

**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

**Herausgeber:** Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

**Band:** 72 (1994)

**Heft:** 8

**Artikel:** Photonik : Technologie für die Telekommunikation der Zukunft

**Autor:** Sporleder, Frank

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-874726>

### **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:** 11.01.2026

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

# Photonik: Technologien für die Telekommunikation der Zukunft\*

Frank SPORLEDER, Darmstadt

## Zusammenfassung

Photonik: Technologien für die Telekommunikation der Zukunft

In Deutschland sind heute im Weitverkehr optische Systeme mit einer Bitrate von 2,5 Gbit/s im Einsatz, und Systeme mit 10 Gbit/s werden geprüft. Ausgehend von diesem Stand wird gezeigt, welches Potential mit dieser Technik noch ausgeschöpft werden kann, welche Fortschritte bei den Komponenten erzielt wurden und welche Entwicklung in nächster Zukunft zu erwarten ist. Ferner werden die Möglichkeiten eines volloptischen Netzes abgeschätzt und die Entwicklungsprogramme und Forschungsprojekte der Telekom vorgestellt.

## Résumé

Photonique: Technologies de la communication de demain

Des systèmes optiques opérant à grande distance avec un débit de 2,5 Gbit/s sont actuellement opérationnels en Allemagne et des systèmes à 10 Gbit/s sont à l'étude. En partant de cette situation, l'auteur examine quel potentiel cette technique recèle encore, quels progrès ont été réalisés au niveau des composants et quelle est l'évolution envisageable à l'avenir. On évalue enfin les possibilités d'un réseau entièrement optique et présente les programmes de développement et de recherche de Telekom.

## Riassunto

Fotonica: tecnologie per le telecomunicazioni del futuro

Per il traffico a lunga distanza, in Germania sono attualmente in funzione sistemi ottici con una velocità di bit di 2,5 Gbit/s e già allo studio sistemi con una velocità di trasmissione di 10 Gbit/s. Partendo da queste premesse, l'autore illustra il potenziale che può ancora essere sfruttato con questa tecnica, i progressi compiuti nell'ambito della componentistica e gli sviluppi futuri. Egli fornisce in seguito una valutazione delle possibilità offerte da una rete completamente ottica e presenta i programmi di sviluppo e i progetti di ricerca avviati da Telekom.

## Summary

Photonics: Technologies for Telecommunications of the Future

In Germany, optical systems with bit rates of 2.5 Gbit/s are in operation and systems with 10 Gbit/s are now in evaluation. Based on this status, the potential inherent to the technology is shown, and the progress made in the field of components as well as the development to be expected in the nearest future are explained. Furthermore, the possibilities for an all optical network are forecast and finally the development programmes and research projects of Telekom are presented.

## 1 Stand der optischen Nachrichtentechnik

Die optische Nachrichtentechnik hat sich seit Beginn ihres betrieblichen Einsatzes in der Telekommunikation seit dem Ende der 70er Jahre sehr rasch weiterentwickelt. Ihr heutiger technischer Stand im Netz der Deutschen Bundespost Telekom ist charakterisiert durch folgende Daten:

- Die höchste Bitrate der im Weiterverkehr eingesetzten digitalen Systeme beträgt derzeit 2,5 Gbit/s; *Alcatel SEL* demonstriert der Telekom zurzeit eine 10-Gbit/s-Übertragung ohne verstärkende oder regenerierende Zwischenelemente («Repeater») über eine verlegte Faserstrecke von mehr als 100 km Länge.
- Mit dem OPAL-Programm hat Telekom die Glasfaser so weit und so massiv bis zum Teilnehmer vorangetrieben, dass sie sich zu Recht als weltweiter

Vorreiter auf dem Gebiet der *optischen Teilnehmeranschlussnetze* fühlen kann. Besonders die dabei eingesetzte *analoge Übertragungstechnik* für Fernsignale zeigt eindrucksvoll, welche Qualität die Komponenten mittlerweile nicht nur bezüglich Bandbreite, sondern auch hinsichtlich Linearität und Rauschmut erreicht haben.

## 2 Potential der optischen Nachrichtentechnik

Dennoch ist unbestritten, dass mit den jetzt eingesetzten Systemen die Leistungsfähigkeit der optischen Nachrichtentechnik längst noch nicht ausgeschöpft ist:

- Die Übertragungskapazität der Faser liegt im Bereich des 1000fachen der heute genutzten Bitraten
- die optische Nachrichtentechnik kann mehr als nur übertragen
- die Einsatzvielfalt optischer Systeme kann noch erheblich ausgeweitet werden.

\* Vortrag, gehalten am internationalen Pressekolloquium der Deutschen Bundespost Telekom in Darmstadt



### 3 Komponenten der optischen Nachrichtentechnik

Die «Einmoden-Glasfaser» selbst ist mittlerweile ein Standardprodukt, das — ausser für ganz besondere Anwendungen wie Trans-Ozean-Systeme — in seinen technischen Daten, Herstellungsverfahren und Kosten kaum noch verbessert werden kann und wird. Was man damit macht, hängt also praktisch nur noch von der Qualität und dem Leistungsvermögen der optischen bzw. optoelektronischen (photonischen) Geräte ab, die an die Enden der Faser geschaltet oder in die Faserstrecke eingeschleift werden. Weil die Faser selbst ein kostengünstiges Massenprodukt ist, werden die Gesamtkosten der optischen Systeme allerdings auch wesentlich von den Kosten der Leitungsendgeräte bestimmt.

Bis vor kurzem bestanden die optischen Leitungsendgeräte nur aus den Komponenten «Halbleiterlaser» und «optischer Empfänger». Der Fortschritt optischer Systeme wurde also praktisch durch den Fortschritt bei diesen Komponenten bestimmt. Wichtig für die weitere Entwicklung ist, dass diese Komponenten mittlerweile für unterschiedliche Wellenlängen der optischen Trägerwellen verfügbar sind, so dass heute nicht nur der im Zusammenhang mit der Einmodenfaser zunächst verfügbare Bereich der Trägerwellenlängen um 1,3  $\mu\text{m}$ , sondern auch jener um 1,55  $\mu\text{m}$  genutzt werden kann. Zusammen mit «optischen Filtern» können sogar gleichzeitig mehrere optische Träger unterschiedlicher Wellenlängen im sogenannten Wellenlängen-Multiplex durch eine Faser übertragen werden.

In den letzten Jahren sind aber zusätzlich andere optische Komponenten zur Einsatzreife gelangt:

- «Optische Splitter» erlauben eine Verzweigung der Glasfaser in den OPAL-Netzen, so dass von einer Kopfstation über die sich verzweigende Glasfaser mehrere Teilnehmerstationen bedient werden können.
- «Optische Verstärker» können beispielsweise Verzweigungsverluste ausgleichen, oder sie können den mit höheren Bitraten zunehmend geringeren Abstand zwischen Sendepegel und erforderlichem Empfangspegel vergrössern. Besonders die Erbium-dotierten Faserverstärker für Lichtwellen um 1,5  $\mu\text{m}$  haben sich als leistungsfähige und vielseitig einsetzbare Elemente erwiesen.
- «Optische Einwegleitungen» schützen die Laser vor reflektiertem Licht und verhindern so dessen schädlichen Einfluss auf die Lichterzeugung bei Systemen höchster Leistungsfähigkeit.

### 4 Entwicklung der optischen Übertragungstechnik in der Zukunft

Auch die nächste Systemgeneration mit Bitraten von 40 Gbit/s ist damit schon in Sicht. Das Verfahren des Laser-«Injection-Locking» zusammen mit Solitonenübertragung und Einsatz integrierter elektronischer Chips für höchste Signal-Bitraten liefert zum Beispiel

ein aussichtsreiches Konzept, wie es im Forschungszentrum von Telekom verfolgt wird.

Im Labor stehen darüber hinaus *in der Wellenlänge abstimmbare Laser* und *elektrooptische Schalter* bereits zur Verfügung. Daneben gibt es hoffnungsvolle Ansätze für *optische Signalregeneratoren*, die digitale Signale «aufzufrischen» erlauben, ohne dass sie dafür in die elektrische Ebene transformiert werden müssen. Aussichtsreich sind auch Konzepte für *Wellenlängenumsetzer*. All diese Komponenten lassen die Vision eines künftigen *volloptischen Netzes (All Optical Network)* zunehmend ausführbar erscheinen. In einem solchen Netz, das die physikalischen Möglichkeiten der optischen Nachrichtentechnik optimal nutzen würde, könnten die Nachrichten, einmal einem optischen Träger aufmoduliert, transparent optisch bis zum Empfänger geleitet werden, ohne zwischendurch in die elektrische Ebene rücktransformiert zu werden. Zum Einsatz käme dabei massives Wellenlängen-Multiplex mit Wellenlängenumsetzung und optischer Regeneration.

Das *Heinrich-Hertz-Institut* verfolgt dieses Ziel — teilweise im Auftrag von Telekom — schon seit einigen Jahren. Auch das Forschungsprojekt Photonik des Bundesministeriums für Forschung und Technologie und weitere Programme widmen einen Teil ihrer Aktivitäten diesem Ziel. Man stellt bei der Betrachtung des bisherigen Standes der Arbeiten aber fest, dass der Weg bis zu einem funktionsfähigen, betrieblich einsetzbaren volloptischen Netz noch weit ist und dass es bis dahin wichtige bescheidenere Etappenziele gibt.

### 5 Flächendeckende Netze mit Glasfaser-Hausanschluss (Fibre to the Home)

Vordringlich für die künftige Netzentwicklung erscheint vor allem, den Nutzern das volle Leistungsspektrum des Netzes verfügbar zu machen. Dazu müssen die Teilnehmer einen dialogfähigen, breitbandigen Zugang zum Netz erhalten. Nun kann man zwar die bestehenden Kupferleitungen — entweder die Telefonleitung oder auch den Fernseekabelanschluss (falls vorhanden) — durch geeignete Techniken aufrüsten. Diese sind aber nur als Zwischenlösungen für eine schnelle Breitbandversorgung geeignet. Letztlich wird man den mit OPAL (Optische Teilnehmer-Anschluss-Leitung) eingeschlagenen Weg fortsetzen müssen und den Teilnehmer über Glasfaser ans Netz anschliessen — und zwar möglichst mit leistungsfähigen und flexiblen Glasfaser-Hausanschlüssen.

Technisch ist das kein Problem, wie das OPAL-Programm in den neuen Bundesländern zeigt. In den alten Bundesländern mit ihrer für die heutigen Bedürfnisse ausreichenden Telekommunikations-Infrastruktur wäre die Installation flächendeckender Glasfaser-Hausanschlussnetze beim augenblicklichen Stand allerdings kaum durchführbar. Ein wesentliches Hemmnis sind die hohen Kosten der optischen Leitungsabschlüsse.



## 6 Das Forschungsprojekt OEIC

Schon das Forschungsprogramm OEIC (Opto-Elektronische Integrierte Chips), das Ende 1989 von der Deutschen Bundespost ins Leben gerufen und vom Forschungszentrum betreut wurde, hatte zum Ziel, Herstellungstechnologien für billigere optische Leitungsendgeräte zu entwickeln. Die primäre Idee des Projekts war, durch «monolithische Integration photo-nischer Schaltungen» auf dem Halbleitermaterial Indium-Phosphid, dem Basismaterial für Laser- und Empfängerdioden, zu kostengünstigeren und dennoch leistungsfähigen Leitungsendgeräten zu kommen. Die Ergebnisse des Projekts OEIC werden zwar allgemein als bedeutend für die Fortentwicklung der optischen Schaltungstechnik angesehen — es hat zum Beispiel wichtige Beiträge zur technischen Gestaltung von OPAL gebracht —, die Hoffnungen auf die Möglichkeiten der monolithischen Integration sind aber bedeutend bescheidener geworden.

Immerhin ist sehr viel deutlicher geworden, worauf man sich in Zukunft vorrangig zu konzentrieren hat: Benötigt werden kostengünstige und dennoch leistungsfähige «Transceiver»; das sind optische Schaltungen, die sowohl einen Sender wie auch einen Empfänger enthalten, mit denen — zum Beispiel im Wellenlängen-Multiplex — über eine Faser gleichzeitig gesendet und empfangen werden kann. Die heute verfügbaren, mikrooptisch aufgebauten Transceiver sind sehr teuer — viel zu teuer für Glasfaser-Hausanschlüsse für jedermann. Sie würden auch durch Herstellung in grösseren Stückzahlen kaum billiger, weil ihre Kosten im wesentlichen durch die mikromechanische Justierung der Einzelemente mit ausserordentlichen Toleranzanforderungen entstehen.

Was also erforderlich ist, sind Aufbautechniken, die angepasst an grössere Herstellungsvolumina kostenoptimiert werden.

## 7 Das Forschungsprojekt Kontent

Um die Erarbeitung derartiger Technologien sicherzustellen, will Telekom zusammen mit der Industrie das Forschungsprojekt Kontent (Komponenten Optischer Nachrichten-Technik fürs Netz der Telekom) durchführen. Dieses Projekt wird sich in einem dreijährigen Bearbeitungszeitraum ausschliesslich auf die Weiterentwicklung von Aufbautechniken für optische Transceiver mit Wellenlängen-Multiplex-Konzepten konzentrieren. Zurzeit werden die Verhandlungen von Telekom mit interessierten deutschen Industriefirmen über die Technischen Einzelheiten begonnen.

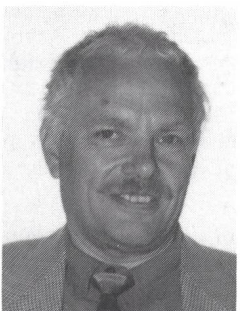
Idee und Konzepte für sinnvolle Aufbautechniken wurden, wiederum unter aktiver Mitarbeit des Forschungszentrums der Telekom, bereits im Rahmen des Projekts OEIC erarbeitet.

Erwartet wird, dass optische Transceiver in einigen Jahren als Billigprodukte zur Verfügung stehen, so dass etwa um das Jahr 2000 eine massive Installation von Glasfaser-Hausanschlüssen bezahlbar wird. Das ist der Zeitpunkt, zu dem nach den derzeitigen Normenentwicklungen für digitale Videosignale und den Bemühungen um Multimediadienste ein Massenbedarf für dialogfähige Breitbandanschlüsse erwartet werden kann.

Erst wenn Breitband-Dialogdienste in grossen Mengen verlangt werden und das Netz entsprechend ausgebaut werden muss, werden auch die weiteren Verheissungen der optischen Nachrichtentechnik eine Chance haben, voll zur Geltung zu kommen.

Adresse des Autors:

Deutsche Bundespost Telekom  
Forschungs- und Technologiezentrum  
Postfach 10 00 03, D-64276 Darmstadt



**Frank Sporleder** (Jahrgang 1939) studierte an der Technischen Universität Braunschweig Elektrotechnik, wo er anschliessend bis 1975 am Institut für Hochfrequenztechnik als wissenschaftlicher Mitarbeiter, später als Oberingenieur und zuletzt als Koordinator für das bundesweite Forschungsprojekt «Hohlkabelrepeater» arbeitete. Danach wurde er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Forschungsinstitut der Deutschen Bundespost. Seit 1990 war er dort Leiter des Forschungsbereichs «Übertragungssysteme». Im Dezember 1993 wurde ihm nach der Umorganisation des Forschungszentrums die Leitung des erweiterten Forschungsbereichs «Netze» übertragen. Dr. Sporleder war Leiter mehrerer übergreifender Forschungsprojekte und ist Mitglied zahlreicher nationaler und internationaler Forschungsgremien.