

Breitbandtechnologie in Deutschland und der Vergleich zu Metro-Ethernet im Business Fokus

NETHINKS GmbH, Rabanusstr. 14-16, 36037 Fulda

„Breitband“ ist der Oberbegriff, wenn es um den schnellen Zugang ins Internet geht. Während in den 80er und 90er Jahren primär das öffentliche Telefonnetz, unter Zuhilfenahme von akustischen Modems und Akustikkopplern, zur weltweiten Kommunikation genutzt wurde, findet der Datenaustausch heute nahezu ausschließlich über Breitbandzugänge statt.

Dieses Paper inkludiert eine Erörterung der in der deutschen Breitband-Landschaft aktuell gängigen Technologien und Begriffe sowie eine Bewertung dieser Technologien bezüglich deren Nutzen im Business-Bereich.

Breitband und FTTx

Der Begriff „Bandbreite“, der offensichtlich eng mit „Breitband“ verknüpft ist, besitzt in der digitalen Welt eine andere Bedeutung als in der Analogen. Während im Digitalen die Menge an übertragenen Daten in Bits und Bytes, in einem gegebenen Zeitintervall die Bandbreite in „Bits pro Sekunde“ darstellt, versteht man in der Analogen Welt die Breite an nutzbaren Frequenzen auf einem Medium als „Bandbreite“. In der Digitalen Kommunikation werden Signale in technisch komplexen Verfahren so verändert das aus digitalen Nullen und Einsen analoge elektrische Schwingungen entstehen; man spricht hier von Modulation. Das Gerät das diese Aufgabe erledigt ist ein Modem.

VDSL2+ beispielsweise, nutzt eine analoge Bandbreite von bis zu 35,328MHz um auf einer Kupfer Doppelader digitale Bandbreiten von bis zu 400MBit/s zu übertragen. Das entspricht im Vergleich dem 11.000-fachen zu der Übertragung von reiner Sprache. Im Kabelfernsehen werden Frequenzen im Bereich zwischen 15MHz und 864MHz zur Übertragung von Fernsehsignalen genutzt, daher werden diese Kabel schon immer als „Breitbandkabel“ bezeichnet.

Der Begriff „Breitband-Internet“ hat seine Wurzeln also primär in der Analogen Welt und bezeichnet eine Analoge Breite von in Verwendung befindlicher Frequenzen. Im heutigen Sprachgebrauch bezieht man sich jedoch, bei der Verwendung des Breitband Begriffs, primär auf die digitalen Bits pro Sekunde.

Kein aktuelles Breitbandnetz kommt ohne den Einsatz von Glasfaser aus. Hierbei werden digitale oder analoge Signale durch einen Laser auf die Glasfaser gebracht. Das verwendete Fasermaterial ist deutlich günstiger als das edle Kupfermetall. Lediglich die Montage dieser Kabel benötigt speziell ausgebildete Installateure, die mit den Gerätschaften und der empfindlichen, nur 125µm dicken Faser, umgehen können. Es besteht nahezu keine Abhängigkeit zwischen der Faser als Leitungsmaterial und der darauf übertragenen Bandbreite. Ein Technologieupgrade in einem Glasfasernetz ist somit sehr einfach möglich, da nur wenige Komponenten an den Faserenden angefasst werden müssen. Die Faser selbst kann als Leitung jedoch meist vollständig bestehen bleiben.

Wie weit diese Glasfaser an den Endkunden herangeführt wird, ist in den bekannten „FTTx“ Begriffen codiert. Die wichtigsten sind: FTTC, FTTB und FTTH.

Sowohl bei DSL als auch bei Kabelnetzen sind die Verteilerschränke am Straßenrand mit aktiver Technik ausgestattet. Die Anbindung dieser Schränke (MFG oder Multifunktionsgehäuse genannt) ist ausschließlich glasfaserbasiert. Aufgrund des Installationsortes am Bordsteinrand (engl. „curb“) nennt sich diese Versorgungsart „Fiber-to-the-Curb“ oder „FTTC“.

Wenn die Faser bis in die Wohnräume des Teilnehmers geführt wird, spricht man von „Fiber-to-the-Home“ oder FTTH. Ein Kompromiss-Bauweise ist „FTTB“ und steht für „Fiber-to-the-Building“ oder „Fiber-to-the-Basement“. Hier endet die Versorgung mit Glasfaser im Keller eines Gebäudes. Die Weiterleitung in die Wohnräume erfolgt über vorhandene Inhaus-Kupferkabel.

Telefondraht / xDSL

DSL ist die Abkürzung für „Digital Subscriber Line“ und ist eine Technologie um schnelles Internet auf Basis von 2-Draht Telefonleitungen zu realisieren. Diese Telefonleitungen werden seit den Anfängen der Telefonie (etwa 1880) in der Grundversorgung beim Bau eines Hauses, durch die Deutsche Telekom (damals Bundespost), zu einem Festpreis installiert und sind daher nahezu in jedem Gebäude in Deutschland verfügbar.

Bei DSL werden digitale Daten, in einem analogen Verfahren, auf diese Kupfer-Doppelader moduliert. Die primär durch die Leitungslänge limitierte Bandbreite wird hier in sog. „Profilen“ abgebildet. So ermöglicht z.B. das Profil 17a eine Duplex-Bandbreite von 150Mbit/s bei 17,664MHz. Durch eine Aufteilung dieses Frequenzbandes in unterschiedliche Down- und Upstream Bereiche werden asymmetrische digitale Anschlüsse wie z.B. VDSL100/40 in den Rahmen der 150MBit/s Duplex-Technologie realisiert.

Da die Leitungslänge der primäre limitierende Faktor ist, liegt die primäre Strategie der Netzbetreiber darin, die alten Telefon-Netze so umzugestalten, dass die aktive Technik immer näher an den Kunden wandert. Anstelle in wenigen großen Vermittlungsstellen, befindet sich die aktive Technik des VDSL Providers in Multifunktionsgehäusen (MFGs) am Straßenrand, die per Glasfaser an das Kernnetz des Providers angebunden sind. Das analoge DSL Signal muss nun lediglich zwischen dem Modem in der Wohnung des Teilnehmers und dem MFG transportiert werden.

Ein weiteres Problem bei DSL ist das Übersprechen. Die Signale auf einem Adernpaar beeinflussen durch Elektromagnetismus alle anderen Drähte im Kabel und erzeugen so ein „Rauschen“ das die Nutzsignale überlagert. Dieses Übersprechen kann durch eine Technologie namens „Vectoring“ eliminiert werden. „Vectoring“ ist in der Lage die relevanten Signale einer Doppelader von dem selbstinduzierten Rauschen zu unterscheiden und filtert aus dem nutzbaren Daten heraus. Erst durch Vectoring werden Anschlüsse mit Downstream Bandbreiten von bis zu 250MBit/s, bei Entfernung von 300m zwischen Modem und MFG, möglich.

Bei DSL steht jedem Teilnehmer exklusiv eine eigene Doppelader zur Verfügung. Hier findet also keine Überbuchung der Bandbreite statt. Die eigentliche Anbindung des MFG ist jedoch aus wirtschaftlichen Gründen oft nicht so leistungsfähig ausgelegt, dass die Summe aller DSL Bandbreiten ohne Überbuchung an das Kernnetz des Providers weitergeleitet werden.

Breitbandkabel / DOCSIS

Seit ca. 1930 werden im Erdreich vergrabene Koaxialkabel verwendet um Fernseh- und Radio-Signale im Städtischen Gebiet zu verteilen. Sogenannte „Coax-Kabel“ besitzen einen innenliegenden elektrischen Leiter der von einem Kunststoffmantel umschlossen ist. Um diesen Kunststoffmantel herum befindet sich ein Geflecht aus Draht das als „Schirm“ bezeichnet wird. Dieses Kabel ist weitläufig auch als „Breitbandkabel“ bekannt. Durch diesen Aufbau besitzt das Kabel deutlich bessere Hochfrequenzeigenschaften als Telefonkabel wodurch höhere Bandbreiten und Reichweite erzielt werden.

Im Gegensatz zu Telefonnetzen hat beim Kabelfernsehen nicht jeder Haushalt einen eigenen Leiter zwischen Abschlussdose und dem Netzknoten des Providers. Vielmehr handelt es sich bei den Kabelnetzen um einen passiv verteilten „Datenbaum“ der von Haus zu Haus verteilt wird. An den Verästelungen werden die Signale elektrisch verstärkt. Die damals entstandenen Netzsegmente, in die ein Signal eingespeist wurde, haben zum Teil 2000 oder mehr Kabel-TV Teilnehmer bedient.



Um hier die Anzahl der Nutzer, die sich ein digital eingespeistes Internetsignal teilen, zu reduzieren, besteht der wesentliche Teil des Netzbauaus für die Kabelnetzprovider in der Verkleinerung dieser Kabelsegmente. Dies führt unweigerlich zu einer geringeren Überbuchung der digitalen Bandbreite und sorgt dafür, dass mehr Bandbreite beim Kunden ankommt. Hierzu muss neue aktive Technik in das Feld gebracht werden, z.B. in Form von sogenannte „DOCSIS Access Hubs“ oder „DAHs“ die die im Feld eingesetzten Verstärker ersetzen und die Daten per Glasfaser an das Kernnetz des Providers weiterführen. Anstelle eines Zentralen Einspeispunktes für Internet entstehen so viele dezentrale Punkte. Diese hybriden Netze nennen sich daher auch „Hybrid-Fiber-Coax“ oder „HFC“ Netze.

Das Protokoll um digitale Anschlüsse auf solch einem Kabel bereitzustellen nennt sich „DOCSIS“ was für „Data over Cable Interface Specification“ steht und ist wie DSL durch die Organisation „ITU-T“ spezifiziert. DOCSIS in der Version 3.1 ist aktuell die höchste Leistungsstufe von DOCSIS. Hier sind auf einem Kabelsegment Bandbreiten von bis zu 10Gbit/s im Downstream und 2Gbit/s im Upstream möglich; diese Bandbreite müssen sich in dem „Shared Medium“ jedoch alle ein Segment angebundene Teilnehmer teilen. Die Version 4.0 von DOCSIS ist seit dem März 2020 spezifiziert und steht kurz vor der Marktreife. DOCSIS 4.0 erweitert die im Upstream-kanal mögliche Bandbreite auf 6Gbit/s und verspricht geringere Latenz bei höherer Verfügbarkeit.

Glasfaser / GPON

Moderne unabhängige ISPs, freie Netzbetreiber sowie kommunale Eigenbetriebe setzen heute nahezu ausschließlich auf einen von Beginn an rein glasfaserbasierten Ausbau bis in die Wohnung der Kunden. Durch deutlich geringere Material- und Verlegekosten ist die Glasfaser unweigerlich die erste Wahl, wenn es darum geht ein zukunftsfähiges Netz auf der grünen Wiese zu errichten.

Nahezu jedes moderne Glasfaser-Netz setzt eine Technologie ein die sich „GPON“ (Gigabit Passive Optical Network) nennt. Im Gegensatz zu „Active Optical Ethernet“ (AON), bei dem die Faser von jedem Teilnehmer direkt an den zentralen Switch im Knoten des Providers geführt wird, wird bei GPON eine einzelne Faser durch den Einsatz von passiven Signalsplittern auf bis zu 128 Teilnehmer aufgeteilt. Da sich an dem Splitter der optische Pegel eines solchen Signals deutlich verringert sind Installationsgebiete mit einer sehr hohen Dichte an Endkunden bevorzugt. Auch hier haben wir eine „Shared Medium“ in dem jedem Teilnehmer kurze Zeitfenster zur Nutzung des GPON-Segementes zugeteilt werden. GPON greift hier ein wenig die Philosophie der alten Breitband-Kabelnetze auf, wo der Einsatz von wenig aktiver Hardware an zentralen Punkten, mit einer einfachen Technik im Feld, kombiniert wird um möglichst viele Kunden zu erreichen. Wie bei DSL oder DOCSIS wächst somit die technische und wirtschaftliche Effizienz eines solchen Netzes mit der Dichte an Teilnehmern. Da die Technik im Feld jedoch rein passiv und daher günstig ist, ist es deutlich einfacher abseits gelegene Gebäude in das Netz zu integrieren, als beispielsweise bei DSL.

Ein Wandler der in der Wohnung aus dem optischen Ethernet Signal ein elektrisches Signal, mit der bekannten RJ45 Ethernet Buchse macht, wird „ONT“ (Optical Network Terminal) genannt, während die Gegenstelle am zentraleren Netzknoten der OLT (Optical Line Terminal) ist.

Glasfaser / Metro-Ethernet

Wenn die Bandbreite einer Leitung immer exklusiv zur Verfügung stehen soll und symmetrische Bandbreiten von 1Gbit/s oder mehr benötigt werden, kommen Breitbandlösungen an ihre Grenzen. Hier ist es ratsam sich über ein reine Ethernet basierte Internetanbindung Gedanken zu machen. Bei der Nutzung von Ethernet außerhalb eines

lokalen Netzwerkes und auf Weitverkehrsstrecken redet man bei dieser Technologie von Metro Ethernet oder Carrier Ethernet.

Da diese Metro-Ethernet Produkte sich nicht am breiten Consumermarkt orientieren, sondern auf die Anforderung professioneller Anwendungen, haben wir hier eine grundsätzliche Unterscheidung zu den bisherigen Breitbandprodukten. Bei Metro-Ethernet kommen die gleichen hochwertigen Transport-Technologien zum Einsatz, die z.B. im Kernnetz oder Aggregationsnetz eines ISPs verwendet werden.

Durch den nahezu vollständigen Verzicht auf „Shared Media“ findet keine technologiebasierte Überbuchung statt, wie es bei DOCSIS und GPON der Fall ist. Erst ohne diese Überbuchung wird die Implementierung von „Quality-of-Service“ auf Endgeräten auch technisch sinnvoll möglich, da die zur Verfügung stehende Bandbreite garantiert ist und nicht durch Dritte beeinflusst wird.

Wie im lokalen Campusnetz ist Metro Ethernet durch den Einsatz von VLANs virtualisierbar. Das ermöglicht es Metro-Ethernet Providern ihren Kunden, auf einer Ethernet-Leitung neben einem Internetdienst, auch hoch individualisierbare Vernetzungslösungen zu realisieren. Durch den Einsatz von Layer2 Tunneltechnologien wie „QinQ“ können firmeninterne VLAN Strukturen zwischen mehreren Standorten transparent übertragen werden. Der Einsatz von iSCSI oder FCoE ermöglicht die Integration in verteilte Speichernetze.

Fazit

Die rasante Entwicklung im Breitbandmarkt ermöglicht es Privatkunden und Unternehmen sich sehr günstig und schnell mit dem Internet zu verbinden. Die Technologien die den Internet Providern hier zum Aufbau dieser Netze zur Verfügung stehen, sind technisch ausgereift und qualitativ sehr hochwertig, was diesen Netzen eine hohe Grundverfügbarkeit schafft. Besonders die Besitzer bestehender Telefon- und Kabelfernseh-Netze müssen jedoch ihre Netze kontinuierlich umbauen, um neue Breitbandtechnologien zu ermöglichen. Da Gewerbegebiete und Industrieparks oft aus wirtschaftlichen Gründen vom Ausbau ausgeschlossen werden, kommen dort ansässige Unternehmen nur selten in den Genuss, dieses Breitbandangebot nutzen zu können.

Im professionellen Einsatz ist die Nutzung einer ethernetbasierten Metro-Technologie empfehlenswert. Neben den ganzen technischen Vorteilen der Technologie bieten Business ISPs auf diesen Metro-Anschlüssen Mehrwerte an, wie z.B. die Zusicherung von Verfügbarkeiten in Form von Service-Level-Agreements (SLAs), oder dem Angebot von proaktivem Störungsmanagement. Auch Hochverfügbarkeitslösungen mit Verfügbarkeiten von 99,95% und mehr werden durch spezielle Redundanz-Bauweisen im Providernetz erreicht und dem Endkunden als kombinierte Business-Lösung bereitgestellt. Gerade wenn die Unternehmensprozesse stark auf ein verlässliches Internetkonnektivität angewiesen sind und ein Ausfall einen direkten wirtschaftlichen Impact hat, ist selbst das moderne Breitband-Internet oft keine Alternative zu einer professionellen Ethernet-basierten Lösung.

Über den Autor

Andreas Schäfer befasst sich seit über 25 Jahren mit der Planung, dem Aufbau und dem Betrieb von Campus- und Carriernetzen. Nach der Tätigkeit als freiberuflicher Network-Consultant bei namenhaften Unternehmen wie T-Systems, Alcatel-Lucent oder in Rechenzentren der Bertelsmann Gruppe ist er 2013 wieder in seine Heimatstadt Fulda zurückgekehrt und arbeitet seitdem bei der NETHINKS GmbH. Hier ist er maßgeblich am technischen Design der Kundenprodukte sowie dem Betrieb des NETHINKS eigenen MPLS-IP Backbones beteiligt. Er führt die Abteilung „THINK:Network“ als Teamleiter.

