

Der Weg zur Photonik

Autor(en): **Baack, Clemens**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri**

Band (Jahr): **72 (1994)**

Heft 11

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-874737>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Der Weg zur Photonik¹

Clemens BAACK, Berlin

Zusammenfassung

Der Weg zur Photonik

Lichtwellenleiter beginnen sich in modernen Nachrichtennetzen durchzusetzen, sie werden ohne Zweifel das Übertragungsmedium künftiger Netze sein. Ihre Übertragungsbandbreite von etwa 50 THz kann mit heute verfügbaren Techniken noch nicht genutzt werden. In der Forschung wird aber intensiv an Lösungen für Photoniknetze gearbeitet, und wichtige Ergebnisse liegen vor. Der Autor erläutert den Stand der Technik und zeigt, wie man sich die Einführung optischer Netze vorstellen kann.

Résumé

La voie vers la photonique

En train de s'imposer aujourd'hui déjà dans les réseaux modernes, les fibres optiques constitueront sans conteste le support de transmission privilégié de demain. Leur largeur de bande d'environ 50 THz ne peut pas encore être mise à profit avec les techniques actuelles. Toutefois, des travaux de recherche intensifs portent sur des réseaux de photonique et on peut s'attendre à des résultats intéressants à l'avenir. L'auteur fait le point sur l'état de la technique et montre comment on peut se représenter l'introduction des réseaux optiques.

Riassunto

La via verso la fotonica

I conduttori ad onde luminose cominciano ad affermarsi nelle reti moderne di telecomunicazione. Essi saranno sicuramente il mezzo di trasmissione delle reti future. Le tecniche attualmente disponibili non consentono di sfruttare la larghezza della banda di trasmissione di circa 50 THz. I ricercatori stanno però elaborando accuratamente soluzioni per le reti fotoniche e hanno già ottenuto risultati importanti. L'autore illustra lo stato della tecnica e come si può immaginare al momento attuale l'introduzione di reti ottiche.

Summary

The Way to Photonics

Optical waveguides are about to prevail in modern communications networks. They will be without a doubt the transmission medium of future networks. Their transmission bandwidth of about 50 THz cannot yet be made use of with the technology available today. Intensive research is taking place to find solutions for photonic networks and there are important results today. The author explains the state of the art and shows how the introduction of optical networks can be imagined.

1 Was sind Photoniknetze?

Langfristig wird in der Telekommunikation das weltweite Mobiltelekommunikations-System (Universal Mobile Telecommunications System UMTS) angestrebt. Dieses wird in der Lage sein, jeden Dienst zu jeder Zeit an jedem Ort bereitzustellen. Es wird aus einem Festnetz, dem Photoniknetz, bestehen, dem ein satellitengestütztes Mobilnetz überlagert ist. In diesem Beitrag wird nur das Photoniknetz behandelt.

Lichtwellenleiter sind das Übertragungsmedium für künftige Nachrichtennetze. Der Übertragungsbereich der Lichtwellenleiter erstreckt sich über einen Wellenlängenbereich von 1,3 bis 1,6 μm , das entspricht einer Übertragungsbandbreite von etwa 50 THz (Terahertz, Fig. 1). Damit verfügt die Nachrichtentechnik zum ersten Mal in ihrer Geschichte über ein Übertragungsmedium mit nahezu unbegrenzter Bandbreite. Es besteht gar kein Zweifel, dass die Nachrichtentechnik dieses Geschenk der Natur in Zukunft nutzen wird. Die Übertragungskapazität der Lichtwellenleiter kann nur mit Hilfe optischer Frequenz-Multiplextechnik

(Optical Frequency Division Multiplex, OFDM) und optischer Zeit-Multiplextechnik (Optical Time Division Multiplex, OTDM) genutzt werden.

Photoniknetze sind durch folgende Eigenschaften gekennzeichnet:

- Photoniknetze schöpfen die Übertragungskapazität der Lichtwellenleiter durch optische Frequenz- und Zeitmultiplextechniken aus. Dies eröffnet den Weg zu Netzen hoher Flexibilität im Sinne intelligenter Netze und eines effektiven Netz-Managements.

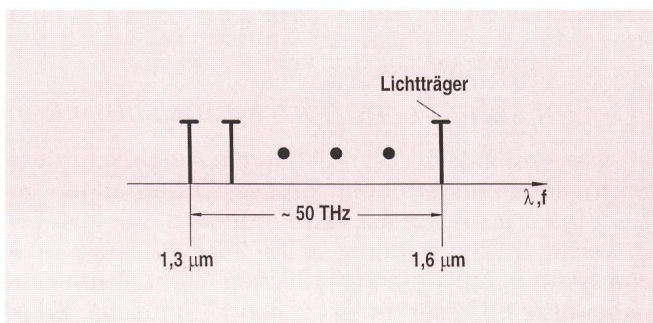


Fig. 1 Übertragungskapazität von Lichtwellenleitern

¹ Vortrag, gehalten am internationalen Pressekolloquium der Deutschen Bundespost Telekom

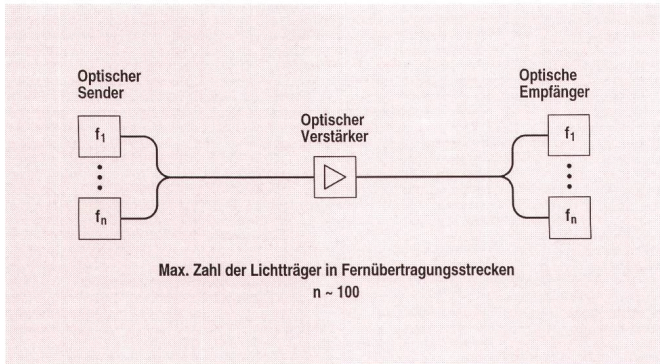


Fig. 2 Fernübertragungsstrecken mit optischer Frequenzmultiplextechnik

- In Photoniknetzen werden die Nachrichten nicht nur optisch übertragen, sondern auch optisch vermittelt. Dies führt zu optisch transparenten Netzen, in denen die Nachrichten von Teilnehmer zu Teilnehmer ausschliesslich im optischen Bereich transportiert werden.
- Photoniknetze gestatten die Trennung von Diensten und Netzen. Die Netzbetreiber benötigen in Zukunft Nachrichtennetze, die nicht auf einen spezifischen Dienst hin optimiert sind, sondern die in der Lage sind, dem Teilnehmer alle heute bekannten Dienste und alle, die in Zukunft entwickelt werden, bereitzustellen. Photoniknetze stellen zwischen den Teilnehmern ausserordentlich breitbandige, optisch transparente Nachrichtenwege her, über die beliebige Dienste abgewickelt werden können. Es sind somit dienstunabhängige Netze.

2 Schlüsseltechnologien für Photoniknetze

Zur Verwirklichung der Photoniknetze sind folgende Schlüsseltechnologien erforderlich:

21 Optische Frequenzmultiplextechnik (OFDM)

Um die Übertragungskapazität der Lichtwellenleiter vollständig auszunutzen, überträgt man über einen Lichtwellenleiter viele Lichtsignale mit unterschiedlichen Frequenzen (Fig. 1). Im folgenden werden einige Beispiele genannt, die den Einsatz von optischen Frequenzmultiplextechniken verdeutlichen sollen.

211 Optische Fernübertragungsstrecken

Fernübertragungsstrecken haben die Aufgabe, grosse Informationsmengen über grosse Entfernungen zu übertragen. In der optischen Frequenzmultiplextechnik verfügen sie eingangsseitig über mehrere optische Sender mit unterschiedlichen Frequenzen und ausgangsseitig über entsprechende optische Empfänger, die auf die verschiedenen Lichtfrequenzen abgestimmt sind (Fig. 2). Zur Kompensation der Fa-

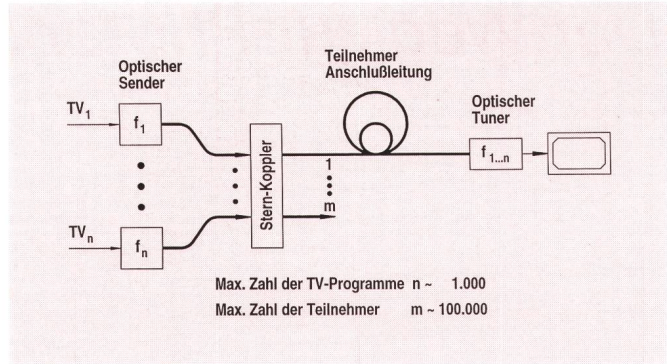


Fig. 3 Fernsehverteilnetz mit optischer Frequenzmultiplextechnik

serdämpfung werden optische Verstärker in die Strecke eingefügt. Optische Verstärker haben eine grosse Bandbreite und sind damit in der Lage, mehrere optische Trägersignale gleichzeitig zu verstärken. Optische Frequenzmultiplextechniken und optische Verstärker ergänzen sich in idealer Weise.

Durch die Nichtlinearitäten im Material der Lichtwellenleiter und durch das Verstärkerrauschen wird die Zahl der Lichtträger in Fernübertragungsstrecken auf einige 100 beschränkt.

212 Fernsehverteilnetze

In Fig. 3 ist die optische Entsprechung zu heutigen Koaxialkabel-Fernsehverteilnetzen dargestellt. Jedem Fernsehprogramm wird ein optischer Träger mit einer ihm eigenen Frequenz zugeordnet. Diese Frequenzmultiplex-Signale werden über einen optischen Sternkoppler in die verschiedenen Teilnehmeranschlussleitungen eingespeist. Die Auswahl des jeweiligen Fernsehprogramms geschieht beim Teilnehmer durch einen durchstimmbaren optischen Empfänger (optischer Tuner). Ein derartiges System ist sehr flexibel in bezug auf die Erweiterung der Zahl der Fernsehprogramme (etwa 1000 Programme) und auf die Erweiterung der Teilnehmerzahl (etwa 100 000 Teilnehmer).

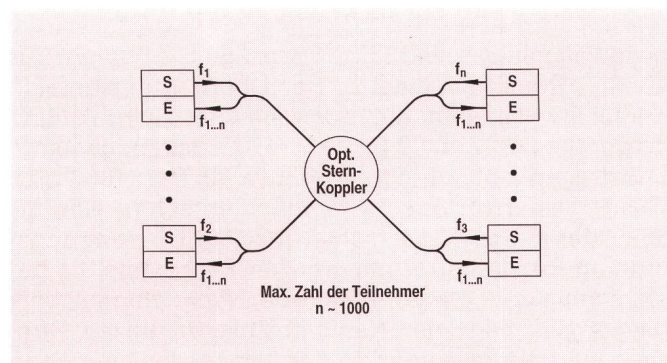


Fig. 4 Lokales Datennetz (Local Area Network, LAN) mit optischer Frequenzmultiplextechnik
S Optischer Sender
E Optischer Tuner

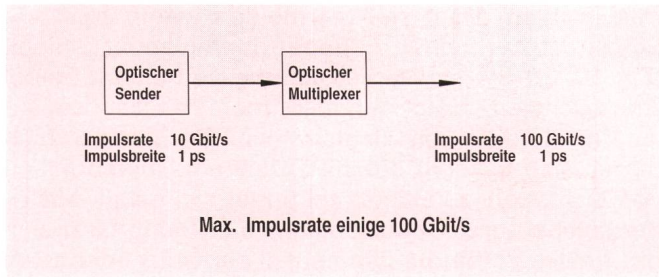


Fig. 5 Optische Signalerzeugung

213 Lokale Netze (Local Area Networks, LAN)

Heutige optische lokale Netze arbeiten im allgemeinen mit nur einem Lichtträger, dem die Informationen aller Teilnehmer in Zeitmultiplex-Technik aufmoduliert werden. Bei grosser Teilnehmerzahl und bei hoher benötigter Bandbreite je Teilnehmer führt das zu ausserordentlich hohen Bitraten. Hier bietet die optische Frequenzmultiplextechnik einen Ausweg durch Nutzung der optischen Frequenzebenen (Fig. 4). Jedem Teilnehmer wird nun ein eigener Lichtträger mit eigener Frequenz zugeordnet, und jeder Teilnehmer verfügt über einen durchstimmbaren optischen Empfänger (optischer Tuner), mit dem er sich auf die Frequenz des jeweiligen Partners einstellen kann. Jeder Teilnehmer kann seinen Träger mit nahezu beliebiger Information beaufschlagen, ohne dadurch andere Teilnehmer zu beeinträchtigen (dienstunabhängiges Kommunikationsnetz). Beim heutigen Stand der Kenntnisse liegt die Zahl der anschliessbaren Teilnehmer bei etwa 1000.

22 Optische Zeitmultiplex-Technik (OTDM)

Da die Wirtschaftlichkeit von Fernübertragungstrecken mit der Übertragungskapazität steigt, werden intensive Anstrengungen unternommen, um die Bitraten zu erhöhen. 2,5-Gbit/s-Systeme sind heute im Einsatz, 10-Gbit/s-Systeme befinden sich in der Entwicklung, und in der Forschung wird der Bereich von 40 bis 160 Gbit/s angestrebt. Nachfolgend werden einige Beispiele aus der Forschung zur hochratigen optischen Zeitmultiplex-Technik beschrieben.

221 Optische Signalerzeugung

Heute lassen sich mit mode-gelockten Halbleiterlasern Impulsfolgen mit Wiederholraten von einigen Gbit/s und mit Impulsbreiten von etwa einer Pico-Sekunde (das entspricht einer maximalen Datenrate von etwa 1 Tbit/s) erzeugen. Durch nachgeschaltete passive optische Multiplexer ist man auch in der Lage, optische Signale mit einigen 100 Gbit/s zu erzeugen (Fig. 5).

222 Optischer Demultiplexer

Auf der Empfangsseite müssen die hochratigen Signale wieder in mehrere niederratige Signale zerlegt

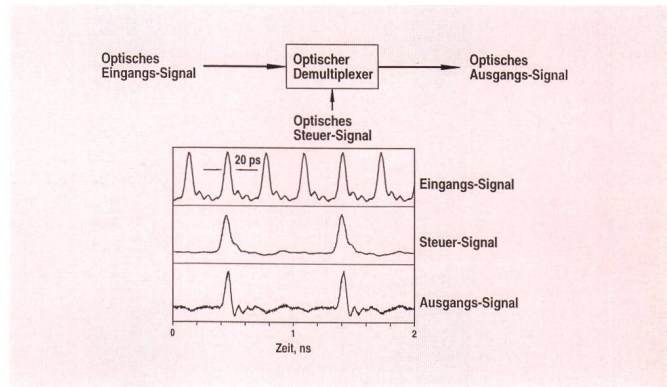


Fig. 6 Optischer Demultiplexer, 50 Gbit/s

werden. Erst in jüngster Zeit ist es gelungen, derartige optische Demultiplexer mit optischen Halbleiterverstärkern, bei denen Intradbandeffekte genutzt werden, herzustellen (Fig. 6): Die Eingangsimpulse haben eine Breite von 20 Pico-Sekunden (entsprechend 50 Gbit/s). Durch ein niederratiges optisches Steuersignal werden aus dem Eingangssignal die Impulse ausgewählt, die am Ausgang des Demultiplexers erscheinen sollen. Das Potential dieses Demultiplexers wird auf einige 100 Gbit/s geschätzt.

223 Optischer Signalregenerator

Durch die optische Übertragung, besonders aber durch die verschiedenen optischen Signalverarbeitungsprozesse, werden die digitalen Signale verzerrt. Strebt man optisch transparente Netze an, in denen die Information ausschliesslich im optischen Bereich transportiert wird, so ist eine Signalregeneration im optischen Bereich unerlässlich. Ein optischer Regenerator, der mit Halbleiter-Komponenten arbeitet, konnte für 10 Gbit/s vorgeführt werden (Fig. 7). Es wird angestrebt, die Arbeitsgeschwindigkeit dieses Regenerators auf 40 Gbit/s zu erhöhen.

23 Optische Vermittlungstechnik

In Nachrichtennetzen der Zukunft wird man versuchen, das Bandbreitenpotential der Lichtwellenleiter im vollen Umfang auszuschöpfen. Die vielen Übertragungstrecken eines solchen Netzes werden also mit optischen Frequenzmultiplex- und optischen Zeitmultiplex-Signalen beaufschlagt sein (Fig. 8). Die Vermittlungseinrichtungen eines solchen Netzes müssen in

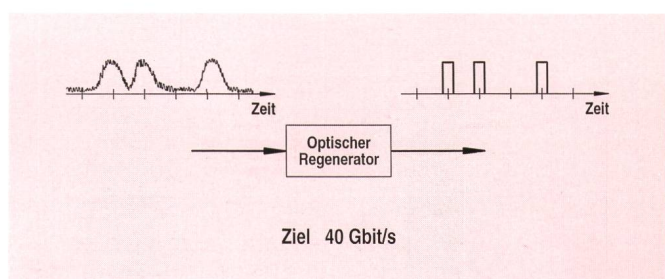


Fig. 7 Optischer Signal-Regenerator, 10 Gbit/s

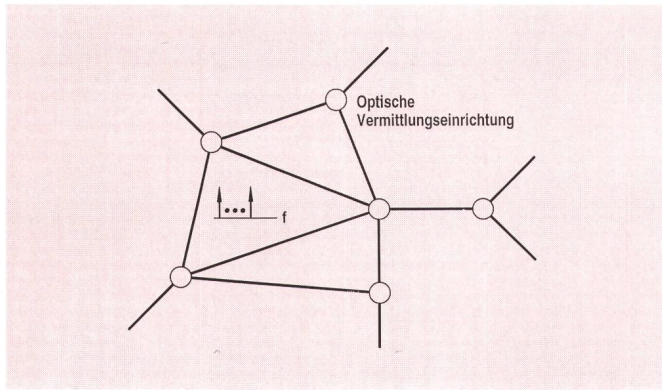


Fig. 8 Photoniknetz

der Lage sein, diese Signalvielfzahl zu verarbeiten. Eine solche Vermittlungseinrichtung besteht ganz allgemein aus Raum-, Frequenz- und Zeitstufen (Fig. 9). Es ist Aufgabe der Vermittlungseinrichtung, die Information eines beliebigen Eingangslichtträgers auf jeden beliebigen Ausgangslichtträger zu vermitteln. Die Raumstufe hat dabei die Aufgabe, die gewünschte Ausgangsfaser anzusteuern, die Frequenzstufe hat die Aufgabe, den gewünschten Lichtträger auf dieser Ausgangsfaser auszuwählen, und die Zeitstufe schliesslich hat die Aufgabe, einen geeigneten Zeitkanal auf diesem Lichtträger ausfindig zu machen.

Photoniknetze sind optisch transparente Netze, das heisst die Information soll nicht nur optisch übertragen, sondern auch optisch vermittelt werden, die Information soll also von Teilnehmer zu Teilnehmer ausschliesslich im optischen Bereich transportiert werden. Es stellt sich somit die Frage, inwieweit die Raum-, Frequenz- und Zeitstufen einer Vermittlungseinrichtung mit Hilfe der Optik realisiert werden können.

231 Optische Raumstufen

Die Aufgabe einer Raumstufe ist es, jede Eingangsfaser mit jeder beliebigen Ausgangsfaser zu verbinden. Dazu benötigt man Schaltmatrizen. Mehrere dieser Matrizen können zu einer Gruppe zusammengefasst werden. Mehrere solcher Gruppen werden kaskadiert und bilden eine zweidimensionale Raumstufe (Fig. 10, 2D-Stufe). Die Verbindung von Gruppe zu Gruppe kann zum Beispiel mit Hilfe von Lichtwellenleitern erfolgen, wobei man allerdings bei grösseren Anordnungen eine Vielzahl von Chip-Faser-Kopplungen auf engstem Raum unterzubringen hat.

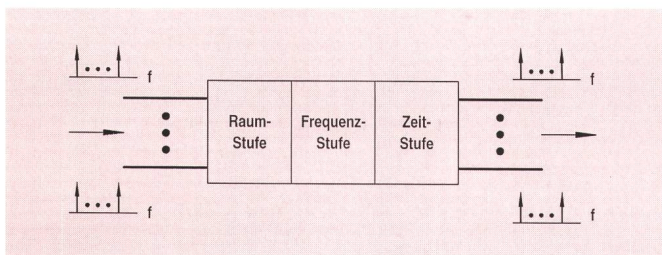


Fig. 9 Optische Vermittlungseinrichtung

Das Problem lässt sich vermeiden, wenn man die Schaltmatrizen einer Gruppe übereinander stapelt (Fig. 10, 3D-Stufe). Die Verbindung von einem Stapel zum nächsten erfolgt nun nicht mehr mit Lichtwellenleitern, sondern mit Lichtstrahlen. Die Lichtstrahlen dürfen sich beliebig durchkreuzen, ein Übersprechen von Lichtstrahl zu Lichtstrahl findet nicht statt. Mit einer solchen dreidimensionalen Anordnung lässt sich das grosse Verbindungspotential der Optik am besten nutzen. Natürlich müssen die Lichtstrahlen in die richtige Richtung gelenkt werden; dazu könnte man klassische Linsen- oder Prismen-Anordnungen verwenden. Man kann aber auch *Hologramme* einsetzen, die sich in grosser Stückzahl kostengünstig fertigen lassen.

Die Probleme der optischen Freistrahilverbindungs-technik dürfen als weitgehend gelöst betrachtet werden. Für grössere optische Schaltmatrizen fehlen jedoch nach wie vor überzeugende Lösungen.

232 Optische Frequenzstufen

Die Basisfunktion einer optischen Frequenzstufe ist die Frequenzumsetzung. Man muss in der Lage sein, Information zwischen den optischen Lichtträgern auszutauschen.

Frequenzumsetzung ist in der Hochfrequenztechnik ein alltäglicher Prozess, in der Optik hingegen müssen diese Techniken noch erlernt werden.

Auch hier konnte in jüngster Zeit ein Durchbruch erzielt werden. Mit optisch gepumpten Halbleiterverstärkern, bei denen Intradbandeffekte ausgenutzt werden, gelang es, einen optischen Träger um einige THz kontinuierlich zu verschieben. Der Träger war mit einem Signal von 18 Gbit/s moduliert. Es ist das Ziel, die Signalbitrate auf etwa 100 Gbit/s zu erhöhen. Ausserdem konnte eine optische Gruppenumsetzung gezeigt werden, bei der zehn optische Träger gleichzeitig um einige 100 GHz verschoben wurden (Fig. 11).

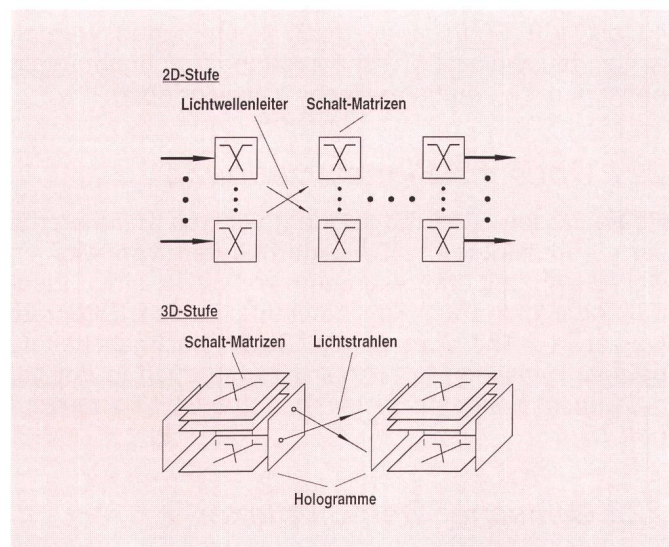


Fig. 10 Optische Raumstufe

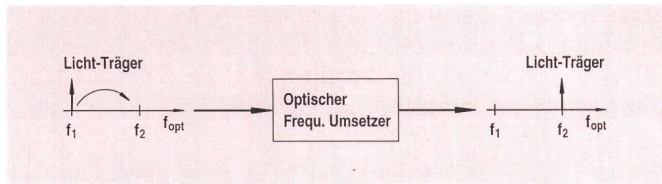


Fig. 11 *Optische Frequenz-Umsetzung*
 Einzel-Träger-Umsetzung, 18 Gbit/s, Ziel 100 Gbit/s
 Mehr-Träger-Umsetzung, 10 Träger

233 Optische Zeitstufen

Die optischen Träger der Vermittlungseinrichtung (Fig. 9) sind selbstverständlich mit Zeitmultiplexsignalen beaufschlagt. Aufgabe der Zeitstufe ist es, die Information der Eingangszeitkanäle in die gewünschten Ausgangszeitkanäle einzufügen, nachdem zuvor durch die Raum- und Frequenzstufen der gewünschte Ausgangslichtträger ausgewählt wurde. Zeitstufen müssen also in der Lage sein, Information zwischen Zeitkanälen auszutauschen, was nur durch Zwischenspeicherung der Information geschehen kann.

In künftigen Nachrichtennetzen werden Informationen in Form von ATM-Signalen (Asynchronous Transfer Mode) übertragen. Dazu wird die Information vor der Übertragung in einzelne *Pakete* zerlegt, die in *Zellen* geladen werden. Diese werden vom Netz übermittelt (Fig. 12). Damit das Netz erkennt, wohin die einzelnen Zellen zu transportieren sind, wird jeder Zelle eine Adresse (Header) beigelegt.

Das Basiselement einer optischen ATM-Vermittlung wird in *Figur 13* dargestellt. Die ATM-Zellen an den beiden Eingängen können entweder dem Ausgang 1 oder dem Ausgang 2 zugeleitet werden, je nach Adresseninformation. Durch Kaskadierung mehrerer solcher Basiszellen kommt man zu grösseren Vermittlungseinrichtungen. Ein solches Basiselement benötigt eine optische Header-Erkennung, einen optischen Speicher, um Kollision von ATM-Zellen zu vermeiden, die zur selben Zeit auf denselben Ausgang zugreifen wollen, und eine optische Raumstufe.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass bei sehr hohen Datenraten oberhalb etwa 10 Gbit/s die optische ATM-Vermittlung der elektronischen überlegen ist.

24 Integrierte Optik

Durch die optische Nachrichtentechnik erscheinen in der Telekommunikation neben den elektronischen

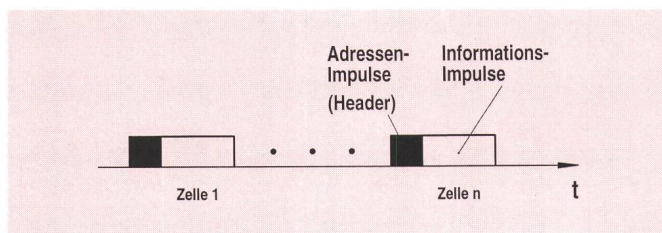


Fig. 12 *ATM-Signale*

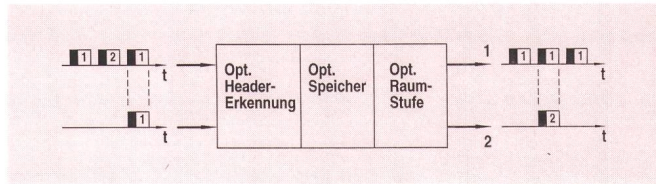


Fig. 13 *Basiselement für die optische ATM-Vermittlung*

nun auch optische Schaltkreise. Es ist keine Frage, dass langfristig die optischen Schaltkreise mit derselben Selbstverständlichkeit integriert werden (integrierte Optik) wie heute die elektronischen (Mikroelektronik). Nur mit Hilfe der integrierten Optik wird es möglich, optische Schaltkreise mit hoher Funktionalität und mit hoher Zuverlässigkeit in grosser Stückzahl und kostengünstig zu fertigen. Der integrierten Optik kommt für Photoniknetze eine ähnlich wichtige Bedeutung zu wie der Mikroelektronik (Fig. 14).

3 Einführungsszenario für Photoniknetze

Aus heutiger Sicht könnte die Einführung der besprochenen Techniken, die schliesslich zu Photoniknetzen führen, in folgenden Schritten ablaufen (Fig. 15):

31 Optische Übertragungstechnik

Mit der Einführung von 10-Gbit/s-Systemen darf in der Mitte dieses Jahrzehnts gerechnet werden, die Einführung von 40-Gbit/s-Systemen ist gegen Ende dieses Jahrzehnts zu erwarten und schliesslich ist die Einführung von 160-Gbit/s-Systemen in der Mitte des nächsten Jahrzehnts denkbar.

Die Einführung der optischen Frequenz-Multiplex-Technik ist in geringem Umfang in der Mitte dieses Jahrzehnts in Teilnehmernetzen zu erwarten (Fiber-in-the-Loop, FITL). In den Fernübertragungsstrecken (Trunk) und in lokalen Datennetzen (Local Area Networks LAN) dürfte die Einführung dieser Technik gegen Ende dieses Jahrzehnts zu erwarten sein.

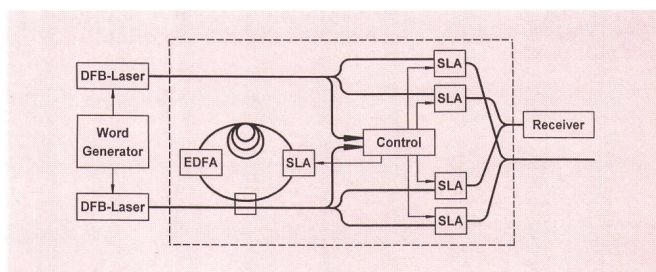


Fig. 14 *Versuchsaufbau eines transparenten optischen 2x2-ATM-Schaltknotens für 1 Gbit/s*

- SLA Semiconductor Laser Amplifier — Halbleiter-Laserverstärker
- EDFA Erbium Doped Fibre Amplifier — Erbiumdotierter Faserverstärker
- Control — Steuerung
- Receiver — Empfänger

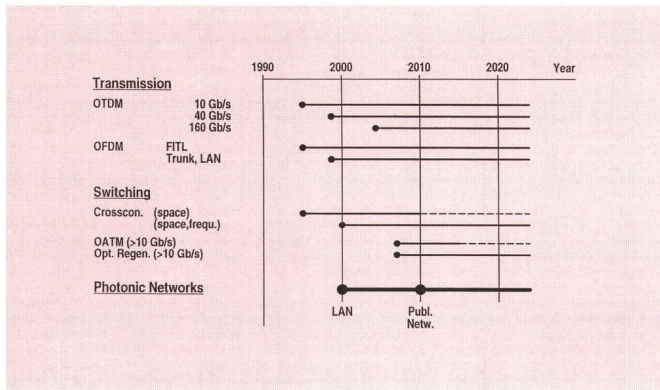


Fig. 15 Einführungsszenario

- Transmission — Übertragung
- Trunk — Fernleitungsbündel
- Switching — Vermittlung
- Crossconnect — Vermittler, Koppler
- Space — Raumstufe
- Space, freq. — Raum- und Frequenzstufe
- Opt.-Regen — Optischer Regenerator
- Year — Jahr
- Photonic Networks — Photoniknetze
- Publ. Netw. — Öffentliches Netz
- OTDM Optical Time Division Multiplex — Optische Zeitmultiplextechnik
- OFDM Optical Frequency Division Multiplex — Optische Frequenzmultiplextechnik
- FITL Fibre in the Loop — Glasfaser im Teilnehmernetz
- LAN Local Area Network — Lokales Netz
- OATM Optical Asynchronous Transfer Mode — Optischer asynchroner Transfermodus

32 Optische Vermittlungstechnik

Etwa in der Mitte dieses Jahrzehnts sind erste optische Vermittlungseinrichtungen in den oberen Netzebenen als Koppler (Crossconnectors) mit Raumstufen zu erwarten. Zu Beginn des nächsten Jahrzehnts werden dann solche mit Raum- und Frequenzstufen

zum Einsatz kommen. Optisches ATM (OATM) und optische Regeneratoren für Bitraten oberhalb 10 Gbit/s sind in der zweiten Hälfte des nächsten Jahrzehnts zu erwarten.

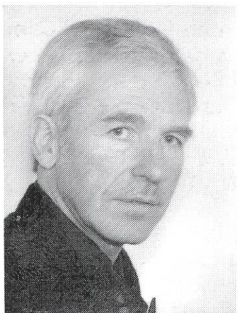
33 Photoniknetze

Photoniknetze dürften zuerst als Local Area Networks zu Beginn des kommenden Jahrzehnts zum Einsatz kommen. Etwa zehn Jahre später sind dann öffentliche Photoniknetze zu erwarten.

Es ist denkbar, dass Photoniknetze ATM-Netze ablösen werden. Das grosse Interesse an ATM-Netzen ist im wesentlichen dadurch begründet, dass es mit ATM-Technik möglich wird, Dienste und Netze zu trennen. Die Netze werden nun nicht mehr auf einen bestimmten Dienst hin optimiert, sondern auf die Übermittlung von ATM-Zellen, dabei ist es gleichgültig, mit welchen Diensten die Zellen gefüllt werden. Eine solche Trennung von Diensten und Netzen kann man jedoch auch mit Photoniknetzen erzielen. Photoniknetze stellen den kommunizierenden Teilnehmern ausserordentlich breitbandige, leitungsvermittelte Transportwege zur Verfügung, die zur Übertragung beliebiger Dienste benützt werden können. ATM ist somit das elektronische Instrument zur Trennung von Diensten und Netzen, und ATM ist die Technologie der nächsten 20 Jahre. Photoniknetze sind das optische Instrument zur Trennung von Diensten und Netzen, und das Photoniknetz könnte die geeignete Technologie nach ATM sein.

Adresse des Autors:

Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik GmbH
Einsteinufer 37
D-10587 Berlin



Prof. Dr.-Ing. **Clemens Baack** (Jahrgang 1939) studierte Elektrotechnik an der Rheinischen Ingenieurschule in Bingen/Rhein und Nachrichtentechnik an der Technischen Universität Berlin. Er war anschliessend wissenschaftlicher Assistent bzw. Mitarbeiter am Hahn-Meitner-Institut für Kernforschung in Berlin und am Institut für Hochfrequenztechnik der TU Berlin. Nach seiner Promotion an der TU Berlin über phasengesteuerte Radarantennen war er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Funk und Mathematik in Wachtberg-Werthoven und trat 1975 in das Heinrich-Hertz-Institut Berlin GmbH ein, wo er 1976 die Leitung der Gruppe optische Übertragungstechnik und 1980 die Leitung der Abteilung Vermittlung und Übertragung übernahm. Es folgten Rufe der Universität Dortmund, der Universität-Gesamthochschule Siegen sowie der Technischen Universitäten Berlin und Stuttgart. Professor Baack ist seit 1982 wissenschaftlich-technischer Geschäftsführer der Heinrich-Hertz-Institut Berlin GmbH. Er ist verheiratet und hat zwei Kinder.