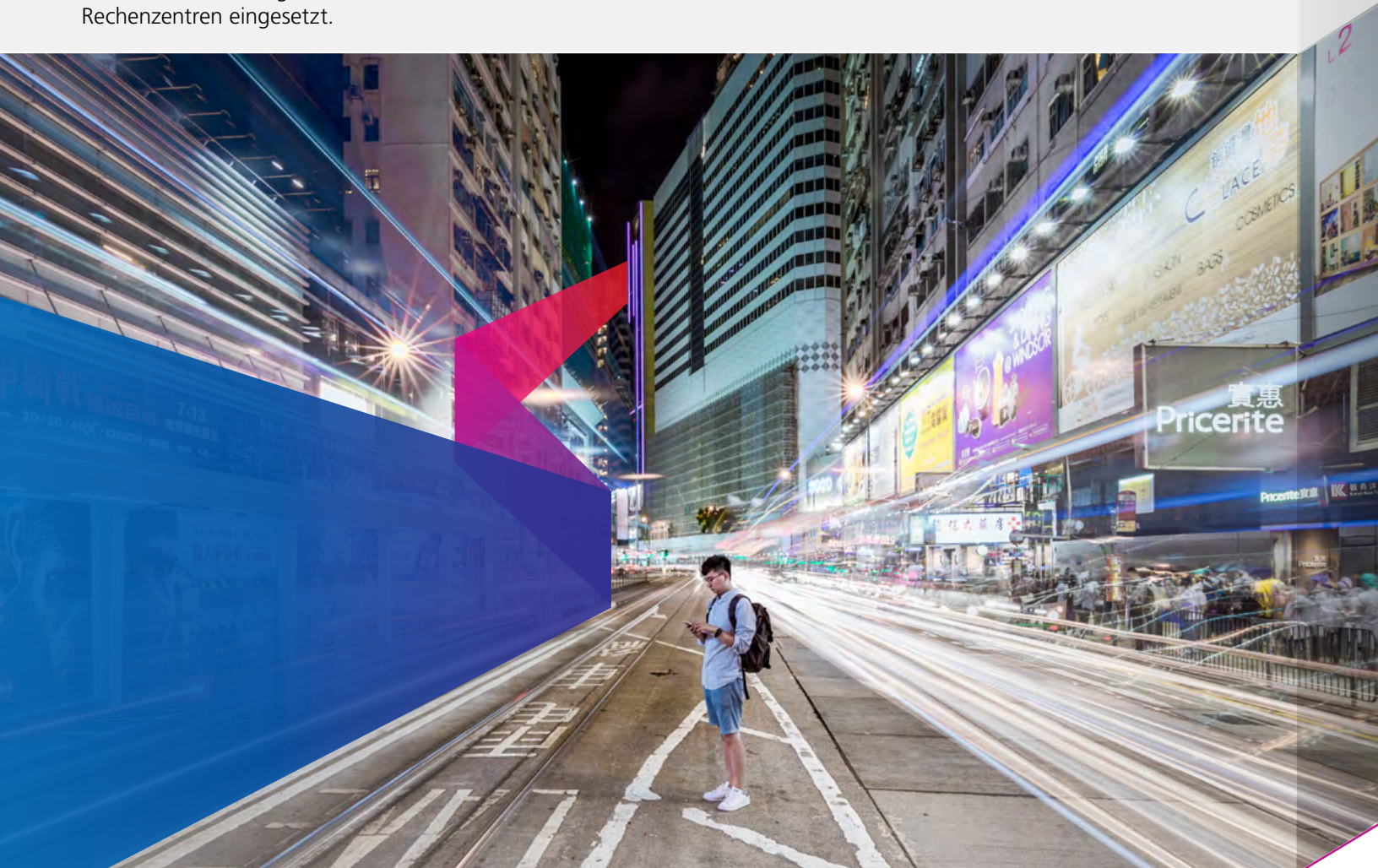
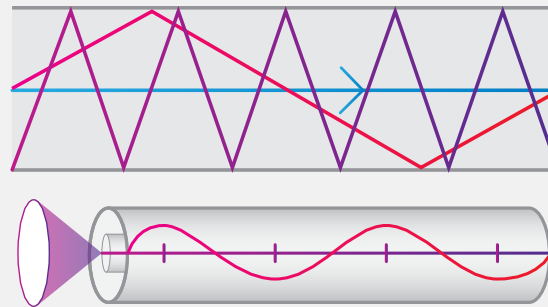
# Ausbreitung von Licht: Monomode oder Multimode?

Der „Modus“ definiert die Anzahl der Fasern, über die der Lichtstrahl durch einen Lichtwellenleiter geleitet wird. Bei Multimodefaser kann das Licht im Kern über viele Fasern geleitet werden. Monomodefasern, die heute in allen Langstreckenleitungen und FTTH-Implementierungen eingesetzt werden, haben nur eine einzige Faser.

Bei einer **Monomodefaser** wandert das Signal direkt durch die Mitte des Lichtwellenleiters. Damit ist es möglich, Signale über Entfernungen von bis zu 100 km zu transportieren und dennoch nutzbar zu machen. Typische Anwendungen sind Telekommunikationsnetze, Campusumgebungen, Fernsehkabel oder Gewerbegebiete.



**Multimodefasern** haben einen größeren Kern (typischerweise mit einem Durchmesser von 50  $\mu\text{m}$ ) im Vergleich zu Singlemodefasern (Durchmesser ca. 9  $\mu\text{m}$ ), was die Verbindungskosten reduziert und den Einsatz von VCSEL-Lichtquellen ermöglicht, die deutlich günstiger sein können als Laser. Zwar sind die Verbindungskosten niedriger als bei Singlemodefasern, jedoch ist die Entfernung für die Datenübertragung deutlich geringer. Multimodefasern werden häufig in Kurzstrecken-Audio-/Videoübertragungs- und Rundfunkanwendungen, lokalen Netzwerken und Rechenzentren eingesetzt.



# Wellenlängen

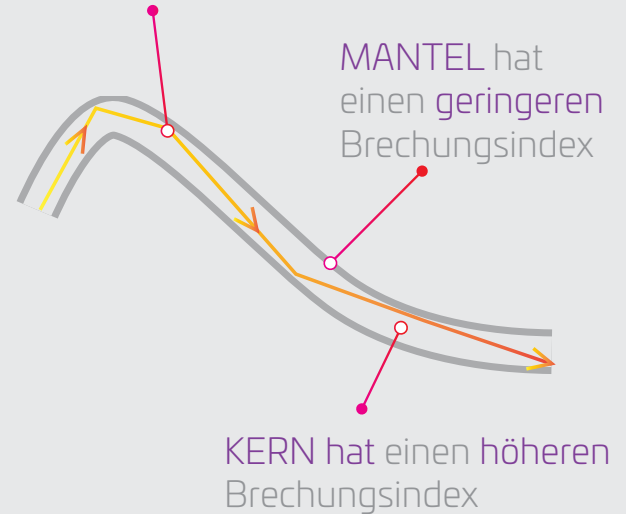
Licht besteht, wie Schall, aus oszillierenden Wellen. Licht kann verschiedene Wellenlängen haben. Wir nehmen diese Wellenlängen als unterschiedliche Farben im sichtbaren Spektrum wahr. Die Wellenlängen werden in Nanometern (nm) ausgedrückt (ein Milliardstel Meter). Unsere Augen sehen Wellenlängen zwischen 420 und 440 nm als Blautöne. Längere Wellenlängen zwischen 650 und 700 nm sehen wir als rot.

Wenn sich das Licht bewegt, verliert es etwas von seiner Intensität. Dieser Verlust wird als „Dämpfung“ bezeichnet. Je größer die Dämpfung, desto schwächer ist das Signal, das am Ende der Leitung ankommt. In der Glasfaser bedeutet eine längere Wellenlänge eine geringere Dämpfung, was zu einer besseren Signalqualität führt. Es werden Wellenlängen im Infrarotbereich verwendet, die für das menschliche Auge unsichtbar sind. Bei etwa 1550 nm ist die Dämpfung im Glas relativ gering. Daher wird diese Wellenlänge häufig für Fernnetze verwendet.

**Singlemodefasern** verwenden Wellenlängen zwischen 1260 nm und 1625 nm. Das Licht breitet sich entlang einer einzigen Faser aus, da seine Wellenlänge mehr oder weniger gleich dem Kerndurchmesser (ca. 9  $\mu\text{m}$ ) der Faser ist.

**Multimodfasern** verwenden Wellenlängen zwischen 850 nm und 1300 nm. Es gibt zwei Arten von Multimodfasern. Typ 1: Stufenindex – Kern (Durchmesser 50  $\mu\text{m}$  und 62,5  $\mu\text{m}$ ) und Hüllmaterial haben einen unterschiedlichen Brechungsindex. Typ 2: Gradientenindex – Der Brechungsindex des Kernmaterials ist variabel. Er entspricht einer parabolischen Funktion des Radialabstandes von der Mitte.

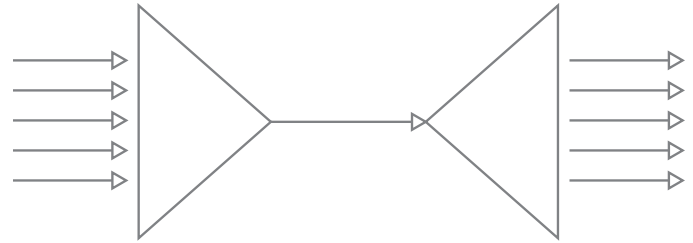
## Totalreflektion



## Totalreflektion

# Multiplexing-Techniken

Die gesamte Übertragungskapazität einer Glasfaser ist enorm und sollte idealerweise von mehreren Kunden genutzt werden. Eine Technologie namens „Multiplexing“ ermöglicht die Nutzung einer einzelnen Glasfaser zur Übertragung mehrerer Signale oder Dienste.



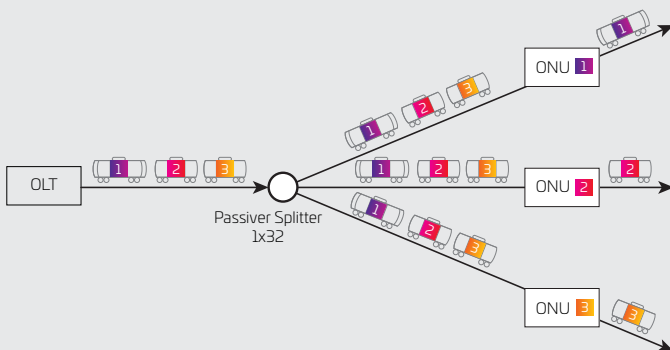
Züge auf der Informationsautobahn

## Zeitmultiplexing – Paketverkehr auf der Informationsautobahn

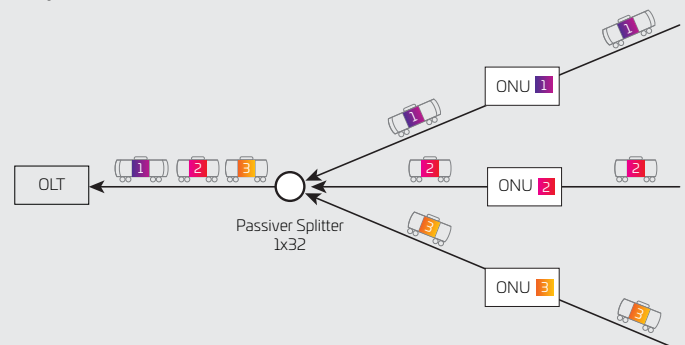
Beim Zeitmultiplexing (Time-Division Multiplexing, TDM) werden die Dienste verschiedener Kunden in bestimmten Zeitfenstern als Pakete gesendet und empfangen. TDM ist mit einem Zug mit mehreren Wagons vergleichbar, wobei jeder Wagon eine bestimmte Menge an Informationen für einen bestimmten Kunden enthält. Die Züge mit den Wagons fahren nacheinander über die Informationsautobahn. Am Ende der Strecke werden die Wagons getrennt und an den richtigen Kunden geliefert.

TDM-Techniken werden in Langstrecken-Punkt-zu-Punkt-Netzen, aber auch in passiven optischen Netzen (Passive Optical Network, PON) für FTTH-Implementierungen eingesetzt. Das Multiplexen und Demultiplexen erfolgt in den elektronischen Geräten wie der OLT (Optical Line Termination) in der Vermittlungsstelle und der ONU (Optical Network Unit) beim Teilnehmer.

### Beispiel für TDM im PON (Downstream-Verkehr):



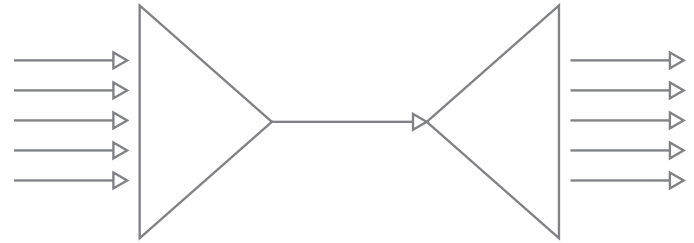
### Beispiel für TDM im PON (Upstream-Verkehr):





# Multiplexing-Techniken

... Fortsetzung



## Wellenlängenmultiplexen – Mehrere Spuren auf der Datenautobahn

Beim Wellenlängenmultiplexen (Wavelength-Division-Multiplexing, WDM) werden die verschiedenen Dienste mit unterschiedlichen Wellenlängen übertragen. Daher stören sich die Signale nicht gegenseitig. WDM ist mit einer mehrspurigen Autobahn vergleichbar. Jedes Fahrzeug hat eine eigene Spur, auf der es mit seiner eigenen Geschwindigkeit fahren kann, ohne durch den Verkehr auf den anderen Spuren gestört zu werden.

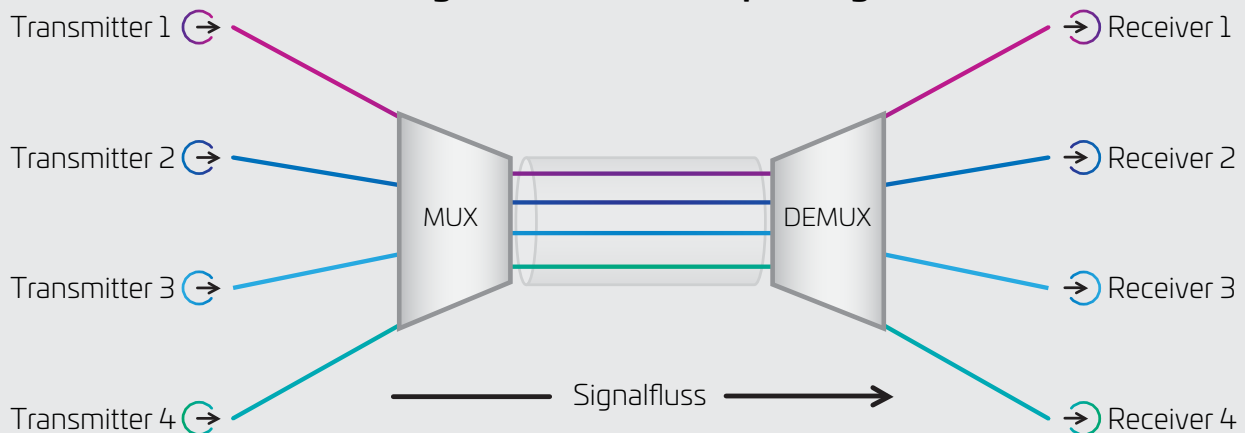
Mit einem „Multiplexer“ (MUX) können viele verschiedene Wellenlängen in einer einzigen Faser kombiniert werden. Auf der Empfangsseite wird das kombinierte Signal durch einen Demultiplexer (DEMUX) „entschlüsselt“. Auf diese Weise können viele Signale gleichzeitig über eine einzige Glasfaser übertragen werden. Statt nur eines Datenstroms können viele Datenströme gesendet und empfangen werden, was die Kapazität des Kabels erhöht.



Mehrere Fahrspuren auf der Informationsautobahn

Das dichte Wellenlängenmultiplexen (Dense Wavelength Division Multiplex, DWDM) bezeichnet Signale, die innerhalb eines bestimmten Wellenlängenbereichs (um 1550 nm) „gemultiplext“ werden. Erbium-dotierte Faserverstärker (Erbium-Doped Fiber Amplifier, EDFAs) sind besonders effektiv für Wellenlängen zwischen etwa 1525-1565 nm und 1570-1610 nm. Auf diese Weise können große Datenmengen in nur einer Faser über sehr lange Distanzen empfangen und übertragen werden. Typischerweise werden 40 DWDM-Kanäle pro Faser verwendet. Es sind aber bis zu 128 Kanäle möglich. Das Hinzufügen von Kanälen anstelle der Einführung von mehr Glasfasern und anderen Netzwerkkomponenten kann die Netzwerkkapazität erweitern, ohne dass neue Kabel verlegt werden müssen. Durch die Einführung optischer Verstärker, die das Signal „verstärken“, können Entfernungen von bis zu 1000 km erreicht werden. Eine weitere Variante ist das grobe Wellenlängenmultiplexen (Coarse Wavelength Division Multiplexing, CWDM), das bis zu 18 Kanäle pro Faser ermöglicht.

## Wavelength Division Multiplexing (WDM)



# CWDM oder DWDM?

Sowohl DWDM als auch CWDM haben spezielle Vorteile und Herausforderungen:

## CWDM



Jeder CWDM-Kanal verbraucht 20 nm, die kombinierten Kanäle verbrauchen fast den gesamten Singlemode-Betriebsbereich.



Deutlich kostengünstiger als DWDM.



Sender müssen nicht so genau abgestimmt werden wie DWDM-Sender und sind kostengünstiger.



CWDM eignet sich für Anwendungen, die eine begrenzte Anzahl von Kanälen erfordern, bei denen Signale keine großen Entfernungen zurücklegen müssen.



CWDM funktioniert nicht mit Verstärkern und unterstützt nur bis zu 18 Kanäle. Dies macht CWDM in Langstreckennetzen deutlich ineffektiver.



Bei Außenanwendungen wird die Temperaturempfindlichkeit zu einem Problem.

## DWDM



DWDM verwendet entweder 50, 100 oder 200 GHz Abstand im C- und manchmal auch im L-Band, was mehr Wellenlängen über dieselbe Faser ermöglicht. Ein bemerkenswerter Unterschied zu dem von CWDM verwendeten 20 nm Abstand (was etwa 15 Millionen GHz entspricht).



Ideal für Bereiche mit hoher Dichte, die eine große Anzahl von Kanälen erfordern, oder für Langstrecken Anwendungen.



Arbeitet mit Verstärkern, die das 1550-nm- oder C-Band verstärken können.



Seit 2002 ist die DWDM-Integration dank der Einführung des ITU-T G.694.1 Grids, einem de facto Industriestandard, einfacher geworden.



Die Technologie funktioniert nur innerhalb bestimmter Temperaturbereiche einwandfrei.



Die Laser müssen viel genauer sein als bei CWDM. Aufgrund dieser Faktoren sind die Gesamtkosten von DWDM höher.



Ein reines Low-Power-Digitalsignal kann sehr dicht gepackt werden, um eine enorme Anzahl von komprimierten Kanälen auf eine einzelne Faser zu übertragen. Bestimmte Lösungen mit höherer Leistung führen jedoch zu Einschränkungen in Bezug darauf, wie viele Signale über eine einzelne Faser übertragen werden können und wie eng sie platziert werden können.

# Stecker: So kommt das Licht aus und in das Kabel

Optische Stecker verbinden Kabel und Netzwerkkomponenten und können Folgendes umfassen:

- **flexible Verbindung von Sende- und Empfangsgeräten**
- **flexible Verbindung von passiven optischen Geräten**
- **Querverbindung zwischen verschiedenen Fasern von anderen Kabeln**

Moderne Steckverbindungen basieren auf dem physikalischen Kontakt zwischen zwei angeschliffenen/polierten Fasern in einer präzisen zylindrischen Hülse (sogenannte Ferrulen), um die Leistung der optischen Übertragung zu maximieren und gleichzeitig die optischen Reflexionen zu minimieren. Die Ausrichtung der Fasern in den Ferrulen erfolgt über hochpräzise Führungsstifte im Stecker.

Die Steckverbinder auf Ferrulen-Basis werden beim Anschluss an Glasfasern einem aufwändigen Polierprozess unterzogen. Dieser Vorgang wird im Werk durchgeführt. Die optische Leistung (Dämpfung und Rückflussdämpfung) der Stecker wird werkseitig überprüft.

Alle Steckverbinder verfügen über einen Mechanismus, der verhindert, dass sich die Ferrulen-Stecker im Inneren der Steckerhülse entlang ihrer Längsachse verdrehen.



## Häufig verwendete Steckertypen



FC

Ferrule Connector



SC

Subscriber Connector



LC

Local Connector



MPO

Multi-fiber Push-on Connector

# Häufig verwendete Steckertypen

## FC

### Ferrule Connector

- Einer der Monomode-Steckverbinder der ersten Generation mit gefederten Ferrulen.
- Der FC ist ein „Schraubanschluss“ mit einem vernickelten oder rostfreien Stahlgehäuse, was ihn ideal für den Einsatz in schwingungsintensiven Umgebungen macht.

## SC

### Subscriber Connector

- Quadratische Polymerhülse.
- Mit einer gefederten Keramikklammer und einem Push-Pull-Kupplungsmechanismus. Ursprünglich für Gigabit-Ethernet verwendet, wurde er aber mit sinkenden Kosten immer beliebter und galt lange Zeit als Standardstecker.

## MPO

### Multi-fiber Push-on Connector

- Rechteckige Ferrulen mit 12 und 24 Fasern ermöglichen Multifaser-Konnektivität.
- Bis zum 12- oder 24-fachen der Dichte des Standard-Einfaser-Steckers.
- Unterstützt höhere Bandbreiten pro angeschlossenem Kabel und spart Platz und Kosten.
- MPO-Stecker werden aufgrund der zunehmenden Nutzung von 40/100 Gigabit Ethernet zunehmend in Rechenzentren eingesetzt.
- Die MPO-Kabelanordnung endet oft in mehreren kleineren Kabeln mit einem „Fan Out“, sodass die Reihenfolge der einzelnen Fasern nach dem Anschluss von Hand geändert werden kann.

## LC

### Local Connector

- Push-Pull-Typ wie der SC-Anschluss mit kleinem Formfaktor.
- Hat den SC als Standardstecker weitgehend abgelöst. SC ist nach wie vor an den Standorten von FTTH-Netzen weit verbreitet.
- Anderer Verbindungsmechanismus und eine Hülse mit kleinerem Durchmesser.
- Die geringe Größe macht die Form praktisch für moderne Übertragungseinrichtungen, die eine große Anzahl von Anschlüssen auf engstem Raum bieten.

# Verbindungen und Verluste

Die Stärke eines optischen Signals ist an seinem Ursprungspunkt immer höher als am Empfangsende einer Leitung. Licht erfährt über die Länge der Netzwerkverbindung immer gewisse Verluste. Um diesen Verlust zu minimieren, müssen Glasfaserkabel nahtlos mit anderen Geräten oder Kabeln in einem Netzwerk verbunden werden.

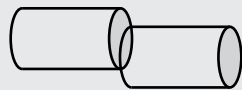
In den meisten Fällen werden die Fasern durch das Schmelzen des Glases direkt miteinander verbunden, was ebenfalls zu einem gewissen optischen Verlust führt. Diese thermischen Spleißverbindungen sind dauerhaft. Wenn Verbindungen später geändert werden müssen oder Glasfasern mit einem Gerät im Netzwerk verbunden werden müssen, werden Stecker verwendet, anstatt die Kabel miteinander zu verspleißen. Das Glasfaserkabel ist mit einem Anschlussstecker ausgestattet, der in einen Adapter oder eine Buchse eines aktiven Gerätes eingesteckt wird. Der Kern einer Glasfaser ist viel kleiner als ein Staubkorn - eine gute Verbindung erfordert daher eine enorme Präzision bei der Ausrichtung der Fasern.

In allen optischen Systemen können transportierte optische Informationen „entweichen“, wenn Licht beim Übertritt von einer Faser auf die andere verloren geht. Je genauer die Kerne ausgerichtet sind, desto weniger Licht geht verloren und desto besser ist das Signal am Empfänger.



## Mögliche Gründe für Lichtverluste:

## Lichtverluste können auf verschiedene Weise minimiert oder vermieden werden:



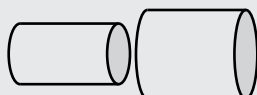
Zwei Faserkerne sind falsch ausgerichtet



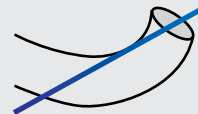
Luftspalt zwischen den Fasern



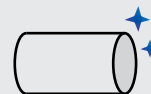
Faserenden sind nicht sauber oder beschädigt



Größe oder Kerne passen nicht optimal zusammen



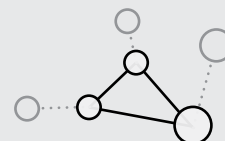
Vermeiden von engen Biegungen, kleinen Spulen und Ziehen oder Strecken der Faser



Saubere Anschlüsse sicherstellen



Nur die richtigen Reinigungsmittel und Inspektionswerkzeuge verwenden



Die Anzahl der Verbindungen und Spleiße im Netzwerk sollte begrenzt sein; diese sollten sehr geringe Verbindungsverluste aufweisen.

## RÜCKFLUSSDÄMPFUNG

Wenn zwei Fasern verbunden werden, können Schmutz oder Kratzer dazu führen, dass Lichtanteile gestreut und reflektiert werden. Die Rückflusssdämpfung (Return loss, RL) drückt die Menge an Licht aus, die an der Stelle, an der sich die Fasern treffen, zur Quelle zurückgeworfen wird. Der Wert wird in Dezibel (dB) ausgedrückt. Je niedriger der RL, desto geringer die Reflexion. Für Multimode-Stecker liegen die typischen RL-Werte zwischen -20 und -40 dB. Für Monomode-Stecker werden Werte von -45 dB (flach poliert) und -65 dB (winkelpoliert) erreicht.

## EINFÜGEDÄMPFUNG

Die am Verbindungspunkt auftretenden Verluste werden als „Dämpfung“ oder Einfügedämpfung (Insertion Loss, IL) bezeichnet. Die Lichtintensität im Faserkern wird vor und nach dem Verbindungspunkt gemessen und als Verhältnis in Dezibel (dB) ausgedrückt. Typischerweise werden mit Steckern Werte von 0,1 dB bis 0,5 dB erreicht. Je geringer der Signalverlust, desto kleiner der Wert in dB.

WUSSTEN SIE, DASS ES ZWEI ARTEN VON VERBINDUNGS-VERLUSTEN GIBT?



## Die Mathematik der Verlustmessung

Bei der Messung der Einfügedämpfung wird an ausgewählten Referenzkabeln mit einem LSPM (Lichtquellen- und Leistungsmesser) oder OLTS (optischer Verlusttest) ein Referenzpunkt von „Null dB“ festgelegt. Eine Lichtquelle (LS) ist mit einem Ende des Kabels und der Leistungsmesser (PM) mit dem anderen verbunden. Dann wird die Verbindung zwischen den Referenzkabeln getrennt und beide Enden werden mit der Leitung verbunden, die zu messen ist. Der Messwert ist der Verlust auf der Gesamtstrecke. In diesem Fall werden der Verlust an den Verbindungen und die Verluste im restlichen Kabel gemessen, z. B. wenn das Kabel gespleißt wurde.

## Leistungsbudget

Bei der Verkabelung wird das Verbindungsbudget verwendet, um die Lichtmenge zu berechnen, die benötigt wird, um eine ununterbrochene Kommunikationsverbindung zu gewährleisten. Das Verbindungsverlustbudget könnte als „Worst-Case-Szenario“ für einen Datenübertragungsweg bezeichnet werden. Dabei werden Elemente berücksichtigt, die Verluste verursachen können, wie z. B. Spleiß-, Kopplungs- oder Steckerverluste und die Faserdämpfung. Vor dem Entwurf oder der Installation eines Glasfaserverkabelungssystems muss das Verlustbudget festgelegt werden. So wird sichergestellt, dass das System funktioniert. Sowohl passive als auch aktive Komponenten müssen in die Berechnung des Verlustbudgets einbezogen werden. Das Verbindungsabbruchbudget ist sowohl vor als auch nach der Installation unerlässlich. Die Testergebnisse aus dem tatsächlichen Betrieb werden mit zuvor berechneten Verlustwerten verglichen, um sicherzustellen, dass eine Verbindung wie vorgesehen funktioniert.

## POSITIVE Leistungs- budgetberechnung:

Verluste im Leistungsbudget



Das Signal wird zum Ziel übertragen

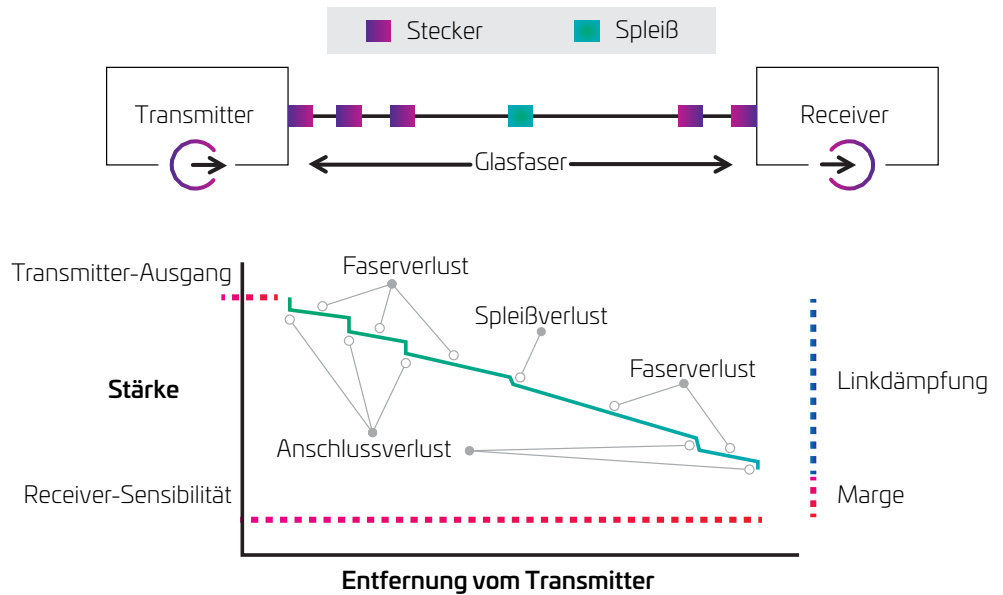
## NEGATIVE Leistungs- budgetberechnung:

Verluste übersteigen das  
Leistungsbudget



Das Signal erreicht sein Ziel nicht

## LEISTUNGSBUDGET



Quelle: The Fiber Optic Association, Inc., FOA Guide



## Berechnung des Verbindungsbudgets

- + Leistungsbudget des Transceivers
  - Verluste durch Multiplexing und Demultiplexing
  - Faserverluste
  - Spleißverluste
  - Verluste bei Patchpanel und Steckern
- 
- = GESAMTVERBINDUNGSBUDGET**



## Mehr Kapazität – welche Möglichkeiten gibt es?

Da die globale Nachfrage nach Bandbreite durch neue Dienste, Technologien und mehr Wettbewerb weiter steigt, stoßen die Netzbetreiber an Kapazitätsgrenzen. Generell gibt es zwei Ansätze, um den erhöhten Kapazitätsbedarf zu decken: Hinzufügen neuer Glasfasern oder Einsatz von WDM. Lassen Sie uns einen Blick auf die potenziellen Vorteile und Herausforderungen werfen, die mit beiden Ansätzen verbunden sind.

### Hinzufügen neuer Glasfasern

Wenn Sie mehrere Dienste bereitstellen und zusätzliche Kapazität benötigen, können Sie durch die Installation neuer Kabel einfach weitere Glasfasern hinzufügen. In vielen Fällen sind Designer, Außendiensttechniker und das Rollout-Personal mit den verfügbaren Technologien und Verfahren bestens vertraut und haben bewährte Verfahren zur Prozessoptimierung entwickelt. Allerdings muss die mögliche Komplexität im Vorfeld sorgfältig bewertet werden.

- Obwohl das Kabel selbst nicht allzu teuer ist, können die Baukosten für den Einsatz zusätzlicher Kabel je nach Entfernungen, Topologien, geografischen und geologischen Bedingungen und Arbeitskosten recht hoch sein.
- Beim Hinzufügen von Kabeln zu bestehenden Kanälen können physische Einschränkungen in Bezug auf den Platz oder das Gewicht den Einsatz unmöglich machen.
- In einigen Gebieten werden noch Freileitungskabel verwendet. Die meisten Glasfaserkabel werden jedoch unterirdisch verlegt. In der Vergangenheit war es nicht ungewöhnlich, dass Straßen in der Stadt immer wieder aufgerissen wurden, da jedes neue Unternehmen die erforderlichen Rechte individuell mit den lokalen Behörden aushandeln musste. Zu verstehen, wie man die Kabel mit minimaler Unterbrechung des täglichen Stadtbetriebs verlegt, ist das Erfolgsrezept einer erfolgreichen Installation und manchmal für ein erfolgreiches Projektangebot entscheidend.

### Nutzung von WDM mit einer bestehenden Glasfaser

Mit WDM können Sie zusätzliche, separate Dienste über eine einzige Glasfaser bereitstellen, indem Sie diese in verschiedene Wellenlängenbereiche unterteilen. Obwohl DWDM-Elektronik und Passivbauteile eine erhebliche Vorabinvestition erfordern, sind die Gesamtkosten in der Regel niedriger als bei der Einführung neuer Glasfasern. Obwohl WDM oft als Punkt-zu-Punkt-Lösung angesehen wird, gibt es auch Add-Drop-Multiplexer-Lösungen. Sie können beispielsweise an der Quelle acht verschiedene Wellenlängen multiplexen und dann nur zwei davon an einer bestimmten Stelle abziehen. Die restlichen Wellenlängen können dann weitergeführt werden. Da Dienstanbieter zunehmend kleine Zellen als zusätzliche Schicht zur mobilen Abdeckung einsetzen, kann dies sehr sinnvoll sein. Es müssen jedoch mehrere Faktoren berücksichtigt und sorgfältig bewertet werden:

- Für jedes für einen Dienst ausgewählte Wellenlängenpaar muss für jede Wellenlänge ein eigener Transmitter vorhanden sein (Upstream und Downstream). Auf Empfängerseite ist das System, im Gegensatz zur Transmitterseite, wenig komplex. Beachten Sie, dass die Kosten für die dedizierten, schmalbandigen Laserquellen möglicherweise recht hoch sein können und Sie immer mehr davon hinzufügen müssen.
- Diese Komponenten erhöhen die Kosten pro Stream im Vergleich mit den Kosten bei der Verwendung von dedizierten Glasfasern. Jede zusätzliche dedizierte Wellenlänge, die über einen WDM-Filter angewendet wird, erfordert zwei Quellen für die entsprechende Wellenlänge.
- Es ist außerdem wichtig, sowohl die Lagertemperatur als auch die Betriebstemperatur von CWDM- und DWDM-Passivkomponenten zu berücksichtigen. Die Nichteinhaltung der empfohlenen Temperaturbereiche kann zu Schäden oder Ausfällen führen. Dies ist von wesentlicher Bedeutung, da viele Komponenten in unklimateierten Schaltschränken enden können.

Da wir bereits mit Tausenden von Kunden auf der ganzen Welt zusammengearbeitet haben, ist uns bewusst, dass es keine einheitliche, optimale Lösung für alle Situationen gibt. Sehr wahrscheinlich kommt eine Kombination aus beiden Lösungen zum Einsatz: Kontinuierliche Migration zu mehr Glasfasern bei gleichzeitiger Implementierung von WDM. Um eine wirklich intelligente Entscheidung zu treffen, muss das Gesamtbild betrachtet werden. Alle Optionen und Kompromisse müssen vollständig erfasst werden. Ebenso wichtig ist die Entwicklung einer umfassenden, langfristigen Unternehmensvision und eines Businessplans, wobei die unmittelbaren und zukünftigen Anforderungen abgewogen werden. Sprechen Sie mit unseren Experten, um herauszufinden, wie CommScope Ihre Entwicklung unterstützen kann.



# Der CommScope-Ansatz

## Fallstudie:

### Entwicklung von Kompetenz im Bereich Glasfasern im Unternehmen zur Zukunftssicherung

*Es gibt natürlich viele Faktoren, die bei der Planung und Implementierung eines Glasfasernetzes zu berücksichtigen sind: Technologieauswahl, Arbeitsaufwand, Art des Gebäudes und des Kunden, Größe, spezifische Kundenanforderungen usw. Es ist jedoch nicht nur wichtig, diese Informationen zu sammeln – sie müssen auch kontinuierlich ausgetauscht, verteilt, interpretiert und weiterentwickelt werden. Die Aus- und Weiterbildung sind für den Erfolg eines Rollouts unerlässlich. Wir möchten Ihnen ein reales Szenario vorstellen, anhand dessen Sie sehen können, wie ein Rollout funktionieren kann und welche Rolle der Lieferant spielen könnte.*



Fallstudie  
herunterladen

In Anbetracht der Bedeutung des Hochgeschwindigkeits-Internets für das Wirtschaftswachstum und die globale Wettbewerbsfähigkeit des Landes unterstützte der Präsident ein ehrgeiziges, landesweites FTTH-Programm. Der staatliche etablierte Telekommunikationsanbieter, der Millionen von Bürgern mit Telefon-, Mobil- und Breitbanddiensten versorgt, benötigte große Teams aus Glasfasertechnikern und Installateuren für die Glasfaserbereitstellung. Es fehlte jedoch ein Programm zur Schulung von Technikern. Die Glasfaserkompetenz war auf eine kleine Anzahl von Spezialisten für optische Backbones beschränkt.

Vor Beginn des Trainings fanden größere Sitzungen statt. Lokale CommScope-Ingenieure, die an Implementierungen in anderen Ländern gearbeitet hatten, tauschten ihre Erfahrungen aus. Gemeinsam mit der örtlichen Universität wurde ein Train-the-Trainers-Programm entwickelt. Es wurden Installationsanleitungen und Schulungsunterlagen in der Landessprache geliefert. Die CommScope-Ingenieure überwachten die Erstinstallation, gaben praktische Ratschläge und Tipps und stellten sicher, dass hohe Standards und bewährte Verfahren der Branche angewendet wurden. Der anfängliche Widerstand älterer Techniker verschwand, als Parallelen zwischen Glasfaser und Kupfer gezogen wurden. Dies half ihnen, ihre Erfahrungen zu nutzen und mit mehr Zuversicht zu arbeiten.

Die Arbeit mit Glasfasern erfordert im Allgemeinen spezielle Kabel- und Spleißwerkzeuge. Der Betreiber begegnete dem Mangel an erfahrenen Technikern, indem er Produkte auswählte, die von Technikern mit geringer Erfahrung und einem grundlegenden Satz an Werkzeugen installiert werden konnten. Ein Beispiel ist der Glasfaser-Spleißverschluss FOSC 450, der ohne Elektrowerkzeuge auskommt.

Die Bereitstellung begann in den Großstädten und wurde in den ländlichen Gebieten fortgesetzt. CommScope schulte mehr als 500 Techniker für das Projekt. Anschließend schulten diese mehr als 3000 Installateure. Mit dem Aufbau dieses Netzwerks hat das staatliche etablierte Telekommunikationsunternehmen etwas Bemerkenswertes erreicht: Das Land hat inzwischen die höchste FTTH-Abdeckung in der Region. Es ist allgemein anerkannt, dass seine Strategie zur Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) einen echten Einfluss auf die Wirtschaft und die zukünftige Entwicklung des Landes hatte.



## KAPITEL 2 – ZUSAMMENFASSUNG

### Schalten Sie das Licht ein

Die Eigenschaften des Lichts machen es zum schnellsten Informationsträger. Licht kann auf einem Weg (Singlemode) oder auf mehreren Wegen (Multimode) durch ein Glasfaserkabel gesendet werden. Wave-Division-Multiplexing (WDM) ermöglicht den Transport mehrerer Signale oder Dienste über eine einzige Faser. Die zwei Arten von Multiplexing – DWDM oder CWDM – haben jeweils ihre eigenen Anwendungsbereiche und Einsatzgebiete.

Es gibt verschiedene Typen von optischen Steckern, die Kabel und Netzwerkkomponenten miteinander verbinden. Jeder Typ hat spezifische Vorteile und Beschränkungen. Bei der Arbeit mit Steckern ist es wichtig, Lichtverluste zu vermeiden oder zumindest zu minimieren.

Neue Dienste, Technologien und der zunehmende Wettbewerb treiben Netzbetreiber auf der ganzen Welt dazu, die Bandbreite zu erhöhen. Dies kann durch Hinzufügen von Fasern, die Einführung von WDM bei bestehenden Fasern oder durch eine Kombination aus beidem erreicht werden. Welche Option am besten geeignet ist, hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab, darunter der Verwendungszweck, der Standort und das Budget.

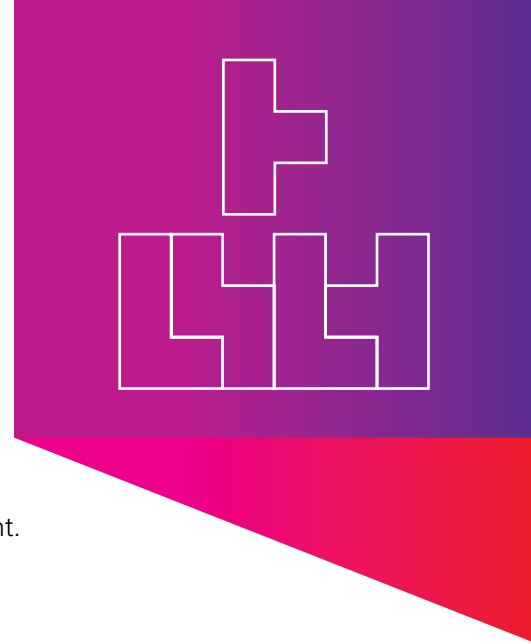
Es gibt keine einheitliche optimale Lösung. Um eine wirklich intelligente Entscheidung zu treffen, muss man das Gesamtbild betrachten, die Optionen und Kompromisse vollständig erfassen und einen vollständigen, langfristigen Geschäftsplan entwickeln, wobei gleichzeitig die unmittelbaren und zukünftigen Anforderungen abgewogen werden. **Die CommScope-Experten** diskutieren gerne das zu Ihren individuellen Anforderungen passende Konzept und die Details mit Ihnen.

# KAPITEL 3

Netzwerkarchitekturen:  
Optionen, Vorteile und Überlegungen



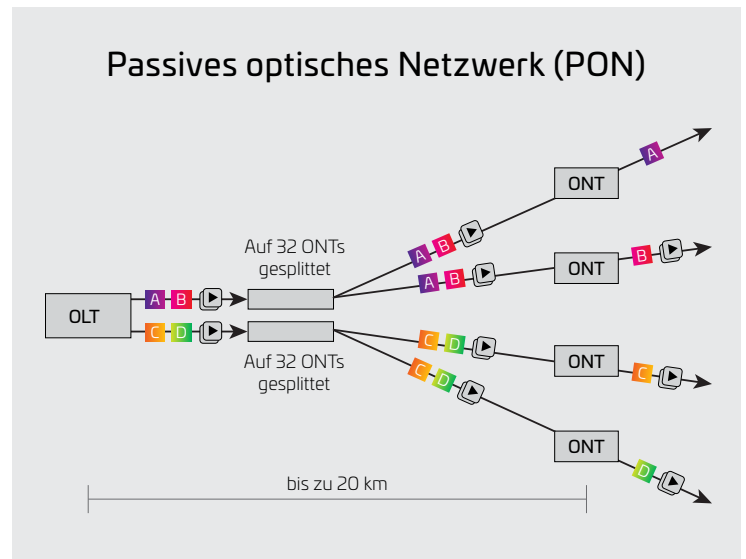
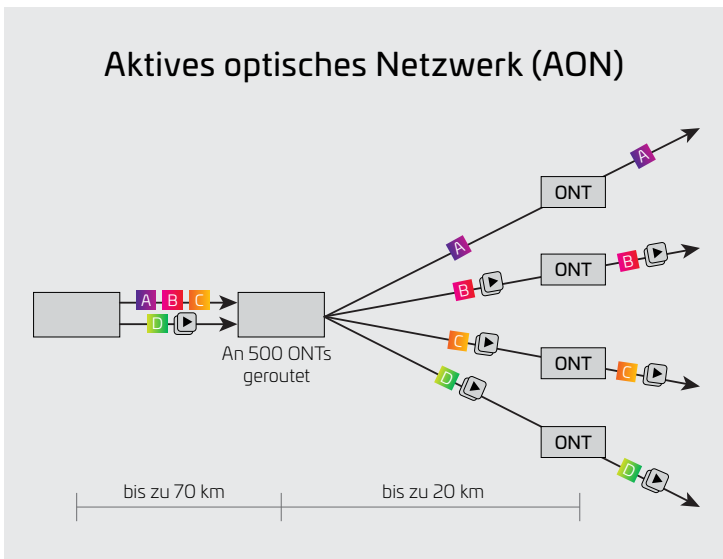
# Netzwerkarchitekturen: Optionen, Vorteile und Überlegungen



## Welcher Netzwerktyp?

Netzwerkarchitekturen werden bereits in einem frühen Stadium des Planungsprozesses ausgewählt und haben eine nachhaltige wirtschaftliche Relevanz. Daher ist es wichtig, mehrere interne und externe Faktoren zu bewerten, bevor die Planung überhaupt beginnt.

Eine frühzeitige Planungsentscheidung ist die Wahl eines aktiven oder passiven Netzwerktyps.



= Daten oder Sprache für einen einzelnen Kunden

= Video für mehrere Kunden

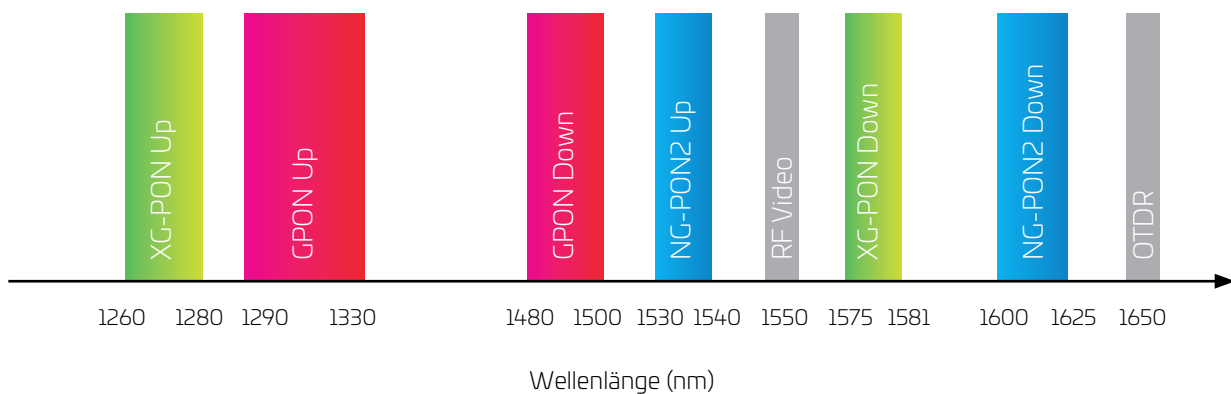
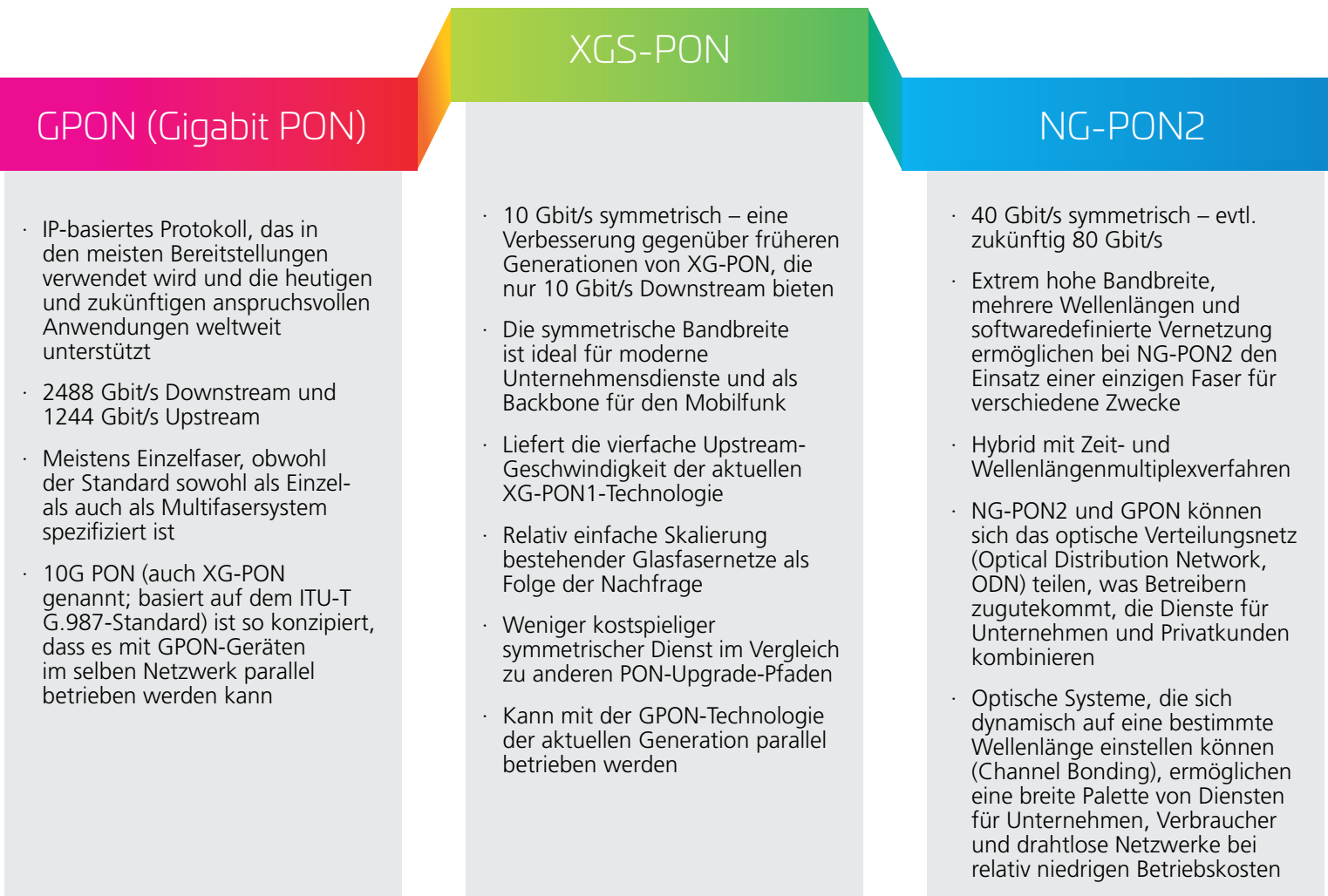
- Punkt-zu-Punkt-Architektur, bei der eine „Home Run“-Faserverbindung zwischen der Vermittlungsstelle und dem Endnutzer hergestellt wird
- Ein Laser-Transceiver befindet sich in der Vermittlungsstelle, der andere am Teilnehmerstandort
- Überbrückt größere Entfernungen und liefert hohe Bandbreite an jeden einzelnen Punkt
- Angesichts der höheren Kosten für die Wartung der erforderlichen Elektronik ist diese Art von Netzwerk komplexer und naturgemäß teurer im Betrieb

- Punkt-zu-Mehrpunkt-Architektur
- Über passive optische Splitter kann eine einzelne Glasfaser mehrere Endpunkte bedienen
- Besteht aus einem optischen Netzabschluss (Optical Line Terminal, OLT) in der Vermittlungsstelle und optischen Netzwerkeinheiten (Optical Network Unit, ONU) oder optischen Netzabschlüssen (Optical Network Terminal, ONT) am Standort des Endnutzers.
- Im Vergleich mit Punkt-zu-Punkt-Architekturen reduziert ein PON den Bedarf an Glasfaser und Technik in der Vermittlungsstelle

# Eine genauere Betrachtung von PONs.

Zwei große Normierungsgremien – das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) und der Telecommunication Standardization Sector der International Telecommunication Union (ITU-T) – haben bei der Entwicklung von Standards eine Vorreiterrolle gespielt.

Es gibt mehrere Arten von häufig verwendeten PON-Technologien:



NG-PON2-Spektrum

Quelle: Rec. ITU-T G.982.2 (12/2014)

# Eine genauere Betrachtung von PONs.

... Fortsetzung

## WDM PON (Wavelength Division Multiplexed PON)

- Nicht standardisierter PON-Typ, der von bestimmten Unternehmen entwickelt wurde
- 10 Gbit/s symmetrisch
- Jede Wellenlänge kann mit einer anderen Geschwindigkeit und einem anderen Protokoll arbeiten, sodass ein einfaches Pay-as-you-grow-Upgrade möglich ist
- Zusammenführung von drahtlosen und drahtgebundenen Diensten für die Verteilung
- Die Wiederverwendung der bestehenden FTTH-Infrastruktur kann eingeschränkt sein
- Die Temperaturkontrolle ist eine Herausforderung, da Wellenlängen dazu neigen, entsprechend den Umgebungstemperaturen abzuweichen

## GEAPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network)

- 1 bis 10 Gbit/s symmetrisch
- Verwendet native Ethernet-Protokolle und -Komponenten, wodurch Größenvorteile genutzt werden können
- Hochgradig skalierbar und flexibel, mit einem kostengünstigen Single-Management-System
- Kann sehr dichte Netzwerke realisieren und Tausende von Teilnehmern bedienen
- Integrierte Unterstützung für Triple Play (Internet, TV und Telefon), QoS (Quality of Service), IPTV (Internet-Fernsehen) und VoIP (Voice over IP)
- Geringere Kosten als bisherige GPON-Geräte
- 10G EPON symmetrisch unterstützt 10G Downstream und Upstream.
- 10G EPON asymmetrisch unterstützt 10G Downstream und 1G Upstream.



# Fiber-Deep-Netzwerke

Mehr Glasfaser im Netz bringt Kabel- und Breitbandbetreibern zusätzliche Bandbreite. Es bietet außerdem weitere wichtige Vorteile wie niedrigere Betriebskosten, weniger Energieverbrauch und eine bessere CO<sub>2</sub>-Bilanz. Fiber-Deep-Netzwerke arbeiten mit einer Glasfaser bis zu einem Punkt im Netzwerk und gehen dann entweder auf Koaxialkabel oder verdrehte Kupferkabel über. Im Laufe der Zeit sind diese Übergangspunkte näher an die Kunden herangerückt. Der Migrationspfad von der HFV- (hybrid fiber coaxial) oder Kupferinfrastruktur zur Glasfaserinfrastruktur muss jedoch sorgfältig geprüft werden, wobei sowohl die Vor- als auch die Nachteile auf kurze und lange Sicht betrachtet werden müssen. Die heutigen Netzwerktechnologien bieten mehrere Möglichkeiten.

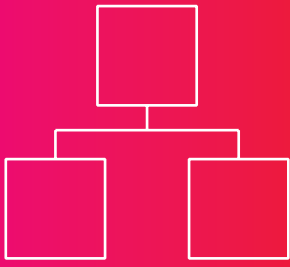
## DSL (Digital Subscriber Line)

- Das neueste DSL-Protokoll, G.fast (Fast Access to Subscriber Terminals), wird in Brownfield-MDU-Umgebungen eingesetzt, um Störungen für die Anlieger zu minimieren
- Erhöht die Verbindungsgeschwindigkeit über bestehende verdrehte Kupferpaarleitungen im Vergleich mit der ADSL- und VDSL-Technologie (Frequenzmultiplexing) durch die Verwendung von höheren Frequenzen und Zeitmultiplexing
- Aktive Geräte in der Nähe des Kundenstandortes
- Weniger effektiv, wenn die Entfernung 100-500 Meter überschreitet
- Zusätzliche Spleißmuffen und Terminals erforderlich

## DOCSIS® (Data Over Cable Service Interface Specification)

- Praktische Option bei fehlenden Glasfaserverbindungen zu Gebäuden
- Der 1997 erstmals entwickelte Standard befindet sich derzeit in der Version DOCSIS® 3.1 und wurde entwickelt, um höhere Internetgeschwindigkeiten mit bestehenden Koaxialkabeln zu unterstützen
- Die Entwicklung von Vollduplex-DOCSIS 3.1 verspricht symmetrische Datenraten von 10G





## Wichtige PON-Topologien und -Architekturen

Die Architektur bestimmt die Kosten für FTTH-Netze. Es stehen drei verschiedene Typen zur Auswahl: Punkt-zu-Punkt, zentralisiertes Splitting und verteiltes Splitting, Stern und Daisy-Chain sowie vollständig gesplittete und vordefinierte Konnektivität. Ein typisches PON deckt ein Gebiet von 20 Kilometern Länge ab.

Betrachten wir die Vorteile der verschiedenen Ansätze.

### Punkt-zu-Punkt-Netzwerk

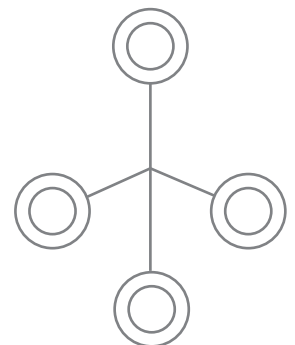
In einem Punkt-zu-Punkt-Netzwerk sind die Knoten mit einer einzigen Verbindungsleitung direkt verbunden. Es werden keine zusätzlichen Funktionsknoten benötigt und es gibt keine Redundanz. Es handelt sich jedoch um eine kostengünstige und zuverlässige Lösung. Der Ansatz wird typischerweise für Geschäftskundendienste oder als Backhaul für konvergente Netzwerke eingesetzt. Die Bandbreite wird nicht geteilt, sodass jeder Port eines Standortes kontinuierlich hohe Geschwindigkeiten bietet. Installation, Wartung und Reparatur sind relativ einfach. Es gibt jedoch keine Möglichkeit, weitere Verbindungen zu verzweigen und hinzuzufügen. Der Rollout kann länger dauern und teurer sein – und der Ansatz ist für ländliche Regionen nicht ideal.



### Punkt-zu-Mehrpunkt-Netzwerk

Die folgenden Netzwerktypen für FTTH-Zugangsnetze sind alle Point-zu-Mehrpunkt. Der in PON-basierten Punkt-zu-Mehrpunkt-Netzwerken verwendete optische Splitter kann an verschiedenen Stellen im Netzwerk platziert werden.

- 1 Zentralisierte Splitting-Architektur
- 2 Verteilte Splitting-Architektur (kaskadiert)
- 3 Daisy-Chain-Architektur
- 4 Stern-Architektur
- 5 Optical-Fiber-Tapping
- 6 Fiber Indexing





## 1 Zentralisierte Splitting-Architektur

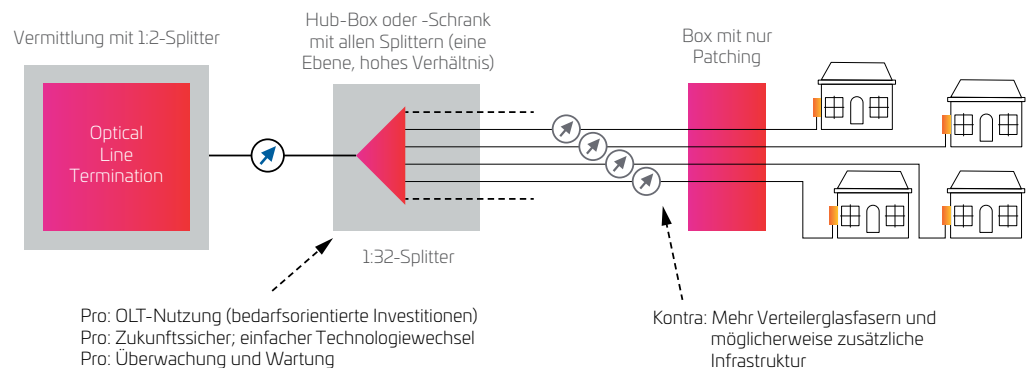
Der zentralisierte Ansatz verwendet einstufige Splitter in einem zentralen Hub in einer Stern- oder Daisy-Chain-Topologie. Dies bietet eine optimale Flexibilität bei der Verwaltung von Teilnehmeranschlüssen der angeschlossenen Geräte. Ein weiterer Vorteil ist, dass ein leicht zugänglicher Prüfpunkt vorhanden ist. Allerdings erfordert die Architektur ein Netzwerk mit vielen Glasfasern vom Splitterstandort zum Standort.

Die zentralisierte Splitting-Architektur wurde häufig in frühen FTTH-Bereitstellungen eingesetzt, um die Teilnehmer anzubinden. Dieser Ansatz verwendet typischerweise mehrere 1x32-Splitter, die sich in einem Fiber Distribution Hub (FDH) befinden, der an beliebiger Stelle im Netzwerk platziert sein kann. Der 1x32-Splitter ist über eine einzige Glasfaser direkt mit einem GPON-OLT (Optical Line Terminal) in der Vermittlungsstelle verbunden. Auf der anderen Seite des Splitters werden 32 Fasern über Verteilerschränke, Spleißanschlüsse und/oder Zugangspunktanschlüsse zu 32 Haushalten von Kunden geleitet.

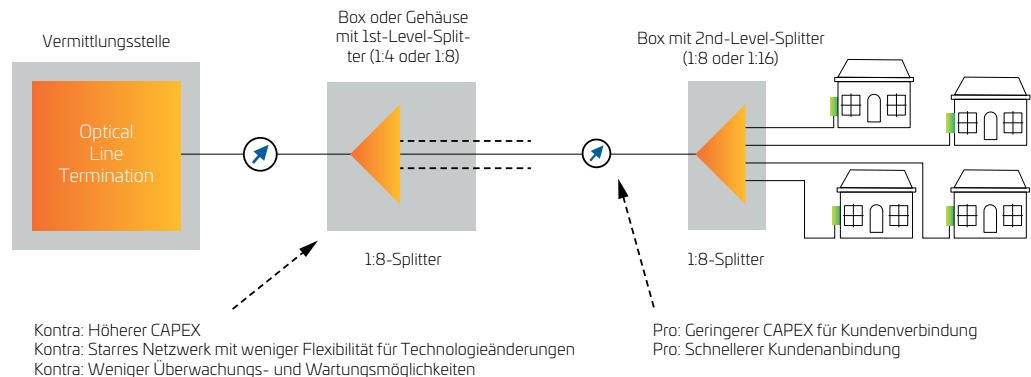
Dort sind sie mit einem optischen Netzabschluss (Optical Network Terminal, ONT) verbunden. Auf diese Weise verbindet die zentralisierte PON-Architektur einen OLT-Port mit bis zu 32 ONTs.

Die Querverbindungsfunktion im FDH macht es möglich, jeden Ausgangsport am Splitter mit einem Port im Patchpanel zu verbinden, was zu Einsparungen bei Arbeits- und Materialkosten führen kann. Das zentralisierte Splitting bringt außerdem einen physischen Standort in der Mitte des optischen Verteilernetzes mit sich, der bequem für Tests verwendet werden kann. In Gebieten mit niedrigeren Nutzerzahlen wird der Aufbau pro Wohnobjekt jedoch teurer. Um Kosten zu senken und die Bereitstellung zu beschleunigen, müssen Alternativen in Betracht gezogen werden. Eine Möglichkeit zur Verkürzung der Bereitstellungszeit ist eine vorkonfigurierte Konnektivität. Die andere wichtige Lösung ist das verteilte Splitting.

### ZENTRALISIERTE Architektur



### KASKADIERTE Architektur



## 2 Verteilte Splitting-Architektur (kaskadiert)

Eine kaskadierte Architektur verwendet mehrere Splitter in Reihe, um das insgesamt gewünschte Splitting-Verhältnis zu erreichen. Beispiel: Ein 1x4-Splitter, der sich in einer Außenanlage befindet, ist direkt mit einem OLT-Port in der Vermittlungsstelle verbunden. Jede der vier Fasern, die diesen Splitter der Stufe 1 verlassen, wird zu einem Zugangsterminal geleitet, in dem sich ein 1x8-Splitter der Stufe 2 befindet.

In diesem Szenario würden insgesamt 32 Fasern (4x8) zu 32 Haushalten geführt. Es ist möglich, in einem kaskadierten System mehr als zwei Splitting-Stufen zu nutzen. Das Gesamt-Splitting-Verhältnis kann variieren (1x16 = 4x4; 1x32 = 4x8 oder 8x4; 1x64 = 4x4x4).

Dieser Ansatz reduziert die Menge der Glasfasern im Verteilungsbereich. Er verlagert einen Teil des Splitting-Prozesses auf den

Zugriffspunkt, mit dem die Teilnehmerverbindungen verbunden sind. Es gibt jedoch einen Nachteil: Ein kaskadiertes PON-Netzwerk weist typischerweise eine schlechtere OLT-Portauslastung auf als eine zentralisierte Splitting-Architektur. Kaskadierte Architekturen sind zudem stark von der „Aufnahmequote“ und der Anzahl der Kunden, die aus dem PON versorgt werden, abhängig.

Untersuchungen zeigen, dass die FDH-Kapazität um 75 % reduziert werden kann, was kleinere Schaltschränke, eine einfachere Platzierung und die Möglichkeit des Wechsels von einem Schaltschrank zu einem Spleißgehäuse ermöglicht. Auch die benötigten Verteilungsglasfasern wurden um 75 Prozent reduziert, wodurch der CapEx für Kabel, Spleißgehäuse und Spleißarbeiten reduziert wird. Der Zugriffspunkt verfügt nun über einen Splitter, sodass eine geringfügige Änderung hier erhebliche Einsparungen im gesamten Ansatz ermöglicht.

### 3 Daisy-Chain-Architektur

Daisy-Chaining kann die Bereitstellung beschleunigen. Ein Multifaserkabel, das über eine Kaskade von Glasfaserzugangsterminals verbunden ist, führt zu einer effizienteren Kabelnutzung und einem effizienteren Personaleinsatz. Dieser Ansatz kann jedoch mehr Spleißarbeiten als eine Stern-Architektur (siehe unten) sowie spezielle Spleißfähigkeiten erfordern. Spleißarbeit ist ein wichtiger Kostenfaktor bei FTTH-Implementierungen.

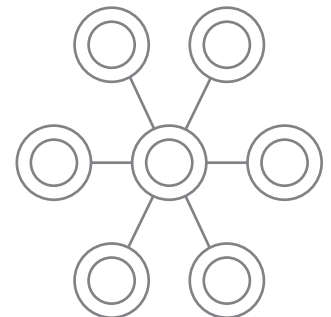
In einer Daisy-Chain-Topologie wird das Glasfaserkabel durch die Straßen geführt und an jedem Zugangspunkt wird ein gehärtetes Terminal auf das Kabel gespleißt. Dieses Design zwingt aufgrund der Notwendigkeit teurer, spezialisierter Spleißarbeiten zu Kompromissen bei der Bereitstellungszeit bei gleichzeitig steigenden Kosten. Die Spleißkosten für das zentralisierte Splitting – ob Stern- oder Daisy-Chain-Architektur – sind im Allgemeinen höher als für das verteilte Splitting, da die Splitting-Ausgänge werkseitig konfiguriert sind. Die Anzahl der zu verbindenden Fasern an jedem Standort ist höher (eine Faser pro Teilnehmer), während dieses Verhältnis in einem Netzwerk mit verteiltem Splitting durch die Montage von werkseitig konfigurierten Ausgängen an den Verteilern reduziert werden kann.



### 4 Stern-Architektur

Bei einer Stern-Architektur werden vorkonfektionierte Kabel an einen zentralen Ort geführt. Dies macht sie aus Sicht des Spleißens sehr effizient, da dieses am Hub stattfindet. Allerdings verbraucht sie etwa 35 bis 45 Prozent mehr Kabel als Daisy-Chain-Architekturen – und es kann aufgrund unterschiedlicher Kabellängen mehr Komponenten geben. Zwar werden die Kabel oft als relativ kostengünstiger Teil der Gesamtkosten eines FTTH-Netzwerks angesehen, aber das in der Stern-Konfiguration benötigte zusätzliche Kabel verursacht zusätzliche Arbeitskosten für die Bereitstellung und erfordert physischen Platz, was besonders bei Kanälen oder einer Mastmontage problematisch sein kann.

Die Stern-Architektur kann ein Multiport-Service-Terminal (MST) verwenden – eine Komponente mit vorkonfektionierten Verbindungsleitungen. Die Glasfasern müssen nicht vom Verteilungspunkt gespleißt werden. Jede Leitung führt zu einer einzigen Spleißstelle (daher der Name „Stern“). Beim Einsatz mit dem zentralen Splitting hat jedes Kabel, das zwischen MST- und Spleißgehäuse verläuft, eine Faser pro Terminalport.



Beim verteilten Splitting wird eine einzige Faser zwischen Terminal und Spleißgehäuse verwendet. Das Terminal verfügt über einen 1x4- oder 1x8-Splitter. Verteilte Splitting-Architekturen verwenden etwa die gleiche Menge an Kabel wie zentralisierte, aber es ist nur ein Bruchteil von Fasern erforderlich. Gleiches gilt für die Spleißkosten.

### 5 Optical-Fiber-Tapping

Die Distributed-Tap-Architektur verwendet faseroptische Taps in einer linearen Topologie anstelle von Splittlern.

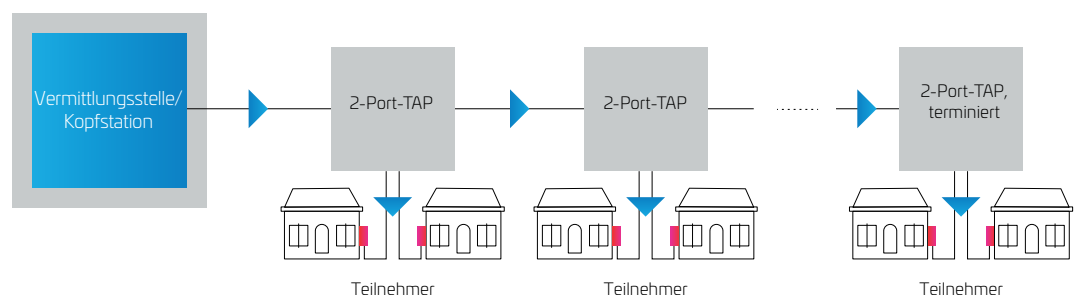
Stellen Sie sich vor, Sie nehmen die Faser in einem Glasfaserkabel, schneiden sie durch und setzen eine Abzweigung ein. Das optische Signal durchläuft die Abzweigung (Tap) und wird über die Faser fortgeführt. Gleichzeitig zweigt die Abzweigung einen Teil des Signals für den lokalen Teilnehmer ab. Auf diese Weise kann die PON-Reichweite (in der Regel ein Radius von 20 Kilometern vom OLT) erweitert werden. Die Tap-Architektur ist in ländlichen Szenarien äußerst nützlich. Dort ist die Gehäusedichte gering und die Entfernungen sind typischerweise groß.

Es können mehrere Abzweigungen entlang der Leitung platziert werden, bis das Budget für die optische Verbindung erschöpft

ist oder die maximale Anzahl der Teilnehmer pro OLT-Port (typischerweise 32, obwohl 64 oder mehr unterstützt werden) erreicht ist. Die letzte, terminierende Abzweigung in der Kette hat keine Ausgangsfaser.

Taps sind in den Ausführungen mit zwei, vier und acht Ports erhältlich, je nach Anzahl der erforderlichen Verbindungsports. Für jedes Modell stehen unterschiedliche Tapping-Werte (von -4 dB bis -21 dB) zur Verfügung, je nachdem, wie viel optische Leistung an jedem Standort abgegeben werden soll. Die Verbindungsports vom Tap sind vorkonfektioniert, um ein einfaches An- und Abkuppeln des kundenseitigen Verbindungskabels zu ermöglichen.

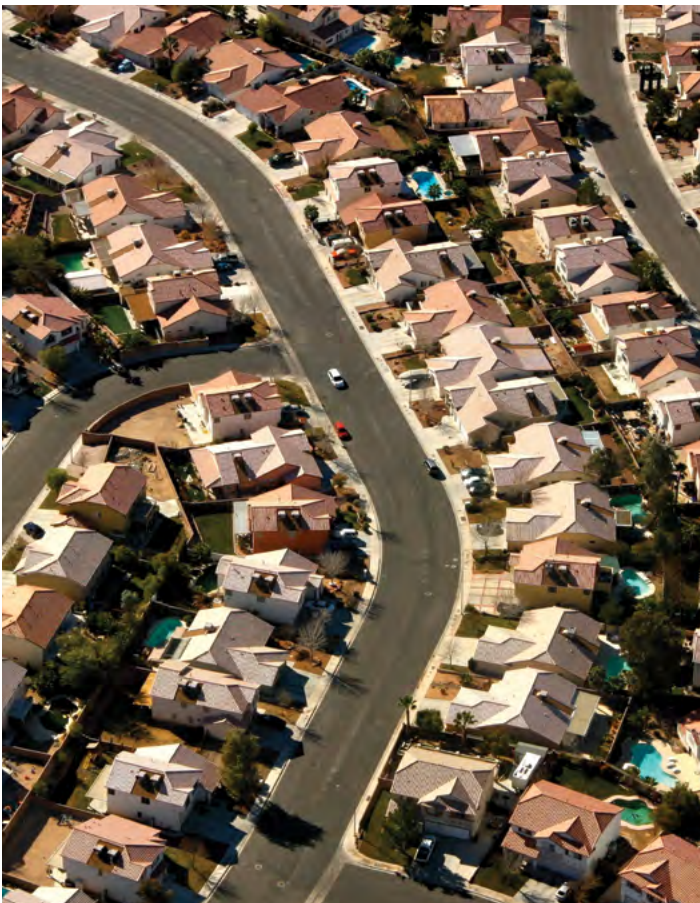
#### OPTICAL-FIBER-TAPPING



## 6 Fiber Indexing

Fiber-Indexing verwendet konfektionierte Kabel und Terminals. Installateure können das Netzwerk mit Komponenten von der Stange aufbauen. Weniger verschiedene Kabellängen sind per Daisy-Chain miteinander verbunden, was die Notwendigkeit von kundenspezifischen Kabelkonfektionen oder Spleißarbeiten reduziert. Als Grundelemente, die sich im gesamten Servicebereich wiederholen, könnten eine Kabellänge von 45 Meter (für die meisten Terminalstandorte), ein Terminal mit integriertem Splitter, 12 vorkonfektionierte Glasfaserein- und -ausgänge sowie vier oder acht Verbindungen für die Teilnehmer dienen.

Fiber-Indexing hat das Potenzial, die Baukosten im Verteilernetz um bis zu 70 Prozent zu senken und dabei sowohl die Bereitstellungszeiten als auch die Markteinführungszeit deutlich zu verkürzen. Eine wesentliche Einsparung liegt in der reduzierten Kabellänge, die durch die Änderung der Netzwerktopologie und die Konsolidierung der Funktionen mehrerer Netzwerkelemente im Serviceterminal ermöglicht wird. Die anderen Einsparungen ergeben sich aus der Reduzierung der Spleißarbeiten, der Minimierung von Standortuntersuchungen und der Reduzierung der Kosten für das Bestandsmanagement.

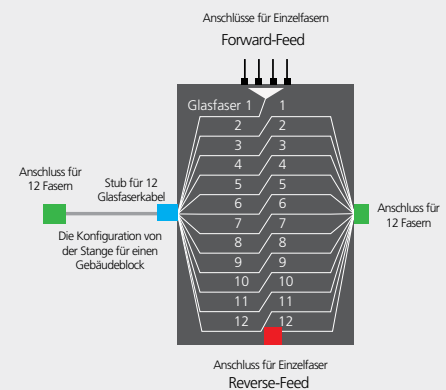


Die Signale vom Glasfaser-Verteiler-Hub werden in der Regel vom ersten bis zum letzten Terminal übertragen. Wenn Sie jedoch ein zweites Kabel mit dem Endgehäuse verbinden, kann das Signal an das erste Terminal zurückgespeist werden. Diese „Rückführung“ ermöglicht den Betreibern eine Anbindung des Verbindungskabels des Teilnehmers oder die Bereitstellung anderer Dienste an diesem Terminalstandort, sodass sie direkt auf neue Dienste reagieren können.

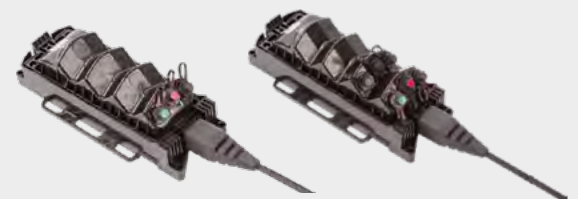
## Fiber Indexing

Beim Fiber-Indexing wird die Position einer Faser innerhalb eines Terminals von einem Multifaseranschluss zum anderen verschoben.

- 1 Der Prozess beginnt mit einem Kabel mit 12 Fasern im Fiber-Distribution-Hub (FDH), das im ersten Index-Terminal endet.
- 2 Innerhalb des Terminals teilen sich die Fasern. Das Signal der Faser an der ersten Position wird zu einem 1:4- oder 1:8-Splitter geleitet, um lokale Abnehmer zu bedienen.



- 3 Die restlichen Fasern werden „Indiziert“ (Verschieben um eine Position in der Reihenfolge) und dann mit einem HHMOC mit 12 Fasern kombiniert.
- 4 Das ausgehende Kabel mit 12 Fasern wird mit dem nächsten Terminal verbunden, wo der Indizierungsprozess wiederholt wird.



Sie möchten mehr über  
Fiber Indexing erfahren?

[VIDEO ANSEHEN](#)

# Globale und regionale Trends

## Grundlegende Beobachtungen und Trends

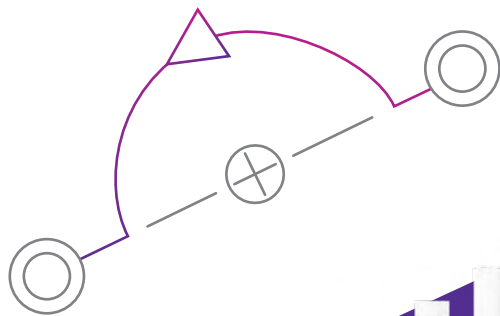
Im Zuge der Weiterentwicklung der modernen Netzwerktechnologien können die Betreiber zwischen verschiedenen Strategien und Ansätzen wählen, um Glasfasern tiefer in ihr Netzwerk zu integrieren. Insgesamt beobachten wir eine Verschiebung zu Ansätzen mit Flexibilität und Zuverlässigkeit.

Die Flexibilität des Netzwerks wird immer wichtiger, da die Betreiber in der Lage sein müssen, auf schnell wechselnde Anforderungen und Dienste zu reagieren. Wie einfach kann die Anlage beispielsweise von 1G auf 10G und darüber hinaus aufgerüstet werden?

Angesichts des ständig wachsenden Bedarfs für die Erhöhung der Faserkapazität und der Senkung der zukünftigen Baukosten werden mehr Glasfasern im Netz installiert als derzeit benötigt werden. So kann der zukünftige Bedarf gedeckt werden. Die Menge der überschüssigen Glasfasern und ihre Position im Netz hängen von den lokalen Vorschriften und dem Wettbewerb ab. Neben der Senkung der Baukosten bietet dieser Ansatz jedoch auch eine schnellere Konnektivität – ein Mehrwert, der für die Neukundengewinnung entscheidend sein kann.

Angesichts der heutigen Abhängigkeit von einer allgegenwärtigen Konnektivität ist eine extrem hohe Netzwerkzuverlässigkeit nicht mehr nur ein netter Zusatznutzen. Stattdessen fließt sie von Grund auf in die Konzepte ein.

Kunden wie Banken, Börsen oder Gewerbeparks betreiben typischerweise mehr als eine Leitung. Sie arbeiten mit zwei getrennten Leitungen, „main“ und „stand-by“, um die erforderliche Geschäftskontinuität zu gewährleisten. Wenn die Main-Leitung ausfällt, wird der gesamte Verkehr ohne Unterbrechung über die Stand-by-Leitung umgeleitet. Aufgrund des größeren Sicherheitsbedarfs - beispielsweise bei autonomen Fahrzeugen - wird der Einsatz von zwei Leitungen immer wichtiger. Wir gehen davon aus, dass sich dieser Ansatz weiter durchsetzen wird.



# Regionale Trends und Entwicklungen

## NORDAMERIKA

- Das zentralisierte Splitting wird in den USA häufiger eingesetzt, da der Einsatz von optischen Geräten in der Vermittlungsstelle optimiert ist.
- Angesichts erhöhter Personalkosten und -engpässe ist der Einsatz von Plug-and-Play-Installationen mit gehärteter Konnektivität hoch.
- Die optische Tap-Architektur wird bei Szenarien mit geringer Gehäusedichte und großen Entfernungen (z. B. in ländlichen Gebieten) immer beliebter.

## EUROPA

- Gesetzliche Bestimmungen geben vor, dass mehrere Dienstleister einen gemeinsamen Zugang zum Netz erhalten sollen. Daher installieren einige Betreiber mehrere Glasfasern pro Kunde. So können sie eine eigene Anlage für ihren Betrieb unterhalten. Ein weiterer Trend sind gemeinsame Schnittstellenstandorte, an denen ein Hand-off zwischen verschiedenen Netzwerken erfolgen kann.
- Es gibt einen neuen Trend zur Verwendung von vorkonfektionierten Fasern. Diese erhöhen die Bereitstellungsgeschwindigkeit und reduzieren die Bereitstellungszeit.
- In städtischen Gebieten wird es immer schwieriger, Genehmigungen zu erhalten. Die Betreiber suchen daher nach Möglichkeiten, um die sichtbaren Auswirkungen zu minimieren und gleichzeitig die erforderliche Funktionalität bereitzustellen.
- In ländlichen Gebieten werden zur Kostenoptimierung Mischarchitekturen eingeführt.

## ZENTRAL- UND LATEINAMERIKA

- Insgesamt ist FTTH die derzeit am weitesten verbreitete Technologie in der Region, wobei GPON der beliebteste Netzwerktyp ist.
- Der Einsatz von oberirdischen Lösungen in verteilten Architekturen und das zweistufige Splitting gewinnen immer mehr an Bedeutung. Sie nutzen die Vorteile der niedrigeren Kosten und der schnelleren Implementierung.
- Es gibt neue öffentliche Initiativen. Private Betreiber sind jedoch mit Abstand führend.

## ASIEN

- Eine hohe Bevölkerungsdichte führt zu hohen Belegungen an Masten oder in der unterirdischen Infrastruktur. Daher sind in solchen Umgebungen häufiger kaskadierte PON-Netzwerke anzutreffen. Mehrere Stage 1-Splitter befinden sich in einem Schaltschrank und gewährleisten ein gewisses Maß an Flexibilität. Der Stage 2-Splitter bietet dann eine direkte Verbindung zu den Gebäuden.
- Vor allem in städtischen Bereichen – in denen MDUs sehr beliebt sind – sind sowohl zentralisierte als auch dezentrale PONs einsetzbar. Bei Überlegungen zur Zugangsmöglichkeit zu den Fasern auf Bodenebene und zur Auslastung innerhalb des Gebäudes muss festgelegt werden, ob ein Stern- oder Daisy-Chain-Netzwerk besser geeignet ist.

# Der CommScope-Ansatz

## Fallstudie:

### Nationaler Energieversorger implementiert Breitband

*Ein bereits bestehendes Netzwerk kann auf verschiedene Weise erweitert werden – jede Erweiterungsmöglichkeit hat unterschiedliche Vorteile und Herausforderungen. Die entsprechenden Überlegungen und Kompromisse werden in der folgenden Fallstudie dargestellt.*

*Beim Breitbandausbau eines Energieversorgers gab es Herausforderungen bei der Planung. Außerdem musste mit Budgetspitzen gerechnet werden. Das Unternehmen wollte wissen, wie es die Projektentwicklung und das Kostenniveau wieder auf Kurs bringen konnte.*



Fallstudie  
herunterladen

Ein europäisches Elektrizitätsunternehmen beschloss, eine Open-Access-FTTH-Infrastruktur aufzubauen, die einen schnellen Internetzugang für Haushalte und Unternehmen im ganzen Land bieten sollte. Das Netzwerk sollte außerdem die Möglichkeit bieten, dieses für die Bereitstellung von Internetangeboten und anderen Dienstleistungen an Partner zu vermieten. Die erste Bereitstellungsphase umfasste rund eine halbe Million Gebäude.

Der Energieversorger verfügte über eine umfangreiche Stromnetzinfrastruktur, Wegerechte, Erfahrung mit externen Anlageninstallationen und einen Glasfaser-Backbone, der das Mieten von Glasfaserdiensten unterstützte. FTTH war jedoch eine neue Technologie. CommScope identifizierte mehrere besondere Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Aufbau von FTTH über ein unter Spannung stehendes elektrisches Verteilersystem. Die Netzkarten waren teilweise veraltet. Niederschläge und die Gefahr von Überschwemmungen erforderten eine gute Abdichtung der Anlagen. Betriebsunterbrechungen mussten minimiert und die Sicherheit der Installateure, die in der Nähe von Hochspannungsanlagen arbeiten, gewährleistet werden. Der Umfang dieser Probleme führte dazu, dass die Installationskosten deutlich über den Budgetschätzungen lagen.

Es waren wirtschaftliche Lösungen gefragt, die zur bestehenden Netzinfrastruktur passen und gleichzeitig ein Höchstmaß an Flexibilität und Wachstum garantieren würden. CommScope führte detaillierte Feldstudien durch, um die Netzwerkarchitektur und die Produktauswahl zu optimieren. Mehrere kleinere Schaltschränke wurden durch Gehäuse und Splitter ersetzt. Der Einsatz von vorkonfektionierten Konnektivätsprodukten wurde verstärkt, wodurch der Schulungsaufwand minimiert und die Bereitstellungsgeschwindigkeit erhöht wurden.

Das Netzwerk-Redesign, eine optimierte Produktauswahl und die Fokussierung auf Arbeitseinsparungen trugen dazu bei, dass das Projekt wieder in den Budgetrahmen gebracht wurde. Bis zum Ende des Jahres war der Dienst bereits in sieben Städten im ganzen Land eingeführt worden.



## KAPITEL 3 – ZUSAMMENFASSUNG

### Eine wichtige Entscheidung

Die Wahl der Netzwerkarchitektur erfolgt bereits in einem frühen Stadium des Planungsprozesses und hat langfristige Auswirkungen.

#### Zu den wichtigsten Entscheidungen gehören:

- Aktive oder passive optische Netzwerke? Diese Entscheidung wird vor allem durch Faktoren wie Entfernungen und Gerätebudget bestimmt.
- Welche Technologie ist am besten geeignet? GPON, GEAPON, WDM PON, XGS PON, NGPON2, DOCSIS, DSL ...? Diese Entscheidung ist abhängig von den Anforderungen an die Entfernung, die Bandbreite, die Symmetrie und die Skalierbarkeit, der Verfügbarkeit von Glasfasern an verschiedenen Standorten im Netzwerk, den Übertragungsraten und den Benutzertypen.
- Welcher Architekturtyp soll eingesetzt werden? Die Auswahlmöglichkeiten richten sich nach der Netzwerkgröße, dem Verwendungszweck, dem Budget und den Flexibilitätsanforderungen.
- Netzwerkarchitekturen in den einzelnen Regionen können erheblich variieren (beispielsweise in Abhängigkeit von der kurz- oder langfristigen Nutzung, der lokalen Gesetzgebung und den bewährten Verfahren).

Um kostspielige Fehleinschätzungen und Fehler zu vermeiden, ist es wichtig, Anforderungen zu definieren, Budgets festzulegen und andere Faktoren zu berücksichtigen – und zwar vor der Entscheidung für Spezifikationen. Entscheidungen, die in einem Bereich getroffen werden, betreffen verschiedene andere Bereiche. Sprechen Sie im Zweifelsfall **mit den Experten**.

# KAPITEL 4

Ein erfolgreicher FTTx-Geschäftsplan





# Ein erfolgreicher FTTx-Geschäftsplan

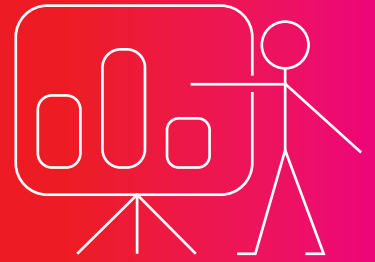
## Wozu dient dieses Kapitel?

Bei Netzwerken kann der Planungshorizont leicht 20 oder 30 Jahre betragen – was bedeutet, dass jede anfängliche Entscheidung langfristige Auswirkungen hat. Heute stehen wir an der Schwelle zu ganz neuen Innovationen. Die Anforderungen und Technologien entwickeln sich schnell weiter. Dies führt zu einer wesentlich höheren Komplexität in der Geschäftsplanung.

Die Experten von CommScope haben in mehr als vier Jahrzehnten Tausende von Stunden damit verbracht, Kunden bei der Konzeption, dem Aufbau und der Wartung ihrer Netzwerke in Regionen auf der ganzen Welt zu unterstützen. In diesem Kapitel stellen wir Ihnen unsere entsprechenden Erfahrungen vor.

Dieses Kapitel behandelt die folgenden Punkte:

- Wesentliche Elemente eines Geschäftsplans
- Branchen- und Markttrends, die sich auf die Geschäftspläne auswirken können
- Praktische Tipps – inklusive Einblicken und neuen Perspektiven



# 1 Umsatz – traditionelle und neue Umsatzquellen und Kunden

Traditionell generieren die Betreiber Einnahmen aus Telefon-, Internet- und Videodiensten, die Privatkunden, Unternehmen, Behörden und Mobilfunkkunden bedienen. Heute erweitern immer mehr größere und kleinere Kommunikationsanbieter ihre Umsatzquellen, um die neuen Bedürfnisse ihrer Kunden nach einer Always-On-Konnektivität besser zu erfüllen.

Eine **globale Umfrage** unter Anbietern im Jahr 2017 ergab, dass die Monetarisierung von High-Speed-Breitbandnetzen der Schlüssel zu einer erfolgreichen Geschäftsstrategie ist.

## Neue Umsatzquellen

**Premium-Content-Pakete** können mit Content-Partnern entwickelt werden – passend zu den jeweiligen Zielgruppeninteressen. Die „Content-Konvergenz“ bringt eine Welle von Fusionen und Übernahmen zwischen Telekommunikationsunternehmen und Medienunternehmen sowie die Entwicklung von Strategien zum Erwerb von TV-Sportrechten mit sich.



## Differenzierungsstrategien

**Maßgeschneiderte Dienste** können für bestimmte Kundengruppen (z. B. Gamer) angeboten werden, die bereit sind, für sehr leistungsfähige, symmetrische, latenzarme und hochverfügbare Dienste zu bezahlen.



## Innovation

### Telematik:

Eine Kombination aus Telekommunikation, Verkehrsdiensten und IoT eröffnet neue Möglichkeiten für Angebote in den Bereichen Flottenmanagement, Lieferkettenlogistik und andere transport- und verkehrsbezogene Bereiche.



### Vierte industrielle Revolution und IoT:

Konnektive Technologien wie IoT, Robotik, künstliche Intelligenz (KI), virtuelle und erweiterte Realität und 3D-Druck erfordern enorme Bandbreiten- und Datenanalysekapazitäten sowie ein bislang unerreichtes Maß an Interaktivität und Konvergenz.



An der Spitze der Innovation zu stehen und Lösungen zu entwickeln, die den Bedürfnissen dieser Kunden entsprechen, schafft nicht nur neue Einnahmequellen. Unternehmen sind so in der Lage, Vorteile aus der Erforschung und Entwicklung dieser Systeme zu ziehen.

# Umsatz – praktische Tipps

## A

### Definition eines klaren Umsatzziels für das Netzwerk

Der Geschäftsplan und die Kalkulationen werden ausgearbeitet, sobald die Umsatzziele festgelegt sind. Das Ergebnis kann je nach Netzwerkauswahl variieren. Arbeiten Sie mit einem Modell, das sich nur an Privathaushalte wendet? Setzt sich Ihre Zielgruppe aus Unternehmen und Endkunden zusammen? Geht es um ein Netzwerk für Unternehmen und Großhändler?

## B

### Definition realistischer Erwartungen zu den Absatzzraten

Eine realistische Einschätzung der Anbindungen in Wohn- oder Geschäftsprojekten ist entscheidend. Welche Marktdurchdringung und -aufnahme können Sie in einem bestimmten Markt wirklich erreichen? Was passiert, wenn Sie 100 Häuser anbinden, aber nur 30 Ihre Dienste in Anspruch nehmen? Ebenso problematisch sind Prognosen mit einer übermäßig optimistischen oder zu vorsichtigen Marktdurchdringung. In Lateinamerika können die Menschen beispielsweise in der Regel unter mehreren Anbietern wählen – von denen keiner mehr als 25 Prozent Marktanteil erwarten kann. Wenn die Lösung eines Betreibers maximal 25 Prozent Marktanteil berücksichtigt, kann diese bei einer höheren Nachfrage nicht einfach vergrößert werden. Daher wären in so einer Situation entweder beträchtliche Neuinvestitionen zu tätigen oder es müssen Kunden abgewiesen werden.

## C

### Abwägung zwischen Mehrzwecknetzwerken und separaten Netzwerken

Netzwerke haben typischerweise nur einen Zweck. Sie bieten beispielsweise Dienste für Endverbraucher oder Unternehmen an oder dienen als Mobilfunk-Backhaul. Die Funktion hat wesentlichen Einfluss auf geschäftliche und finanzielle Entscheidungen. Bisher getrennte Funktionalitäten können heute zusammengeführt werden. So kann die Infrastruktur mehrere Aufgaben erfüllen.

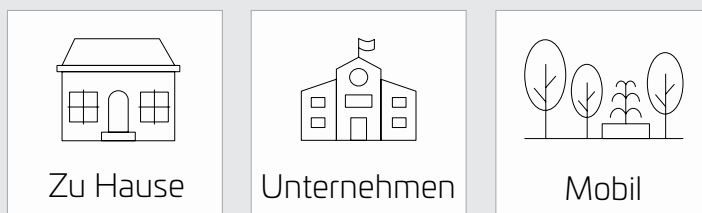
## KONVERGENZ: VERSCHMELZUNG VON MOBILFUNK UND FESTNETZ



### Konvergente Netzwerke reichen von gemeinsamen Assets bis hin zu voll integrierten Systemen



### Dienstangebote:



### Kunden:



## 2 Kosten

Kommunikationsanbieter haben die Kosten bisher in der Regel ausschließlich über den CapEx (Kosten für die Bereitstellung, Materialien und Installation von Aktiv- und Passivtechnik) und den OpEx (Kosten für Netzwerkwartung, Leasing und Franchising sowie Kosten für die Beschaffung und Lizenzierung von Inhalten oder die Entwicklung von Diensten) betrachtet.

Im modernen, sich ständig verschärfenden Wettbewerbsumfeld stellen die Betreiber fest, dass sich die Kostenmodelle nicht nur auf den Aufbau des Netzwerks und die Anbindung von Haushalten oder Unternehmen konzentrieren sollten. Die Kostenmodelle müssen ebenso die Kosten und die Geschwindigkeit bei der Einrichtung einzelner Verbindungen berücksichtigen. Auch die Kosten für das Anbieten von Diensten, für Geräte, für Arbeitskräfte, für Genehmigungen, für die Wartung und für den Strom müssen berücksichtigt werden.

Bei der Entwicklung eines Geschäftsmodells ist es wichtig, nicht nur einzelne Kostenarten wie Material und Installation zu vergleichen, sondern auch die Gesamtbetriebskosten (Total Cost of Ownership, TCO) zu berücksichtigen. Auf den ersten Blick mag es sinnvoll sein, den CapEx bei einer Kaufentscheidung zu minimieren.

Die Nichtberücksichtigung der potenziell hohen Kosten für den Betrieb und die Modernisierung des Netzwerks (OpEx) kann die Rentabilität des Gesamtbetriebs jedoch negativ beeinflussen. Wir stellen fest, dass die Unternehmen erfolgreich sind, in denen die interne Budgetierung und andere Faktoren mit Einfluss auf das Gesamtergebnis gut aufeinander abgestimmt und für den zukünftigen Netzwerklebenszyklus optimiert sind.

## Praktische Tipps

# A

### Bewertung der Opportunitätskosten

Die Opportunitätskosten stellen den Verlust eines potenziellen Gewinns gegenüber anderen Alternativen dar. Verzögerungen bei der Erteilung von Wegerechten können sich beispielsweise negativ auf die Umsatzvorlaufzeit auswirken. Daher wird sich die Wahl einer Lösung, die die Umsatzvorlaufzeit minimiert, positiv auf das Gesamtergebnis auswirken – auch wenn es sich um eine Alternative mit höheren Anschaffungskosten handeln könnte.

# B

### Bewertung der Kostenverzögerung

Die (teilweise) Verschiebung des CapEx kann sehr vorteilhaft sein – insbesondere im Umgang mit geschäftlichen Risiken und einem hohen Kostendruck. Die Auswahl einer Netzwerkarchitektur und Lösung, mit der sich das Netzwerk bei mehr Nachfrage und Umsatzmöglichkeiten flexibel aufbauen lässt, bietet den Betreibern einen großen Vorteil.

# C

### Berechnung des Energieverbrauchs

Der Stromverbrauch ist ein oft übersehener Kostenfaktor. In einem vollständig passiven Netzwerk ist dies kein Problem. Bei einer relativ großen Anzahl von aktiven Geräten ist dieser Faktor jedoch relevant. Eine vollständige Bewertung des Stromverbrauchs ermöglicht intelligente Entscheidungen im Vorfeld.

# D

### Bewerten der Netzwerksicherheit

Die Sicherheit wird immer wichtiger. Sie hat Auswirkungen auf den Netzzugang und potenziell massive negative Auswirkungen auf den Umsatz und die Kundenbindung. Darüber hinaus können in Ländern wie den Vereinigten Staaten gesetzliche Herausforderungen in verschiedenen Bereichen auf die Auswahl der Netzwerktechnologie Einfluss haben. Bei bestimmten Entscheidungen müssen staatliche Sicherheitsbedenken berücksichtigt werden – insbesondere wenn Betreiber staatliche Mittel beantragen oder erhalten haben.

# E

### Bewertung der Kosten einer schlechten Qualität

Eine globale Umfrage aus dem Jahr 2017 unter Anbietern ergab, dass die Kundenzufriedenheit und -bindung in allen Bereichen eine wichtige Rolle spielen. Da der Markt heute einem starken Wettbewerb unterworfen ist, sind die Schnelligkeit, der Service und ein Paket aus passenden Diensten für den Erfolg entscheidend. Diese Faktoren haben daher höchste Priorität.

### 3 Finanzierung

Glasfasernetze können sowohl für Investoren aus dem öffentlichen Sektor als auch aus dem Privatsektor attraktiv sein. Mehrere Glasfaserbetreiber auf der ganzen Welt **finanzieren sich vollständig privat**.

Darüber hinaus spielt die **Finanzierung durch Bundesregierungen und Kommunen** eine sehr wichtige Rolle bei der Förderung des Ausbaus der Netzinfrastruktur – denn diese ist eng mit dem BIP-Wachstum verknüpft (siehe Kapitel 1). Zudem beobachten wir heute, dass immer mehr Schwellenländer und -regionen dem Vorgehen in Industrieländern folgen. Sie bieten Förderungen aus Bundesmitteln an.

Die Anforderungen der Programme sind sehr individuell. Einige Programme richten sich nach dem Fokus der jeweiligen Behörde im Planungszeitraum. So zielt das CAF II-Programm (Connect America Fund) in den USA beispielsweise darauf ab, den Breitbandausbau für diejenigen zu beschleunigen, die keinen Zugang zu einer Bandbreite von 10 Mbit/s über das Festnetz haben. In Europa wird die von der Europäischen Kommission im Mai 2015 angekündigte digitale Strategie für den Binnenmarkt die „Digitale Agenda“ als wichtigste digitale Strategie der EU für 2015 und die Folgejahre ersetzen. Diese Strategie umfasst 16 neue Initiativen. Eine der Initiativen ist eine ehrgeizige Überarbeitung der EU-Telekommunikationsrichtlinien, einschließlich der Schaffung von Anreizen für Investitionen in Hochgeschwindigkeitsbreitbandnetze – insbesondere in ländlichen Gebieten, in denen die Bevölkerungsdichte möglicherweise nicht groß genug ist, um die Bereitstellungskosten zu rechtfertigen.

Neu entstehende **Public-Private-Partnership-Modelle (P3) (öffentlich-private Partnerschaft)** stellen eine vielversprechende Alternative zu den traditionellen „kommunalen Breitbandmodellen“ für die Gemeinden dar, denen das Kapital oder die Expertise für den Aufbau und Betrieb von Glasfasernetzwerken oder die eigenständige Arbeit als Internet Service Provider (ISPs) fehlen. Je nach Landesrecht verfügen die lokalen Verwaltungen über viele Instrumente, mit denen sie ein Projekt finanzieren und/oder private Investitionen fördern können. Durch die Übernahme des Risikos für den Glasfaseraufbau und die Suche nach einem Partner, der das Netzwerk betreibt und Dienste anbietet, kann eine Kommune die Möglichkeiten für den Glasfaseraufbau an jedem Standort deutlich erweitern.

Öffentlich-private Breitbandpartnerschaften sind kompliziert. Sie umfassen zwangsläufig mindestens zwei Parteien, die aus unterschiedlichen Welten kommen und unterschiedliche Ziele, Fähigkeiten sowie rechtliche und politische Verpflichtungen haben.

Ein öffentlicher Energieversorger kann das Eigentum an einem Objekt teilweise auf ein privates Unternehmen übertragen. Eine Behörde kann eine Kapitalbeteiligung an einem privaten Unternehmen eingehen. Im Falle einer vollständigen Veräußerung (Privatisierung) werden die staatlichen Interessen an einem öffentlichen Gut oder einem Sektor (fast) vollständig auf private Parteien übertragen.

Die Zahl der öffentlich-privaten Breitbandpartnerschaften in den USA ist noch recht begrenzt. Google Fiber hat durch seine bisherigen Projekte jedoch anderen Unternehmen gezeigt, welche Umsatzmöglichkeiten beim Aufbau und Betrieb lokaler Breitbandnetze vorhanden sind. Die Zahl der potenziellen Investoren und Partner steigt.

Das National Broadband Network (NBN) ist ein Paradebeispiel für eine öffentlich-private Partnerschaft. Es verspricht, die Breitbandabdeckung mit einheitlichen Kosten (unabhängig von der verwendeten Technologie) auf 100 Prozent der australischen Standorte auszudehnen. Das staatlich finanzierte und betriebene Unternehmen bietet Großkunden Breitbanddienste, die für alle RSPs (Retail Service Provider) zu gleichen Bedingungen zur Verfügung stehen. NBN vertreibt seine Dienste nicht direkt an Endverbraucher, sondern ist ein Element der Wertschöpfungskette, das die Inhaltsanbieter mit den Endverbrauchern verbindet. RSPs haben über virtuelle Zugriffsverbindungen Zugang zu den Standorten. Sie erwerben die Konnektivität über virtuelle Verbindungen passend zu ihren eigenen internen Strategien.

**Wir sind überzeugt, dass dieses Modell vor allem deshalb Vorteile hat, weil es die Möglichkeit bietet, das Risiko des gesamten Geschäftsmodells für das Netzwerk zur einfacheren Finanzierung aufzuteilen. Es bietet zudem die Möglichkeit der zukünftigen Umsetzung in anderen Ländern und Regionen.**

	MODELL 1 Staatliche Förderung von privaten Investitionen	MODELL 2 Öffentliche Finanzierung, private Ausführung	MODELL 3 Teilung von Investition und Risiko
RISIKO	NIEDRIG	HOCH	MITTEL
NUTZEN	MÖGLICH ABER NICHT SICHER	HOCH	HOCH
KONTROLLE	KEINE	MITTEL	MITTEL

Kompromisse zwischen Risiko, Nutzen und Kontrolle bei öffentlich-privaten Partnerschaftsmodellen

## 4 Analyse

Nach der vollständigen Bewertung von Umsatz und Kosten werden Geschäftskennzahlen wie der ROI (Return on Investment), der Cash Flow und der Kapitalwert (Net Present Value) verwendet, um die Attraktivität der Unternehmensinvestition zu beurteilen. Die Betreiber ändern ihre Geschäftspläne heute so, dass sich die Amortisationszeit verkürzt, um die Geschäftspläne besser an die Art der Projekte anzupassen.

### Praktische Tipps

# A

#### ROI für verschiedene Netzwerkarchitekturen berechnen

In Kapitel 3 haben wir uns eine Reihe von Netzwerkarchitekturen angesehen. Diese haben jeweils Vor- und Nachteile. Wir empfehlen, den ROI für zwei oder drei verschiedenen Architekturen zu bewerten. Die Ergebnisse können sehr unterschiedlich sein. Darüber hinaus kann diese Analyse verschiedene Möglichkeiten zur Optimierung des Geschäftsmodells aufdecken (z. B. schnellste Implementierung in einem sehr wettbewerbsintensiven Umfeld).

# B

#### Durchführung einer gründlichen Sensitivitätsanalyse

Eine Sensitivitätsanalyse bildet Unsicherheiten zu bestimmten Faktoren im Geschäftsmodell ab. Die Interessengruppen können so die potenziellen Auswirkungen von realen Situationen, die während der Implementierungsphase auftreten können, erkennen und Notfallpläne erstellen. Was passiert, wenn ein bestimmtes Segment seine Umsatzziele nicht erreicht? Wie wird sich das auf den Rest des Projekts auswirken? Wie ist eine Kompensation durch andere Bereiche möglich? Unsicherheitsfaktoren können niemals vollständig eliminiert werden. Eine gründliche, vollständige Sensitivitätsanalyse bietet jedoch die Basis für eine erfolgreiche Zukunft.



# Der CommScope-Ansatz

## Was passt zum Kunden?

*Wir sprechen mit unseren Kunden in den verschiedenen Regionen und finden heraus, was diese tatsächlich wollen. Da wir rund um den Globus präsent sind, können wir passende Informationen sammeln, weitergeben und nutzen und so die Entscheidungsfindung erleichtern. Da wir eine breite Palette von passiven Lösungen anbieten, können wir eng mit unseren Kunden zusammenarbeiten und ihnen die Vor- und Nachteile im Hinblick auf ihre Anforderungen und Parameter erläutern.*

Durch unser breites Portfolio an Netzwerkprodukten können wir eine Lösung anbieten, die für den Kunden optimal ist – sei es auf Basis von Glasfaser-, DSL- oder Koaxial-Netzwerken. Niemand weiß, welche Entwicklungen die kommenden Jahre bringen werden oder wie sich diese direkt oder indirekt auf die Netzwerke auswirken können. Da wir in so vielen verschiedenen Bereichen arbeiten, sehen wir ein sehr breites Spektrum an technologischen Entwicklungen und haben eine gute Vorstellung davon, wohin sich Netzwerke entwickeln. Wir wissen natürlich nicht, wie nach 5G, der Cloud und dem IoT der nächste große Trend aussehen wird. Aber wir können Sie bei der Vorbereitung Ihres Netzwerks auf die Zukunft beraten. Diese Beratung stellt zwar einen weiteren Kostenfaktor dar, ist aber für den Geschäftsplan unerlässlich. Wir können den Ihnen zeigen, was sie tun können, um sich auf kommende Anforderungen vorzubereiten und speziell in der von ihnen gewählten Architektur kostengünstig mehr Flexibilität zu schaffen.



## KAPITEL 4 – ZUSAMMENFASSUNG

Der Planungshorizont von Netzwerken kann sich über Jahrzehnte erstrecken. Die anfänglichen Entscheidungen haben schwerwiegende und langfristige Auswirkungen. Ein zukunftssicherer Geschäftsplan berücksichtigt mehrere Faktoren:

- Klassische und innovative Umsatzquellen, eine klare Definition der Netzziele, eine Untersuchung des Marktpotenzials und die Entscheidung zwischen Netzen mit einem einzelnen Einsatzzweck und Mehrzwecknetzen.
- Bewertung der Gesamtbetriebskosten und eine intelligente und flexible Abstimmung von CapEx und OpEx. In den erfolgreichsten Unternehmen haben die interne Budgetierung und andere Faktoren Einfluss auf das Gesamtergebnis. Sie sind gut aufeinander abgestimmt und für den zukünftigen Netzwerklebenszyklus optimiert. Bei den Kosten müssen die Opportunitätskosten, die verzögerten Kosten, der Stromverbrauch, die Sicherheit und die Kosten einer schlechten Qualität berücksichtigt werden.
- Außerdem sollten verschiedene Finanzierungsmodelle und die entscheidenden Faktoren für die Eignung des Rollouts untersucht werden. Öffentlich-private Partnerschaften können von Vorteil sein.
- Schlussendlich muss jede Unternehmensinvestition sorgfältig analysiert werden. Die Durchführung einer Sensitivitätsanalyse – die Unsicherheiten für bestimmte Quellen im Geschäftsmodell abbildet – ist ratsam. Sie ist eine optimale Vorbereitung für die Reaktion auf zukünftige Unsicherheiten.

**Kontaktieren Sie die Experten von CommScope**, um Ihre kommenden Anforderungen zu besprechen. Erfahren Sie, wie wir Sie bei der Nutzung des Potenzials Ihres zukünftigen Netzwerks unterstützen können.



Mit bahnbrechenden Ideen und Entdeckungen verschiebt CommScope die Grenzen der Kommunikationstechnologie. Wir arbeiteten mit unseren Kunden und Partnern daran, die fortschrittlichsten Netzwerke der Welt zu entwerfen, zu planen und aufzubauen. Es ist unsere Leidenschaft und Verpflichtung, neue Möglichkeiten zu erkennen und eine bessere Zukunft zu realisieren. Erfahren Sie mehr unter [commscope.com](https://commscope.com)

**COMMSCOPE®**

---

[commscope.com](https://commscope.com)

Wenn Sie weitere Informationen benötigen, besuchen Sie unsere Website oder wenden Sie sich an Ihren lokalen CommScope-Votreter.

© 2018 CommScope, Inc. Alle Rechte vorbehalten.

Alle mit © oder ™ gekennzeichneten Marken sind eingetragene Marken bzw. Marken von CommScope, Inc. Dieses Dokument dient lediglich zu Planungszwecken und nicht zur Änderung oder Ergänzung von technischen Daten oder Gewährleistungen in Bezug auf Produkte oder Services von CommScope. CommScope ist höchsten Standards der Unternehmensintegrität und Umweltverträglichkeit verpflichtet und verfügt weltweit über einer Reihe von Standorten, die nach internationalen Normen einschließlich ISO 9001, TL 9000 und ISO 14001 zertifiziert sind. Weitere Informationen zu Aktivitäten von CommScope finden Sie unter [www.commscope.com/About-Us/Corporate-Responsibility-and-Sustainability](https://www.commscope.com/About-Us/Corporate-Responsibility-and-Sustainability).

EB-112495-EN (06/18)