Zeitschrift: Comtec : Informations- und Telekommunikationstechnologie = information and telecommunication technology

Herausgeber: Swisscom

Band: 76 (1998)

Heft: 3

Artikel: Wellenlängenmultiplex : der Weg zu optischen Netzen

Autor: Schiess, Marcel / Van Dam, Yvonne / Wickman, Carl

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-877288

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 07.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Aus den Explorations-Programmen von Corporate Technology (1)

Wellenlängenmultiplex, der Weg zu optischen Netzen

Die optische Übertragungstechnik befindet sich heute an einer Schwelle: weg vom blossen Punkt-zu-Punkt-Transport von einem einzigen optischen Kanal hin zur Wellenlängenmultiplex-(WDM-)Technik. Diese WDM-Technik ist gleichzeitig auch die Voraussetzung für optische Netze mit neuen Funktionalitäten. Die optische Übertragungstechnik, speziell WDM, wird heute vielerorts gleichgesetzt mit unendlicher Bandbreite.
Dieser Beitrag soll aufzeigen, was mit der WDM-Technik in naher Zukunft realistischerweise machbar ist und was vielleicht eher für die weitere Zukunft bestimmt ist. Die WDM-Technik ist nicht gleichzusetzen mit optischen Netzen, sondern sie ist eine Voraussetzung dafür.

Foto: H. R. Bramaz

Im Explorations-Programm* EP97-9 «Transport Network Evolution» werden zukünftige Szenarien für die optimale Ausnutzung und den Ausbau des Backbone-Transportnetzes erarbeitet. Kerngebiete sind die systematische Einführung einer optischen Transportschicht, IP/ATM-basierte Dienste im öffentlichen Netz sowie mögliche Einflüsse von neuen Satellitentechnologien auf die bestehende Netzinfrastruktur. Eine optimierte Netzinfrastruktur führt zu geringeren Betriebskosten und wirkt als Treiber für neue Dienste.

* Explorations-Programme werden von Corporate Technology im Auftrag der Konzernleitung durchgeführt und werden regelmässigen Reviews unterzogen. Die Aktivitäten haben einen mittel- bis langfristigen Zeithorizont, 2–7 Jahre, je nach Gebiet.

Innerhalb weniger Jahre ist es im Bereich der optischen Übertragungstechnik zu einem gewaltigen Sprung bezüglich transportierter Informationsmenge gekommen. Während heute im

MARCEL SCHIESS,
SWISSCOM, CORPORATE TECHNOLOGY
YVONNE VAN DAM, KPN RESEARCH
CARL WICKMAN, TELIA RESEARCH

Fernnetz die übliche Übertragungsrate pro Faser 2,5 Gbit/s beträgt (Giga = 10^9), präsentierten Forscher der Firma NEC die schier unglaubliche Übertragungsrate von 2,6 Tbit/s [1] (Tera = 10^{12}). Ausgedrückt in digitalen Telefonkanälen zu 64 kbit/s, ergibt dies die Zahl von 32 Mio. parallelen Telefongesprächen, und dies notabene in nur einer Richtung. Jetzt kann man sich folgende zwei Fragen stellen:

- Wozu braucht man denn diese riesige Kapazität?
- Wie wird diese Kapazität technisch zur Verfügung gestellt?

Die erste Frage hat sowohl einen gesellschaftlichen als auch einen technischen Aspekt. Die zweite Frage ist rein technischer Natur. Über Sinn und Zweck aller nur möglichen Anwendungen der Datenübertragung für unsere Gesellschaft kann man sich ausgiebig streiten, eindeutige Antworten wird man kaum finden. Die technischen Seiten der Fragestellungen lassen sich einfacher beleuchten.

So lauten denn mögliche Antworten auf die zwei Fragen wie folgt:

- Die Erfahrung lehrt, dass der Kapazitätsbedarf unweigerlich kommen wird. Die eigentliche Frage lautet: Wann wird welche Kapazität wo gebraucht? Simple Telefongespräche, Videokonferenzen, Internet-Anwendungen usw. sind «Verbraucher» von Übertragungskapazität. Die verschiedenen Anwendungen stellen unterschiedliche Bandbreitenansprüche, und sie weisen unterschiedliche Zuwachsraten auf. Bei den aktuellen Zuwachsraten des Datenverkehrs – vor allem verursacht durch Internet-Verkehr[1] – wird das Verhältnis zwischen Sprach- und Datenverkehr in etwa fünf bis sechs Jahren ausgeglichen sein. In diesem Umfeld muss auch klar festgehalten werden, dass der Verkehr nicht nur im Anschlussnetz anfällt, sondern der steigende Kapazitätsbedarf wird sich auch im Fernnetz bemerkbar machen. Weitere treibende Kräfte für den Kapazitätsbedarf sind der Wettbewerb im Telekommunikationsmarkt und, damit einhergehend, zukünftige Tarifänderungen (d. h. Tarifsenkungen) bei den einzelnen Kommunkationsdiensten.
- Der wachsende Kapazitätsbedarf kann mit verschiedenen Techniken bewältigt werden. Die zu wählende Technik ist unter anderem abhängig davon, wo im Netz man den Kapazitätsausbau vornehmen muss. Die einfachste Lösung für die Erfüllung des gesteigerten Kapazitätsbedarfs sind mehr Glasfasern. Allerdings ist das Installieren von neuen Glasfaserkabeln eine langfristige und teure Lösung, und die heutige Lage zwingt die Netzbetreiber, sehr schnell die benötigte Kapazität am richtigen Ort anbieten zu können. Aus diesen Gründen ist der quantitative Netzausbau auf Vorrat keine attraktive Lösung, und es werden andere Möglichkeiten gesucht. Im eingangs präsentierten Beispiel der NEC-Forscher wurde Wellenlängenmultiplex (Wavelength Division Multiplexing [WDM]), auf Glasfasern verwendet. Diese Technik wird heute primär für den Einsatz im Fernnetz vorgesehen und soll in diesem Artikel näher betrachtet werden. Es ist aber auch heute schon absehbar, dass diese WDM-Technik in Zukunft auch im Anschlussnetz Verwendung finden wird.

[1] Der Internet-Verkehr wächst zurzeit exponentiell, der Kapazitätsbedarf verdoppelt sich alle zwei Monate [2].

Optische Punkt-zu-Punkt-Übertragungssysteme, die auf WDM-Technik basieren, werden gegenwärtig weltweit in Feldversuchen erprobt und in den USA auch schon seit zwei Jahren in grösserem Umfang kommerziell genutzt. Dort werden

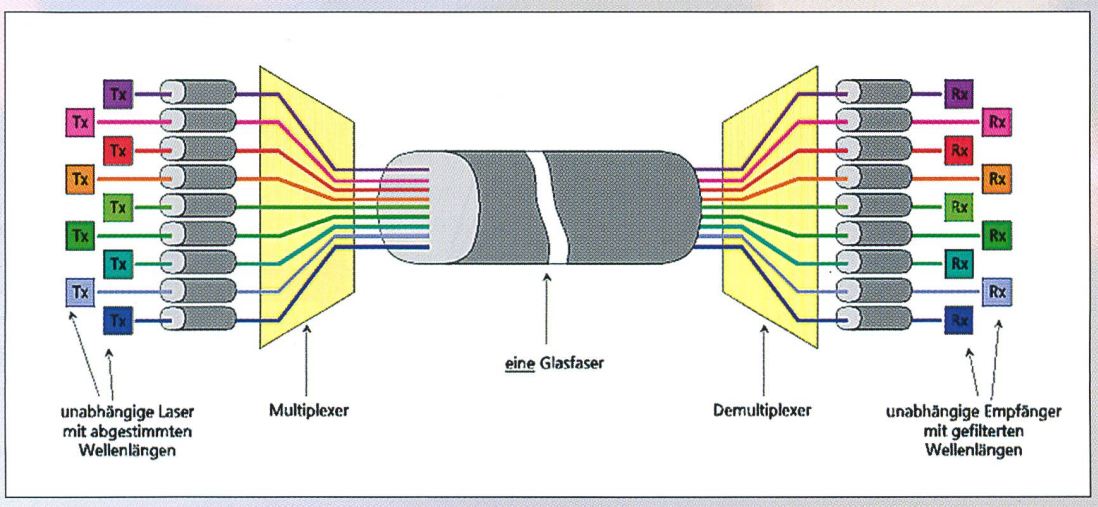


Bild 1. Prinzip der Wellenlängenmultiplexierungs-Technik.

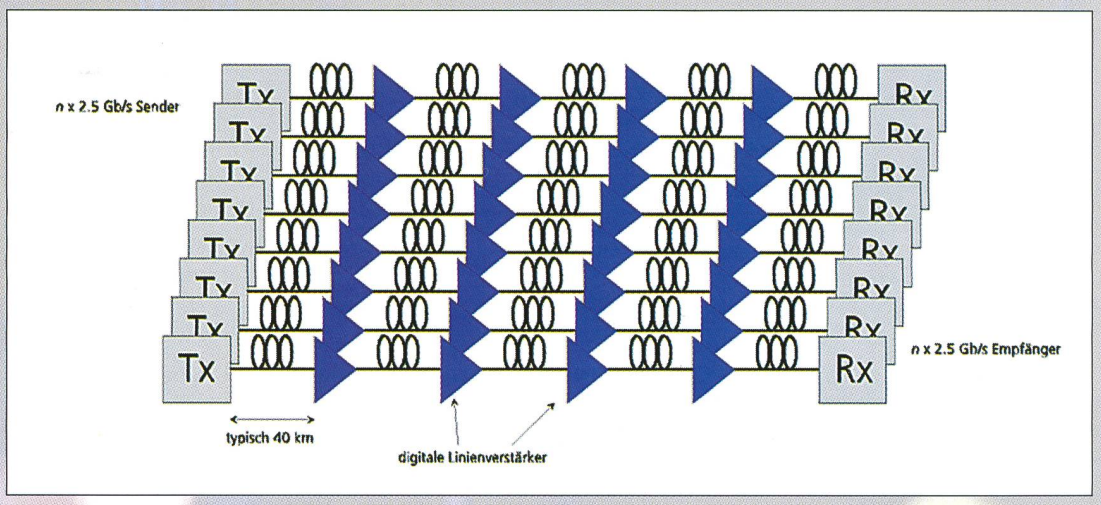


Bild 2. Übertragungsstrecke mit digitalen elektronischen Repeatern.

solche Systeme vor allem darum verwendet, weil mit ihnen in kürzester Zeit kostengünstige Kapazitätserweiterungen auf bestehenden Glasfaserstrecken installiert werden können. In Europa sind die ersten, vereinzelten Systeme seit letztem Jahr im Einsatz. Neben den vorteilhaften Kostengründen bietet die Nutzung der WDM-Technik eine Reihe weiterer Vorteile, wie zum Beispiel das Entkoppeln von physikalischer Glasfaserinfrastruktur und logischer Verbindungsstruktur im Netz, bessere Ausnutzung des Übertragungsmediums Glas und einfache Netzmigrationsmöglichkeiten. Generell gilt, dass die WDM-Technik das Potential besitzt, die *existierende Netzinfrastruktur optimal auszunutzen.*

Wegen des eingangs erwähnten NEC-Experiments und anderer Beispiele wird die optische Übertragungstechnik, speziell WDM, heute vielerorts gleichgesetzt mit quasi unendlicher Bandbreite, die überall verfügbar ist. Dieser Artikel möchte dem Leser aufzeigen, was mit der WDM-Technik realistisch gesehen erreicht werden kann. Sehr häufig wird der Ausdruck Optical Networking als die ultimative Lösung für alle Kapazitätsprobleme verstanden. Dem ist nicht ganz so. Vielmehr soll dieser Artikel aufzeigen, was mit WDM wirklich in naher Zukunft machbar ist und was eher für die weitere Zukunft bestimmt ist. Ein weiteres Ziel ist, anzuzeigen, dass WDM nicht gleichzusetzen ist mit «Optical Networking», sondern dass die WDM-Technik eine notwendige Voraussetzung dafür ist. Die *heutige Einsatzweise von WDM-Systemen,* wie oben erwähnt auf Punkt-zu-Punkt-Übertragung basierend, *ist eine notwendige Vorstufe von optischen Netzen.*

Was ist und was kann WDM heute?

Die WDM-Technik wird heute im sogenannten dritten Übertragungsfenster der Glasfaser angewandt, das heisst bei 1,55 µm (1 Mikrometer = 10^{-6} m). Dieses Fenster ist dadurch gekennzeichnet, dass bei dieser Wellenlänge die Glasfaser eine minimale Dämpfung aufweist. Gleichzeitig ist bei dieser Wellenlänge ein optischer Verstärker vorhanden. Dieses Element ist seit etwa vier Jahren im Handel erhältlich. Ein optischer Verstärker ist ein Stück Glasfaser, welches die Anzahl einfallender Photonen (Lichtquanten) erhöht. Dieses Stück Glasfaser ist mit dem Element Erbium angereichert, welches als Verstärkungsmedium dient. Die Laborversionen dieser optischen Verstärker erreichen praktisch die physikalischen Grenzen, und die kommerziellen Produkte sind beinahe soweit.

Das Prinzip der WDM-Technik ist in Bild 1 dargestellt. Auf der Senderseite werden die optischen Signale einer Reihe von Lasern zusammengeführt (multiplexiert) und anschliessend in einer einzigen Glasfaser übertragen. Auf der Empfängerseite geschieht die umgekehrte Operation, indem die einzelnen Signale wieder voneinander getrennt (demultiplexiert) und dann ihren entsprechenden Empfängerdioden zugeführt werden. Die auszeichnende Signaleigenschaft, die für diese Multiplexierung und Demultiplexierung von optischen Signalen benutzt werden kann, ist die unterschiedliche Wellenlänge (oder Farbe) der einzelnen Sender.[2] In Bild 1 sind die Wellenlängen

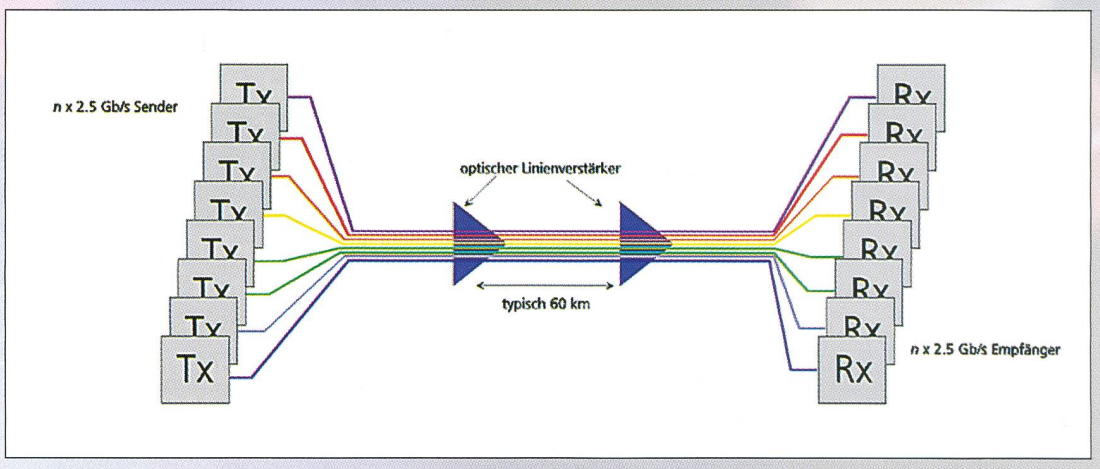


Bild 3. WDM-Übertragungsstrecke mit optischen Erbiumverstärkern.

der unterschiedlichen Laser mit unterschiedlichen Farben dargestellt.
Das Multiplexieren ist im Prinzip eine einfache Operation, die mit kostengünstigen und verlustarmen Bauteilen implementiert werden kann. Auf der Demultiplexierungsseite müssen auf jeden Fall wellenlängenselektive Elemente, beispielsweise Wellenlängenfilter, eingesetzt werden.[3] Die Bauteile sind etwas teurer. Auf diese Art und Weise wurden im eingangs erwähnten Beispiel der Firma NEC 130 Wellenlängen in einer Glasfaser geführt. Dabei überträgt jede einzelne Wellenlänge ein 20-Gbit/s-Datensignal. Der Abstand zwischen den einzelnen Wellenlängen/Frequenzen betrug 20 GHz. Dies ist in Verhältnis zu setzen zu der Signalbandbreite jedes einzelnen der 130 Signale. Für die verwendete digitale Modulationsart des übertragenen Lichtes – Ein-/Ausschalten des Lasers, sog. Intensitätsmodulation – beträgt dies etwa 10 GHz. Dies bedeutet, dass der verwendete Wellenlängenbereich zu etwa 50% ausgenutzt werden konnte. Die NEC-Forscher sind daher dem theoretischen Maximum der etwa 5 THz Bandbreite des Erbiumverstärkers schon sehr nahe gekommen. Für praktische Systeme zeichnet sich ab, dass die Verstärkerbandbreite des Erbiumverstärkers die maximale Bandbreite der Glasfaser darstellen wird. Die Bereiche ausserhalb des Erbiumverstärkers werden in naher Zukunft nicht benutzt werden. Auf diese Weise bietet die Glasfaser also nicht eine unendliche Bandbreite, sondern «nur» etwa 5 THz.
Kommerzielle WDM-Systeme schöpfen heute bis maximal 100 GHz dieser Verstärkerbandbreite aus. Als *Datenrate pro Wellenlänge* herrschen eindeutig 2,5 Gbit/s vor, vereinzelt werden aber auch bereits WDM-Systeme mit 10 Gbit/s angeboten. Die Begrenzungen sind vor allem durch die Qualität der Wellenlängenstabilität der Laser und der Qualität der wellenlängenselektiven Filter gegeben. Als Randbedingung empfiehlt die ITU (International Telecommunication Union) in den heute gültigen Empfehlun-

[2] Die Wellenlänge eines Lasers kann über die Lichtgeschwindigkeit auch als Frequenz ausgedrückt werden. Frequenz = Lichtgeschwindigkeit im Medium/Wellenlänge.
[3] Ein Prisma ist beispielsweise ein wellenlängenselektives Element, das einfallendes weisses Licht in die einzelnen Farben des Regenbogens zerlegen kann. In der WDM-Technik werden aber andere Bauelemente verwendet.
[4] ACTS (Advanced Communication Technologies & Services) is one of the research programs of the European Community.

Forschungsstand innerhalb der Unisource-Allianz

WDM activities at KPN Research

KPN has put considerable effort in WDM issues, especially at the research department, where the work at this moment focuses on the next-generation WDM systems. This research includes both international and internal KPN Research projects.
The international part of the research is performed within EURESCOM context , which deals with the evolution from current networks towards networks based on an optical layer. KPN Research also participates in ACTS[4] TOBASCO, where the upgrade of CATV systems with WDM is studied.
The internal KPN projects consist of cost studies and studies about the next-generation WDM system projected on the current Dutch network. KPN Research also works on an experimental investigation in collaboration with a university. This project focuses on the problems expected for the management of the optical transparent networks. Finally, KPN Research provides consulting to the KPN network department regarding the implementation of a WDM system.

Yvonne van Dam, KPN Research, Leidschendam

WDM activities at Telia Research

Telia Research have two categories of projects on WDM, one that supports Telia network department on matters that relate to operational issues, and one that is more concerned with long-term research.
The short-term projects have mainly been focused on point-to-point WDM systems that have currently been put into traffic in the Swedish network.
The main focus of the research activities are aimed at technologies that will be implemented in the network in three to five years time. In this perspective the main issue is: How will a new optical layer be implemented, where functionality and protection is handled optically? In this work a model network around the Baltic Sea and the Scandinavian countries have been used to study properties of optical networks.
Telia Research is also involved in a European project, ACTS METON, where an optical network in a metropolitan area is implemented and evaluated. Cooperation is also carried out within the COST 239, 241 and 246 groups.

Carl Wickman, Telia Research, Farsta

WDM-Aktivitäten bei Swisscom Corporate Technology

Die WDM-Tätigkeiten bei CT teilen sich in zwei Bereiche auf. Die längerfristigen, mehr grundlegenden Studien werden im Explorations-Programm 9 durchgeführt, während die Arbeiten, die auf den unmittelbaren Einsatz der WDM-Technik im Feld zielen, im Rahmen eines Innovationsprojektes mit Network Services zusammen ausgeführt werden.
Die grundlegenden Studien werden zum Teil im Rahmen von EURESCOM-Projekten durchgeführt (P615, «Evolution Towards an Optical Network Layer», und P709, «Planning of Optical Networks»). Diese EURESCOM-Projekte behandeln zukunftsorientierte Möglichkeiten der WDM-Technik; das Stichwort lautet hier Optical Networking. Im Labor ist im vergangenen Herbst eine kleine WDM-Anlage aufgebaut worden, die es erlaubt, einige wesentliche charakteristische Merkmale der WDM-Technik messtechnisch zu erfassen.
In einem von NWS für Frühling/Sommer 1998 geplanten Feldversuch soll der praktische Einsatz eines kommerziellen WDM-Systems getestet werden. Zurzeit laufen die Vorbereitungsarbeiten für diesen Feldversuch.

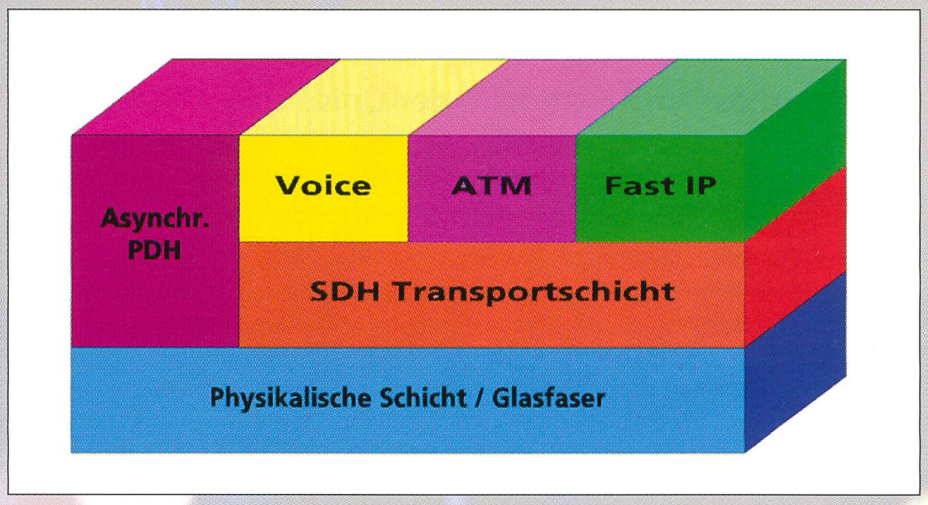


Bild 4. Herkömmliche Architektur des Übertragungsnetzes.

gen über WDM-Systeme 100 GHz Abstand zwischen den einzelnen Wellenlängenkanälen, was die maximale Anzahl Kanäle auf 42 beschränkt.

Entwicklungsmöglichkeiten der WDM-Technik

Optische Punkt-zu-Punkt-Übertragung ist heute die Regel, dies gilt auch für WDM-Systeme. Die Entwicklungsmöglichkeiten der WDM-Technik gehen grundsätzlich in verschiedene Richtungen:

- Kapazitätserweiterung (kurzfristig)
- Funktionalitätserweiterung (mittelfristig)
- Erweiterung der Netzarchitektur, Erweiterung der Flexibilität im Netz (mittelfristig)

Kapazitätserweiterung

WDM-Systeme erlauben primär eine kostengünstige Kapazitätserweiterung bestehender Übertragungsstrecken, da nur neue Übertragungsausrüstungen (Sender mit aufeinander abgestimmten Wellenlängen, Multiplexer, Demultiplexer) angeschafft werden muss. Gleichzeitig müssen keine neuen Übertragungsstrecken (neue Glasfasern) erstellt werden. Der zusätzliche Einsatz von Erbiumverstärkern erlaubt zudem den kostengünstigen Ersatz von digitalen, elektronischen Repeatern. Mit herkömmlichen elektronischen Repeatern kann nur ein einzelnes optisches Signal regeneriert werden. Es wird in die elektrische Ebene gewandelt, digital aufbereitet und wieder optisch weitergesendet. Eine Übertragungsstrecke mit mehreren 2,5-Gbit/s-Kanälen sieht dann wie in Bild 2 skizziert aus. Ein Erbiumverstärker hingegen benötigt keine optoelektronische Umwandlung des Multiplexsignals, da *alle Wellenlängenkanäle miteinander verstärkt werden* können. Diese Variante ist in Bild 3 dargestellt.

Diese Art der Kapazitätserweiterung erlaubt im Prinzip auch eine sehr schnelle Anpassung an Bedürfnisse von Kunden, die schnell an einem beliebigen Ort im Netz einen vorübergehenden (oder auch bleibenden) Kapazitätsbedarf haben. WDM eröffnet die Möglichkeit, diesem Kunden vorübergehend (oder auch bleibend) eine neue Wellenlänge in der existierenden Glasfaserverbindung zuzuordnen. Es sind keine langen Baufristen und grosse Bauinvestitionen für neue Glasfaserkabel notwendig.

Funktionalitätserweiterung

WDM erlaubt mittelfristig eine Erweiterung der Funktionen des optischen Trägersignals, da die einzelnen Wellenlängen und die darauf übertragenen Client-Signale voneinander getrennt sind. WDM erlaubt quasi auf natürliche Weise, dass verschiedene Client-Signale über die gleiche Faser übertragen werden können. Heute wird nur PDH oder SDH direkt optisch übertragen. Alle anderen Client-Signale werden indirekt über SDH übertragen (Bild 4). Die Funktionalitätserweiterung ist in Bild 5 dargestellt, wo eine einzelne Glasfaser nun mittels WDM eine ganze Reihe verschiedener Client-Signale gleichzeitig übertragen kann. Die einzelnen Client-Signale können sich in ihrem Datenformat und/oder in ihrer Datenrate unterscheiden. Man sagt daher, dass die WDM-Technik *Client-Signal-transparent* ist.

WDM erlaubt auch in diesem Fall eine erhebliche Kostenreduktion in der Netzinfrastruktur, da für die einzelnen Client-Signale nicht unabhängige Systeme oder Anlagen verwendet werden müssen. Eine einzige einheitliche Grundausrüstung (Glasfaser und WDM-Technik) erlaubt die Übertragung verschiedener Dienstleistungen, was direkt zu einer Vereinfachung der gesamten Netzinfrastruktur beiträgt. Der optische Verstärker ist wiederum massgeblich an dieser Kostenreduktion beteiligt, da alle möglichen Client-Signale gleichzeitig miteinander verstärkt werden können, unabhängig von Datenformat oder Datenrate.

Erweiterung der Netzarchitektur, Erweiterung der Flexibilität im Netz

Ein wichtiger Schritt über die herkömmliche Punkt-zu-Punkt-Übertragung hinaus ist das optische Routing von Kanälen. Dabei wird eine spezielle Variante des Demultiplexers in der Übertragungsstrecke eingesetzt. Dieser sogenannte

Bild 5. Mögliche WDM-basierte Architektur des Übertragungsnetzes.

optische Add-Drop-Multiplexer zerlegt das Multiplexsignal nicht in sämtliche Wellenlängen, sondern filtert nur eine begrenzte Anzahl Wellenlängen aus dem Multiplexsignal heraus. Auf diese Art und Weise kann also *via die Wellenlänge bestimmt* werden, wohin das optische Signal geführt werden soll. Dieses optische Routing ist in Bild 6 dargestellt. Wie der Name Add-Drop-Multiplexer bereits sagt, ist auch die umgekehrte Funktion möglich, das heisst, es können mit dem Add-Drop-Multiplexer auch einzelne Wellenlängen dem optischen Multiplexsignal hinzugefügt werden. Add-Drop-Multiplexer sind heute bereits von einzelnen Herstellern erhältlich. Allerdings ist deren Kaskadierung heute noch eingeschränkt, das heisst, die Anzahl solcher Add-Drop-Multiplexer, die hintereinander folgen können, ist beschränkt. Der Grund dafür ist der *analoge Charakter der optischen Netzelemente.* In einem vollständig optischen Netz ist es nach heutigem Stand der Technik nicht möglich, das optische Signal digital zu bearbeiten. Ein digitaler Zugriff erlaubte eine Regenerierung des Signals, das heisst, die Qualität des Client-Signals könnte in regelmässigen Abständen wieder in den Originalzustand versetzt werden. Die Auswirkung soll an einem Beispiel gezeigt werden. Der optische Verstärker verstärkt das optische Signal, fügt aber gleichzeitig optisches Rauschen hinzu. Im optischen Netz akkumuliert sich dann das Rauschen aller durchlaufenen optischen Verstärker, bis die Signalqualität nicht mehr genügt. Ein digitaler Repeater verstärkt das Signal ebenfalls; es wird aber gleichzeitig wieder qualitativ aufgefrischt. Eine digitale Taktrückgewinnung und ein digitaler Schwellenwertdetektor sorgen dafür, dass ein aufbereitetes Signal weitergesendet wird.

Mit dem optischen Add-Drop-Multiplexer hat man sich nun die Möglichkeit geschaffen, optische Ringtopologien zu bauen. Dabei besteht ein Knotenpunkt des Rings aus einem Add-Drop-Multiplexer, der die gewünschten Wellenlängen, das heisst die gewünschten Signale, aus dem Multiplexsignal herausfiltert, diese Signale auswertet, bearbeitet und dann wieder in das Multiplexsignal einspeist. Aus Bild 7 wird nun ersichtlich, dass die physikalische Topologie des Netzes, das heisst die ringförmig verlaufende Glasfaser, von der logischen Struktur des Netzes, das heisst der vollvermaschten Struktur – jeder Knoten kann mit jedem anderen ohne Umsetzstation dazwischen kommunizieren –, getrennt werden kann. Nach dem gleichen Prinzip können auch Busstrukturen geschaffen werden. In einem weiteren Evolutionsschritt können nun die optischen Knotenpunkte mit elektrischen Netzelementen kombiniert werden. Die in Bild 7 weg- und zuge-

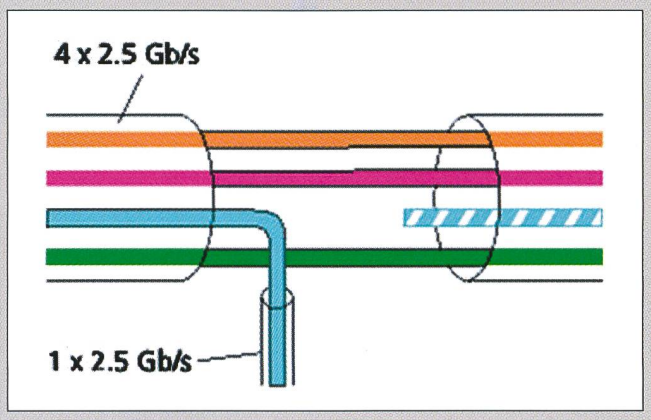
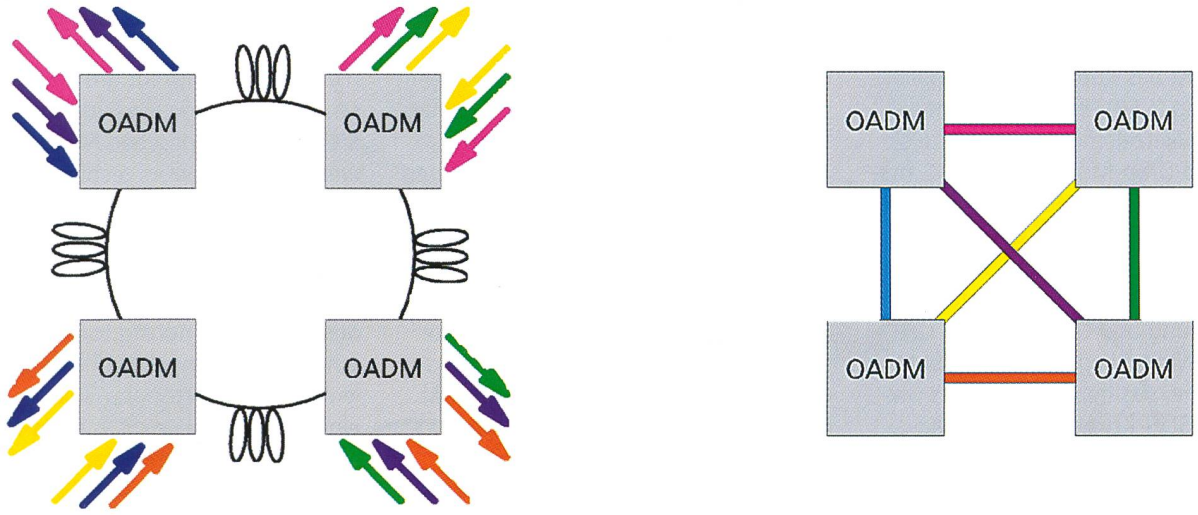


Bild 6. Drop-Funktion eines Demultiplexers.



Physikalische Topologie

Logische Topologie

Bild 7. Beispiel einer vollvermaschten Ringarchitektur. Jeder Knoten besitzt für die Kommunikation mit jedem anderen Knoten des Rings eine definierte Wellenlänge.

Stand der Normierung

Die Standardisierungsarbeit in ITU-T hat die grundlegenden Arbeiten über optische Punkt-zu-Punkt-Verbindungen im Rahmen von SDH-Netzen abgeschlossen. Im Oktober 1996 ist die Weiterführung auf das Gebiet von optischen Netzen an die Hand genommen worden. Das Ziel ist, eine ganze Reihe von Empfehlungen zu erarbeiten, die das vielschichtige Gebiet möglichst vollständig abdecken. Die einzelnen Teile beleuchten Fragen wie Netzwerkarchitekturen, Komponenten, Ausrüstungsblöcke, Management von optischen Netzen und Fragen der physikalischen Transportschicht. Bild 8 stellt die Zusammenhänge der einzelnen Empfehlungen bildlich dar. Eine Übersicht über die Standardisierungsarbeiten kann in [10] gefunden werden. Angesichts der immer noch sehr grossen Freiheiten, die die ITU-T-Empfehlungen den einzelnen Lieferanten bezüglich der Ausgestaltung des Wellenlängenplans und der Fragen des optischen Überwachungskanals der WDM-Strecke überlassen, ist es heute sehr unsicher, ob die Standardisierungsarbeiten zu einer transversalen Gerätekompatibilität führen werden. Diese Interoperabilität ist denn auch nur ein längerfristiges Ziel der ITU-T. Mittelfristig ist es wichtiger, die in der Zukunft gebrauchten Funktionen der optischen Netze zu definieren und festzulegen, wie diese Funktionen gesteuert und überwacht werden.
In ETSI werden keine eigenen europäischen Normen zu optischen Netzen entwickelt, sondern man stützt sich auf die Arbeiten der ITU-T ab. Dagegen wird an zwei ETSI-Berichten gearbeitet, die zum einen die physikalischen Aspekte der optischen Übertragungstechnik und der optischen Netze beleuchten, zum anderen die Funktionen beschreiben, die ein optisches Netz übernehmen kann oder sollte. Aspekte des Managements optischer Netze werden ebenfalls in diesem Bericht behandelt.

führten Wellenlängen in den Knotenpunkten werden auf die elektrische Netzebene zurückgeführt und dort mit herkömmlichen Elementen bearbeitet. Diese können SDH-Add-Drop oder SDH-Cross-Connects sein. Ein typisches Beispiel dieser Klasse ist das Konzept des Colored Section Ring (CSR) [3]. Die erwähnten eletrischen Netzelemente sind hier elektrische Add-Drop-Multiplexer und Cross-Connects. Der CSR stellt auf eine einfache Art die Verknüpfung der wesentlichen Vorteile der WDM-Technik und der existierenden SDH-Vermittlungstechnik dar. Steuerung und Überwachung des gesamten Netzes liegen auf der elektrischen Ebene, das heisst, die bereits vorhandenen SDH-Konzepte für Schutzschaltungen und Netzmanagement können eins zu eins übernommen werden.
In weiterer Zukunft liegen Konzepte, in denen die elektrischen Funktionen (SDH-Add-Drop oder SDH-Cross-Connects) von optischen Gegenstücken übernommen werden. In einigen ACTS-Forschungsprojekten werden zwar erste Prototypen von optischen Cross-Connects eingesetzt [4–7]. Dem mittelfristigen Einsatz stehen aber nicht nur technische Probleme im Weg, sondern auch konzeptionelle. Der Investitionsaufwand für die heutigen SDH-basierten Netze ist enorm, und es wird daher schwierig sein, in wenigen Jahren bereits neue Investitionen in ähnlicher Grössenordnung vorzunehmen. Die in der Einleitung erwähnten treibenden Kräfte für eine Vervielfachung der Netzkapazitäten könnten jedoch auch diese ökonomischen Vorbehalte mittelfristig überrunden und den Bedarf für optische Netze schaffen. Dann steht aber immer noch das Problem an, wie die bereitgestellte Kapazität verwaltet werden kann. Das Management von optischen Netzen ist heute wahrscheinlich die wichtigste ungelöste Frage. Der grosse Vorteil herkömmlicher elektrischer Vermittlungs- und Transporttechnik liegt in der Möglichkeit, quasi zu jeder Zeit an beliebigen Orten die Qualität des digitalen Signals zu überprüfen. Bei den optischen Netzen dagegen hat ein Überwachungssystem keinen direkten Zugriff auf die einzelnen digitalen Signale. Diese befinden sich zum einen in einer «falschen» Ebene, der optischen, und zum andern sind die elektrischen Kanäle zusätzlich in die optischen Multiplexsignale eingebettet.
Ein noch nicht einwandfrei gelöstes Teilproblem des Managements optischer Netze stellt die Verwaltung der verwendeten Wellenlängen dar. Wie im Kapitel «Was ist und was kann WDM heute?» bereits erwähnt, ist die praktisch verfügbare Anzahl Wellenlängen begrenzt. Wie stellt man also sicher, dass in einem weitverzweigten optischen Netz nicht zwei optische Pfade, das heisst zwei Signale, mit der gleichen Wellenlänge «kollidieren»? Irgendwie muss ein optisches Netz in Einheiten unterteilt werden, die über wenige definierte Punkte miteinander verbunden sind. An diesen Brückenpunkten ist evtentuell ein Bauteil einzusetzen, das die Wellenlänge der passierenden Signale verändern kann. Eine solche Partitionierung wird im Fachjargon auch als ein Aufteilen in optische Inseln bezeichnet. Dieses Konzept führt automatisch dazu, dass ein optisches Netz nicht eine flache Hierarchie aufweisen kann, sondern dass die Hierarchie klar gegliedert ist [8, 9]. Dieses Konzept ist zeitgemäss und ist in Bild 9 dargestellt.

Schlussfolgerungen

Die optische Übertragungstechnik befindet sich heute an einer Schwelle: weg vom blossen Punkt-zu-Punkt-Transport von einem einzigen optischen Kanal hin zur WDM-Technik, die heute bereits einen kostengünstigen Ausbau der transportierten Kapazität ermöglicht. Die WDM-Technik ist aber gleichzeitig auch die Voraussetzung für grossflächige optische Netze mit neuen Funktionalitäten. Bis wir solche optischen Netze erleben werden, sind sowohl technische als auch konzeptionelle Hürden zu nehmen.
Für die meisten technischen Probleme sind Lösungsvorschläge vorhanden und zum Teil auch experimentell gezeigt worden. Es gibt Demonstratoren von optischen Cross-Connects, und es gibt Wellenlängenkonverter usw. Allerdings sind einige wichtige Punkte wie das Management von optischen Netzen erst ansatzweise bearbeitet worden. Grundsätzlich ist aber immer noch konzeptionell zu zeigen, dass die optischen Netzlösungen den herkömmlichen, SDH-basierten Netzwerken wirklich ebenbürtig oder gar überlegen sind, und dies notabene zu einem deutlich besseren Preis. An diesem Nachweis wird heute intensiv gearbeitet, und zwar sowohl auf der technischen

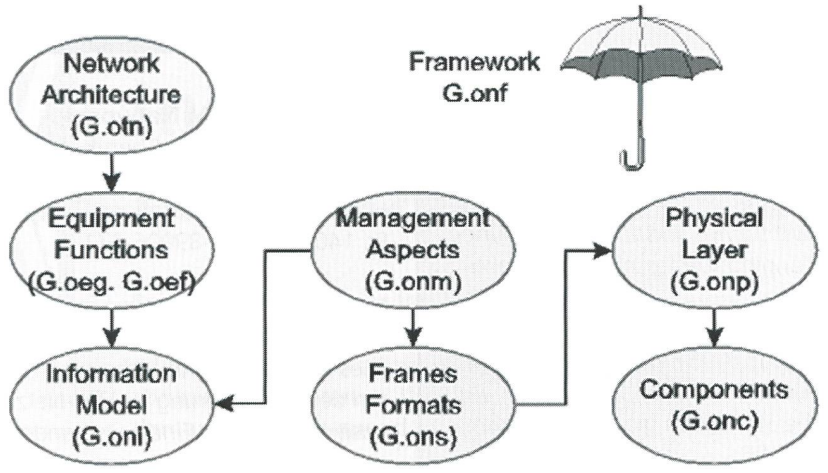


Bild 8. Übersicht über die laufenden Standardisierungsarbeiten bei der ITU-T.

Ebene als auch auf der Planungs- und Standardisierungsebene.
Es wird hier bewusst auf eine Prognose verzichtet, ob und wann sich die Transport- und/oder Anschlussnetze der Netzbetreiber teilweise oder ganz von der SDH-Technik lösen werden. Zu viele die Einführung bestimmende Faktoren sind heute noch zu ungenau studiert. Die einzige Prognose, die sicher eintreffen wird, ist, dass die WDM-Technik einen rasanten Einzug in unseren Netzen halten wird, und sie wird sicher nicht nur für den reinen Transport der immer wachsenden Bandbreite eingesetzt. Die WDM-Technik wird die Ausgestaltung unserer Kommunikationsnetze massgeblich beeinflussen.
Dieser Beitrag hat hoffentlich dargestellt, was mit der WDM-Technik in naher Zukunft, realistisch betrachtet, machbar ist und was vielleicht eher für die weitere Zukunft bestimmt ist. Die WDM-Technik darf nicht mit optischen Netzen gleichgesetzt werden, sie bildet aber die notwendige Voraussetzung dafür. 8.1

Summary

Wavelength division multiplex, the path to the optical network

The optical transmission technique is currently at a threshold: away from point-to-point transport of a single optical channel toward wavelength division multiplexing (WDM). The WDM technique, is also a precondition for optical networks that offer new functionalities. The optical transmission technique, and WDM in particular, is now often equated with infinite bandwidth. This report outlines what is realistically feasible with WDM in the near future and what is probably relegated to the more distant future. The WDM technique should not be equated with optical networks, but rather as a precondition for them.

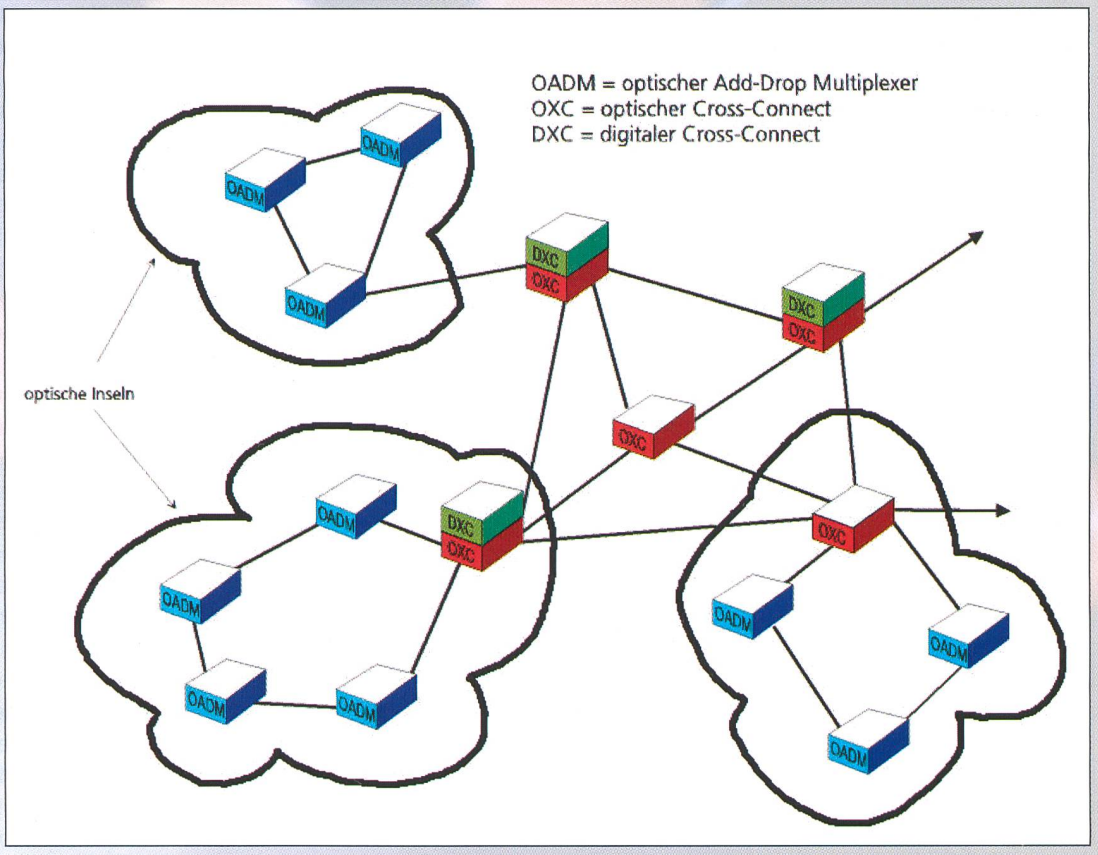


Bild 9. Hierarchisch strukturiertes optisches Netz mit optischen Inseln. Die Verbindungspunkte sind mit optischen und elektrischen Cross-Connects besetzt, die auch eine Wellenlängenkonversion der durchlaufenden Signale vornehmen können.

Referenzen

[1] Y. Yano, T. Ono, K. Fukuchi, T. Ito, H. Yamazaki, M. Yamaguchi, K. Emura: 2.6 Terabit/s WDM transmission experiment using optical duobinary coding, European Conf. On Optical Commun., ECOC '96, ThB.3.1, Oslo, Norwegen, 1996.

[2] A. Reid: Understanding how SDH/SONET will survive and thrive in conjunction with ATM and IP, IIR Conference on Planning, Designing & Implementing SDH Networks, London, 1997.

[3] A. Hamel, V. Tholey, A. Sutter, L. Blain, F. Chatter: Increased capacity in a MS protection ring using WDM technique and OADM, Electronics Letters, vol. 32, no. 3, pp. 234–235, 1996.

[4] E. Almström, S. Johansson: Results from the Stockholm gigabit network, NOC '96, Heidelberg, Germany, paper 43, 1996.

[5] M. Koga et al.: Optical path cross-connect demonstrator designed to achieve 320 Gbit/s, European Conf. On Optical Commun., ECOC '96, Oslo, Norway, ThC.3.1, 1996.

[6] A. Jourdan et al.: Design and implementation of a fully reconfigurable all-optical cross-connect for high capacity multiwavelength transport networks, J. Lightwave Technol., vol. 14, no. 6, pp. 1198–1206, 1996.

[7] M. Fukui et al.: Field experiment of all-optical WDM ring network up to 70 Gbit/s capacity employing 198 km installed dispersion-shifted fiber, European Conf. On Optical Commun., ECOC '96, Oslo, Norway, ThC.3.2, 1996.

[8] P. J. Chidgey: Multiwavelength transport networks, IEEE Commun. Mag., no. 12, pp. 28–35, 1994.

[9] G. R. Hill et al.: A transport network layer based on optical network elements, J. Lightwave Technol., vol. 11, no. 5/6, pp. 667–679, 1993.

[10] A. McGuire: Mowing towards standards for optical network management, Vision in Business Conference on WDM Technology, London, 1997.

Marcel Schiess *studierte an der ETH Zürich Elektrotechnik. Anschliessend vertiefte er sich an der «Königlich Technischen Hochschule» in Stockholm im Gebiet der optischen Nachrichtentechnik. Seine Doktorarbeit umfasst die Simulation hochbitratiger optischer Übertragungssysteme sowie Untersuchungen über nichtlineare Eigenschaften optischer Fasern. Seit 1995 ist Marcel Schiess bei Swisscom angestellt und bearbeitet das Gebiet «Optical Networking». Darin eingeschlossen ist auch die Mitarbeit bei der praktischen Einführung der WDM-Technik im Fernnetz der Swisscom.*

Yvonne van Dam *studied Electrical Enginering at the University in Groningen (Netherlands) from 1990 to 1996. She graduated on polymer light-emitting diodes. Since 1996 she has been working at KPN Research. Her research has been focussed on WDM technology, optical access networks (ACTS-PLANET) and trends in optical networking in general.*

Carl Wickman *received a M.Sc. degree in Electrical Engineering from the Royal Institute of Technology in Stockholm in 1986. He then joined the R&D section of Televerket, which in 1991 formed Telia Research, to work with coherent optical transmission systems. During the years he has been working with research on many aspects of optical transmission technology, and presently he manages projects concerning the evolution of an optical transport network layer based on WDM.*

BUCHBESPRECHUNG

Signaling in ATM Networks

Raif O. Onvural, Rao Cherukuri. Signaling in ATM Networks. Artech House telecommunications library. 1997. Fr. 140.–, ISBN 0-89006-871-2.

Unter dem Titel «Signaling in ATM Networks» erschien ein neues Werk, welches sich speziell mit technischen Aspekten der Signalisierung in ATM-Netzen auseinandersetzt. Einerseits handelt es sich hierbei um ein ausgesprochenes Spezialthema, anderseits bleibt in öffentlichen ATM-Netzen etwa der Wunsch nach «connectivity and bandwitdh on demand» ohne eine leistungsstarke Signalisierung ein Traum.
Entsprechend diesem engen Fokus behandelt das Buch folgende Kapitel:

- UNI Point-to-Point Signaling
- UNI Point-to-Multipoint Signaling
- Signaling Support for ATM Transfer Capabilities
- B-ISDN Supplementary Services
- Interworking (vor allem den Call Setup von N-ISDN und Frame Relay zu B-ISDN)
- Private NNI Signaling
- Traffic Parameter Modification

Die Wortwahl der Titel deutet bereits auf die Nähe der entsprechenden Spezifikationen aus ITU-T und ATM-Forum hin, in den ersten drei Kapiteln beispielsweise ITU-T Q.2951 bis Q.2971 sowie ATM-Forum UNI 3.1 und 4.0. Das ist nicht unbedingt als Nachteil zu bewerten, fasst das Buch doch das Wichtigste aus den entsprechenden Standards einigermassen übersichtlich zusammen. Auf eine eindeutige Quellenangabe wurde allerdings leider verzichtet, so dass es dem an weiteren Details interessierten Leser schwerfallen dürfte, ohne lange Suche an der richtigen Stelle weiterzulesen.
Zudem wurde im Ausblick auf die Erwähnung weiterer Entwicklungen beispielsweise im Bereich A-INI (ATM Inter Network Interface) als Alternative zum P-NNI (Privat Network Node Interface) verzichtet.
Alles in allem erscheint das Werk somit bedingt empfehlenswert (für den «comtec»-Leser, welcher sich selbst ein Bild machen möchte).

Dipl. Ing. Rüdiger Sellin, Swisscom