

# Fiber, WDM und Co.



## Vorwort

Informationen müssen heutzutage sofort, überall, für jede und jeden in höchster Qualität zur Verfügung stehen.

Die meisten Informationen müssen dabei über längere Distanzen transportiert werden. Viele Daten müssen auch ständig redundant an unterschiedlichen Orten vorhanden sein.

Das verlangt nach leistungsfähigen Transportlösungen.

Optische Transport-Netze und speziell xWDM Lösungen sind zwei davon; und WDM ist unkompliziert. Es kann aber nicht schaden etwas mehr darüber zu wissen. Lesen Sie...

...oder fragen Sie uns:

DeltaNet AG

Telefon 043 322 40 50 / [info@deltanet.ch](mailto:info@deltanet.ch)

## **Inhaltsverzeichnis**

Glasfasern, Lichtwellenleiter	5
Kabel	17
Stecker, Verbinder	20
SFP, GBIC und Co.	27
Laserklassen	33
Berechnungsbeispiel Leitungsdämpfung	36
xWDM	36
Glossar	51

## Optische Kommunikation

Was ist das und wie funktioniert es?

Auf den Punkt gebracht die Übertragung von Informationen mittels Licht, nach zuvor festgelegten Regeln.

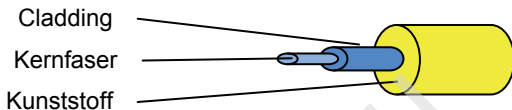
Diese Art von Informationsübertragung wurde bereits im 5. Jahrhundert vor Chr. von griechischen Seefahrern angewendet. Mittels Spiegel wurde das Sonnenlicht so umgelenkt, dass dies von der Besatzung benachbarter Schiffe gesehen werden konnte. Als Protokoll wurde eine Art Morsecode benutzt.

Das Verfahren unterscheidet sich heute insofern, dass das Sonnenlicht durch eine künstliche Lichtquelle LED oder Laser, das Übertragungsmedium früher der freie Raum durch eine Glasfaser und der Empfänger früher das Auge heute durch eine Photodiode ersetzt wurde. Das Protokoll resp. die Protokolle ist/sind heute etwas komplexer und werden teilweise miteinander kombiniert, um höhere Datenraten oder verschiedene Services zu übertragen.

Die nachfolgenden Informationen zeigen auf, welche Komponenten es für die optische Kommunikation braucht, und worauf Sie achten müssen damit eine sichere Verbindung entsteht.

## Lichtwellenleiter, Glasfaser

Die heute für die Datenübertragung gebräuchlichen Glasfasern bestehen aus hochreinem Quarzglas (Kieselglas). Alle sind nach dem gleichen Prinzip aufgebaut.



Die Herstellung der Kernfaser und der umgebenden Glasschicht (Cladding) erfolgt in einem Arbeitsschritt. Das Cladding weist einen anderen Brechungsindex als die Kernfaser auf und verhindert, dass das gesendete Licht den Faserkern verlässt.

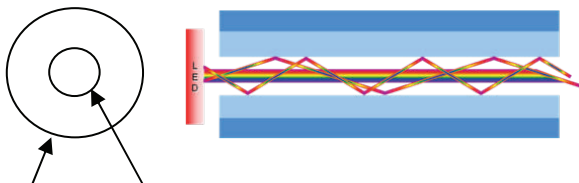
Die Schutzschicht aus Kunststoff verleiht der Glasfaser die notwendige Flexibilität und verhindert, dass diese im normalen Gebrauch bricht.

Die Unterschiede der verschiedenen Glasfasern finden sich in der Qualität des Glases und den Durchmessern der Kernfasern.

Man unterscheidet zwischen **Multimode** und **Singlemode** Glasfasern.

Nachstehend die notwendigsten Informationen und Daten:

## Multimode Fasern



Mantel Glasfaser, Durchmesser 50 oder 62.5µm  
(Cladding)

In einer Multimode-Faser hat das Licht einfach gesagt viel Platz. Wie auf dem Bild dargestellt, kann sich eine Wellenlänge, z.B. 1310nm in mehrere Wellen (Moden) aufteilen, die jeweils unterschiedliche Wegstrecken zurücklegen. Dies führt vor allem bei längeren Distanzen zu Signalverzerrungen, d. h. der Empfänger am Ende der Faser kann das Signal nicht mehr richtig erkennen. Sieht vielleicht ein X statt ein U!

Eine Multimode-Faser bietet 2 bestimmten Wellenlängen besonders wenig Widerstand.

Es sind dies 850nm und 1300nm. Man spricht von Fenstern, z.B. dem 1300er Fenster.

Multimode Fasern werden in 3 Qualitäten hergestellt. Diese haben direkten Einfluss auf die Geschwindigkeiten und die Distanzen.

### **OM1**

Mittlere Geschwindigkeiten (Low Speed Anwendungen bis 100 Mbps), häufig in Verbindung mit LED Lichtquellen.

Verfügbar für 50µm und 62.5µm Fasern

Distanzen bis 550 Meter.

### **OM2 (Standard)**

Optimiert für Laser Anwendungen und Geschwindigkeiten bis 1 Giga.

Verfügbar für 50µm und 62.5µm Fasern.

Distanzen bis 2000 Meter bei 1310nm.

### **OM3**

Speziell für 10 Gigabit Anwendungen und Laser ausgelegte Fasern.

Verfügbar nur für 50µm Fasern.

Distanzen bis 300 Meter bei 850nm.

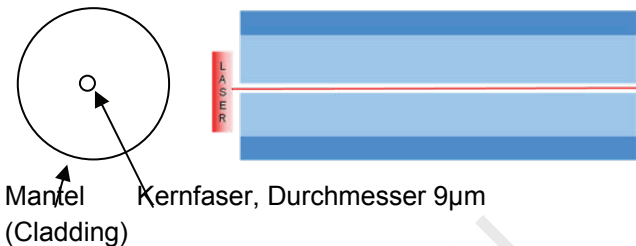
Die durchschnittliche Dämpfung / Abschwächung beträgt etwa 2,5dB/km bei 850nm und ca. 0.7dB/km bei 1310nm.

Das Anwendungsgebiet für Multimode Fasern sind lokale EDV- und industrielle-Netze mit geringer Ausdehnung.

Multimode Fasern sind weder für CWDM\* noch DWDM\* geeignet.

\* siehe Seite 38

## Singlemode, Monomode



Keine Umwege ist hier die Devise, präziser, mit weniger Verlusten.

Die Fenster liegen hier bei 1300nm und 1550nm.  
Die entsprechenden Dämpfungen: 0.35db/km resp.  
0.22db/km.

Anwendungsgebiete: LAN-, MAN- und WAN-  
Netze. Sehr geeignet für breitbandige Anwendungen  
und lange Distanzen.

CWDM / DWDM-Anwendungen können nur auf  
Singlemode Fasern betrieben werden.

Wie auch bei Multimode gibt es bei den Singlemode Fasern verschiedene Qualitäten.

Die wohl am häufigsten verlegte Singlemode Glasfaser ist der Typ G.652.B (ITU). Diese Faser hat bei 1300nm Licht nur eine minimale Dispersion, bei 1550 ist sie höher; deshalb muss je nach Anwendung und Distanz die Dispersion kompensiert werden.

Dämpfung bei 1550nm = 0.22dB/km

Dispersion bei 1550nm = 18ps/nm

Als Weiterentwicklung gibt es eine Low Water Peak Faser (G.652.D).

Die G.655 Faser (NZDS) ist sehr gut für DWDM Anwendungen geeignet, da sie bei DWDM-Wellenlängen nur eine geringe Dispersion aufweist.

Dämpfung bei 1550nm = 0.25dB/km

Dispersion bei 1550nm = 4ps/nm/km

### **Neueste Standards:**

G.657.A Singlemode Faser, die kleine Biegeradien bis 10mm zulässt. Rückwärtskompatibel zum G.652.D (Low Water Peak) Standard.

G.657.B Singlemode Faser für extrem kleine Biegeradien bis 7.5mm. Nicht Rückwärtskompatibel.

Einsatzgebiet: Gebäudeverkabelungen (FTTH)

Die Typenbezeichnungen leiten sich von den Normierungsnummern (G. - Standards) der ITU ab.

## Übersicht Glasfasern

Fibertyp	Glaskern / Mantel	Dämpfung typisch in dB/km			Chromatische Dispersion [ps/nm <sup>2</sup> ·km]			ITU Standards
		850nm	1300nm	1550nm	1300nm	1550nm	1625nm	
MMF OM1	50/125µm	2.3	0.55	—	—	—	—	G.651
Farbe Orange								
MMF OM1	62.5/125µm	3	0.6	—	—	—	—	
Farbe Orange								
MMF OM2	50/125µm	2.7	0.5	—	—	—	—	G.651
Farbe Orange								
MMF OM2	62.5/125µm	3	0.5	—	—	—	—	
Farbe Orange								
MMF OM3	50/125µm	2.3	0.5	—	—	—	—	G.651
Farbe Türkis								
SMF	E9/125µm	—	0.35	0.22	3.5	18	—	G.652.B
Farbe Grün od. Gelb								G.652.D
SMF NZDS (Non Zero Dispersion shifted)	E9/125µm	—	0.25	—	—	—	Low Water Peak Faser	G.655
Farbe Grün oder Gelb								

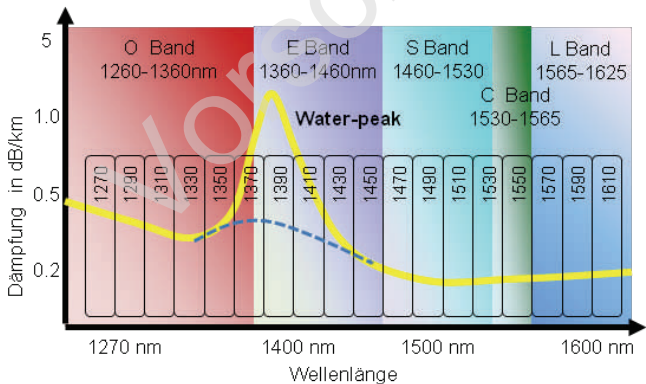
Schon gehört von ...

## Waterpeak

Ein komplexes physikalisches Phänomen in einen einzigen, treffenden Ausdruck: Wasserspitze?

Im Glas der Glasfasern ist Wasserstoffoxyd eingelagert. Dieses verursacht eine höhere Dämpfung für Wellenlängen um 1380nm. Planen Sie diese Wellenlängen zu verwenden, betrachten Sie in der folgenden Skizze die gestrichelte Linie.

Der „Waterpeak“ verdoppelt quasi die Dämpfung.



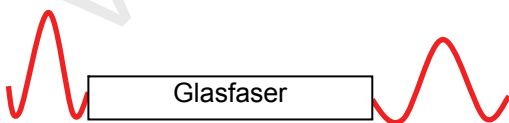
Selbstverständlich haben die Faser-Hersteller  
längstens reagiert und „low water peak“ Fasern

auf den Markt gebracht. Bei diesen ist praktisch kein Peak mehr zu sehen (blau gestrichelte Linie im Diagramm).

Es wurden jedoch haufenweise Glasfasern mit Waterpeak in der Erde vergraben. Die Wahrscheinlichkeit ist also relativ gross, dass Sie so eine Faser bekommen, wenn Sie eine mieten.

**Chromatische Dispersion** (lat. dispergere: ausbreiten, zerstreuen)

Einfachst-Beschreibung: Ein kurzer, in eine Glasfaser gesendeter Impuls erscheint beim Empfänger „länger.“ Dieser Effekt entsteht, weil auch ein präziser Laser mehrere Wellenlängen aussendet. Diese Wellenlängen durchwandern das Glas mit unterschiedlicher Geschwindigkeit. Das Signal wird verformt.

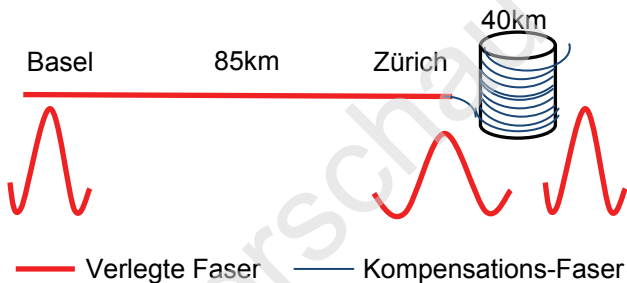


Gesendeter Puls

empfangener Puls

Die Dispersion ist von der Wellenlänge des gesendeten Lichts und vom verwendeten Glas abhängig.

Sie stört um so mehr, je länger die Leitung und je höher die Datenrate ist. Das kann soweit gehen, dass der Empfänger das ankommende Signal nicht mehr als gültig erkennt. Die Dispersion muss deshalb unter Umständen kompensiert werden. Die passive Kompensation erfolgt durch das Einfügen einer Faser mit „umgekehrten“ Eigenschaften als die der Strecke.



Übrigens: 40km Glasfasern kann man locker in einer Damenhandtasche unterbringen.

Selbstverständlich wurden unterdessen Glasfasern mit weniger Dispersion entwickelt. Sie entsprechen dem G.655 Standard.

Signale können auch aktiv / elektronisch wieder in Form gebracht werden, ist aber eher selten.

## Dämpfung

Bei jeder Signalübertragung entstehen Verluste. Auch dann, wenn ein „Licht-Signal“ durch ein „Glasröhrchen“ geschickt wird. Nehmen wir mal folgendes Beispiel: Sie möchten DWDM-Wellenlängen über eine Fiber-Strecke von 105 km Länge übertragen.  $105 \text{ km} \times 0.22\text{dB} = 23.1\text{dB}$ .

Die 105 km Fiber bestehen nicht aus einem Stück, sondern aus 5 Teilstücken, die mit kurzen Patch-Kabeln verbunden worden sind. 8 Kupplungen à  $0.15\text{dB}$  Verlust sind nochmals  $1.2\text{dB}$ . 54 Spleisungen unterwegs summieren sich zu weiteren  $5.4\text{dB}$ .

$23.1 + 1.2 + 5.4 = 29.66\text{dB}$ .

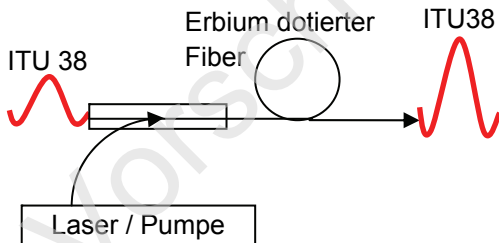
So, nun sollte man noch etwas Reserve einkalkulieren, Fiber altern genauso wie wir. Bei Glasfasern führt das Altern zu einer höheren Dämpfung.

## Verstärker / Optical Fiber Amplifier (OFA) / EDFA

Ein SFP schickt ein Signal mit  $+3\text{dBm}$  ab. Am anderen Ende der Glasfaserstrecke befindet sich wieder ein SFP. Es erkennt ankommende Signale, wenn sie mindestens  $-24\text{dBm}$  stark sind. Heisst, es stehen  $27\text{dBm}$  zur Verfügung. Nehmen wir den errechneten Wert aus dem Abschnitt Dämpfung  $30\text{dB}$ . Rechnerisch müssen wir nun um  $3 \text{ dB}$  verstärken. Logischerweise verstärkt man mehr, einerseits um etwas Reserve zu haben und andererseits, um das SFP nicht in seinem Grenzbereich betreiben zu müssen.

Verstärker können z.B. ein Eingangssignal um einen bestimmten Wert anheben oder einen bestimmten Ausgangspegel liefern. Es ist übrigens nicht ratsam, einfach an der Powerschraube zu drehen und beliebig dBm's in einen Fiber zu jagen. Pro Wellenlänge sind maximal +11dBm möglich. Darüber hinaus kehrt die Verstärkung, wegen der Beschaffenheit der meisten Fiber, ins Gegenteil.

Ein Klassiker sind EDFA's (Erbium Doped Fibre Amplifier / Erbium dotierte Fiber Verstärker). Wie funktionieren diese Dinger?



Die ankommende ITU38 Farbe wird mit 980nm Licht vermischt und danach durch den mit Erbium dotierten Fiber geleitet. Das Ausgangssignal ist „stärker“ als das ursprüngliche Signal.

Es können mehrere Pumpen hintereinander geschaltet werden um die Leistung zu erhöhen. Ein guter Verstärker behandelt alle Wellenlängen gleich.

Er verstärkt alle um denselben Wert. Aber Achtung: Es müssen auch alle mit demselben Wert ankommen. Stärker ankommende Farben werden auch mehr verstärkt, deshalb sollten die Signale mit Dämpfern auf den gleichen Pegel gebracht werden.

Dämpfer gibt es in den verschiedensten Varianten. Am bekanntesten sind Kupplungstücke, die das Licht um einen bestimmten Wert abschwächen.



Teurer als feste Dämpfer sind die verstellbaren Dämpfungsglieder, die z.B. zwischen 0-20dB dämpfen.



Sie können sich Dämpfer auch selber bauen. Stecker zu verschmutzen ist dabei das schlechteste Vorgehen. **Bitte nicht machen!**

Sie könnten aber einen Fiber-Patch eng um einen Bleistift wickeln. Das hilft Ihnen vielleicht mal aus der Patsche. Es wäre aber von grossem Vorteil, wenn Sie die erreichte Abschwächung auch mit einem Messgerät überprüfen könnten.

**Ausgenommen Fasern nach G 657.A / B Standard**

## Patchkabel / Rangierkabel / Patchcords

Patchkabel einadrig (Simplex) oder zweiadrig (Duplex) werden eingesetzt, um Geräte mit optischem Ein-/Ausgang untereinander oder auf einen Verteiler zu verbinden. Sie werden sehr häufig auch zum Verbinden unterschiedlicher Stecker-Systeme verwendet.

Patchkabel sind beidseitig mit Steckern versehen.

Duplex Patchkabel unterscheidet man zwischen



**Figure 0** (2 Einzelfasern mit zusätzlichem gemeinsamen Mantel) und



**Figure 8** (2 Fasern parallel mit Verbindungssteg ohne gemeinsamen Mantel).

Sende- und Empfangsadern sind entweder durch verschiedenfarbige Tüllen am Stecker oder anhand des Aufdrucks auf den Einzeladern zu unterscheiden.

## Breakoutkabel

Mehrfaserkabel für den Inneneinsatz und längere Distanzen



Durch die erhöhte mechanische Festigkeit ist es für den Einzug in Kabelkanäle und Rohre geeignet.

Breakoutkabel können sehr variabel konfektioniert werden. Daher lohnt es sich vor einer möglichen Kabelbestellung ein paar Gedanken darüber zu verlieren. Die untenstehende Checkliste soll dabei helfen.

### Kabel

Aderanzahl:

Adertyp: MM 50/125, MM 62.5/125, SM 9/125

Länge:

Nagetierschutz: Ja / Nein

### Peitsche\*

Seite A Seite B

Steckertyp:

Länge:

Stecker versetzt: Ja / Nein

Einzugsstrumpf: Ja / Nein

\* Abisolierter Kabelteil / Angaben jeweils pro Seite

## **Fanout-Kabel**

Wie Breakoutkabel aber für längere Strecken > 80 Meter. Mit Nagetierschutz als Innen- oder Aussenkabel (2 - 48 Adern).

## **Pigtail**

Glasfaser mit einfachem Kunststoffmantel Durchmesser 0.9 mm. Ein Ende ist mit Stecker versehen, das andere Ende ist zum Spleissen vorgesehen. Findet Verwendung in Kabelendverteilern.

## **Farbcode für Pigtails (Kompaktader 0.9mm):**

SM, E9/125µm	Gelb
MM, 62.5/125µm (OM1)	Blau
MM, 50/125µm (OM2)	Orange
MM, 50/125µm (OM3)	Türkis

## **Riser Kabel**

4 - 16 Volladern, um ein zentrales Stützelement verseilt mit gemeinsamer Zugentlastung.

Zur Verwendung in Steigzonen- und Etagen Verkabelungen.

## Stecker, Verbinder

Die Kommunikation über Glasfasern stellt nicht nur an das Übertragungsmedium selbst, sondern auch an die Verbindungstechnik höchste Ansprüche. Dazu gehören nicht nur Stecker und Verbinder. Auch das Spleissen, das direkte Verbinden zweier Glasfasern ist anspruchsvoll.

Die sorgfältige und fachmännische Behandlung des Materials Kabel, Stecker etc. hat einen erheblichen Einfluss auf das gewünschte Ziel; nämlich eine dauerhafte und zuverlässige Verbindung.

Setzen Sie bei nicht benützten Steckern, Verbindern immer die Schutzkappen auf. Schützt gegen Beschädigungen der Ferrulen und gegen Schmutz.

Setzen Sie das Material nicht unnötig Staub, Feuchtigkeit oder extremen Temperaturen aus.

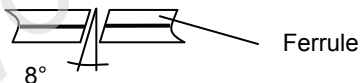
**Reinigen Sie die Stecker / Ferrulen vor jedem Verwenden und nur mit den dafür vorgesehenen Reinigungswerkzeugen.**

## APC / HRL, PC und UPC

Sind Zusatzbezeichnungen und werden dem entsprechenden Stecker-, Verbinder-, Dämpfer-Typ etc. angefügt. (SC/APC, FC/PC, usw...)

APC steht für „**A**ngled **P**hysical **C**ontact“ oder auf deutsch für „gewinkelten physikalischen Kontakt“. Nun, was macht einen APC- oder HRL-Stecker aus? Die Ferrule eines APC oder HRL Steckers ist  $8^\circ$  schräg angeschliffen. Dieser „gewinkelte“ Kontakt führt zu einer hohen Rückflussdämpfung, in englisch: **H**igh **R**eturn **L**oss, HRL.

Die Rückflussdämpfung bezeichnet das Verhältnis zwischen eingespeistem Licht und reflektiertem Licht. Ein Glasfaserstecker sollte möglichst alles Licht aufnehmen und keines reflektieren. Je höher die Rückflussdämpfung, desto besser.

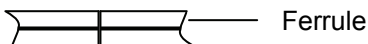


**Die Steckergehäuse oder Tüllen von APC resp. HRL Steckern, Verbinder, Dämpfer etc... sind Grün.**

**PC** (Physical Contact) wird auch als Gradschliff bezeichnet. Es gibt zwei unterschiedliche Ausführungen. Die Unterschiede finden sich in der Grösse der planen Fläche.

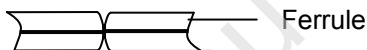
## Variante 1

Die Gesamtläche der Ferrule ist plan geschliffen.



## Variante 2

Die plan geschliffene Fläche beschränkt sich möglichst nur auf die Kernfaser. Dies soll verhindern, dass sich Schmutz grossflächig ansetzen kann und somit zu schlechteren Werten führt.



## UPC (Ultra Physical Contact)

Stecker mit Gradschliff, aber mit speziell polierter Oberfläche. Nahezu unbekannt.

**Die Steckergehäuse oder Tüllen von Steckern, Verbinder etc... mit Gradschliff (PC) sind Blau bei Singlemode und Beige bei Multimode.**

Achtung! Das Kuppeln von APC/HRL- und PC-Steckern führt zu höheren Verlusten (Dämpfung). Kann im Notfall funktionieren.

Aber dadurch, dass die Oberflächen der beiden Ferrulen nicht plan aufeinanderliegen, sind solche Verbindungen anfällig für Schmutzablagerungen und Eintrübung durch Feuchtigkeit.

Die anfänglich funktionierende Verbindung könnte zum Albtraum mutieren.

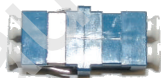


## LC-Stecker und Verbinder

Kompakter Stecker geeignet für hohe Packungsdichten.

### Eckdaten

Singlemode PC / Farbe	Ja / Blau
Singlemode APC / Farbe	Ja / Grün
Multimode / Farbe	Ja / Beige
Simplex / Duplex	Ja / Ja
Einfügedämpfung SM/MM	0.2dB
Rückflussdämpfung PC /APC	> 45 / 60dB
Lebensdauer / Steckungen	Min. 1000



## E2000™-Stecker und Verbinder

Steckverbinder Push Pull mit zus. Staubschutzklappe

### Eckdaten

Singlemode PC / Farbe	Ja / Blau
Singlemode APC / Farbe	Ja / Grün
Multimode / Farbe	Ja / Beige
Simplex / Du	



Die vollständige Broschüre erhalten Sie GRATIS auf Anfrage bei:

DeltaNet AG unter fon +41 43 322 40 50 oder [www.deltanet.ch/de/kontakt/](http://www.deltanet.ch/de/kontakt/)