

**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:** 82 (1991)

**Heft:** 7

**Artikel:** Datenübertragung mit polymeren optischen Fasern

**Autor:** Kaps, Rainer

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-902949>

### **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:** 18.04.2026

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

# Datenübertragung mit polymeren optischen Fasern

Rainer Kaps

**In ausgewählten Einsatzgebieten entwickeln sich polymere optische Fasern derzeit zu einer interessanten Alternative gegenüber Kupferkabeln oder Glasfasern. Zu den bedeutendsten Anwendungen gehören lokale Computernetzwerke, Fabrik-Automatisierung und Kfz-Bordmultiplexsysteme.**

**Dans des domaines de choix, les fibres optiques polymères se développent actuellement en une alternative intéressante aux câbles en cuivre ou aux fibres de verre. Parmi les plus importantes applications on compte les réseaux locaux, l'automatisation des fabriques et les systèmes multiplex pour équipements de bord de véhicules automobiles.**

Die optoelektronische Datenübertragung mittels digital codierter Lichtpulse gewinnt in modernen Kommunikationssystemen immer mehr an Bedeutung. Polymere optische Fasern (POF) gehören zu den Schlüsselementen dieser Technologie [1].

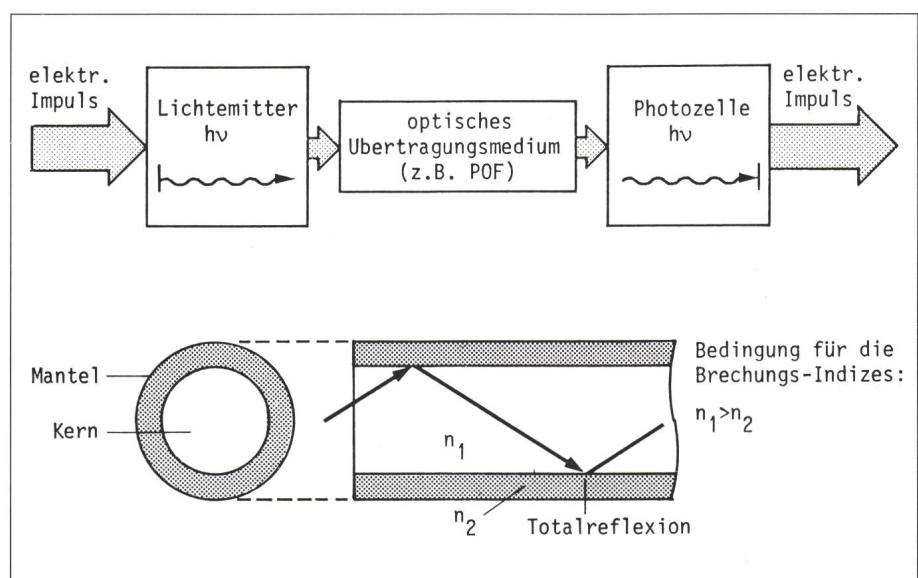
## Eigenschaftsprofil

Das in den Kern einer POF eingekoppelte Licht wird durch Totalreflexion an der Mantelschicht innerhalb der Faser geführt (Bild 1). Zur optimalen Übertragung ist daher ein extrem transparentes Kernmaterial und eine genau definierte Kern-Mantel-Grenzfläche erforderlich, an der der Brechungsindex stufenförmig abfällt. Aufgrund dieser Querschnittsstruktur gehören die POF zur Klasse der Stufenindexfasern.

Die Durchmesser der Fasern können etwa zwischen 0,2 und 3 mm vari-

ieren, wobei sich aber 0,5 und 1 mm als Standardabmessungen herausgebildet haben. Die Mantelschicht ist mit 0,01...0,02 mm im Verhältnis zum Kern sehr dünn. Um sie vor mechanischen Beschädigungen zu schützen, wird auf die POF in der Regel noch eine Kunststoffschutzhülle aufgebracht.

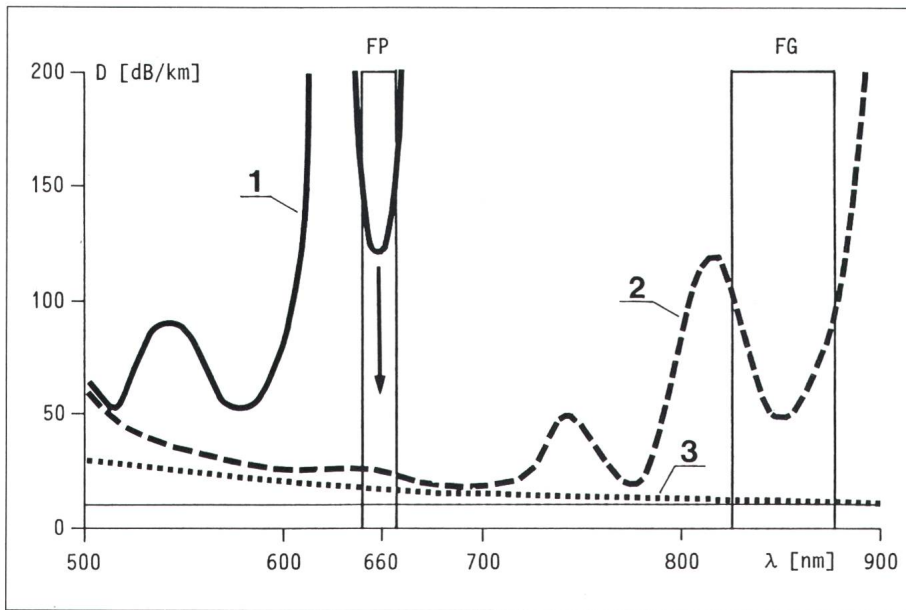
In einer typischen POF-Materialkombination besteht der Kern aus hochreinem Polymethylmethacrylat (PMMA) und der Mantel aus einem Fluorpolymer. Eine solche Faser zeigt im Emissionsbereich roter Leuchtdioden, also bei Wellenlängen um 660 nm, ein günstiges Transmissionsverhalten, das sich in einer Dämpfung von etwa 150 dB/km ausdrückt (Bild 2). Mit den heute verfügbaren Sendeelementen sind damit POF-Übertragungsstrecken von 120...180 m ohne Zwischenverstärker realisierbar [2, 3].



**Bild 1** Prinzip der Lichtübertragung innerhalb einer POF

## Adresse des Autors

Dr. Rainer Kaps, VAF-Neue Produkte,  
Hoechst AG, D-6230 Frankfurt am Main 80



**Bild 2** Spektrales Dämpfungsverhalten verschiedener POF-Materialien

- 1 Polymethylmethacrylat (PMMA)
- 2 deuteriertes PMMA (PMMA-d8)
- 3 perfluorierte Verbindung (theor.)
- FP optisches Fenster von polymeren optischen Fasern
- FG 1. optisches Fenster von Glas
- D Dämpfung
- λ Wellenlänge des Lichtes

**Vorteile beim Einsatz**

Bei der Datenübertragung über kurze und mittlere Entfernungen bieten die POF beträchtliche Vorzüge im Vergleich zu konventionellen Medien wie Kupferkabeln oder Glasfasern. Im Gegensatz etwa zu Kupfer sind POF vollständig unempfindlich gegen elektromagnetische Störsignale, deren herkömmliche Abschirmung in Werkhallen oder Fahrzeugen immer aufwendiger wird. Ausserdem garantieren POF die Kurzschlussfestigkeit des Systems und führen zu einer deutlichen Gewichtsreduzierung des Kabelbaums.

Im Vergleich zu den Präzisionsanforderungen im Umgang mit den sehr dünnen (typischer Durchmesser 0,125 mm) und spröden Glasfasern sind POF wesentlich leichter zu handhaben. Die mehr als 50fach grössere Querschnittsfläche gestattet eine unkomplizierte Positionierung in Kunststoffsteckern sowie den Einsatz weiterer kostengünstiger Bauelemente, so dass sich bereits in kleineren Netzwerken Systemkostenvorteile gegenüber Glasfasern ergeben. Weitere Vorzüge der Polymerfaser bestehen in ihrer Flexibilität, die sich in einem kleineren tolerierbaren Biegeradius aus-

drückt, und in ihrer Resistenz gegenüber Vibrationen.

Die derzeitigen Begrenzungen eines POF-Einsatzes beziehen sich je nach Anwendungsgebiet auf Dämpfungsverhalten (150...200 dB/km, im Gegensatz zu weniger als 1 dB/km für Glasfasern), Wärmebeständigkeit

| Typ | Dämpfung [db/km] | Temperatur-Einsatzbereich [°C] | Kern-Material                |
|-----|------------------|--------------------------------|------------------------------|
| A   | < 100            | -40 ... + 80                   | Fluorpolymer                 |
| B   | 140 ... 200      | -40 ... + 80                   | Polymethylmethacrylat (PMMA) |
| C   | < 800            | - 40 ... + 135                 | Alternativen zu Polycarbonat |

**Bild 3** Klassifizierung der Fasertypen

|   | B-500-I     | B-1000-I    |
|---|-------------|-------------|
| Kerndurchmesser [mm]                              | 0,48 + 0,01 | 0,97 + 0,02 |
| Faserdurchmesser ohne Hülle [mm]                  | 0,50 + 0,01 | 1,00 + 0,02 |
| Aussendurchmesser mit Kunststoff-Schutzhülle [mm] | 1,00 + 0,05 | 2,20 + 0,07 |

**Bild 4** Geometrische Spezifikation von Standardfasern des Typs B, andere Durchmesser sind möglich

(80 °C für PMMA; 125 °C für Polycarbonat-Fasern) und Bandbreite (6 MHz · km).

**Anwendungsbereiche**

Bislang haben einfache POF-Qualitäten ihren Einsatz vor allem im Bereich der Beleuchtung und Displays gefunden. Sie sind bei der Anbindung von Anzeigeelementen an eine zentrale Lichtquelle unter geometrisch schwierigen Bedingungen ebenso vertreten wie als Faserbündel bei der variablen Gestaltung von Matrixflächen.

Verbesserte Produkteigenschaften ermöglichen nun auch den Übergang zur Datenkommunikation mit Übertragungsraten von mehreren Megabit pro Sekunde [4]. Dadurch haben sich neue Anwendungsfelder wie lokale Computernetzwerke in Bürogebäuden (LAN) und die Ansteuerung von Werkzeugmaschinen im Fertigungsbereich erschlossen. Auch dort, wo bereits ein Kernnetz auf Glasfaser-Basis existiert, bilden POF dank ihrer einfachen Installierbarkeit eine interessante Alternative für den Endbenutzer-Anschluss.

Ein besonders zukunftssträchtiges Einsatzgebiet für POF wird derzeit bei Kfz-Bordnetzen erwartet, die die gesamte Datenübertragung im Automobil integrieren werden – von der Sitzverstellung bis zu den Kontrollinstrumenten, vom Fensterheber bis zum ABS-Signal. Da Kupfer und Glas wegen der bekannten Nachteile bezüglich Einstrahlung, Gewicht und Vibra-

|                    |            |               |       |
|--------------------|------------|---------------|-------|
| Dämpfung           |            |               |       |
| bei 650 nm         | [db/km]    | 150 ... 200   |       |
| bei 770 nm         | [db/km]    | 500 ... 700   |       |
| bei 830 nm         | [db/km]    | 1500 ... 1700 |       |
| Bandbreite         | [MHz · km] | 6             |       |
| Brechungsindex     |            |               |       |
| Kern               | 1,491      | 1,491         | 1,491 |
| Mantel             | 1,439      | 1,422         | 1,360 |
| Numerische Apertur | 0,39       | 0,45          | 0,61  |
| Aufnahmewinkel     | [°]        | 46            | 53    |
|                    |            |               | 75    |

**Bild 5** Optische Spezifikation von Standardfasern des Typs B

tionen ausscheiden, entwickelt die Automobilindustrie gemeinsam mit ihren entsprechenden Zulieferern POF-Multiplexsysteme, um in der zweiten Hälfte der neunziger Jahre die ersten Serienfahrzeuge damit ausstatten zu können.

### Übersicht der Fasertypen

Ein Forschungsprojekt der Hoechst AG beschäftigt sich mit insgesamt drei verschiedenen Typen von POF (Bild 3). Neben der Standardfaser (Typ B), bei der die Arbeiten am weitesten fortgeschritten sind, befinden sich zwei Sondertypen mit Dämpfungswerten deutlich unter 100 dB/km (Typ A) und mit verbessertem Temperaturverhalten bis 135 °C (Typ C) in Vorbereitung.

Die technische Charakterisierung der im Schmelzspinnverfahren hergestellten Fasern erfolgt hinsichtlich der eingesetzten Materialien, des geometrischen Aufbaus von optischem Kern und Mantel sowie einer optionalen äusseren Schutzhülle (Bild 4), der optischen Qualität (Bild 5), der mechanischen Stabilität und der Klimabeständigkeit.

### Entwicklung von Komponenten

Der Einsatz von POF in anspruchsvolleren Anwendungsbereichen wie etwa Bordnetz im Auto oder LAN setzt voraus, dass geeignete, dem Fasermaterial und seinen Eigenschaften angemessene Komponenten zur Ver-

fügung stehen. Dazu gehören im roten Spektralbereich mit hoher Intensität emittierende LEDs, Empfangselemente, Steckverbinder und Sternkoppler.

Der aus diesem Grunde bei Hoechst entwickelte passive optische Sternkoppler gestattet eine elektromagnetisch störungsfreie und mechanisch stabile Verteilung der Informationen im POF-Netzwerk (Bild 6). Das Herstellungsverfahren basiert auf der Schrumpfschlauchtechnik und ist mit guten Resultaten bezüglich Exzessverlust und Uniformität (Bild 7) bis

zu Kopplervarianten mit je 19 Ein- und Ausgängen angewandt worden.

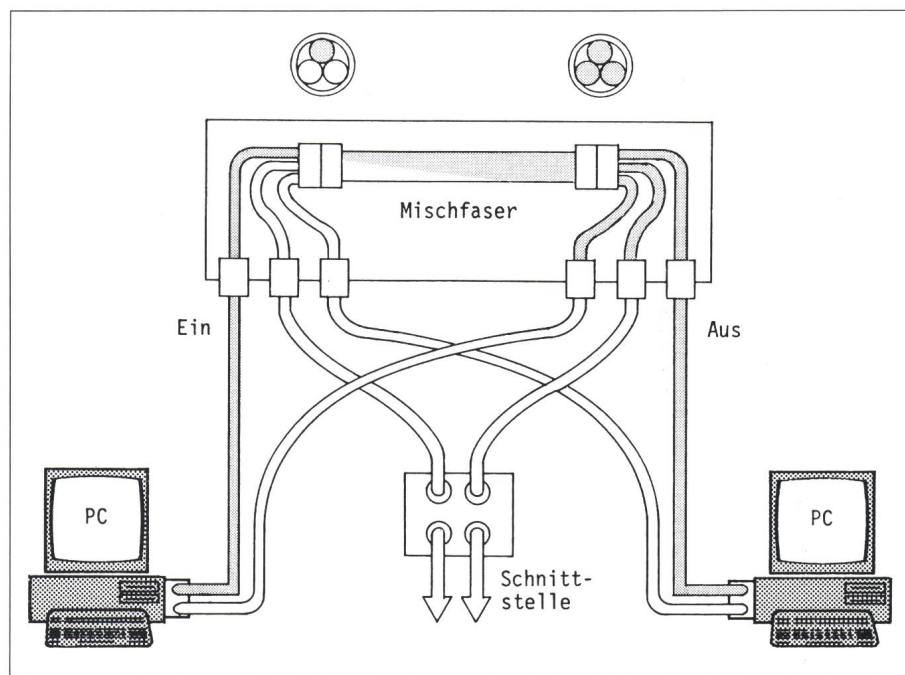
### Einsatzpotential in Netzwerken

Die Anwendungsmöglichkeiten für POF in LANs werden von den Faktoren Topologie, Faserqualität und Systembudget (maximal zulässige Dämpfung zwischen zwei Teilnehmern im Netz) bestimmt. Aus einer einfachen Bilanz der Verlust-Effekte in Steckern, Kopplern und entlang der Faserstrecke ergibt sich der Vorzug der Stern-Konfigurationen gegenüber den alternativen Topologien Ring oder Bus [5].

Unter der Annahme eines Systembudgets von 28 dB können dann Netzausdehnung und Teilnehmerzahl in Abhängigkeit der Fasertypen A, B, C ermittelt werden (Bild 8). Einen deutlichen technischen Vorzug für die niedrigdämpfende POF-Variante A lässt dieses Modell bereits ab einem LAN-Radius von etwa 50 m erkennen [6].

### Anwendungsbeispiel «Opto 1»

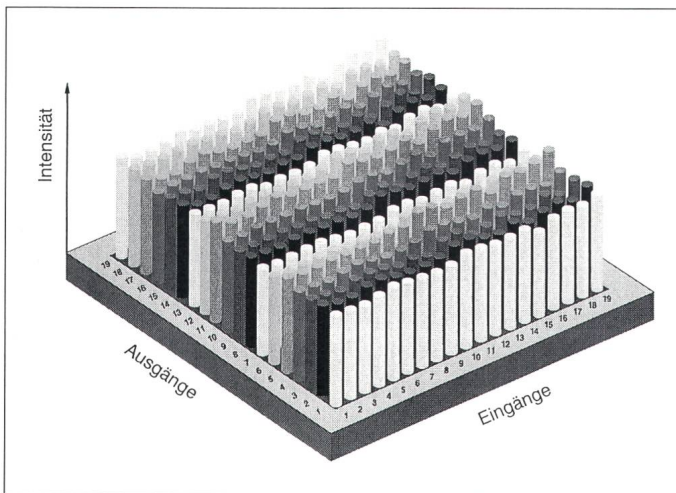
Das praktische Zusammenspiel aller Bauelemente wurde exemplarisch



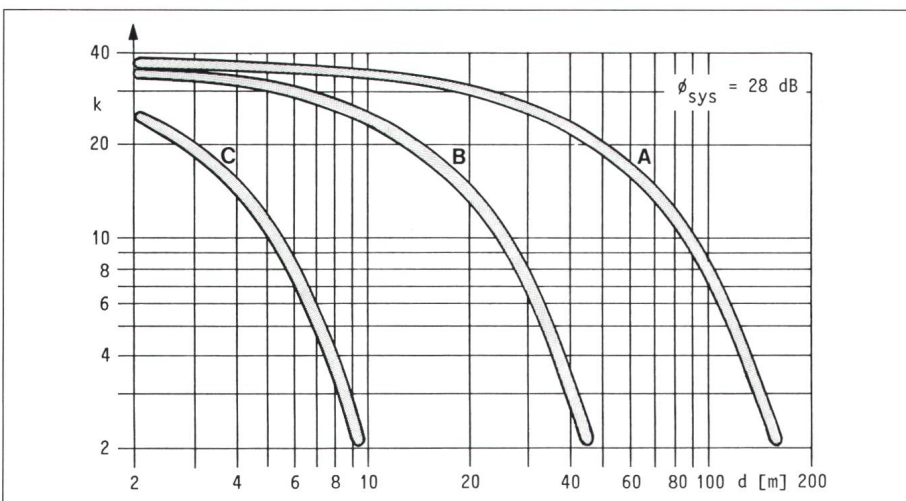
**Bild 6** Funktion des passiven Sternkopplers im Netzwerk

Beispiel eines 3x3 Sternkopplers:

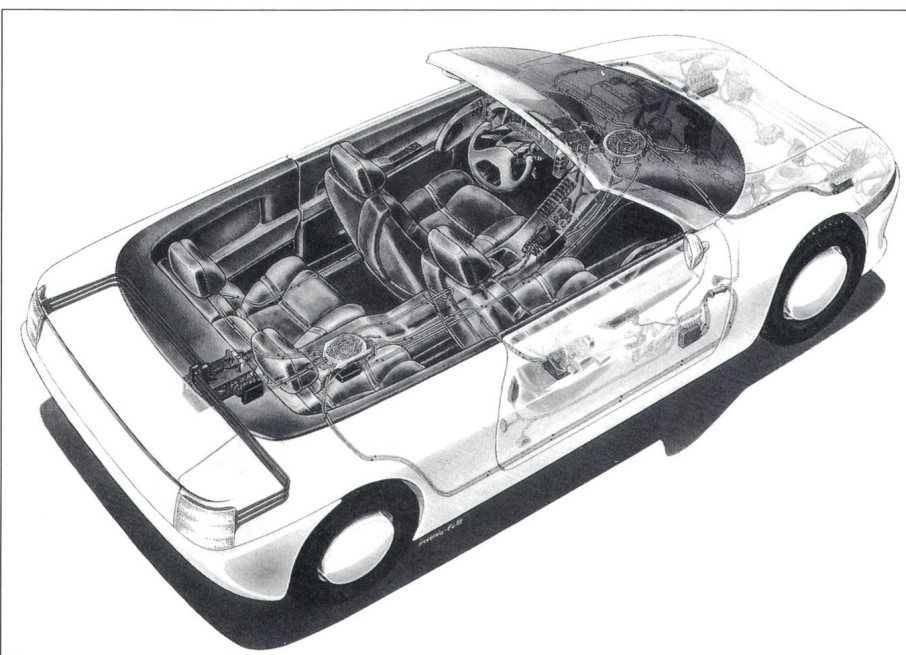
Die Daten des sendenden PC werden im Sternkoppler auf alle Ausgangskanäle verteilt, können aber durch geeignete Codierung auch einen empfangenden PC gezielt erreichen



**Bild 7**  
**Intensitätsverteilung eines passiven Sternkopplers**  
 Beispiel eines 19x19 Sternkopplers.  
 Höhe der Säulen: Ausgangsintensitäten bezogen auf die Intensitäten am Eingang der entsprechenden Fasern



**Bild 8** Netzreichweite in Abhängigkeit vom Fasertyp  
 A, B, C Typ der POF (siehe Bild 3)  
 k Anzahl der Netzwerk-Knoten (Teilnehmer)  
 d Reichweite bei einem maximalen Systembudget von  $\Delta_{sys} = 28$  dB



**Bild 9** POF-Bordnetz und -Rücklichtsteuerung im Fahrzeug-Prototyp «Opto 1»  
 (Foto: Hoechst AG)

am Bordnetz im Automobil demonstriert. Im «Opto 1» genannten Prototypen von Hoechst werden zwölf Peripheriemodule, die an ausgewählten Positionen im Kfz platziert sind, von einem zentralen Prozessor mit POF angesteuert. Der optische Informationsfluss verläuft dabei über zwei passive Sternkoppler, wobei an den vorderen Stern die Armaturentafel und der Motorbereich und an den hinteren Stern der Innenraum und das Heck angeschlossen sind (Bild 9).

Die Wahl der passiven Doppelsternarchitektur garantiert eine hohe Zuverlässigkeit des Netzwerks, da die Übertragung der Signale ohne Zwischenschaltung störungsempfindlicher elektronischer Wandler oder Verstärker erfolgt. Ausserdem gestattet diese Topologie eine flexible Erweiterung des Bordnetzes um zusätzliche Funktionen [7].

Die Datenrate im «Opto 1» beträgt etwa 50 kbit/s, kann aber prinzipiell bis auf 10 Mbit/s erhöht werden und ist damit den künftigen Anforderungen für eine umfassende und sichere Kommunikation im Fahrzeug gewachsen.

**Literatur**

- [1] P. Herbrechtsmeier: Lichtwellenleitertechnik – Trends in der Entwicklung und Anwendung. Chemie-Ingenieur-Technik 59(1987)8, S. 637...644.
- [2] W. Groh: Overtone absorption in macromolecules for polymer optical fibres. Makromolekulare Chemie 189(1988)12, p. 2861...2874.
- [3] P. Herbrechtsmeier und W. Groh: Neue Wege der Informationsübertragung mit Polymer-Lichtwellenleitern. Laser und Optoelektronik 20(1998)5, S. 60...63.
- [4] J. Meier a. o.: Time-domain bandwidth measurements of step-index plastic optical fibres. Electronics Letters 23(1987)22, p. 1208...1209.
- [5] W. Groh a. o.: Material and system concepts for polymer optical fibres in LANs. Proceedings of the Twelfth International Fibre Optic Communications and Local Area Networks Exposition, Atlanta, September 12...16, 1988; p. 189...193.
- [6] J. Theis a. o.: Polymer optical fibres for local area networks. Conference Proceedings of the 48th Annual Technical Conference of the Society of Plastics Engineers, ANTEC 90, Dallas, May 7...11, 1990; p. 893...896.
- [7] R. H. Lefkowitz a. o.: Implementation of a passive star based fibre optic network for full vehicle control. Proceedings of the International Congress and Exposition of the Society of Automotive Engineers, Detroit/Michigan, February 27...March 3, 1989. SAE Technical Paper Series No. 890203, p. 1...12.

**Anmerkung:** Der vorliegende Aufsatz ist hervorgegangen aus einem Vortrag, gehalten am 4.10.90 in Altdorf bei der ETG-Tagung zum Thema «Lichtwellenleiter als Kommunikationsmittel in der Energieversorgung».

# WOLLEN SIE MEHR DARÜBER WISSEN ?



**D**as Blitzortungs- und Verfolgungssystem LPATS (Lightning Position and Tracking System) ist von Atmospheric Research Systems Inc. entwickelt und hergestellt.

Es ist jetzt in der Schweiz installiert.

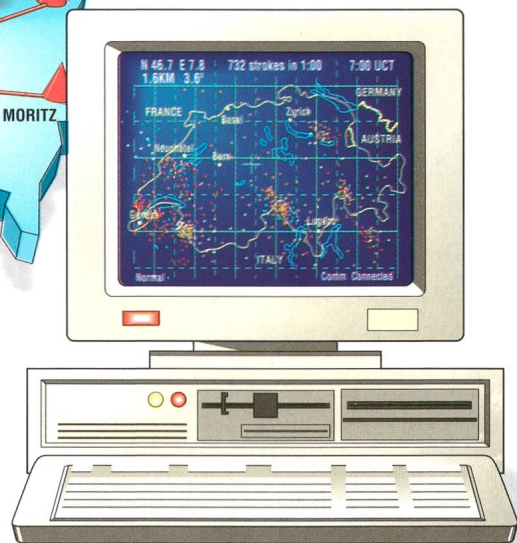
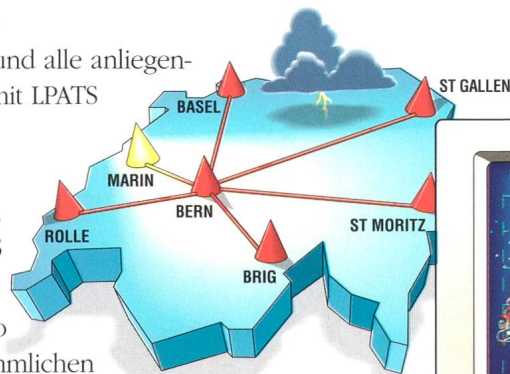
Blitzschläge, die über die Schweiz und alle anliegenden Gebiete niederfallen, können mit LPATS genau geortet werden.

Überall dort, wo Sicherheit und Produktivität an erster Stelle stehen, findet das Blitzortungssystem LPATS seinen Einsatz.

Mit unserem VIS-SOFTWARE (Video Information System), einem herkömmlichen PC und einem Modem, können Sie das Gewitter online verfolgen und dann auch nachträglich abrufen. Einschlagsorte werden so schnell und präzise identifiziert! Wollen Sie mehr darüber wissen?

SDI Scientific Development Inc. SA informiert Sie jederzeit gerne.

## IHR PARTNER FÜR BLITZINFORMATION



Scientific Development Inc. SA  
Champs-Montants 2 CH-2074 Marin/NE  
Tel. 038/33 85 35 Fax 038/33 87 10



# Schaltuhren

(und Stundenzähler)

sind unsere Spezialität

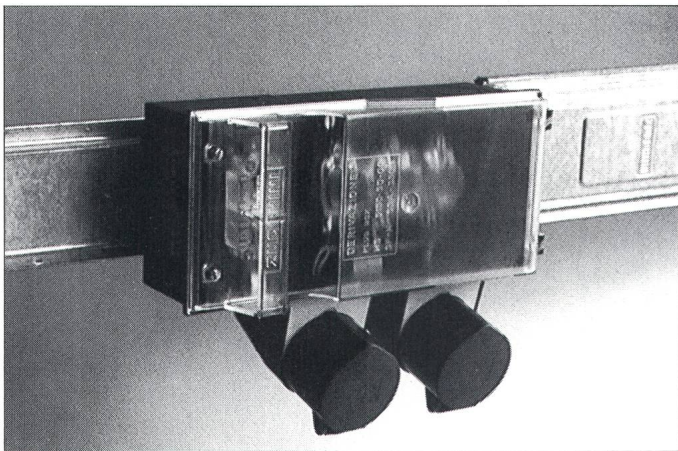
**e.o.bär**

3000 Bern 13

Postfach 11

Wasserwerkstrasse 2

Telefon 031/22 76 11



## Canalisations électriques de distribution LANZ

Pour ateliers artisanaux et de fabrication. De 100 à 900 A.

- montage facile: le matériel de montage, les boîtes de raccordement et de dérivation sont fournis
- possibilités d'extension: modifications et agrandissement rapidement réalisables
- prix avantageux — livrables du stock

Demandez conseil et offre à **lanz oensingen sa**  
**062/78 21 21 FAX 062/76 31 79**

Les canalisations électriques m'intéressent. Prière d'envoyer la documentation.

Pourriez-vous me/nous rendre visite? Avec préavis!

Nom, adresse: \_\_\_\_\_

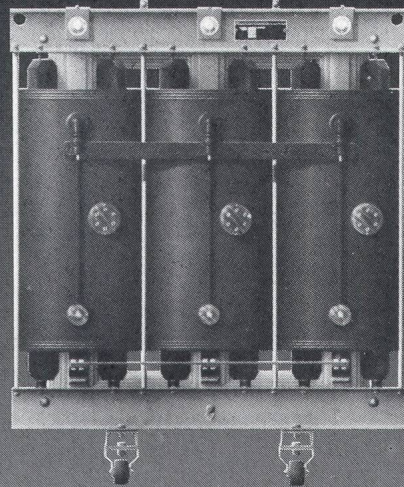


**lanz oensingen sa**

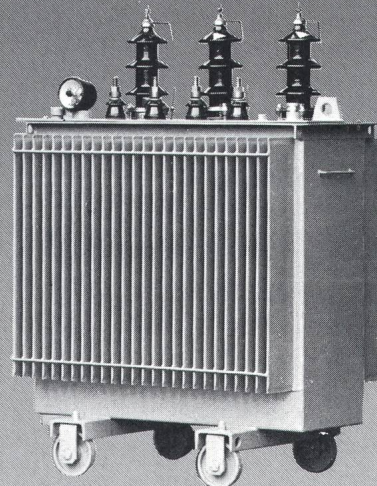
CH-4702 Oensingen · téléphone 062 78 21 21

## Unsere Transformatoren

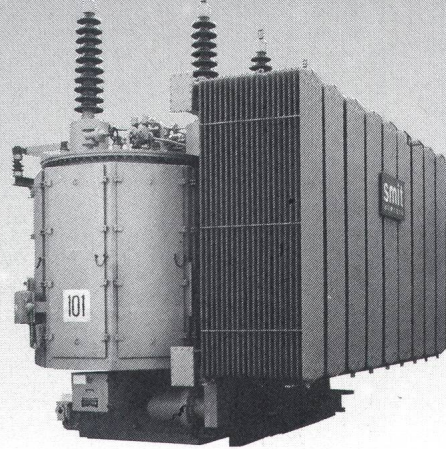
**Giessharz-Netztransformatoren**



**Öl-Netztransformatoren**



**Grosstransformatoren**



Unsere Produkte sind nicht nur preisgünstig, auch die Verluste werden optimiert. Wir unterbreiten Ihnen gerne ein Angebot.

**ELTAVO Walter Bisang AG**

Elektro- und Industrieprodukte

CH-8222 Beringen/Schaffhausen

Tel. 053/35 31 81/Fax 053/35 31 52

**eltavo**