

Engpässe im Glasfasernetz

Auswirkungen des ungebremsten Bandbreitenwachstums auf die optischen Netze

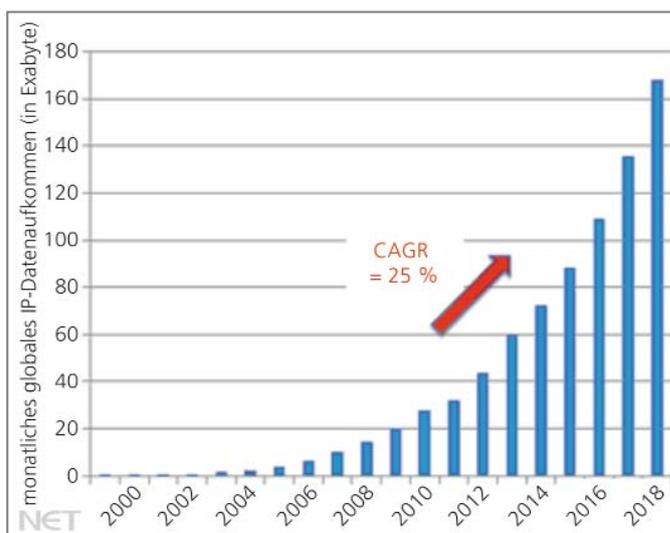
David Mazzaresse,
Veit Kölschbach

Der Datenverkehr wächst jährlich ungebremst und fordert immer höhere Bandbreiten in allen Teilbereichen der Netze, angefangen bei Anschlussnetzen bis hin zu Verteil- und Weitverkehrsnetzen. Und jeder dieser Netzbereiche stellte eigene Anforderungen an die Glasfasern, die ihrerseits bald an die Grenze ihrer Übertragungskapazität kommen könnten. Unter anderem vor diesem Hintergrund werden die aktuellen und zu erwartenden Glasfaserentwicklungen beleuchtet.

Die Menge an Informationen, die über das Internet transportiert wird, nimmt kontinuierlich zu. Die Zahl der Geräte wächst Tag für Tag, und ständig werden neue Anwendungen entwickelt. Dieses Wachstum lässt sich anhand des Visual Networking Index (VNI) von Cisco darstellen. Der Index stellt die jährliche Wachstumsrate (CAGR – Compound Annual Growth Rate) des IP-Datenverkehrs auf der gesamten Erde dar. Sein Wert liegt derzeit bei 25 % pro Jahr (siehe Bild 1).

Bild 1: Wachstumsrate des IP-Datenverkehrs CAGR – Compound Annual Growth Rate

(Quelle: Cisco Visual Networking Index für 2013 bis 2019, Stand: 29. Mai 2014)



wachsen oder sich im Laufe der Zeit wandeln müssen?

Glasfasern für Netze der nächsten Generation

Der Informationstransport erfolgt durch alle Teilbereiche des Netzes. Die Anforderungen für die verschiedenen Bereiche sind jedoch unterschiedlich. Im Folgenden betrachten wir die Bereiche Anschlussnetz, Datenzentrum und Verteil-/Weitverkehrsnetz. Das Wachstum des Verkehrs findet in

Das Browsen im Web und Videodienste machen dabei ungefähr zwei Drittel dieses Verkehrs aus. Es sieht so aus, als ob ein größeres Angebot von Bandbreite direkt in wachsenden Datenverkehr resultiert.

Die virtuelle Welt der IP-Datenpakete, die durch die Netze gesendet werden, baut auf einer vernetzten physischen Infrastruktur auf, deren Basis das Glasfasernetz ist. Zur Betrachtung von Zukunftsszenarien ist jedoch auch das Verstehen um die Entwicklung der Übertragungstechniken notwendig. Wie werden künftige Anforderungen an die optische Infrastruktur aussehen, und wie wird die Infrastruktur

jedem Bereich der modernen Netze statt (Bild 2).

Anschlussnetz

Das Anschlussnetz stellt die Verbindung vom Teilnehmer oder einem IoT-Gerät (Internet of Things, Internet der Dinge) zum globalen Netz dar. Es gibt sowohl Schmalbandanwendungen wie die Übertragung von Sensordaten oder Instant Messaging als auch Breitbandanwendungen wie beispielsweise das Streamen von HD-Videos. Die Erfahrung lehrt, je mehr Bandbreite angeboten wird, desto mehr wird genutzt. Die Verfügbarkeit von

Dr. David Mazzaresse ist Technischer Manager Fiber Systems Engineering bei OFS in Norcross, Georgia, USA, Veit Kölschbach ist als Account Manager für OFS in Bonn tätig

hohen Bandbreiten beeinflusst schon jetzt unsere Entscheidungen, z.B. wo wir leben und wo wir Urlaub machen. Die größte Bandbreite steht in den Anschlussbereichen zur Verfügung, in denen die Häuser mit Glasfasern angeschlossen sind. Den Breitbandanschluss nicht nur bis zum Haus, sondern in die Wohnungen zu bringen, stellt in aller Regel einen sehr kostspieligen Teil der Breitbandversorgung

Ultraschnelles Breitband für mobile Geräte bedeutet daher, dass die Dichte der Funkzellen sehr viel größer sein muss, als wir es heute von den LTE-Netzen her kennen.

Datenzentrum

Jedes Video, das angesehen wird, muss irgendwo gespeichert werden. Jedes Social-Media-Netz speichert die

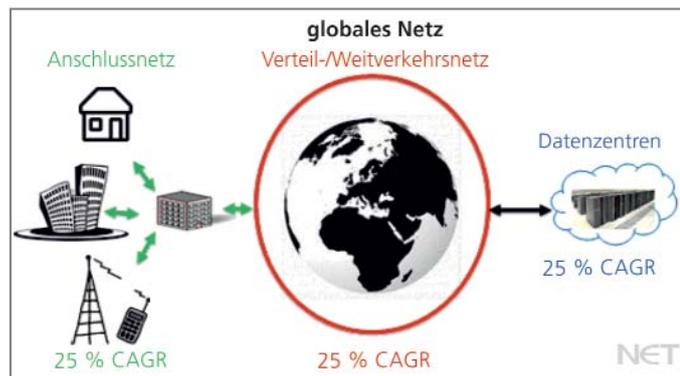


Bild 2: Das Bandbreitenwachstum findet in allen Teilbereichen der Netze statt

dar. Daher prüfen Netzbetreiber zum Beispiel die Einsetzbarkeit von G.fast, das auf den letzten Metern zum Teilnehmer – auch innerhalb eines Gebäudes – die vorhandene Kupferleitung nutzt. Damit soll umgangen werden, dass Glasfaserkabel bis zur Wohnung verlegt werden müssen. Diese Technik stellt einen „Straight-Forward“-Ansatz dar, um größere Bandbreiten in die Wohnungen zu bringen, kann aber die Datengeschwindigkeiten eines Glasfasernetzes nicht erreichen.

Mit der Einführung der biegeunempfindlichen Einmodenfasern nach der Normempfehlung ITU-T G.657 konnten innovative, sehr kompakte Kabel entwickelt werden und damit merkliche Kosteneinsparungen für das Anschließen eines Haushaltes erzielt werden. Diese Aktivitäten unterstützen die Errichtung von FTTH-Anschlüssen (FTTH – Fiber to the Home). Doch bei einem Anteil von 10 % im Mittel über alle Länder der Erde warten noch eine ganze Menge Haushalte auf einen Glasfaseranschluss.

Einen weiteren wichtigen Aspekt für das Anschlussnetz stellen die mobilen Geräte dar. Es ist eine große Herausforderung, mobile Geräte mit einer Datenrate von 1 Gbit/s zu versorgen. Die Frequenzbänder sind begrenzt.

Daten seiner Nutzer. Ungefähr ein Drittel der Daten, die aus einem Datenzentrum kommen, werden zu anderen Datenzentren gesendet. Das dient dem effizienteren Datentransport zum Nutzer, zur Zwischenspeicherung und Backup-Zwecken. Und für ein Bit, das in ein Datenzentrum gesendet wird oder es verlässt, werden etwa vier Bit innerhalb des Datenzentrums transportiert.

Ökonomische Gesetze treiben die Errichtung immer größerer und schnellerer Datenzentren voran. Ein Datenzentrum auf dem Stand der Technik arbeitet mit Übertragungsgeschwindigkeiten von 10 Gbit/s und mehr. Das sind Datenraten, die die Überlegenheit der optischen Übertragung gegenüber Kupfer deutlich werden lassen.

Große Datenzentren besitzen viele tausend gesteckte Verbindungen (Patchkabel). Typische Kabelstrecken liegen dabei unter 100 m Länge. Dies hat dazu geführt, dass zunehmend optische Mehrfachstecker und Multimodefasern der Klassen OM3 und OM4 eingesetzt werden.

Es ist sicher, dass die Datenzentren weiter wachsen werden. Daher ist auch zu erwarten, dass die nächste Generation für die Datenübertragung auf höheren Datenraten wie beispiels-

weise 4 x 25-Gbit/s-WDM basieren wird. Diese Systeme übertragen in beide Richtungen je 100 Gbit/s über ein Faserpaar.

Verteilnetz und Weitverkehrsnetz

Verteil- und Weitverkehrsnetze verbinden die Netzknoten und die Datenzentren. Für diesen Teil des Netzes muss der Betreiber genügend Band-

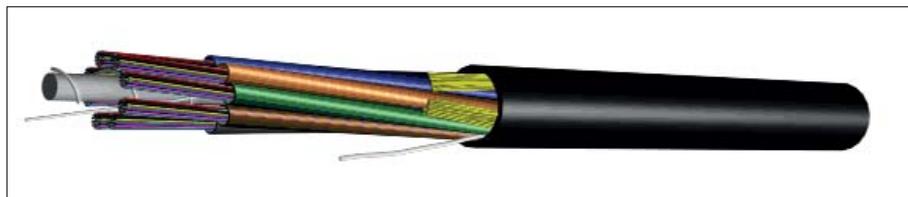


Bild 3: Minikabel mit 144 Einmodenfasern bei einem Kabeldurchmesser von 6,3 mm

breite vorhalten, damit es nicht zu Engpässen kommt. Wellenlängenmultiplexverfahren (WDM) in Kombination mit hohen Einzelkanalraten sorgen dafür, dass die Kapazität der vorhandenen Glasfasern bestmöglich genutzt wird. Die eingangs zitierte Wachstumsrate von 25 % bedeutet, dass sich der Datenverkehr jeweils nach drei Jahren etwa verdoppelt. Für eine erwartete Lebensdauer der Glasfaser von 25 Jahren bedeutet das wiederum, dass sich die Datenraten im Laufe der Lebensdauer mehr als ver-hundertfachen.

Eine der damit verbundenen Herausforderungen liegt darin begründet, dass die Einmodenfaser bei dem erwarteten Wachstum an die Grenze ihrer Übertragungskapazität gelangen wird. Die Annäherung an diese Grenze wird mit der spektralen Effizienz beschrieben. Sie stellt das Verhältnis zwischen Datenübertragungsrate (in bit/s) und Bandbreite (in Hz) dar.

Es wird erwartet, dass die Grenze bei einer Datenrate von etwa 1 Tbit/s in einem „Superkanal“ und einer Gesamtdatenrate von 50 bis 100 Tbit/s liegen wird. Wenn diese Grenze erreicht ist, gibt es zwei Möglichkeiten für den Netzbetreiber. Er kann entweder zusätzliche Fasern verlegen oder Fasern mit einer größeren spektralen Effizienz einsetzen. In den USA und China sind heute schon eine große Anzahl von 100-Gbit/s-Systemen in

Betrieb. Das kann ein Indikator dafür sein, dass die ersten Überbauungen der Weitverkehrsstrecken in diesen Ländern notwendig werden.

Ein Trend, den man schon heute deutlich feststellen kann, ist der kontinuierliche Anstieg der mittleren Anzahl der Fasern je Kabel. Heute werden Kabel mit hohen Faserzahlen gefordert, die in ihren Außenabmessungen nicht von älteren Konstruktionen abweichen. Hier hat die Markteinführung

von Einmodenfasern, die ein Primär-Coating von 200 µm aufweisen, Möglichkeiten eröffnet, die Anzahl der Fasern in einem Kabel bei gleichem Kabelquerschnitt zu verdoppeln (Bild 3). In Italien wurden diese Fasern zuerst eingesetzt. Mittlerweile sind sie rund um den Erdball zu finden.

Auch neue Fasertypen können den vorhergesagten Kapazitätsengpass abmildern oder hinauszögern. Diesen Entwicklungen tragen die Arbeitsgremien der ITU-T Rechnung, indem sie Fasern für den Weitverkehr in der Norm G.654 behandeln. Im Vergleich zu Fasern nach der Norm G.652 zeichnen sich diese Fasern durch eine größere Feldweite und geringere optische Verluste aus. Die neuen G.654-Fasern befinden sich zurzeit in Pilotversuchen von Netzbetreibern gemeinsam mit Herstellern der Übertragungssysteme. Die ersten Ergebnisse sind vielversprechend im Hinblick auf Übertragungsraten über 100 Gbit/s.

In führenden Forschungs- und Entwicklungslaboren wird an neuen Technologien wie Few-Mode-Fasern oder Fasern mit mehreren Faserkernen gearbeitet. Few-Mode-Fasern übertragen auf mehreren Moden unabhängige Informationen. Sie dürfen nicht mit den Multimodefasern verwechselt werden. Diese neuen Fasern erweitern die spektrale Effizienz um eine räumliche Dimension.

Few-Mode-Fasern könnten in Zukunft in Weitverkehrsnetzen ihre Anwendung finden. Aber es ist nicht zu erwarten, dass die Fasern in den nächsten Jahren außerhalb der Forschungslabore eine größere Rolle spielen.

Wie viele Fasern sind noch zu installieren?

Das ist eine häufig gestellte Frage. Es lässt sich eine Zahl abschätzen, betrachtet man die „entwickelten“ Länder, also die Länder, die sehr weit mit dem Ausbau des Glasfasernetzes vorangeschritten sind. So kommt man für Länder wie Japan oder den USA auf etwa 4 km Glasfaser je angeschlossenen Haushalt. In dem Bericht von August 2015 nennt CRU eine Länge von 1,3 km als Mittelwert über alle Länder. Bekämen alle noch nicht angeschlossenen Haushalte auf der Erde einen Glasfaseranschluss, müssten noch etwa 3,8 Mrd. km an Glasfasern verlegt werden, um die gesamte Erde auf den Stand der „entwickelten“ Länder zu bringen.

Fazit

Der Datenverkehr wächst jährlich ungebremst um 25 %. Dieses Wachstum wirkt sich auf alle Teile der Netze aus, einschließlich der Anschlussnetze, Datenzentren sowie Verteil- und Weitverkehrsnetze. Für jeden dieser Netzbereiche sind die Anforderungen an die Glasfasern unterschiedlich. Im Anschlussnetz erleichtern biegeunempfindliche G.657-Fasern das Anschließen von Gebäuden und Wohnungen. In Datenzentren spielen OM4-Multimodefasern bereits heute eine große Rolle, und es ist zu erwarten, dass die optisch breitbandige Nutzung an Bedeutung gewinnt. Im Verteilnetz wird der Einsatz von kompakten Kabeln mit 200 µm beschichteten Einmodenfasern zunehmen. Und für das Weitverkehrsnetz werden derzeit in Pilotversuchen G.654-Fasern getestet, die mit ihrem großen effektiven Querschnitt und geringster Dämpfung den Einsatz von 400-Gbit/s-Systemen unterstützen werden. (bk)