Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 73 (1982)

Heft: 3

Artikel: Entwicklungsstand der optischen Übertragung

Autor: Rhomberg, B.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904930

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: 10.12.2025

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

Entwicklungsstand der optischen Übertragung

Seit rund 15 Jahren sind die grundsätzlichen Möglichkeiten und Vorteile der Anwendung von Glasfasern in der Fernmeldetechnik bekannt. Die optische Übertragung wird allgemein als sehr vielversprechend und zukunftsträchtig gepriesen, doch gibt es immer noch relativ wenige konkrete Projekte. Der folgende Aufsatz ist eine Kurzfassung des Referates anlässlich der Pressekonferenz «Optische Übertragung – Realität und Tendenzen» von Standard Telephon und Radio AG am 25. November 1981.

1. Vorteile

Mit der optischen Faser steht der Nachrichtentechnik heute ein Medium zur Verfügung, das gleichzeitig geringe Dämpfung und eine grosse Übertragungsbandbreite auf sich vereinigt. Die Faser selbst ist dünn, biegsam und trotzdem robust, so dass optische Kabel sowohl bezüglich Herstellung als auch Verlegung den Koaxialkabeln überlegen sind.

Übersprechen, ein grosses Problem bei elektrischen Nachrichtenkabeln, fehlt bei optischen Fasern vollständig. Eine grosse Anzahl von Fasern kann darum sehr dicht in ein Kabel verpackt werden, wodurch sich enorme Nachrichtendichten pro Querschnitt realisieren lassen.

Optische Fasern sind Nichtleiter. Diese Eigenschaft macht die Fasern immun gegen elektromagnetische Störungen, die heute immer mehr zunehmen und übertragene Nachrichten empfindlich stören können.

2. Technischer Stand optischer Bauteile

Der grösste Fortschritt der optischen Übertragungstechnik wurde in der *Faserdämpfung* erzielt. Hatten die besten Fasern vor 15 Jahren noch Verluste um 1000 dB/km, so erzielt man heute je nach Wellenlänge Verluste von 3 dB/km bei 0,85 μ und 0,5...1 dB/km bei 1,3 μ. Als Illustration möge dienen, dass Fensterglas denselben Verlust pro Millimeter aufweist. Diese Resultate konnten durch extreme Reinheit des Ausgangsmaterials (10^{-10}) erreicht werden.

Die *Faserbandbreite* bei Multimodefasern mit 50 μ Kerndurchmesser konnte durch genaue Kontrolle des Indexverlaufs wesentlich auf 500 bis 1000 MHz pro Kilometer gesteigert werden. Bei Langstreckensystemen grosser Bandbreite genügen auch diese Werte nicht mehr; man geht zu Singlemodefasern (6 μ Kerndurchmesser) über, die mit Bandbreiten von über 100 HGz/km noch Reserven bis weit in die Zukunft aufweisen.

Lange Zeit galt die *Verbindungstechnik* als grosses Problem. Auch dieses Problem kann heute als technisch gelöst angesehen werden. Bei den nichtlösbaren Verbindungen dominieren bereits die Verluste, die sich im Mittel durch die Toleranzen der Faser bezüglich numerischer Apertur und Kerndurchmesser ergeben. Für Systemplanungen ist eine Spleissdämpfung von 0,5 dB pro Spleiss ein vernünftiger Wert. Bei den Steckern sind heute Lösungen erhältlich, bei denen die Verluste, die durch die Toleranzen in der Steckergeometrie entstehen, fast vernachlässigbar sind. Die Reflexionsverluste von etwa 0,4 dB kann man durch Indexanpassung, durch Antireflexionsbeschichtung oder durch innigen Kontakt der Faserflächen bekämpfen; alles Massnahmen, die den Stecker empfindlicher und teurer machen. Eine vernünftige Lösung sind heute feldmontierbare Stecker mit guter Genauigkeit, während Stecker mit vormontierten Faserstücken in der Dämpfungsbilanz gesamthaft schlechter abschneiden wegen der Verluste der beiden zusätzlich notwendigen Spleissungen.

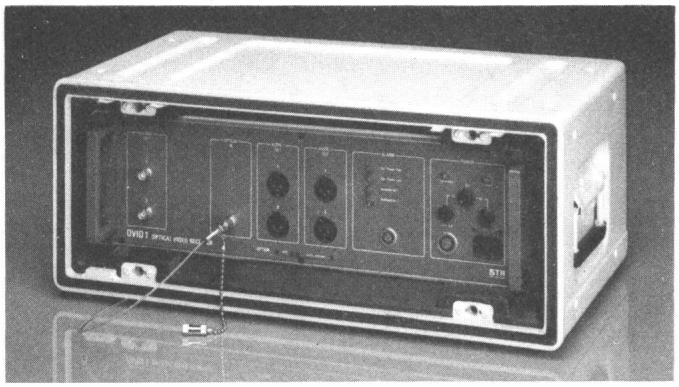
Die Verbindungstechnik für Singlemodefasern hat ebenfalls grosse Fortschritte gebracht, erreicht man doch Spleiss- und Steckerverluste in derselben Grössenordnung wie bei den Multimodefasern, allerdings mit einem bedeutend grösseren apparativen Aufwand.

Der Stand der *Sendeelemente* ist je nach Wellenlänge stark unterschiedlich: Während die Sendeelemente bei 0,85 μ bereits einen befriedigenden Stand der Reife erreicht haben, gehören die längerwelligen Ausführungen noch eindeutig zu den Labortypen. Lichtemittierende Dioden als Sender erlauben Leistungen von 10 bis 100 μW in einer Multimodefaser, während Laserdioden 1 mW erreichen.

Die Lebensdauer bei den LED war nie ein ernstes Problem; bei den Lasern glaubt man heute 10^5 bis 10^6 Betriebsstunden zu erreichen, Werte, die man nur noch unter simulierten Bedingungen extrapolieren kann. Die Temperaturempfindlichkeit bekämpfen die einen Lieferanten mit aktiven Kühlelementen, während andere ohne Kühlung einen akzeptablen Bereich garantieren. Eine Besonderheit der Laser liegt noch in ihrer Licht-Strom-Kennlinie, deren Steilheit eine optische Leistungsregelung notwendig macht.

Das Problem des Modenrauschens darf heute ebenfalls als technisch beherrscht betrachtet werden, wenn man zusammen mit Multimodefasern nur Multimodelaser verwendet. Die viel einfacher herzustellenden Quasi-Singlemodelaser sind nur mit Isolator und Singlemodefaser brauchbar.

Ähnlich wie bei den Sendeelementen ist die Wellenlängenabhängigkeit bei den *Empfangselementen*. Während sich bei 0,85 μ Wellenlänge aus Silizium fast ideale PIN- und Avalanche-Dioden herstellen lassen, muss man bei den grösseren Wellenlängen auf exotische Mischkristalle zurückgreifen, wenn man die grossen Dunkelströme von Germanium vermeiden will. Empfänger mit ähnlichem Aufwand haben bei 1,3 μ eine um 20 dB reduzierte Empfangsempfindlichkeit im Vergleich zu solchen bei 0,85 μ Wellenlänge, mit extremem Aufwand lässt sich diese Einbusse bis auf 6 dB reduzieren.



Ovid-1-Empfänger

Das optische Fernsehübertragungssystem OVID (*O*ptical *Vid*eo Transmission System) erlaubt die Übertragung eines hochqualitativen Farbfernsehsignals und zweier Breitband-Begleittonsignale. Es wird heute speziell für mobile Anlagen eingesetzt, z. B. für Fernsehübertragungen von Sportanlässen

3. Probleme der optischen Nachrichtentechnik

Trotz den vielfältigen Vorteilen geht die Einführung optischer Systeme in Europa relativ schleppend vor sich. Auch wenn man die übliche Zeitdauer in Rechnung stellt, die es zur Einführung einer neuen Technologie einfach braucht, ist trotzdem eine Diskrepanz zwischen verbaler und effektiver Wichtigkeit feststellbar. Sicher ist ein Grund, dass in unseren Ländern die Kommunikationsnetze gut ausgebaut sind und zufriedenstellend funktionieren. Trotzdem bleibt ein weiteres Element, auf das im folgenden näher eingegangen werden soll.

Im Zusammenhang mit der heute herrschenden gedrückten Wirtschaftsstimmung ist in der optischen Übertragung eine *Konkurrenzsituation* entstanden, die sich nicht nur zum Vorteil für diese neue Technologie auswirkt. Verschiedene Länder haben sich entschlossen, grössere Pilotprojekte durchzuführen wie zum Beispiel die breitbandigen Glasfaserortsnetze. Eine Ortsverkabelung mit optischen Leitern ist heute weder in technischer noch in kommerzieller Hinsicht konkurrenzfähig mit den bereits bestehenden koaxialen Ortsnetzen. Mit diesen Projekten soll die heimische Industrie unterstützt werden. Allerdings steht den Vorteilen wie Gewinn von Know-how und gesicherte Finanzierung der Nachteil gegenüber, dass Entwicklungskapazität gebunden wird, ohne dass daraus herstellbare Produkte resultieren.

Die Konkurrenz zwischen den Unternehmen führt zu einem Erfolgszwang der Beteiligten. Alle Resultate werden sofort veröffent-

licht, auch wenn die Herstellbarkeit noch keineswegs gesichert ist. Diese täglich neuen Rekorde verunsichern jeden Kunden; wer kauft schon gerne heute ein System bei 0,85 μ Wellenlänge, wenn er morgen ein besseres bei 1,3 μ erhält! Nur potentielle Anwender mit guter Übersicht sind in der Lage, Realität von Wunschdenken zu unterscheiden.

4. Stand optischer Systeme

Im *Ortsnetz* braucht es noch einiges, bis die Glasfaser sich mit einem Koaxkabel messen kann. Die Kosten müssen drastisch gesenkt werden, auch technisch nehmen sich die projektierten drei bis vier TV-Kanäle pro Faser gegen 30 bis 40 pro Koaxkabel bescheiden aus.

Ganz anders stellt sich die Situation im *Fernnetz* dar: Technisch sind die Glasfaserverbindungen den konventionellen schon ab 8 Mbit/s überlegen, kommerziell ab etwa 34 Mbit/s. Allerdings sind heute noch wenig ausgereifte Systeme vorhanden, die direkt eingesetzt werden könnten.

Besonderen Problemen stehen die *Kabel*hersteller gegenüber: Zum einen ist der Kabelpreis sehr stark von der hergestellten Menge abhängig, zum anderen ist gerade die Verkabelung des Fernnetzes ein Substitutionsmarkt, in dem optische Kabel die teureren Koaxialfernkabel ersetzen. Es ist leicht einfühlbar, dass die traditionelle Kabelindustrie sich nur widerwillig mit einem Produkt befasst, das sowohl auf den kurzfristigen Umsatz als auch – wegen der hohen Entwicklungskosten – auf die Marge drückt. Hohe Forderungen der Kunden bezüglich technischer Daten und Lebensdauer erschweren den Einstieg zusätzlich. So sind heute nur wenig Kabel erhältlich, die die technischen Vorteile der optischen Fasern wirklich ausnützen, und auch diese nicht optimalen Kabel sind teuer.

5. Tendenzen

In verschiedenen Ländern ist der Übergang von der Forschung in die Produktentwicklung bereits vollzogen; führende Beispiele dazu sind die USA und Japan. In den USA wurde der Einstieg in die optische Übertragung ausserordentlich erleichtert. Die USA zeigen auch eine höhere Risikobereitschaft als die europäischen Staaten; optische Kabel werden eingesetzt, auch wenn nicht mit letzter Sicherheit klar ist, dass die verwendeten Kabelkonstruktionen mindestens 30 Jahre Lebensdauer garantieren.

In gewissen europäischen Ländern – hier ist England führend – kommt eine seriöse Produkteentwicklung in Gang. Eine Planung, wie sie British Telecom durchführt, kann als beispielhaft gelten, um eine kontinuierliche Entwicklung zu garantieren.

Technisch gesehen scheinen der Technologie der optischen Übertragung keine Grenzen gesetzt, wenn man vom Zeit- und Geldfaktor absieht. Der Trend zu *grösseren Wellenlängen* setzt sich fort; die nähere Zukunft wird Mehrfachausrüstung der Faser durch Wellenlängenmultiplex bringen. Etwas weiter in der Ferne liegen Heterodyn-Empfänger, die besonders bei grösseren Wellenlängen eine bessere Empfangsempfindlichkeit versprechen. Eine gesunde Weiterentwicklung kann aber nur stattfinden, wenn die Finanzierung durch einen vernünftigen Produkteverkauf gesichert ist.

B. Rhomberg, dipl. Ing. ETH,
Leiter Entwicklung optische Übertragung,
Standard Telephon und Radio AG, 8055 Zürich

Zur Einführung der optischen Übertragung im schweizerischen Fernmeldenetz [1])

1. Einleitung

Die Schweizerischen PTT-Betriebe sind sehr an der Entwicklung optischer Übertragungssysteme interessiert. Man erwartet dank dieser neuen Technik in naher Zukunft Anlagen mit wesentlichen betrieblichen und auch finanziellen Vorteilen bauen zu können.

Im Laufe der nächsten 20 Jahre muss auch für den Telefonverkehr im Fern-, Bezirks- und interzentralen Bereich auf digitale Übertragung umgestellt werden. Dies erfordert den Bau vieler neuer Übertragungsstrecken. Gelingt es rechtzeitig, die heute noch theoretischen Vorteile der optischen Übertragung in qualitativ einwandfreien, betriebssicheren und wirtschaftlichen Anlagen zu nutzen, so wird ein guter Teil dieser neuen Anlagen Glasfaserkabelanlagen sein. Im Ortsnetz sucht man nach Möglichkeiten, um auf wirtschaftliche Art und Weise auf Breitbandleitungen mehr Informationen zum Teilnehmer zu übertragen. In allen Netzen bietet die digitale Übertragung wirtschaftliche Vorteile für den rasch wachsenden Bereich der Datenübertragung.

2. Einführungsphasen

Bevor man von konkreten Plänen der PTT-Betriebe und von einzelnen Anlagen spricht, ist es zweckmässig, sich kurz die Phasen vor Augen zu halten, welche bei der Einführung einer so umwälzenden Technik, wie sie die optische Übertragung darstellt, durchlaufen werden müssen.

2.1 Forschung und Entwicklung

Diese erste Stufe ist eine Aufgabe für Spezialisten.

Generelles Ziel: Noch nicht auf spezielle Anwendungsgebiete ausgerichtet. Offen für alle Möglichkeiten.

Detaillierte Ziele:
- Sich mit der Materie vertraut machen.
- Fähig sein, angebotene Bausteine zu messen und zu testen.
- Theoretische Systemmöglichkeiten abgrenzen.
- Im Handel nicht erhältliche Teile entwickeln oder erhältliche verbessern.

2.2 Versuchsanlagen

Auch diese fallen in den Arbeitsbereich der Spezialisten, wobei der Betrieb beigezogen wird.

Generelles Ziel: Auf spezielles Anwendungsgebiet ausgerichtet. Praktische Möglichkeiten prüfen. Die Anlagen gehören *nicht* zum Betriebsnetz.

Detaillierte Ziele:
- Lernen, Anlagen im Feld zu bauen.
- Die Bauorganisation einüben.
- Die Ausbildung von Ingenieuren und Handwerkern.
- Das Verhalten der Anlagen im Feld testen.
- Das Testen diverser Linienausrüstungen auf einer Kabelanlage.
- Publizität.

2.3 Pilot-Betriebsanlagen

Generelles Ziel: Anlagen als Teil des Betriebsnetzes, aber noch nicht als tragender Teil.

Detaillierte Ziele:
- Bau von Anlagen, welche voll der normalen Übertragungsqualität entsprechen.
- Langzeiterfahrungen sammeln.
- Ausbildung von Betriebspersonal.
- Echte Kostenunterlagen ermitteln.

3.4 Generelle Einführung von Betriebsanlagen

Generelles Ziel: Bau von Anlagen als normal tragende Teile der Betriebsnetze.

[1]) Kurzfassung des Referates der Fachpressekonferenz «Optische Übertragung – Realität und Tendenzen» von Standard Telephon und Radio AG am 25. November 1981.