Auf Lichtwellen zum Konsumenten : Fiber in the Loop stellt hohe Anforderungen an passive optische Komponenten

Autor(en): **Gysel, Peter / Thiel, Axel**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **84 (1993)**

Heft 1

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-902647

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Kaum jemand zweifelt daran, dass die Kupferleitungen unserer Teilnehmeranschlussnetze früher oder später optischen Verbindungen werden weichen müssen. Bis dahin müssen allerdings noch einige technische und damit verbundene ökonomische Probleme gelöst werden. Zu den wichtigsten Glasfaserkomponenten gehören die optischen Stecker und Koppler. Dieser Beitrag beschreibt deren Hauptparameter und gibt an, welchen Anforderungen diese beim Einsatz im Anschlussnetz genügen müssen.

Auf Lichtwellen zum Konsumenten

Fiber in the Loop stellt hohe Anforderungen an passive optische Komponenten

■ Peter Gysel und Axel Thiel

Die Anwendung von faseroptischen Übertragungssystemen in der Telekommunikation war bisher auf höhere Netzebenen (Fernnetz, Regionalnetz) und damit auf Punkt-zu-Punkt-Verbindungen beschränkt. Gegenwärtig sind international starke Anstrengungen im Gange, die Faser auch im Teilnehmeranschlussnetz einzuführen. Stichwörter sind Fiber in the Loop, Fiber to the Home, Fiber to the Curb usw. Die Frage, wie nahe die Faser tatsächlich zum Teilnehmer gebracht werden wird, ist noch offen und wird wohl nicht überall gleich beantwortet werden. Jedenfalls sind im Anschlussnetz neue Netzarchitekturen geplant. Um die Kosten der notwendigen Investitionen möglichst niedrig zu halten, wird das Licht von einem Sender durch ein passives optisches Netzwerk (PON) mit Stern- oder Doppelsternstruktur auf mehrere Anschlüsse verteilt (Bild 1). Diese Netzarchitektur erfordert einerseits neue passive optische Komponenten, nämlich MxN-Koppler, und stellt andererseits sehr hohe Anforderungen an die optischen, klimatischen und mechanischen Parameter aller passiven Komponenten.

In diesem Beitrag soll auf Steckverbinder und auf Koppler näher eingegangen werden. Es soll ein Überblick über die Entwicklungen auf diesem Gebiet sowie ein Hinweis darauf gegeben werden, welche Angaben auf einem Datenblatt wichtig sind und wie diese zu interpretieren sind. Die Definitionen der besprochenen Parameter sind aus Bild 2 sowie den Tabellen I und II ersichtlich.

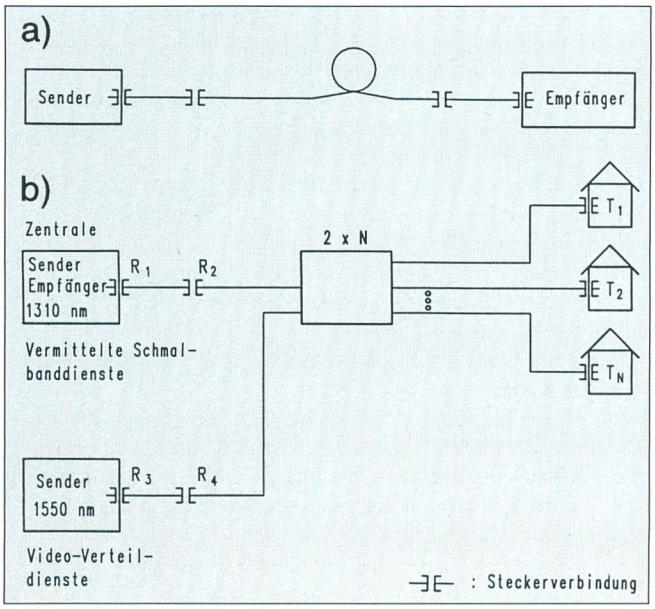


Bild 1 Systemarchitekturen

a Punkt-zu-Punkt-Verbindungen in höheren Netzebenen (Fernnetz, Regionalnetz)

b PON: passives optisches Netzwerk im Anschlussnetz. Das Bild zeigt eine mögliche Variante

Adressen der Autoren
Peter Gysel, Dr. sc. techn. und *Axel Thiel*, Dipl.-Ing., Diamond SA, 6616 Losone.

Steckverbinder

Anwendung

Der Sinn eines Steckverbinders liegt in einer rasch und auch unter erschwerten Bedingungen zuverlässig wechselbaren Verbindung zwischen Endausrüstungen (Sender, Empfänger) und Glasfaserkabeln. In einer Singlemode-Glasfaser (Manteldurchmesser $D = 125 \pm 2$ µm, Kerndurchmesser $d = 9$ µm) wird das Licht vorwiegend im Kern geführt. Für eine Verbindung müssen also zwei Fasern mit einer Genauigkeit im µm-Bereich gegeneinander positioniert werden. Es gibt zwei prinzipiell verschiedene Methoden, eine Steckverbindung zu realisieren: einerseits die Zentrierung der beiden Fasermäntel ohne Berücksichtigung der tatsächlichen Position des Kernes relativ zum Fasermantel und andererseits die präzisere Kern-Kern-Zentrierung. Erstere ist billiger, aber abhängig von der Faserqualität, letztere ist besser, aber teurer.

Glossar

AM-VSB: Amplitudenmodulations-Signal mit Restseitenbandmodulation.
Kohärenzzeit, Kohärenzlänge: Bei rein monochromatischem Licht, d.h. bei Licht einer Wellenlänge λ_1 bzw. einer Frequenz ν_1, ist der Betrag des elektrischen Feldvektors durch eine reine Sinusfunktion gegeben. Kennt man die Phase ϕ_0 zu einem Zeitpunkt $\tau=\tau_0$, so lässt sie sich zu einem beliebigen, späteren Zeitpunkt $\tau=\tau_0+\Delta t$ genau bestimmen. Die Kohärenzzeit τ und die Kohärenzlänge $c \cdot \Delta\tau$ sind in diesem Fall unendlich gross. Monochromatisches Licht ist eine Idealisierung; in der Praxis ist die Phase ϕ mehr oder weniger stark verrauscht, so dass man innert einer charakteristischen Zeit die Information über ϕ verliert. Die Kohärenzzeit τ ist durch den Abfall der Autokorrelationsfunktion auf 1/e definiert. (Typische Werte für die Kohärenzlänge: einmodige Laserdiode 3 m, LED 30 µm, Glühbirne 1 µm).

PON	Passives optisches Netzwerk
RIN	Relativ Intensity Noise
SMC	Standard Singlemode Coupler
Splitter	Koppler
WDM	Wellenlängenmultiplexer
WIC	Wavelength Independent Coupler

Tabelle I

Kopplerparameter

***CR*, Coupling Ratio, Kopplungsverhältnis:** Es gibt an, welcher prozentuale Anteil der optischen Ausgangsleistung am betrachteten Ausgang erscheint. Es verändert sich im allgemeinen mit der Temperatur, der Wellenlänge und dem Polarisationszustand des eintretenden Lichtes. Wird in einem Datenblatt eine *CR*-Toleranz von $\pm n$ % angegeben, so muss geklärt werden, ob sich diese Toleranz auf die Mittenwellenlänge, zum Beispiel auf 1310 nm, oder auf das ganze Wellenlängenfenster bezieht und wie gross das Wellenlängenfenster spezifiziert wurde.
***EL*, Excess Loss, Zusatzdämpfung:** Sie beschreibt den Anteil der Energie, der zwar am Eingang des Kopplers vorhanden ist, jedoch an keinem der Ausgänge.
***IL*, Insertion Loss, Einfügedämpfung:** Sie setzt sich aus Koppeldämpfung und Zusatzdämpfung zusammen und gibt an, welcher Bruchteil des Eingangslichts an einem bestimmten Ausgang erscheint. Der Zahlenwert des I_L ist die Eingangsgrösse bei der Berechnung des Leistungsbudgets eines Übertragungssystems. Der Wert von I_L kann richtungsabhängig sein.
Directivity, Übersprechdämpfung: Sie ist in einem bidirektionalen System von Bedeutung und gibt den Teil des Lichtes an, der in einen Arm der gleichen Kopplerseite gestreut wird, z.B. von Arm 3 in den Arm 4.
Kanaltrennung: Die Kanaltrennung ist ein Parameter von WDM-Elementen. Der Wert in dB zeigt das Verhältnis der unerwünschten Wellenlänge am betrachteten Ausgang zur gewünschten Wellenlänge.
***RL*, Return Loss, Rückflussdämpfung:** Der R_L ist das Verhältnis von anliegender zu reflektierter Leistung im selben Kopplerarm.
Uniformity: Die Uniformity gibt die Streuung der I_L-Werte an den verschiedenen Ausgängen an. Eigentlich gibt es für jeden Eingang eines Kopplers einen Uniformity-Wert. Oftmals wird nur ein Zahlenwert angegeben, der für alle Eingänge zutrifft. Die Uniformity beinhaltet alle Effekte, die beim *CR* genannt wurden und hängt damit von der Breite des Wellenlängenfensters, das spezifiziert wurde, ab.

Tabelle II

Parameter

Einfügedämpfung

Der wichtigste Parameter einer Steckverbindung ist die Einfügedämpfung (Insertion Loss):

$$IL = 10 \cdot (P_{in}/P_{out}) \quad (1)$$

Sie wird immer an einem Steckerpaar gemessen und hängt deshalb vom Gegenstück ab. Sie kann daher streng genommen nicht für einen einzelnen Stecker angegeben werden. Ein guter Steckverbinder ist dadurch gekennzeichnet, dass die Variation der gegen verschiedene Gegenstecker gemessenen *IL*-Werte gering ist. In diesem Fall ist auch ihr Mittelwert klein. Das Bild 3 zeigt ein typisches Histogramm von *IL*-Werten, wie es sich aus einer Messung einer zufälligen Kombination von Steckern aus einem Los ergeben hat. Die Messung gegen einen idealen Referenzstecker ergibt zu gute, in der Praxis nicht erreichbare und damit für den Anwender nicht relevante Werte.

Je kleiner die Standardabweichung der *IL*-Werte ist, um so genauer lässt sich für ein System mit Steckverbindungen ein Leistungsbudget erstellen. Dies ist für den Systemplaner wichtig, da optische Übertragungssysteme im allgemeinen leistungs- und nicht dispersionsbegrenzt sind. Ferner sind Empfänger auf einen bestimmten Leistungspegel ausgelegt; sowohl zuviel als auch zuwenig Licht kann die Übertragungsqualität beeinträchtigen.

Für den Anwender ist wichtig zu wissen, dass in Werbeunterlagen publizierte Histogramme nicht eins zu eins in die Praxis übernommen werden können. Im allgemeinen sind Faserdurchmesser und Kernexzentrizität von verschiedenen Faserlosen und Faserherstellern nicht genau identisch, und die im Einsatz erreichbaren *IL*-Werte sind deshalb oft schlechter als die Datenblätter aussagen [1]. Der Vorteil der Kern-Kern-Zentrierung liegt darin, dass sie gegen diese Effekte unempfindlich ist.

Rückflussdämpfung

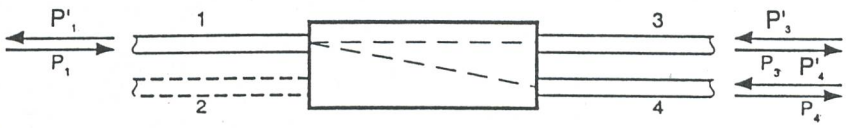
Der zweite wichtige Parameter ist die Rückflussdämpfung (Return Loss)

$$RL = 10 \cdot \log(P_{in}/P_r) \quad (2)$$

wobei P_r die Leistung des reflektierten Lichtes angibt. Die Rückflussdämpfung wird (wie der *IL*) jeweils für eine Steckverbindung

und nicht für einen einzelnen Stecker gemessen. Trifft Licht auf einen Übergang zweier Dielektrika mit verschiedenem Brechungsindex, so wird ein Teil reflektiert. Nach Fresnel beträgt der Anteil des reflektierten Lichtes bei senkrechtem Einfall auf einen Glas-Luft- oder Luft-Glas-Übergang 4% (–14 dB). Tritt zwischen den beiden Stirnflächen einer Steckverbindung ein Luftspalt in der Grössenordnung von Mikrometern auf, so entstehen zwei Reflexionen. Dem Licht, das am Glas-Luft-Übergang reflektiert wird, überlagert sich dasjenige, das beim Wiedereintritt ins Glas reflektiert wird. Ist die Länge des Spaltes kleiner als die Kohärenzlänge des Lichtes – was bei Laserlicht der Fall ist – so treten Interferenzen auf. Die Intensität des gesamten reflektierten Lichtes variiert je nach Phasenunterschied der beiden Anteile zwischen –42 dB und –8 dB (0,007% und 16%). Die dadurch verursachte Dämpfung des durchgehenden Lichtes schwankt zwischen 0 und 0,7 dB. Für eine Steckverbindung ist deshalb ein guter Glas-Glas-Kontakt wichtig.

Mit konventionellen Steckern erreicht man *RL*-Werte von 30 bis 45 dB, mit Schrägschliffsteckern solche von 80 bis 105 dB. Um diese *RL*-Werte überhaupt messen zu können, mussten spezielle Messgeräte entwickelt werden. Mit der traditionellen Messanordnung (Bild 4a) erreicht man einen dynamischen Bereich von etwa 60 dB, wobei das gesamte rückgestreute Licht gemessen wird (Übersprechen des Kopplers, Reflexionen auf den Referenzkabeln, Rayleigh-Rückstreuung und die Reflexion beider Steckverbindungen des Prüflings). Mit einem Michelson-Interferometer (Bild 4b) ist es hingegen möglich, eine hochempfindliche, ortsaufgelöste Messung durchzuführen, sofern eine Lichtquelle mit einem breiten optischen Spektrum verwendet wird[1]. Bekanntlich erhält man auf dem Schirm am Interferometerausgang keine Interferenzstreifen, wenn der Weglängenunterschied der beiden Interferometerarme wesentlich grösser als die Kohärenzlänge des Lichtes ist (kein Beitrag zum Messsignal). Ist hingegen der Weglängenunterschied kleiner als die Kohärenzlänge des Lichtes, so erhält man Interferenz und damit einen Beitrag zum Messsignal. Wenn man zum Beispiel in einem Aufbau gemäss Bild 4b eine gewöhnliche Glühlampe einsetzt und dafür sorgt, dass der Weglängenunterschied kleiner als 1 µm ist, so entstehen



Kopplungsverhältnis	Coupling Ratio CR	$P_3/(P_3+P_4) * 100$	[%]
Zusatzdämpfung	Excess Loss EL	$-10*\log(P_3+P_4)/P_1$	dB
Einfügedämpfung	Insertion Loss IL	$-10*\log(P_i/P_1)$ i=3,4...	dB
Uebersprechdämpfung	Directivity	$-10*\log(P_4/P_3')$	dB
Rückflussdämpfung	Return Loss RL	$-10*\log(P_1'/P_1)$	dB
Uniformität	Uniformity	$10*\log(Pmn_{max}/Pmn_{min})$	dB
Kanaltrennung (WDM)	Isolation	$10*\log[(P_3/\lambda_1)/(P_4/\lambda 1)$	dB

Bild 2 Definitionen der Kopplerparameter bei einem 1x2- und 2x2-Koppler

P_{mnmin}, P_{mnmax} Minimal- und Maximalwert der übertragenen Leistung vom Eingang *m* auf den Ausgang *n*

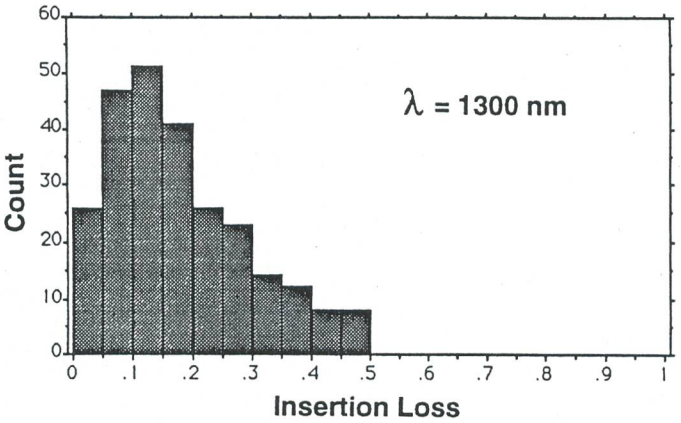


Bild 3 Histogramm von *IL*-Werten eines Steckerloses

Anzahl Steckungen *N* = 256; Mittelwert = 0,18 dB; Standardabweichung = 0,11 dB

Interferenzstreifen! Mittels Verschiebung des Spiegels S2 im Referenzarm des Interferometers kann damit eine Faser nach Reflexionen abgesucht werden. Die örtliche Auflösung ist durch die Kohärenzlänge des Lichtes bestimmt, d.h. je breiter das Spektrum der Quelle ist, desto feiner wird die Auflösung. Mit einer solchen Messanordnung wurden dynamische Bereiche von 120 dB erreicht [4].

Anforderungen an Steckverbindungen

Der Einsatz im Ortsnetz bedingt eine Reihe von zum Teil harten Anforderungen an Stecker.

Temperaturbereich

Die Spezifikationen müssen in einem Temperaturbereich von –40 °C bis 85 °C erfüllt werden. Die Wärmedehnung einer Steckerferrule (Zylinder mit Bohrung für Aufnahme der Faser, Durchmesser 2,5 mm) in einem Bereich von 125 °C ist erheblich im Vergleich zu den geforderten Toleranzen (< 1 µm). Das Bild 5 zeigt die Messung einer Steckverbindung, welche die geforderten Werte nicht erfüllt. Im Wärmeschrank wurde ein Temperaturzyklus von –20 °C bis 85 °C gefahren. Beim Abkühlen entsteht zwischen 75 °C und 45 °C ein instabiler Bereich. Offenbar bewirkt der Temperaturschock, dass sich die Fasernstirnflächen nicht mehr in Kontakt befinden. Die beiden dadurch entstehenden Fresnel-Reflexionen bewirken die oben beschriebenen Interferenzerscheinungen und starke Variationen der *IL*- und *RL*-Werte.

Rückflussdämpfung

Analoge und kohärente Systeme reagieren im Gegensatz zu den heute gebräuchlichen intensitätsmodulierten Systemen aus zwei Gründen sehr empfindlich auf Reflexionen. Der erste Grund ist der, dass zum Sender reflektiertes Licht ein Rauschen in der Ausgangsleistung des Lasers (Relativ Intensity Noise, *RIN*) sowie Instabilitäten der Frequenz und des Phasenrauschens des emittierten Lichtes verursacht. In [2] wurde aufgezeigt, dass am Empfänger ein *RIN* kleiner

[1] Im Gegensatz zu anderen Anwendungen des Michelson-Interferometers, z.B. zu Längenmessungen, wo man eine möglichst grosse Kohärenz der Quelle wünscht, wird hier mit einer möglichst kleinen Kohärenzlänge gearbeitet und die An- oder Abwesenheit eines Interferenzsignals detektiert.

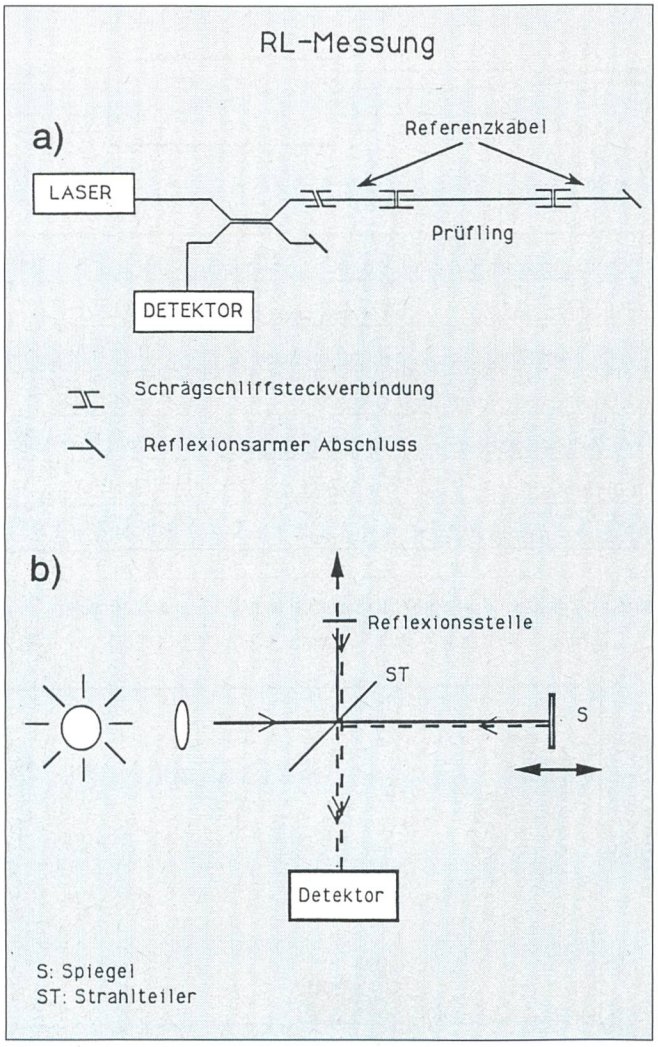


Bild 4 Messmethoden für *RL*-Werte

a Klassische Methode mittels Koppler: Es soll die Summe der beiden Reflexionen des Prüflings, der mit zwei Referenzkabeln verbunden ist, gemessen werden

b Michelson-Interferometer

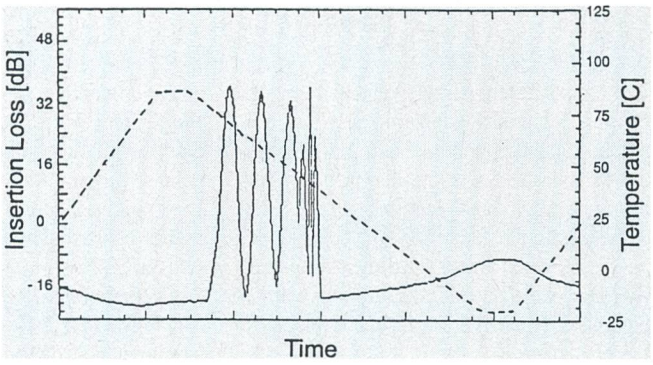


Bild 5 Veränderung der Einfügedämpfung DIL einer schlechten Steckverbindung während eines Temperatur-Zyklus

Ein Luftspalt zwischen den Faserstirnflächen sorgt für Interferenzen und für die charakteristischen Variationen des *IL*-Wertes

---- Temperatur

—— DIL

als –145 dB/Hz benötigt wird, um eine gute Qualität eines AM-VSB-Signales (AM-Signal mit Restseitenbandmodulation) zu garantieren. Um diese Werte zu erreichen, müssen Stecker mit einer sehr hohen Rückflussdämpfung (d.h. $RL > 55$ dB) eingesetzt werden [3]. Der zweite Grund für die Empfindlichkeit analoger und kohärenter Systeme auf Reflexionen ist, dass bei Vorhandensein von mehreren Steckverbindungen Licht zweimal reflektiert werden kann. In Bild 1b (oben) beispielsweise gelangt das Signallicht mit der Leistung P_0 zur Steckverbindung 2 mit dem Reflexionskoeffizienten R_2. Ein Bruchteil $R_2 \cdot P_0$ des Lichtes wird in Richtung des Senders reflektiert. Bei der Steckverbindung 1 tritt nochmals eine teilweise Reflexion auf, jetzt in Richtung zum Empfänger. Die Leistung $R_1 \cdot R_2 \cdot P_0$ überlagert sich dem Signal und verursacht auf der Photodiode Interferenz und damit Rauschen. Das Problem dieses interferometrischen Rauschens wird in einem PON besonders aktuell. Als Beispiel diene nochmals das Bild 1. Das Licht vom Sender wurde in einem Koppler auf $N = 8$ Empfänger aufgeteilt. Wird die Leitung zu irgendeinem Empfänger k unterbrochen ($1 \leq k \leq 8$) und dadurch eine Reflexion von –14 dB verursacht, so gelangen etwa –24 dB an Lichtleistung (0,25 von –14 db) zu den Steckern zurück. Diese reflektieren wiederum einen Bruchteil R_1 bzw. R_2, R_3, R_4 in Richtung Empfänger. Zum Signallicht addieren sich also vier interferometrische Rauschbeiträge. Der Empfang bei allen anderen Empfängern soll aber nicht beeinträchtigt werden. Die Reflexionskoeffizienten R_i, $i = 1 \ldots 4$, müssen deshalb kleiner als 55 dB gehalten werden. Dasselbe gilt übrigens für allfällige Reflexionen auf dem MxN-Koppler (Bild 1). Dieses Beispiel zeigt deutlich, dass Reflexionen auf den Leitungen in einem PON so weitgehend wie möglich unterdrückt werden müssen.

Die geforderten *RL*-Werte können unter Einsatzbedingungen ausserhalb des Labors nur mit Schrägschliffsteckern stabil erreicht werden. Dabei wird die Steckerferrule nicht senkrecht zur Faserachse geschliffen, sondern in einem gewissen Winkel zur Normalen, zum Beispiel 8°. Der Winkel der Faserstirnfläche bewirkt, dass das reflektierte Licht ausserhalb des Faserkernes fällt und so über eine sehr kurze Strecke (einige Zentimeter) verloren geht. Dieser Winkel bedingt aber engere Toleranzen der Präzisionsteile des Steckers. Das Bild 6 zeigt die ortsaufgelöste Messung des *RL* einer gewöhnlichen und einer Schrägschliffsteckverbindung. Die Reflexion letzterer ist so gering, dass sie im Rauschen untergeht.

In der Vergangenheit wurden Schrägschliffstecker mit drei verschiedenen Ansätzen auf den Markt gebracht. Die ersten arbeiten mit einem Luftspalt, die zweiten mit einem direkten Kontakt und die dritten setzen im Mittelteil ein Drittmedium ein, das ein Index Matching bewirkt. Von besonderem Interesse ist die Frage, wie sich der *RL* eines Schrägschliffsteckers nach einer Verschmutzung verändert, oder anders ausgedrückt: Kann man Schrägschliffstecker unter den harten Ortsnetzbedingungen überhaupt einsetzen? Messungen mit der oben beschriebenen Michelson-Interferometer-Apparatur [4] an Steckern mit Faser-Faser-Kontakt haben ergeben, dass deren *RL* von ungefähr 100 dB durch eine Verschmutzung auf ungefähr 70 dB verschlechtert wurde. Nach einer normalen Reinigung betrug der *RL* wieder 95 dB. Dies zeigt, dass Schrägschliffstecker mit Faser-Faser-Kontakt mit dem gleichen Aufwand wie die üblichen Stecker gereinigt werden können und die Spezifikationen auf lange Zeit hin erfüllen.

Ziehl-EBM AG

VENTILATOREN MOTOREN REGELGERÄTE

Wiesenstrasse 10
CH-8952 Schlieren

Telefon 01 - 731 00 55
Telefax 01 - 731 00 71

ZIEHL-ABEGG ebm

Ventilatoren

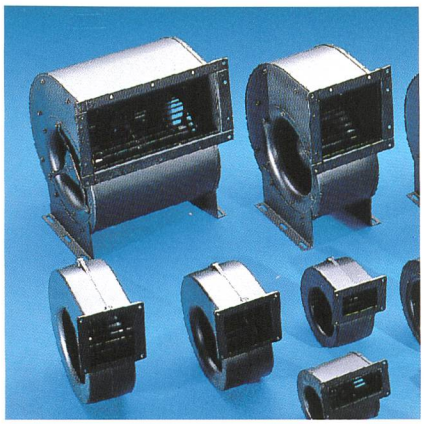
Vorteile der Bauweise mit Aussenläufermotoren

- Flache, raumsparende Konstruktion
- Einfacher, kostengünstiger Einbau
- 100% drehzahlregelbar
- Wartungsfrei in jeder Einbaulage
- Hohes Schwungmoment

Ventilateurs

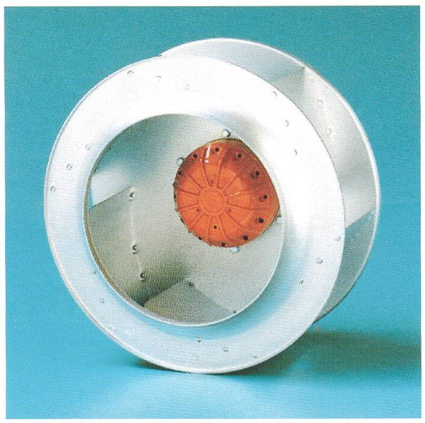
Avantages de l'implantation d'un moteur à rotor extérieur

- Construction compacte et peu encombrante
- Installation simple et économique
- 100% réglable en vitesse
- Ne nécessite aucun entretien quelle que soit la position de montage
- Moment d'inertie élevé



Radial-Motor-Lüfterräder **AL 3.3**
mit vorwärtsgekrümmten Schaufeln.
Bis 6200 m³/h,
doppelseitig saugend.

Moto turbines centrifuges a action
Débits jusqu'à 6200 m³/h,
double aspiration.

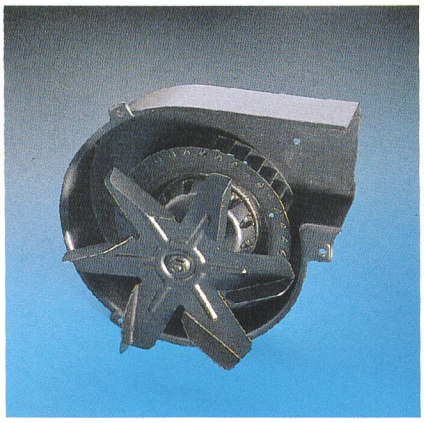


Radial-Motor-Lüfterräder **AL 5.1 / AL 5.2**
Bis 16'500 m³/h, für Einsatz ohne Gehäuse.

Moto-turbines centrifuges
Jusqu'à 16'500 m³/h,
utilisables sans volute.

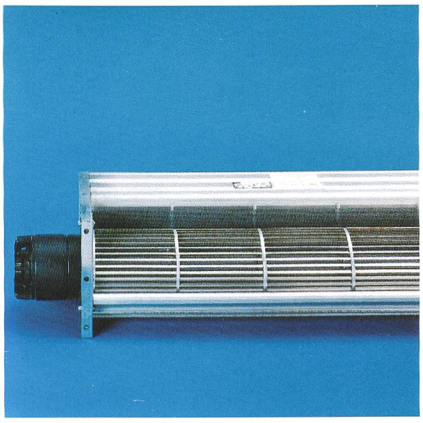
Radiallüfter **R 1**
Bis 2100 m³/h, druckstabile
Kennlinien, platzsparender Einbau,
geräuscharm.

Moto-turbines centrifuges
Jusqu'à 2100 m³/h, caractéristiques
stables, encombrements réduits, faible
niveau sonore.



Heissluftgebläse
Luftumwälzung im Backofen, Kühlung des
Aussenmantels, Kühlung des Lüftermotors.

Ventilateurs à air chaud
Circulation d'air dans le four,
refroidissement du moufle extérieur
et du moteur.

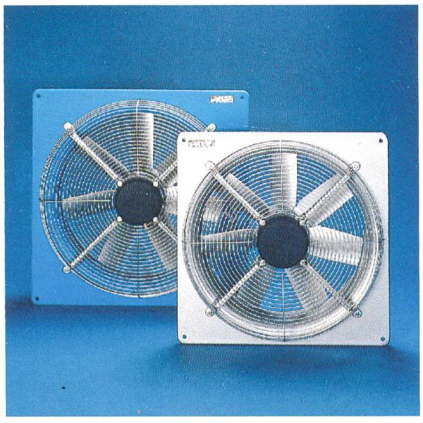


Querstromgebläse **AL 6.1**
Bis 3'000 m³/h, Walzendurchmesser
60/80/100/120 mm und Längen bis
1200 mm, 90° oder 180° durchströmt,
auch als 19''-Einheit.

Ventilateurs tangentiels
Débits jusqu'à 3'000 m³/h, diamètre
des turbines 60/80/100/120 mm, longueur
jusqu'à 1200 mm, déviation du flux d'air
à 90° ou 180°, existe egalement au
standard 19''.

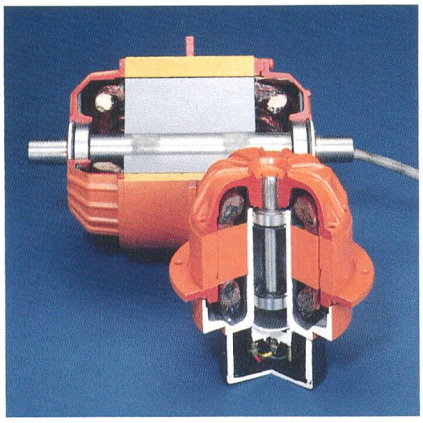
Kompaktlüfter **K 3**
Bis 400 m³/h, flache,
raumsparende Bauform, geräuscharm.

Ventilateurs hélicoides compacts
Jusqu'à 400 m³/h, construction
plate et peu encombrante.



Axialventilatoren **AL 2.0**
Bis 61'000 m³/h, für Wandeinbau,
Rohreinbau und Geräteeinbau.

Ventilateurs hélicoïdes
jusqu'à 61'000 m³/h, pour montage mural,
en gaine ou en equipements.



Aussenläufermotoren **M 4 / AL 1.1**
50 W... 10 kW, kompakte Bauweise,
100% drehzahlregelbar.

Moteur à rotor extérieur
De 50 W à 10 kW, construction compacte,
100% réglable en vitesse.

Ziehl-EBM AG

Wiesenstrasse 10
8952 Schlieren
Telefon 01 - 731 00 55

Bitte senden Sie mir Unterlagen über:
Veuillez, svp, m'envoyer la documentation suivante:

_____

_____

_____

_____

_____

Firma / Maison: _____

Name / Nom: _____

Strasse / Rue: _____

PLZ, Ort / NP, lieu: _____

Telefon / Téléphone: _____

Datum / Date: _____

senden an / à retourner à: Ziehl-EBM AG, Wiesenstrasse 10, 8952 Schlieren

Geometrie des Steckers

Die Dimensionen eines Steckers sollen so klein wie möglich sein, damit möglichst viele Steckverbindungen auf einer Steckerwand untergebracht werden können. Die gängige FC-PC-Norm mit ihrer dicken Überwurfmutter, die zugeschraubt werden muss, ist für Anwendungen im Ortsnetz nicht geeignet. Die Tendenz geht in Richtung zu Push-Pull-Steckern, bei denen der Stecker einfach hineingestossen und herausgezogen werden kann. Damit können wesentlich höhere Pakkungsdichten realisiert werden.

Koppler

Anwendungen

Kernstück von PON sind Koppler (Splitter), die das Signallicht von einem Sender in der Zentrale auf *N*-Fasern aufteilen (Bild 1). Dabei sind alle möglichen Teilungsverhältnisse $N = 2, 3, 4, 8, 16$ und 32 gefragt. Koppler werden auch bidirektional eingesetzt: Das Licht von *N*-Anschlüssen wird auf einen Empfänger in der Zentrale gegeben. Dabei ist zu beachten, dass die Einfügedämpfung in beiden Richtungen etwa dieselbe ist, d.h. das Licht von mehreren Fasern kann nicht verlustfrei auf eine einzelne Faser eingekoppelt werden. Für den Fall $N = 2$ kann dies bildlich so ausgedrückt werden: Ein Koppler ist immer ein X (Vierpol). Wenn man einen 1x2-Koppler will, so schneidet man ihm – bildlich gesprochen – ein Bein ab. Ein leistungsmässiges Y gibt es – zumindest für Licht einer Wellenlänge – nicht.

PON sind nicht das einzige Anwendungsgebiet von Kopplern 1x2- und 2x2-Koppler werden auch für Überwachungszwecke (Monitoring) und für Wellenlängenmultiplex (WDM) benötigt.

Je nach Wellenlängenabhängigkeit des Kopplungsverhältnisses unterscheidet man drei Kopplerfamilien. Gewöhnliche SMC (Standard Singlemode Coupler) arbeiten in *einem* Wellenlängenfenster, also bei 1310 nm oder bei 1550 nm. WIC (Wavelength Independent Coupler) sind für den Einsatz in beiden Wellenlängenfenstern geeignet. Im PON (Bild 1) wird beispielsweise ein WIC benötigt. WDM (Wavelength Division Multiplexer) schliesslich erlauben eine (De-) Multiplexierung von 1310- und 1550-nm-Licht (Bild 7). Für optische Verstärker werden 980/1550-nm-WDM angeboten, während die Realisierung von 1480/1550-nm-WDM wegen des geringen Kanalabstandes äusserst schwierig ist.

Koppler werden mittels zweier prinzipiell verschiedenen Methoden angefertigt. Die bereits seit rund fünf Jahren auf dem Markt erhältlichen Faserkoppler werden durch Verschmelzen zweier oder mehrerer Fasern hergestellt. Seit neuestem sind auch Planarkoppler, d.h. Koppler auf der Basis integrierter Optik erhältlich.

Parameter

Nicht alle Hersteller geben auf den Datenblättern dieselben Parameter an. Darum ist es nicht ganz einfach, die Qualität eines Kopplers richtig zu beurteilen. In Bild 2 und in Tabelle II werden die Definitionen der Parameter erklärt. MxN-Koppler sind durch die Angabe eines maximalen Insertion Loss, eines minimalen Insertion Loss, einer Directivity und eines Return Loss optisch charakterisiert.

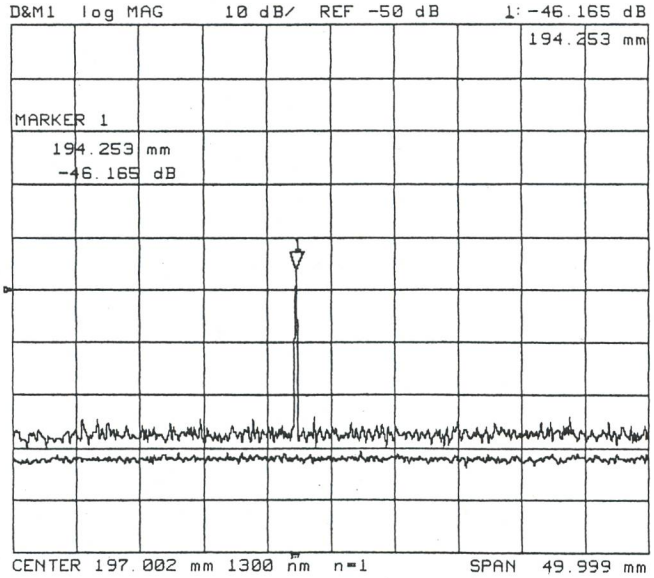


Bild 6 Messung des *RL* mit einem Michelson-Interferometer

Abszisse: Abtastlänge 50 mm
Ordinate: *RL*, 10 dB/ Häuschen

1. Kurve: gewöhnliche Steckverbindung, *RL* = 46 dB (Marker 1)
2. Kurve: Schrägschliff-Steckverbindung, *RL* > 80 dB. Der Rauschpegel dieser Kurve wurde durch Mittelung gesenkt

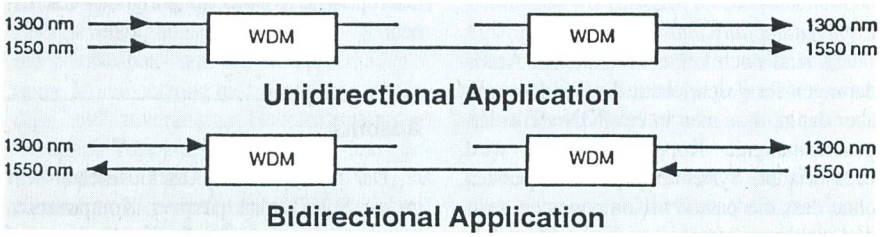


Bild 7 Zwei Anwendungsmöglichkeiten von WDM-Kopplern

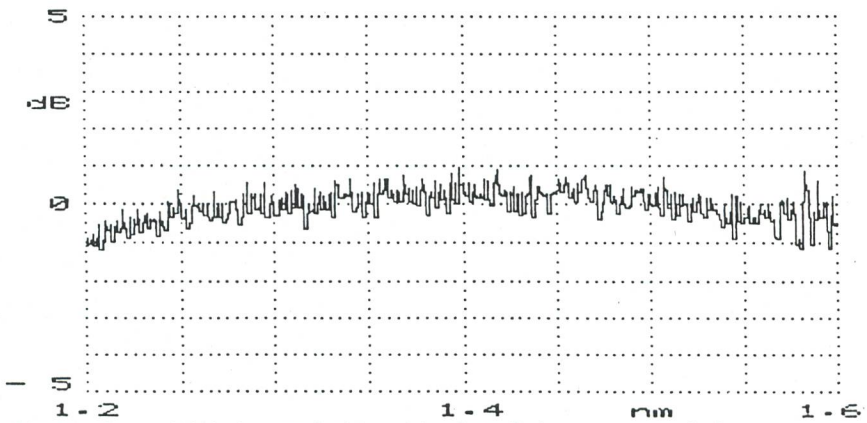


Bild 8 Kopplungsverhältnis eines WIC (1x2) in Funktion der Wellenlänge, gemessen mit einer Weisslichtquelle

Horizontal: Wellenlänge von 1200 bis 1600 nm
Vertikal: logarithmisches Kopplungsverhältnis log (P_3/P_4)

Eigenschaft	Faserkoppler	Integriert-optische Koppler
Koppelmechanismus	Δ β–Koppler	Y-Koppler / Δ β–Koppler
Temperaturabhängigkeit	gering	??
Wellenlängenabhängigkeit	SMC: erheblich WIC: gering	gering
Polarisationsabhängigkeit	gering	gering
Uebergänge	keine	2x Faser-Wellenleiter UV-Kleber
Maximale Portzahl	beschränkt	gross
Flexibilität für spezielle Konfigurationen	gut	wenig

Bild 9 Zusammenfassung der Eigenschaften von Faserkopplern und integriert-optischen Kopplern

Anforderungen

Temperatur- und Langzeitstabilität

Wie die Steckverbinder sind auch die Koppler in einem PON extremen Bedingungen ausgesetzt und werden deshalb in Temperatur-Zyklen geprüft. Alterung wird in Temperatur-Feuchte-Zyklen simuliert. Dabei dürfen keine Veränderungen in den optischen Parametern auftreten.

Directivity, RL

Um Kanalübersprechen, Laser-RIN und interferometrisches RIN zu verhindern, müssen an Koppler dieselben Forderungen wie an Stecker gestellt werden. Unerwünschte Reflexionen dürfen –55 dB nicht übersteigen.

Einfügedämpfung und Uniformity

Es sind noch keine einheitlichen Anforderungen festgeschrieben; die Tendenz geht aber dahin, dass man in ein PON wellenlängenunabhängige Koppler einbauen wird. Dies erlaubt, Systeme später nachzurüsten, ohne dass die passiven Komponenten geändert werden müssen. Über die Frage, welche Bandbreiten die beiden optischen Fenster sinnvollerweise haben sollen, ist man sich noch nicht einig. Das Bild 8 zeigt das Koppelverhältnisspektrum eines faseroptischen WIC.

Faserkoppler – integrierte Optik

Sowohl Faserkoppler wie integriert-optische Koppler haben Vor- und Nachteile. Letztere stellen eine brandneue Technologie dar und wirken sehr attraktiv. Zuverlässige Daten über die Lebensdauer dieser Komponenten fehlen aber noch. Hauptvorteil der integrierten Optik ist, dass leicht eine Aufteilung auf viele Ausgänge erreicht wird. Der Hauptvorteil der Faserkoppler ist, dass keine Übergänge Faser–Wellenleiter bewerkstelligt werden müssen. Das Bild 9 fasst die wichtigsten Eigenschaften zusammen.

Oft wird argumentiert, integriert-optische Bauteile führten zu einer enormen Reduktion des Platzbedarfes, ähnlich wie bei elektronischen integrierten Schaltkreisen. Dies ist jedoch nur ein Scheinargument, wenn man bedenkt, dass der Platzbedarf nicht durch den Koppler selber, sondern durch die Anspleissung der Fasern bestimmt wird. Diese geschieht in beiden Fällen in einer üblichen Spleisskassette.

Zurzeit sind auch bei den Faserkopplern starke Entwicklungen im Gange. Wenn es gelingt, 1x4-WIC faseroptisch mit guten Uniformitywerten monolithisch herzustellen, so erscheinen kaskadierte 1x16-Koppler durchaus realistisch. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass für grosse N ($N > 16$) vermutlich nur integriert-optische Koppler sinnvoll sind, während für kleinere N faseroptische Koppler als geeigneter erscheinen.

Ausblick

Da faseroptische Anschlussnetze sehr grosse Stückzahlen passiver Komponenten verlangen werden, ist die Konkurrenz auf diesem Gebiet enorm. Einerseits werden sehr günstige Komponenten gefragt sein, andererseits zeigt eine Betrachtung eines PON, dass keine Kompromisse in der Robustheit und in den optischen Parametern der Komponenten gemacht werden dürfen. Wenn es gelingt, die Fertigungskosten von Schrägschliffsteckern so zu senken, dass sie für einen ähnlichen Preis wie normale Stecker verkauft werden können, so ist anzunehmen, dass sie wohl zum Standard werden. Das Rennen zwischen Faserkopplern und integrierter Optik dürfte bei etwa gleich guten Parametern wohl der Preis entscheiden.

Literatur

[1] *J.E. Denny:* Connector loss performance. Lightwave (1992)6, pp. 25–32.

[2] *Y. Gao, P. Leuthold:* Möglichkeiten und Grenzen der optischen Übertragung in Kabelfernsehnetzen. SEV-Bulletin 83(1992)13, pp. 21–26.

[3] *W.I. Way:* Subcarrier Multiplexed Lightwave system design considerations for subscriber loop applications. IEEE/OSA J. of Lightwave Technol., 7(1989)11, pp. 1806–1818.

[4] *R.P. Novak, H.H. Gilgen:* Comparison between OTDR and OLCR with µm spatial resolution. New improved OLCR detection scheme and latest measurement results on IOC. Digest of the symposium of optical fiber measurements NIST, special publ. 792, Boulder USA, 1990.

Sur les ondes lumineuses vers le consommateur

La fibre in the Loop pose des exigences elevées aux composants optiques passifs

L'utilisation des systèmes de transmission par fibres optiques en télécommunication était limitée à ce jour aux niveaux de réseaux supérieurs (réseau interurbain, réseau régional), donc à des connexions entre deux points. Actuellement, de gros efforts sont entrepris au niveau international pour introduire la fibre aussi dans le réseau d'abonnés. Des mots clés sont «fibre in the Loop», «fibre to the Home», «fibre to the Curb», etc. La question de savoir jusqu'à quel point la fibre pourra réellement être intégrée dans les réseaux d'abonné est encore ouverte et ne trouvera sans doute pas la même réponse partout. De nouvelles architectures sont de toute façon planifiées pour le réseau de raccordement. Pour tenir les investissements à un niveau aussi bas que possible, la lumière est distribuée par un émetteur sur plusieurs raccordements par le biais d'un réseau optique passif (PON) structuré en étoile ou en double étoile (figure 1). Cette architecture exige d'une part de nouveaux composants optiques passifs, à savoir des coupleurs MxN, et pose de l'autre de très hautes exigences aux paramètres optiques, climatiques et mécaniques des connecteurs et coupleurs et indique les exigences auxquelles ceux-ci doivent satisfaire en utilisation dans le réseau de raccordement.