

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 94 (2003)
Heft: 17

Artikel: Optische Freiraumübertragung ermöglicht Datenraten bis in den Gigabit-Bereich
Autor: Brugger, Stefan
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-857581>

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: 13.07.2025

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

Optische Freiraumübertragung ermöglicht Datenraten bis in den Gigabit-Bereich

Der Einsatz von Lasern für Sichtverbindungen – der so genannten Free-Space-Optics-Technologie (FSO), bei welcher für die Übertragung von Daten, Sprache und Video Luft als Übertragungsmedium verwendet wird – ist die Lösung für viele Probleme und Einschränkungen, die bei der Verwendung von Glasfasernetzwerken auftreten. Speziell in Ballungszentren ist diese Technologie ein kosteneffizienter und schneller Weg, um LAN- und Metro-Netzwerke zu erweitern oder Mobilantennen zu erschliessen, ohne die Verzögerungen und Schwierigkeiten, mit welchen beim Verlegen der Glasfaserkabel zu rechnen ist, in Kauf nehmen zu müssen.

Mit Free Space Optics (FSO) lässt sich – bei bedeutend geringeren Kosten und Installationsaufwand – die gleiche Verbindungsqualität wie bei der Verwendung von Glasfasernetzwerken erreichen. Damit erlauben sie Carriern (Fernmelde-

Stefan Brugger

dienstanbieterinnen gemäss Bakom) und Internet-Service-Providern (ISP), neue Kunden zu erschliessen und zusätzlichen Umsatz zu generieren, ohne grosse Investitionen in die Infrastruktur tätigen zu

müssen. Firmen, die ihre LAN mit FSO erweitern, vermeiden so hohe, wiederkehrende Kosten bei der Miete von WAN-Verbindungen (z.B. Leased Lines).

FSO ist zudem eine Technologie, die weltweit lizenzfrei eingesetzt werden darf. Dank den kleinen Ausmassen der Übertragungseinheiten lassen sich diese sehr einfach auf Dächern, an Fassaden und hinter Fenstern montieren (Bild 1). Solche Verbindungen sind daher innerhalb von Stunden installiert, im Gegensatz zu Glasfasern und anderen Technologien, deren Installation um ein Vielfaches mehr Zeit erfordert.



Bild 1 FSO-Systeme benötigen nur wenig Platz

Was ist Free Space Optics?

Free Space Optics ist eine Technologie für Sichtverbindungen, die Laser für die optische Datenübertragung verwendet (Bild 2). Heute ist FSO in der Lage, Daten, Sprache und Video mit einer Geschwindigkeit von bis zu 2,5 GBit/s durch die Atmosphäre zu übertragen, ohne dass Glasfasern oder Funklizenzen benötigt werden. FSO verwendet fokussiertes Licht von LED¹⁾ oder Lasern. Diese Lichtquellen sind für das menschliche Auge unsichtbar, da sie im Infrarotbereich arbeiten. Das Wellenlängenband der Laser bewegt sich von rund 780 nm bis etwa 1550 nm, was Frequenzen von ungefähr 200 THz entspricht. Die heute am meisten verwendete Wellenlänge liegt bei 850 nm. Da weltweit die Benutzung von Frequenzen nur bis 300 GHz reguliert ist, braucht der Einsatz von FSO keine Betriebserlaubnis. Die Verwendung von Lasern für FSO ist ähnlich wie diejenige für Glasfasern. Der einzige Unterschied ist die Verwendung von Luft als Medium.

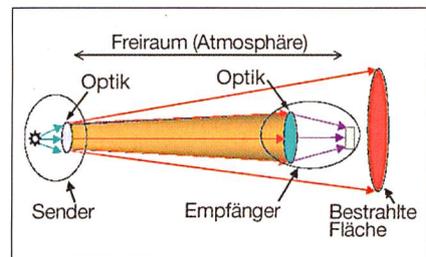


Bild 2 Schema eines optischen Freiraumübertragungssystems

Im Kegel des sich öffnenden Laserstrahls des Senders (Durchmesser bei 1 km Distanz etwa 2 m) ist der Empfänger positioniert.

FSO ist eine relativ einfache Technologie. Sie basiert auf der Konnektivität zweier FSO-Einheiten, die jeweils aus einem Laser-Sender und -Empfänger bestehen, so dass eine bidirektionale Full-duplex-Verbindung entsteht. Jede Einheit besteht aus einer optischen Quelle (Laser) und einer Linse, die das Licht bündelt und zur Linse des Empfängersteils der gegenüberliegenden Einheit transportiert. Die Empfangslinse ist via Glasfaser mit dem hoch empfindlichen Empfänger verbunden.

Ursprünglich von Militär und NASA²⁾ eingesetzt, verbindet FSO bereits seit mehr als 30 Jahren breitbandig abgelegene Standorte. Dank grosser technischer Fortschritte hat sie sich auch als Technologie für kurzfristige Einsätze (Aufbau innerhalb von Stunden), für Backbone-Anbindungen in der letzten Meile, für LAN-Erweiterungen und als wachstumsfähige Alternative zu Kupfer, WLAN und Glasfaser für Service Providers etabliert. Als optische Technologie ist FSO eine wertvolle, zuverlässige und kostengünstige Ergänzung für Carrier, die ihren Kunden bis zu den äussersten Enden ihrer Netzwerke optische Verbindungen anbieten.

Fünf Wege, die letzte Meile zu überwinden

Das steigende Angebot an hohen Bandbreiten im LAN-Bereich (Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet) führt natürlich auch zu einem wachsenden Bedürfnis nach Bandbreite über das eigene Gebäude hinaus, wenn es darum geht, andere Firmenstandorte an die gleiche Server-Infrastruktur anzuschliessen oder Software einzusetzen, die nicht für schmalbandige WAN-Verbindungen entwickelt wurde. Hier stösst man auf Grund der zu übertragenden Datenmengen nach wie vor auf den Flaschenhals der letzten Meile.

Aus einem technischen Blickwinkel betrachtet gibt es verschiedene Möglichkeiten, diesen Flaschenhals zu überwinden, wobei doch die meisten wirtschaftlich wenig attraktiv sind.

Fiberoptik-Kabel

Fiberoptik ist das zuverlässigste Medium für breitbandige Datenverbindungen. Die enormen Tiefbauarbeiten bei Streckenführung und Gebäudeanschluss mit den damit verbundenen zeitlichen Randbedingungen sowie staatliche Auflagen und hohe Kosten verhindern oft den Einsatz dieser Technologie. Die meisten der Gräben, die für Glasfaser aufgerissen werden, dienen für Backbone-Verbindungen von Carriern oder Grossunternehmen; es werden hingegen kaum Gebäudeanschlüsse realisiert (es sind fast ausschliesslich Zentralen und einige Grossunternehmen mit Glasfaser erschlossen; die meisten Gebäude sind mit Kupfer verbunden). Ausserdem kann weder der Carrier gewechselt werden noch können die Glasfasern mitgenommen werden, wenn die Firma den Standort wechselt. Dies macht es schwierig, die Investitionen in einer vernünftigen Zeitspanne abzuschreiben.

Richtfunk

Eine andere Möglichkeit ist der Richtfunk – eine reife Technologie, die grössere Distanzen als FSO überbrücken kann. Aber Richtfunk erfordert hohe Investitionen in die Ausrüstung und hohe Kosten für wiederkehrende Lizenzgebühren.

Wireless LAN (WLAN)

Diese mit dem Richtfunk verwandte kostengünstige Lösung, die lizenzfrei verwendet werden darf, eignet sich sehr gut für die Erschliessung von Hotspots in öffentlicher und privater Umgebung. Beim gerichteten Einsatz in Punkt-zu-Punkt-Verbindungen muss wegen auftretenden Interferenzen mit Verfügbarkeitsproblemen gerechnet werden, da starke Bandbreiten-Schwankungen auftreten können, die bis zu Unterbrüchen führen können. Bis heute skaliert weder der lizenzierte Richtfunk noch WLAN mit den hohen Bandbreiten von bis zu 2,5 GBit/s, die mit FSO erreicht werden können.

Kupferkabel

Eine weitere Variante ist die Verwendung von Kupferkabeln (xDSL, Kabel-Modem, E1³⁾), welche sich sehr gut für die traditionelle Telefonie und für Internetzugänge eignen. Da aber zwischen benachbarten Gebäuden kaum direkte Kupferverbindungen bestehen, bleiben die Distanzen in absehbarer Zeit jedoch zu gross⁴⁾, um darüber zuverlässig Daten bei genügend hoher Bandbreiten übertragen zu können.

Free Space Optics (FSO)

Als entwicklungsfähigste Alternative bietet sich Free Space Optics (FSO) an. Diese Technologie ist die optimale Lösung, wenn man die Bandbreiten-Skalier-

barkeit, die kurze Installationszeit (Stunden gegenüber Wochen oder gar Monaten, wie etwa bei der Verlegung von Glasfasern), die Portabilität und Flexibilität beim Auf- und Abbau, die optische Basis (Vermeiden von elektrischen Netzabschnitten in optischen Netzen) und die Wirtschaftlichkeit berücksichtigt. Ausserdem ermöglicht FSO den Firmen eine weit gehende Unabhängigkeit von Carriern.

Eine LAN-Erweiterung in ein anderes Gebäude kann durch firmeneigenes Fachpersonal erstellt werden. Es macht auch wenig Sinn, einerseits die ständig zunehmenden Bandbreitenbedürfnisse mit immer mehr High-Speed-LAN (Fast Ethernet und Gigabit Ethernet) abzudecken, aber andererseits mit der Aussenwelt oder mit anderen Gebäuden über langsame Verbindungen zu kommunizieren.

Einordnung

FSO ist aus zwei Gründen klar eine optische und nicht eine drahtlose Technologie. Einerseits ermöglicht FSO eine Übertragungskapazität von bis zu 2,5 GBit/s (und durch den Einsatz von WDM⁵⁾ schon bald 10 GBit/s), was sich mit fixer Wireless- oder Richtfunk-Technologie heute noch nicht erreichen lässt, und andererseits müssen keine teuren Spektrum-Lizenzen gekauft werden wie bei den Wireless-Technologien⁶⁾. Zudem ist die Datenübertragung über eine FSO-Verbindung aus folgenden Gründen sicher hinsichtlich Abhörens:

- Die Verbindung ist nicht sichtbar und daher von Auge nicht zu orten.
- Ausserhalb des Infrarotstrahls kann kein Signal empfangen werden (es gibt keine «Keulen» wie bei Funkübertragung).

Nebelbezeichnung	Niederschlagsäquivalent	Menge [mm/h]	Sichtweite [km]	Signalverlust [dB/km]
Sehr dichter Nebel			0–0,05	–271,65
Dichter Nebel			0,200	–59,57
Mässiger Nebel	Schnee		0,500	–20,99
Leichter Nebel	Schnee	Wolkenbruch	100,00	0,770 1 –9,26
Nebeldunst	Schnee	Starker Regen	25,00	1,9 2 –4,22 –3,96
Dunst	Schnee	Mittlerer Regen	12,50	2,8 4 –2,58 –1,62
Leichter Dunst	Schnee	Leichter Regen	2,50	5,9 10 –0,96 –0,44
Klar	Schnee	Nieselregen	0,25	18,1 20 –0,24 –0,22
Sehr klar				23 50 –0,19 –0,06

Tabelle Signalverluste bei Nebel, Schnee und Regen

– Die Verbindung ist jederzeit einsehbar und von Auge bezüglich Manipulationen kontrollierbar, da eine freie Sichtverbindung zwischen den beiden Endgeräten vorhanden sein muss.

Glasfaser und FSO teilen viele Gemeinsamkeiten. Es gibt aber einen Unterschied in der Art, wie Information übertragen wird. Während die Glasfaser ein ziemlich klar definiertes Medium ist, verwendet FSO mit der Atmosphäre ein offenes Medium, welches verschiedenen Störungseinflüssen ausgesetzt ist. Zu den eher theoretischen Einflussfaktoren auf einen die Atmosphäre durchquerenden Laserstrahl gehören die Streuung, die Absorption und die Turbulenzen, welche sich durch Strahlenwanderung, Hitzeschillern und Strahlaufweitung äussern. Moderne FSO-Systeme sind so ausgelegt, dass sie diese Einflüsse berücksichtigen.

Grenzen und störende Einflüsse

Zu den praktischen Problemen, welche die Leistung von FSO-Systemen beeinträchtigen können, gehört das Wetter (Tabelle).

Störgrösse Regen

Regen hat auf FSO im Gegensatz zu Richtfunk einen relativ kleinen Einfluss, da die Reduktion der Sichtweite minimal ist, wie man das mit den eigenen Augen auch feststellen kann. Richtfunk hingegen wird durch Regen beeinflusst, da die verwendeten Wellenlängen in der Grössenordnung des Radius der Regentropfen liegen.

Störgrösse Schnee

Auch Schneefall wirkt sich nur schwach auf FSO-Systeme aus, da Schneeflocken im Vergleich zur verwendeten Wellenlänge gross sind. Leichter bis starker Schneefall hat etwa die Wirkung von leichtem Regen.

Störgrösse Nebel

Nebel hingegen kann die Reichweite von FSO mehr als andere Witterungseinflüsse eingrenzen. Der Grund ist die ähnliche Grösse der Wellenlänge des Laserstrahls und des Radius der Nebeltröpfchen. Die Wassertröpfchen bewirken eine Streuung des Lichts, und der Empfänger registriert dies als schwächeres Signal (Dämpfung durch den Nebel). Nebel ist noch nicht gut erforscht und physikalisch schwer zu beschreiben. Daher arbeitet die FSO-Gemeinde vor allem mit Sichtweitendaten, welche hauptsächlich in Flughafengebieten seit Jahren erhoben wer-

den. Diese Daten geben gemittelt über die Jahre, über die Jahreszeiten oder über die Tageszeiten einen ungefähren Anhaltspunkt über das Auftreten von Sichtweiten beschränkendem Nebel in diesen Gebieten. Sie dienen als Grundlage für die Wahl der geeigneten FSO-Systeme.

Dank ausgeklügelter Technik (verwendete Wellenlänge, Mehrstrahlssysteme, automatische Strahlnachführung usw.) «sehen» FSO-Systeme im Nebel viel weiter als das menschliche Auge. Obwohl der Markt Systeme anbietet, die bis zu 6 km weit reichen, wird diese Technologie als Letzte-Meile-Technologie deklariert, da im Bereich von bis zu 1 km auch in nebligen Gebieten äusserst stabile Verbindungen gebaut werden können. In Projekten, in denen FSO zum Einsatz kommt, werden statistische Wetterdaten und Erkenntnisse darüber, wo und wie Nebel in bebauter Umgebung entsteht, berücksichtigt. Dies ermöglicht es, ausfallsichere Links zu erstellen und Verfügbarkeiten zu erreichen, die denjenigen anderer Medien in nichts nachstehen.

Störgrösse Flugobjekte

Fliegende Vögel können kurzfristig einen einzelnen Laserstrahl unterbrechen. Dies ist üblicherweise ein kurzer Unterbruch (die Übertragung wird sofort und automatisch wieder aufgenommen), und fehlende Pakete werden nochmals übertragen. Im LAN-Umfeld spürt der Anwender solche Unterbrüche nicht, da Korrektur und erneutes Übertragen in Sekundenbruchteilen geschehen. Für sehr anspruchsvolle Verbindungen hingegen werden Mehrstrahlgeräte verwendet, bei denen parallele getrennte Laser solche Unterbrüche wirkungsvoll verhindern, da die Distanz zwischen den einzelnen Linsen so gross ist, dass ein Vogel diese nicht gleichzeitig abdecken kann (Bild 3).

Störgrösse Wärmeausdehnung

Sich «bewegende» Gebäude oder Hausfassaden, die sich durch Wärme und

Kälte ausdehnen und zusammenziehen, können die Ausrichtung der Sender und Empfänger verändern. Firmen wie etwa Fastmile AG⁷⁾ setzen Systeme ein, die mit divergierenden und teilweise auch nachregelnden Lasern ausgerüstet sind (Automated Multi-Beam Array Tracking). Diese modernen Systeme fokussieren sich kontinuierlich auf den optimalen Empfangspegel ein und garantieren damit eine konstante und optimale Verbindung.

Störgrösse erhitzte Luft

Erhitzte Luft, die von Dächern und Lüftungen aufsteigen kann, erzeugt unterschiedliche Temperaturen im Bereich einer FSO-Verbindung. Dies führt zu Schwankungen in der Signalamplitude und kann zu «tanzenden Bildern» bei den FSO-Empfängern führen. Allerdings kann dieses Flimmern durch Verwendung von Multi-Beam-Systemen und spezieller Optik kompensiert werden.

Gesundheitlich unbedenklich

Der angemessene Umgang mit Lasern und ihre Sicherheit werden seit den ersten Laborstudien vor 30 Jahren diskutiert. Entsprechend werden auch im Zusammenhang mit der FSO-Technologie gelegentlich Befürchtungen bezüglich allfälliger Schädigungen von Personen durch die eingesetzten Laser geäussert, vor allem hinsichtlich der Belastung des Menschen durch Laserstrahlen und der Hochspannung der Lasersysteme und deren Stromversorgung.

Für den Einsatz von Lasern existieren verschiedene Normen⁸⁾. Das Hauptaugenmerk richtet sich dabei auf mögliche Schädigungen der Augen, wenn sie einem Laserstrahl ausgesetzt sind. Die Firma Fastmile AG beispielsweise setzt nur Laser ein, die der schwächsten Laserklasse 1 (Standards IEC/EN/DIN-EN 60825-1/A2) zugeteilt sind. Das bedeutet, dass man von blossem Auge in aktive Systeme schauen darf, ohne dass Schäd-

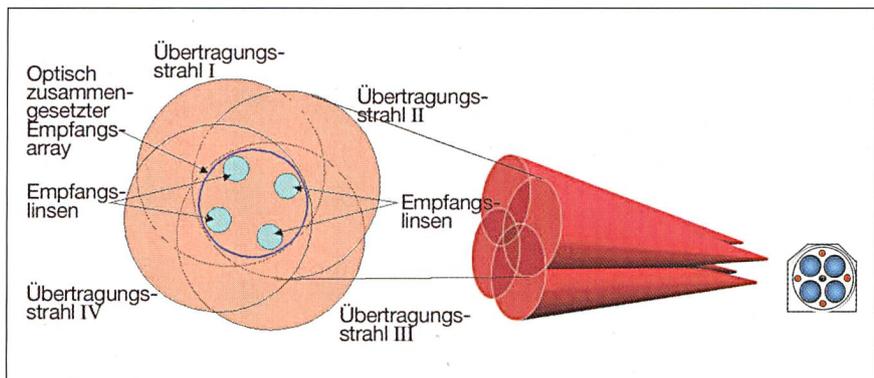


Bild 3 Divergierende Laser eines Mehrstrahlgerätes mit Projektionsfläche

Free Space Optics

gungen der Retina auftreten. Als Vergleich seien die Laserpointer erwähnt, die sich oft auch in Kinderhand befinden. Diese «Spielzeuge» sind als Laserklasse 3 definiert und somit erheblich gefährlicher als FSO-Systeme.

FSO ist den Kinderschuhen entwachsen und hat sich zu einer äusserst interessanten Alternative zu den bislang bekannten Übertragungsmedien entwickelt und weist ein hervorragendes Preis-Leistungs-Verhältnis auf. Hersteller von FSO verfügen heute über Carrier-Class-Produkte⁹⁾, die allen Anforderungen an moderne Netzwerke genügen.

Angaben zum Autor

Stefan Brugger, dipl. El.-Ing. FH/NDS Betriebs-Ing. STV, hat langjährige Erfahrung in verschiedenen Bereichen der Telekommunikation. Seit gut einem Jahr ist er Managing Director der Firma Fastmile AG, die sich seit über einem Jahr ausschliesslich mit der Datenübertragung mittels Lasertechnologie befasst. Fastmile AG, CH-8902 Urdorf, sbrugger@fastmile.ch

¹ LED: Light Emitting Diodes.

² NASA: The National Aeronautics and Space Administration. Amerikanische Raumfahrtbehörde; www.nasa.gov

³ E1: Europäischer Standard für Multiplexer. Die unterste der fünf Stufen (Stufe E1) sieht eine Übertragungsrates von rund 2 MBit/s vor.

⁴ Kupferkabel führen in der Regel in eine Ortszentrale der Swisscom und werden dort verbunden, verbinden also zwei Gebäude nicht auf dem direkten (kürzesten) Weg.

⁵ WDM: Wavelength Division Multiplexing (Wellenlängenmultiplexer).

⁶ Im Richtfunk braucht der Betrieb jeder einzelnen Strecke eine eigene Lizenz.

⁷ Fastmile AG: CH-8902 Urdorf. www.fastmile.ch (siehe Business News Seite 69)

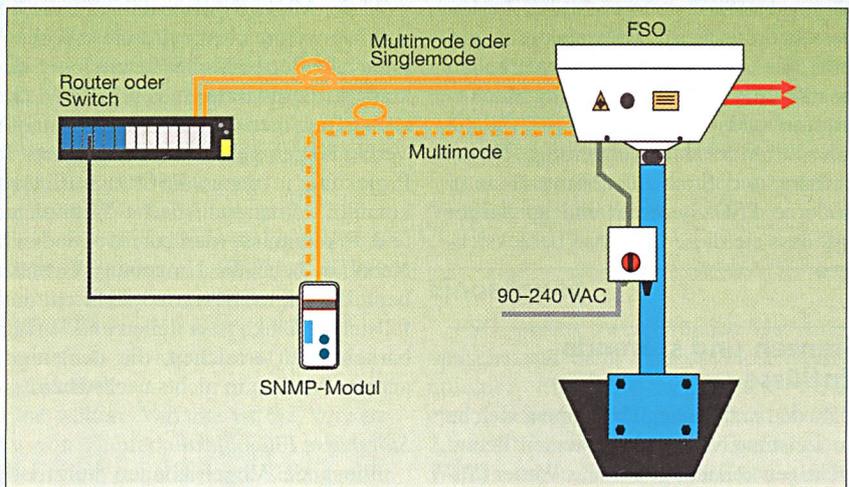
⁸ Lasersicherheitsnorm IEC 60825-1. Ende 2001 wurde die neue Ausgabe der internationalen Lasersicherheitsnorm IEC 60825-1 veröffentlicht, die 2002 auch als DIN übernommen wurde. Wichtige Änderungen betreffen die Einführung von drei neuen Sicherheitsklassen, verbesserte Messgeometrien zur Bestimmung der Sicherheitsklasse und eine Aktualisierung der Grenzwerte für die Schädigung der Augen.

⁹ Stromversorgungen, 48-V-Anschlüsse usw.

¹⁰ SNMP: Simple Network Management Protocol. Dieses Protokoll erlaubt ein zentrales Netzwerkmanagement für viele Netzwerkkomponenten.

Steckbrief der FSO-Produkte

Die von Fastmile AG eingesetzten Produkte arbeiten auf Layer 1 (physikalischer Layer) und übertragen alle Protokolle (SDH, SONET, ATM, FDDI, Fiber Channel, Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet). Die Systeme haben Übertragungskapazitäten von 10 MBit/s über 155 MBit/s bis zu 2,5 GBit/s. So kann z.B. ein Gerät mit einer Übertragungsrates von 155 MBit/s eingesetzt werden, um STM-1, Fast Ethernet, E3 oder auch Ethernet-Protokolle zu übertragen. Die Laser arbeiten mit Wellenlängen von 850 nm oder 1550 nm. Die Systeme sind mit einem auf dem SNMP¹⁰⁾ basierenden Netzwerk-Interface ausgerüstet, welches erlaubt, die Links zentral mit einem Netzwerk-Managementsystem zu überwachen.



Remote Management einer FSO-Verbindung

SNMP: Simple Network Management Protocol

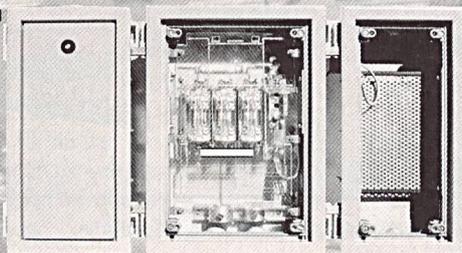
La transmission optique sans fil permet d'acheminer des données de l'ordre de grandeur des gigabits

Les problèmes et les restrictions liés aux réseaux de fibres optiques peuvent être désormais résolus grâce à la technologie des lasers pour les transmissions optiques dans l'espace libre – Free Space Optics (FSO) – qui utilise la voie aérienne comme moyen de transmission des données, de la voix et de vidéos. Cette technologie rapide et peu onéreuse offre des possibilités, en particulier dans les centres urbains, d'extension des réseaux locaux et métropolitains ou d'installation des antennes mobiles, tout en supprimant les retards et les difficultés inhérentes à la pose de câbles de fibres optiques.

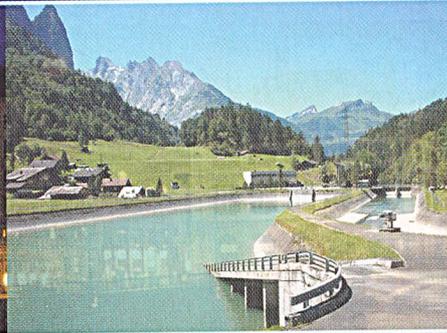
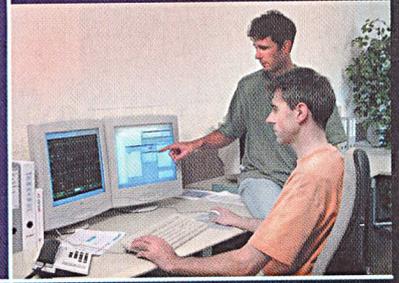
RAUSCHER & STOECKLIN AG
ELEKTROTECHNIK
POSTFACH
CH-4450 SISSACH
Tel. +41 61 976 34 66
Fax +41 61 976 34 22
Internet: www.raustoc.ch
E-Mail: info@raustoc.ch

ineltec 2003
Halle 1.0/Stand E49

**RAUSCHER
STOECKLIN**



Der Hausanschluss im Wandel.



Wenn Sicherheit und Zuverlässigkeit im Vordergrund stehen und Vieles davon abhängig ist, bieten wir Ihnen gerne Hand. Beratung, Projektierung, Lieferung, Montage, Inbetriebnahme: Wo Energieerzeugungs- und Verteilanlagen optimiert, oder von Grund auf neu erstellt werden, ist unsere Erfahrung eine rentable Ressource. ESATEC - Energie für die Zukunft.



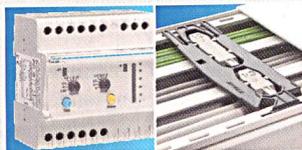
ESATEC AG 8201 Schaffhausen Tel 052 624 62 80 www.esatec.ch

Innovationen für Profis

5 Jahre Garantie
Ans de garantie
Anni di garanzia

hager
TEHALIT

www.hager-tehalit.ch



2. - 5. September
Stand C48, Halle 1.1

ineltec

POWER + BUILDING

hager

TEHALIT

SYSTEMLÖSUNGEN IM ENERGIEMARKT

Publikumsliebling sein



ENERMET stattet Marktteilnehmer mit einem kompletten Orchester aus, wie es die neuen Dirigenten im Strommarkt brauchen. Unsere erfolgreiche Rundsteuerung wird mit neuen Instrumenten zu einem harmonischen Zusammenspiel ergänzt. So wird Last- und Energiedatenmanagement zu der trendgerechten Erfolgskomposition, die ihre Kunden begeistert. Mit unseren Marktkenntnissen werden Sie Publikumsliebling.

Instruments for a new Market



ENERMET

ENERMET AG ■ UNDERMÜLISTRASSE 28 ■ CH-8320 FEHRALTORF
TEL. 01/954 81 11 ■ FAX 01/954 81 01 ■ INTERNET www.enermet.ch