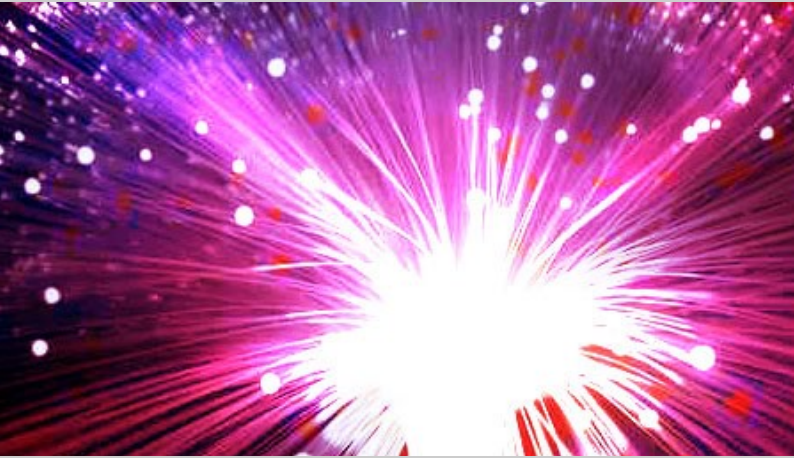
DELTANET

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. WDM ist unkompliziert. Es kann aber nicht schaden etwas mehr darüber zu wissen.

Lesen Sie…

…oder fragen Sie uns:

Deltanet AG

Telefon +41 43 322 40 50 / info@deltanet.ch

Inhaltsverzeichnis

Glasfasern, Lichtwellenleiter	5
Signalverstärker / Optical Amplifier / Verstärker	13
Dispersion Kompensation	15
Kabel	17
Stecker, Verbinder	20
SFP, GBIC und Co. (Transceiver)	27
Laserklassen	36
Berechnungsbeispiel Leitungsdämpfung	39
xWDM	41
Passives xWDM	44
Add & Drop	50
Aktives xWDM	51
Monitoring / Test Access Points (TAP)	59
Es funktioniert nicht...	60
Glossar	61
Wer ist Deltanet AG	70

Optische Kommunikation

Was ist das und wie funktioniert es?

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

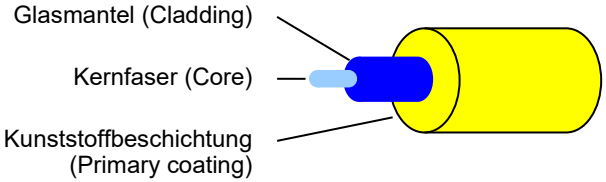
Diese Art von Informationsübertragung wurde bereits im 5. Jahrhundert vor Chr. von griechischen Seefahrern angewendet. Mittels Spiegel wurde das Sonnenlicht so umgeleitet, dass dies von der Besatzung benachbarter Schiffe gesehen werden konnte.
Als Protokoll wurde eine Art Morsecode benutzt.

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 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 Datenratenraten 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 und zuverlässige 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.

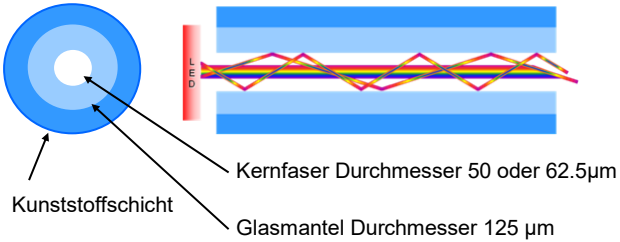
Die Schutzschicht aus Kunststoff verleiht der Glasfaser die notwendige Flexibilität und verhindert, dass diese im normalen Gebrauch bricht.

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



In einer Multimode-Faser hat das Licht einfach gesagt viel Platz. Wie auf dem Bild dargestellt, kann sich eine Wellenlänge, z.B. 1310 nm 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 1300 nm. Man spricht von Fenstern, z.B. dem 1300er Fenster.

Multimode Glasfasern werden in 5 Qualitäten hergestellt. Diese haben direkten Einfluss auf die Geschwindigkeiten und die Distanzen.

Faserqualität OM1

Datenrate bis 100 Mbps, häufig in Verbindung mit LED Lichtquellen. Findet in Neuinstallationen praktisch keine Verwendung mehr.

Verfügbar mit 62.5µm Fasern Distanz bis~ 550 Meter.

Faserqualität OM2

Optimiert für Laser Lichtquellen und Geschwindigkeiten bis 1 Gigabit. Verwendung abnehmend.
Verfügbar mit 50µm und 62.5µm Fasern.
Distanzen bis 2000 Meter bei 1310nm.

Faserqualitäten OM3 (Standard) / OM4

Speziell für 10 Gigabit (OM3/4) und 40/100 Gigabit (OM4) Anwendungen und Laserlichtquellen.
Verfügbar nur mit 50µm Fasern.

OM3 Dual Faser: 10G ~ 300 Meter bei 850nm

OM4 Dual Faser: 10G ~ 400 Meter bei 850 nm

OM3 Mehrfaserkabel (8): 40/100G, ~300/100 Meter

OM4 Mehrfaserkabel (8): 40/100G, ~550/125 Meter

Mehrfaserkabel in Verbindung mit MTP/MPO Stecker oder für Active Optical Cable.

Multimode Fasern OM1/2/3/4 sind weder für CWDM noch DWDM geeignet. Siehe auch Seite 38

Faserqualität OM5

Neue Breitband Multi Mode Faser. Für 100G Übertragung im **S**hort**W**ave**D**ivision**M**ultiplexing Verfahren. Dabei wird vom Transceiver ein Multiplexsignal mit den 4 Wellenlängen (850/880/910/940 nm) gesendet.

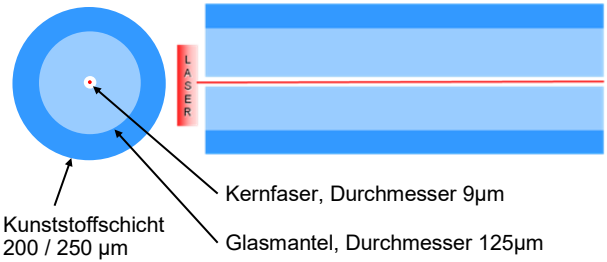
OM5 100G ~ 150 Meter und 2 Fasern

OM5 Mehrfaserkabel (8) 400G ~150 Meter

Durchschnittliche Dämpfung / Abschwächung etwa **2,5dB/km bei 850 nm** und ca. **0.7dB/km bei 1310 nm.**

Das Anwendungsgebiet für Multimode Fasern sind lokale EDV– und industrielle Netze mit geringer Ausdehnung oder Rechenzentren.

Singlemode, Monomode



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

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

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.

Siehe auch Übersichtstabelle Seite 10

Neuere Standards:

G.657.A1 Singlemode Faser, die kleine Biegeradien bis 10mm zulässt.

G.657.A2 Singlemode Faser, die kleine Biegeradien bis 7.5mm zulässt.

Die G.657.A1 und A2 Standards sind rückwärtskompatibel zum G.652.D (Low Water Peak) Standard.

G.657.B2 Singlemode Faser für extrem kleine Biegeradien bis 7.5mm.

G.657.B3 Singlemode Faser für extrem kleine Biegeradien bis 5mm.

Die G.657B2 und B3 Standards sind nicht kompatibel zu anderen Singlemode Standards.

Einsatzgebiet: In Fiber to the home Installationen (FTTH), Anschlussdosen (Pigtails) selten auch als Patchkabel / Installationskabel.

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

Übersicht Glasfasern

Fibertyp	Farbe	Glaskern / Mantel in µm	Dämpfung typisch in dB/km			Chromatische Dispersion [ps/nm*km]			ITU Standards
			850nm	1300nm	1550nm	1300nm	1550nm	1625nm	
MMF OM1	Orange / Blau	50/125 (selten)	2.3	0.55	--	--	--	--	G.651.1
MMF OM1	Orange / Blau	62.5/125	3	0.6	--	--	--	--	G.651
MMF OM2	Orange	50/125	2.7	0.6	--	--	--	--	G.651.1
MMF OM2	Orange	62.5/125 (selten)	3	0.6	--	--	--	--	G.651
MMF OM3	Türkis	50/125	2.3	0.6	--	--	--	--	G.651.1
MMF OM4	Erikaviolett	50/125	2.2	0.6	--	--	--	--	G.651.1
MMF OM5 Breitband Faser	Limonengrün	50/125	2.2	0.6					G.651.1
SMF	Gelb od. Grün	9/125	--	0.35	0.22	3.5	18	22	G.652 B G.652 D
						Low water peak Faser			
SMF NZDS (**N**on **Z**ero **D**ispersion **S**hifted)	Gelb od. Grün	9/125	--	0.4	0.25	--	3.5	11.2	G.655
SMF*	Gelb od. Grau	9/125	--	0.35	0.2	--	--	--	G.657.A
SMF*	--	9/125	--	0.35	0.22	--	--	--	G.657.B

*Spezial Glasfasern mit sehr niedrigen Dämpfungswerten bei extremer Biegung. Verschiedene Faser Typen für verschiedene Biegeradien (15, 10, 7.5 bis 5mm) erhältlich.

Z.B. G.657.A2 Faser, 0.1dB Dämpfung bei 10mm Biegeradius und 1550nm, normale Singlemode Glasfasern zirka 0.75dB.

Optische Dämpfung (Optical Attenuation)

Bei jeder Signalübertragung entstehen Verluste. Auch dann, wenn ein „Licht-Signal“ durch ein „Glasröhrchen“ geschickt wird.

Beeinflusst wird die optische Dämpfung durch eine Vielzahl von Faktoren. Dazu gehören: Bauart/Typ der verwendeten Glasfaser und ob diese korrekt verlegt ist, als auch die Anzahl Spleisse, Kupplungen, Stecker etc. sowie Passive Multiplexer, Splitter oder Dispersionskompensatoren.

Last but not least: Ungenügend gereinigte Stecker gehören leider immer wieder auch dazu.

Das ganze wäre ja so einfach, wenn nicht auch noch die Wellenlänge des gesendeten Lichts eine Rolle spielen würde.

Siehe unten und nächste Seite.

Um die Dämpfung einer Verbindung Handgelenk x π berechnen zu können gibt es ein paar Standardwerte.

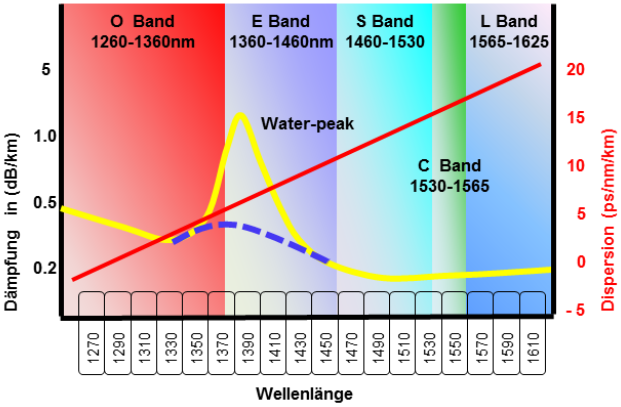
Stecker	Alle Steckertypen 0.2dB/Stecker	
Fiber	MM @ 850nm	2.5 dB/km
	MM @ 1310nm	0.7 dB/km
	SM @ 1310nm	0.35 dB/km
	SM @ 1550nm	0.22 dB/km
Spleiss	0.2 dB/Spleiss	
Patchpanel	0.5 dB	
Passive Komponenten (Splitter / Multiplexer usw..)	Gerätespezifisch	

Schon vom Waterpeak gehört?

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

Im Glas der Glasfasern ist Wasserstoffoxyd eingelagert. Dieses verursacht eine höhere Dämpfung für Wellenlängen um 1380 nm. Ist die Verwendung dieser Wellenlängen z. B. in einer CWDM Installation geplant, sollte dieser Umstand berücksichtigt werden, (siehe gelbe Linie im Diagramm).

Der „Waterpeak“ verdoppelt quasi die Dämpfung. Längstens haben die Hersteller reagiert und „low water peak“ Fasern auf den Markt gebracht. Diese haben praktisch kein Peak mehr (blau gestrichelte Linie).



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

Verstärker/Optical Fiber Amplifier (OFA)/EDFA

Spätestens dann, wenn die optische Dämpfung einer Verbindung in etwa gleich gross ist wie das optische Budget das die Transceiver zur Verfügung stellen, muss das Signal verstärkt werden.

Ein Klassiker sind hierbei die EDFA's (Erbium Doped Fibre Amplifier / Erbium dotierten Fiber Verstärker).

Diese verstärken rein optisch, üblicherweise mehrere DWDM ITU-Kanäle zwischen 1530-1565 nm (C Band) gleichzeitig und arbeiten in zwei Betriebsarten:

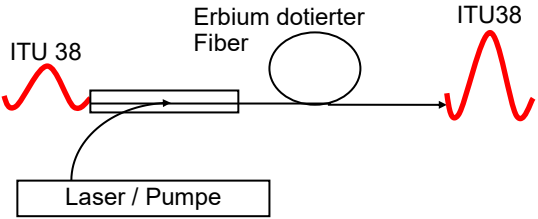
Automatic Gain Control (AGC). Jedes/r Eingangssignal / Kanal wird um den gleichen Wert verstärkt.

Automatic Power Control (APC). Relativ unabhängig von der Eingangssignalstärke liegen die Signale am Ausgang immer in der gleichen Stärke vor.

Aber wie funktionieren diese Dinger?

Die ankommenden Signale (ITU Kanäle) werden mittels eines Halbleiterlasers mit 980 nm Licht „gepumpt" und durch einen mit Erbium dotierten Fiber geleitet. Das optisch gepumpte Ausgangssignal ist dann „stärker" als das ursprüngliche Signal.

Reicht die Ausgangsleistung nicht, können mehrere Pumpen hintereinander geschaltet werden.



Die Signale sollten nicht nur im AGC sondern auch im APC Mode möglichst gleich stark am Verstärkereingang anliegen. Zu starke Signale müssen deshalb gedämpft werden. Das Dämpfen/Einpegeln kann mit Inline Dämpfern z. B. Mittelstücken mit festen Dämpfungswerten zwischen 1 – 20 dB,

oder mit verstellbaren Dämpfern, die zwar teurer aber dafür stufenlos einstellbar und flexibler sind, erfolgen.

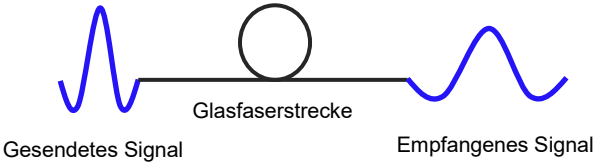
Im absoluten Notfall kann ein Fiber-Patch eng um einen Stift gewickelt werden. Damit kann, allerdings keine konstante, Dämpfung erreicht werden. **Der Einsatz eines geeigneten festen / verstellbaren Dämpfers ist in jedem Fall die beste Wahl.** Dies sollte nach Möglichkeit mit einem Messgerät überprüft werden.

EDFA Verstärker, z. B. der **Lambdaamp LA-20,** können als Booster am Anfang oder als Line Verstärker auf der Strecke selber oder am Ende verwendet werden.

Neben den EDFA Verstärkern gibt es auch RAMAN Verstärker, die ebenfalls rein optisch verstärken und in DWDM Installationen Verwendung finden.

Chromatische Dispersion
(lat. dispergere: ausbreiten, zerstreuen)

Einfachste Beschreibung: Ein kurzer, in eine Glasfaser gesendeter Impuls erscheint beim Empfänger „länger.“ Dieser Effekt entsteht, weil auch ein präziser Laser mehrere Wellenlängen aussendet. Diese durchwandern das Glas mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Das ursprüngliche Signal wird verformt in die Länge gezogen.



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

Sie stört um so mehr, je länger die Leitung und je höher die Datenrate (bis ~40 Gbit) ist. Im ungünstigsten Fall „sieht“ der Empfänger das ankommende Signal (Licht) erkennt es aber nicht als solches. Werden aufgrund der Distanz optische Verstärker eingesetzt, tritt dieser Effekt sehr häufig auf.

In diesen Fällen muss die Dispersion kompensiert werden. Die einfachste Art ist die passive Kompensation, dabei werden Glasfasern mit „umgekehrten“ Eigenschaften als die, die auf der Strecke verwendet wurde, in die Verbindung eingefügt. Eine zweite Möglichkeit ist die Kompensation mittels Faser-Bragg-Gittern. So oder so, für das Signal ein Aufsteller.

Wann sollte kompensiert werden?

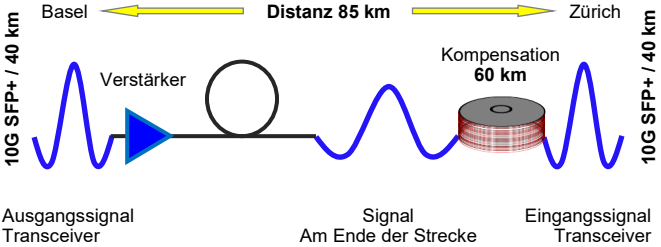
Jeder Transceiver ist für eine bestimmte Distanz ausgelegt. Ist die effektive Strecke länger, muss das Signal verstärkt und sehr wahrscheinlich auch kompensiert werden.

Die grobe Berechnung der Kompensation veranschaulicht an einer 10 Gigabit Verbindung Basel - Zürich.

Beidseitig sind DWDM Transceiver die für 40 km ausgelegt sind eingesetzt. Für die „fehlenden“ 45 km wird ein optischer Verstärker verwendet.

Basiswert für die Berechnung ist die Differenz zwischen Streckenlänge und Distanzangabe des Transceivers.

((85 - 40) + 10 Reserve) und Resultat aufrunden = 60 km.



Für eine genaue Berechnung der Kompensation sind immer die tatsächlichen Messwerte und die verbauten Glasfasern massgebend. Zögern Sie nicht, sich von einem Spezialisten beraten zu lassen. Er weiss, ob eine Kompensation z. B. Lambdacomp™ notwendig ist und wie die beste Anordnung der Geräte aussieht.
Übrigens die Signale können auch aktiv / elektronisch wieder in Form gebracht werden, ist aber eher selten.

Kabel

Allgemein

Glasfaserkabel immer mit der notwendigen Sorgfalt behandeln und installieren.

Kabel nur in sauberer und trockener Umgebung lagern.

Vermeiden von zu starken Zugbelastungen und Druckstellen. Einhalten der minimalen Biegeradien.

Nachstehend Informationen zu den üblichsten Kabel;

Patchkabel / Rangierkabel / Patchcords / Jumper

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 gibt es in zwei Varianten:

Figure 0 (2 Einzelfasern mit gemeinsamem Mantel)

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.

Breakout-Kabel

Meist vorkonfektioniertes Mehrfaserkabel mit Kompakt-adern für den Inneneinsatz und längere Distanzen (~80 bis 100 Meter).

Einsatzzweck: KEV - KEV Verbindungen etc.

Durch die erhöhte mechanische Festigkeit kann es auch für den Einzug in Kabelkanäle und Rohre verwendet werden.

Die Fasern des Breakout –Kabels können direkt mit allen üblichen Steckern konfektioniert werden.

Für eine Bestellung werden etliche Angaben benötigt.

Kabel allgemein

Aderanzahl:	2 / 4 / 8 / 12 / 16 / 24 Adern	
Fasertyp:	MM 50/125, (OM2, OM3, OM4, OM5)	
	MM 62.5/125, SM 9/125	
Länge:	.....	
Peitsche	Seite A	Seite B
Steckertyp:	.....	.....
Länge:	.....	.....
Stecker versetzt:	Ja ☐	Nein ☐
Einzugsstrumpf:	Ja ☐	Nein ☐

Riser Kabel

4 - 24 Volladern um ein zentrales Stützelement verseilt mit gemeinsamer Zugentlastung.

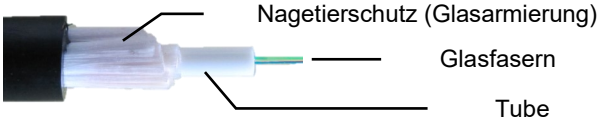
Einsatzgebiet Steigzonen- / Etagenverkabelungen.

Fanout- / Bündelader-/ Aufteiler-Kabel

Aussen-/Innenkabel mit opt. Nagetierschutz (Glas / Stahl armiert). Für Innenanwendungen ab Distanzen > 80 Meter empfohlen. Die Glasfasern (2 - 144 Adern à 0.25mm) werden gemeinsam in einem oder mehreren Kunststoffröhrchen (Tubes) geführt.

Ideal zum Spleissen, z.B. in mit Pigtails bestückten KEVs oder Kabel - Kabel Verbindungen.

Für die Konfektion mit Steckern werden spezielle Kabelabschlüsse, sogenannte Aufteiler, verwendet. Diese ermöglichen die Aufteilung der zuvor gemeinsam geführten Adern, die Isolation der Fasern und einen wasserdichten Abschluss.



Pigtail

Glasfaser mit einfachem Kunststoffmantel Ø 0.9 mm. Einseitig mit Stecker konfektionierte Glasfaser mit einem zum Spleissen vorgesehenen offenen Ende. Einsatz in Kabelendverteilern (KEV).

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
	MM, 50/125µm (OM4)	Violett/Erika
	MM, 50/125µm (OM5)	Limonengrün

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 höchst anspruchsvoll.

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

Setzen Sie bei nicht benützten Steckern und Verbindern immer die Schutzkappen auf. Sie schützen gegen Beschädigungen und das Verschmutzen der Ferrulen.

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 Reinigungs-Hilfsmitteln.

Achten Sie darauf, dass in einer optischen Punkt Punkt-Verbindung durchgängig entweder nur Single- oder nur Multimode Fasern verwendet werden.

Die Verwendung unterschiedlicher Fasern führt zu hohen optischen Dämpfungen.

Spleiss

Ist eine permanente und nicht zerstörungsfrei lösbare Verbindung zweier Glasfasern.

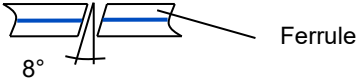
Die Verbindung wird durch Verschmelzen, Klammern oder Kleben hergestellt. Das Spleissen erfolgt durch einen Spezialisten mit den entsprechenden Geräten.

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 zeichnet einen APC- oder HRL-Stecker aus? Die Ferrule eines APC- oder HRL-Steckers ist 8° 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 (**P**hysical **C**ontact) wird auch als Gradschliff bezeichnet. Es gibt zwei unterschiedliche Ausführungen. Die Unterschiede finden sich in der Grösse der planen Fläche und der Feinheit der Politur.

Variante 1

Praktisch die gesamte Fläche der Ferrule ist plan geschliffen.

Variante 2

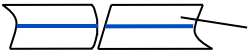
UPC (**U**ltra **P**hysical **C**ontact)

Stecker mit speziellem Gradschliff und speziell fein polierter Oberfläche.

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.

Die Steckergehäuse oder Tüllen von Steckern, Verbinder etc... mit Gradschliff (PC/UPC) sind bei Singlemode Blau und bei Multimode Beige, Schwarz oder der Kabelqualität entsprechend OM3 türkis, OM4 Erika/Violett, OM5 Limonengrün.

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 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 Staubschutzklappe

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/	> 40 / 65dB
Lebensdauer / Steckungen	Min. 1000

*Schwarz oder des OM Standard entsprechend OM3 Türkis, OM4 Erika/Violett, OM5 Linden-/Limonengrün

MTP®- / MPO Mehrfaser Stecker
Kunststoff Stecker einseitig mit Führungsstiften

Eckdaten

Singlemode PC / Farbe	Ja / Gelb
Singlemode APC / Farbe	Ja / Grün
Multimode / Farbe	Ja / Beige*
Mehrfaser Stecker	4—72
Einfügedämpfung SM/MM	0.2dB
Rückflussdämpfung	> 45 dB
Lebensdauer / Steckungen	SM 500 MM 1000

MTP® ist ein eingetragenes Warenzeichen von US Conec Ltd.

SC-Stecker und Verbinder
Steckverbinder mit Push Pull Steckverriegelung

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

***** auch Schwarz oder dem OM Standard entsprechend,OM3 Türkis, OM4 Erika/Violett, OM5 Linden-/Limonengrün.

FC– Stecker und Verbinder

Metallstecker mit Verdrehsicherung geschraubt

Eckdaten

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

ST-Stecker und Verbinder

Metallstecker mit Bajonett Verriegelung

Eckdaten

Singlemode PC / Farbe	Ja / —
Singlemode APC / Farbe	Nein / —
Multimode / Farbe	Ja / —
Simplex / Duplex	Ja / Nein
Einfügedämpfung SM/MM	0.2dB
Rückflussdämpfung	> 45dB
Lebensdauer / Steckungen	Min. 1000

Stecker die Sie auch noch antreffen könnten oder in Zukunft vermehrt antreffen werden.

F-3000™ (Simplex Ausführung)

(Diamond SA)

LX.5 (Simplex Ausführung)

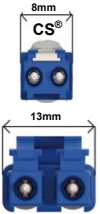
Beides sind Push Pull-Stecker-Systeme mit Staubschutzklappe; dem LC-Stecker, auch von den Eigenschaften sehr ähnlich. Allerdings ist nur der F-3000™ ist zu diesem kompatibel;

MTRJ-Stecker (2 Fasern)

Kunststoff Duplex Small Form Factor Stecker

What‘s next?

CS® CONNECTOR



Der zukünftige Stecker für die kommenden QSFP-DD und OSFP Transceiver. Mit der hauptsächlichen Verwendung im Data Center. Dieser Stecker ist rund 40% kleiner als ein Standard Duplex LC Stecker. Von der Bauform her diesem aber sehr ähnlich.

Splitter / Koppler

Splitter teilen das ankommende Licht (unidirektional) auf zwei oder mehrere Fasern auf. Anwendung finden sie in PON-Netzen oder Messumgebungen. Das Licht kann zu gleichen Teilen auf die verschiedenen Fasern oder aber in Messanwendungen z.B. im Verhältnis 2:98% aufgeteilt werden.

CS® Connector ist ein eingetragenes Warenzeichen von SENKO Advanced Components Inc.

SFP, GBIC und Co

Damit eine optische Kommunikation überhaupt möglich ist, wird eine Lichtquelle und ein Empfänger benötigt. Der Sender wandelt die elektrischen Signale in Licht und wird vom Empfänger wieder in elektrische Impulse zurück gewandelt.

Das Angebot an Geräten mit festeingebauten optische Schnittstellen nimmt kontinuierlich ab. Der Markt konzentriert sich heute hauptsächlich auf die steckbaren Varianten.

Die bekanntesten „Einbau-Konverter“ sind SFPs. **SFP** steht für „**S**mall **F**orm Factor **P**luggable“ oder in Deutsch „klein und steckbar“; erhältlich für unterschiedlichste Geschwindigkeiten **bis 4G**. SFPs senden praktisch in jeder gewünschten Wellenlänge über kurze und lange Distanzen.

Für Datenraten **> 4G (- 16G)** ist der **SFP+** Transceiver der meist eingesetzte. Weit verbreitet sind auch noch die XFPs. Hingegen werden die Xenpak, X2, Xpak Transceiver kaum mehr verwendet.

Für Anwendungen mit **40 Gbit** wird normalerweise das **QSFP(+)** oder **CFP,** für **100 Gbit** das **CFP**, **CFP2**, **CFP4** oder das **QSFP28** eingesetzt. Verfügbar für Multi– / Singlemode und Kupfer Anwendungen. Die MM Variante nutzt mehrere getrennte Sende- und Empfangsadern. Die Verbindung wird über ein Mehrfaserkabel (Ribbon/Flachband Fiberkabel) und MTP®/ MPO Mehrfaser Stecker realisiert. Bei den SM Transceivern gibt es den parallelen Ansatz mit mehreren Fasern, den Multiplexer Ansatz mit mehreren Wellenlängen (Lambdas) und den seriellen Ansatz auf 2 Fasern.

What‘s next...

Mit den **CFP8**/**CDFP8** und den **CFP16**/**CDFP16** stehen schon die nächsten Generationen in den Startlöchern. Die Datenrate ist 400 Gbit.

Mögliche Ausführungen: Mehrfaser via MTP®/MPO und Multiplexer Varianten via Duplex LC/PC.

Die Grössen werden ähnlich dem CFP2 resp. 4 sein.

SFP-DD / QSFP-DD

Quad **S**mall **F**orm **P**luggable - **D**ouble **D**ensity

Das -DD bezieht sich auf die Verdoppelung der elektrischen Leiterbahnen (4 auf 8) auf der Hostseite. Abhängig vom Modulationsverfahren lassen sich mit dem SFP -DD, 50 - 100G und mit dem QSFP-DD 200 - 400G erreichen. Ein QSFP-DD Steckplatz soll auch ein QSFP28 und ein SFP-DD Steckplatz ein SFP aufnehmen können.

OSFP

Octal **S**mall **F**orm **P**luggable

Datenrate 400 Gbps und in einem weiteren Schritt 800 Gbps. Das OSFP soll etwas grösser, als ein QSFP und zu diesem via Adapter rückwärts kompatibel, sein.

Heute verfügbare 100/200G Transceiver Varianten

CPAK® Cisco proprietäre 100 Gbit Transceiver Variante. Mit Duplex SC/PC oder LC/PC Stecker (SM / 4 Wellenlängen/Lambdas à 25 Gbit) oder 10 x 10 Gbit mit MTP®/MPO Stecker mit 24 SM oder MM Fasern.

Distanzen MM bis 150 Meter, SM Duplex 10 - 25 km, SM 24 Faser MTP®/MPO bis 10 km.

Im Grössenvergleich liegt das CPAK zwischen dem CFP 2 und 4.

CPAK® ist ein eingetragenes Warenzeichen von Cisco Systems, Inc.

CXP

Für kurze Strecken optimierter günstiger High Speed Transceiver. Einsatz innerhalb von Datencentern.

24 Faser MTP®/MPO Multimode Stecker.

12 x 1 oder 12 x 10 oder 12 x 12.5 Gbit (Infiniband)

Auch als DAC (Direct attached copper cable)

Distanzen bis 150 Meter.

Zeichnet sich durch die geringe Einbautiefe aus und ist deshalb auch auf Server/PC Karten zu finden.

CFP (C Form Factor Pluggable)

100 Gbit / 40 Gbit Transceiver

Stecker:	LC/PC, SC/PC, MTP®/MPO
Datenraten:	1 x 100 Gbit, 1(2) x 40 Gbit, 4 x 25 Gbit
Medien:	MM (SR, 4 x 850nm parallel, 500m) SM (LR, 1310 od. 1550nm, 10km) SM (LR4/ER4, 1295/1300/1305/1310nm) DWDM 10 x 10 Gbit DWDM 1 ITU Kanal (Kohärent)
Protokolle:	Ethernet SONET/SDH OTU3/4, ODU3/4
Distanzen:	bis ~40km Kohärent bis 80 km

Für fast alle 100 G Varianten gilt, das mit anderen Modulationsverfahren auch 150 resp. 200 Gbps erreichen lassen.

CFP2 (C Form Factor Pluggable)

40 Gbit / 100 / 200 Gbit Transceiver

Stecker: LC/PC, SC/PC, MTP®/MPO

Datenraten: 1 x 100 / 200 Gbit, 4 x 25/28 Gbit

Medien: MM (SR, 4 x 850nm parallel, 100m)
SM (LR4/ER4, 1295/1300/1305/1310nm)
DWDM 1 ITU Kanal (kohärent)
BiDi (2 ITU– Kanäle)

Protokolle: Ethernet
SONET/SDH
OTU4/ODU4

Distanzen: bis ~40km
Kohärent bis 80 km

CFP4 (C Form Factor Pluggable)

100 Gbit Transceiver

Stecker: LC/PC, SC/PC, MTP®/MPO

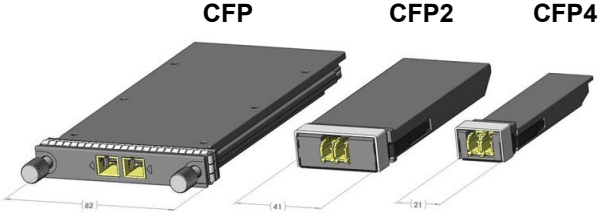
Datenraten: 1 x 100 Gbit, 4 x 25/28 Gbit

Medien: MM (SR, 4 x 850nm parallel, 500m)
SM (LR4/ER4, 1295/1300/1305/1310nm)

Protokolle: Ethernet
OTU4/ODU4

Distanzen: bis ~40km

Grössenvergleich CFP Transceiver



Source CFP-MSA.org

Die Entwicklung bei den steckbaren Transceivern geht rasend schnell voran. Gut möglich dass die Daten schon Morgen nicht mehr ganz aktuell sind. Im Zweifelsfall rufen Sie uns an.

Geräte-Hersteller bieten in der Regel eigene Produkte an, die auch herstellerspezifisch kodiert sind. Diese sind häufig (sehr) teuer, weshalb sich ein Markt für kompatible Produkte etabliert hat.

Wenn Sie an günstigen Alternativen interessiert sind eine E-Mail genügt. info@deltanet.ch

QSFP(+) (Quad Small Form Factor Pluggable)

Standard Transceiver für 40 Gbit Anwendungen

Stecker: LC/PC, MTP®/MPO

Datenraten: 4 x 10 Gbit

Medien: MM (SR, 4 x 850nm, parallel, 300m)
SWDM (Serial MM 850/880/910/940nm)
SM (4 x 1310 nm parallel –10 km)
SM (LR4, 1271/1291/1311/1331nm, 10 / 40 km)

Protokolle: 40 GbE
Infiniband

Distanzen: bis ~40km

Auch als Activ Optical Cable (AOC) und DAC Kabel in verschiedenen Längen erhältlich.

QSFP28

Transceiver für 100 Gbit Anwendungen

Gleiche Grösse wie das QSFP(+)

Stecker:	LC/PC, MTP®/MPO
Datenraten:	4 x 25/28 Gigabit
Medien:	MM (SR, 4 x 850nm, parallel, 100m) SWDM (Serial MM 850/880/910/940nm) SM (LR4, 1271/1291/1311/1331nm, 10 km)
Protokolle:	100 GbE / OTU4 32G FC Infiniband QDR
Distanzen:	bis ~10km

Auch als Active Optical Cable (AOC) und DAC (Direct attached copper cable) in verschiedenen Längen erhältlich.

SFP28 (Small Form Factor Pluggable)

Grösse identisch zum SFP und SFP+

Stecker:	LC/PC
Übertragungsrate:	25/28 Gbit
Medien:	MM 850nm SR 100m SM 1310nm LR 10km
Protokolle:	25 GbE 32G FC SDH/SONET
Distanzen:	bis ~10km

Auch als **A**ctive **O**ptical **C**able (AOC) und **D**irect **attached C**able (DAC / Kupfer).

SFP+ (Small Form Factor Pluggable plus)

Quasi Standard Transceiver für >4 G - 16 G

Grösse identisch zum SFP

Stecker: LC/PC

Übertragungsrate: bis 16 Gigabit

Medien: MM 850nm SR 300m
SM 1310nm LR 10km
SM 1550nm ER 40km
SM 1550nm ZR 80 km
BiDi-WDM, CWDM, DWDM

Protokolle: 10 GbE
16 / 8Gb FC

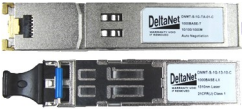
Distanzen: bis ~80km

Auch als **A**ctive **O**ptical **C**able (AOC) in den Längen 1 - 100 Meter und **D**irect **A**ttached **C**able (DAC / Kupfer).

SFP (Small Form Factor Pluggable)

Quasi Standard bei den steckbaren Transceivern.

Stecker: LC/PC



Datenrate: bis 4 Gbit

Medien: MM (SX 500m),
SM (LX/LH 10km;
EX 40km;
ZX 80km;
EZX 120km)
BiDi-WDM, CWDM, DWDM
Kupfer (10/100/1000BaseT, RJ-45)

Protokolle: FE, GbE, STM-1/4/16 optisch,
FC 1/2/4Gb, OC-3/12/48

Distanzen: bis ~160km (GE), ~200km (FE)

XFP

Das X in XFP steht nicht für das Gegenteil von S in SFP, die Abmessungen sind ähnlich. Das X steht für die römische 10. Weil das XFP eben 10 Gbit kann.

Stecker:	LC/PC
Datenrate:	10 Gbit
Medien:	MM 850nm (SR 300m) SM (LR 10 km; ER 40km; ZR 80km) BiDi-WDM, CWDM, DWDM
Protokolle:	10 GbE, 8 Gb FC, STM-64/OC192
Distanz:	bis ~120km

Transceiver die noch in Gebrauch sind aber in Neuinstallationen kaum mehr verwendet werden.

Der Xenpak war erste steckbare 10Gb Transceiver.

Xenpak **X2 / XPAK**

Für alle gilt:

Stecker: SC/PC

Datenrate: 10 Gbit

MM 850nm (SR 300m)
MM 1310nm (LX-4 300m)
SM (LR 10 km; ER, 40 km; ZR 80km)
DWDM; Kupfer

Zusätzlich:X2/XPAK BiDi und CWDM

Protokolle: 10GbE alle, X2/XPAK 10 G FC.

Xenpaks und X2 mit Bezeichung LX4

LX4 bezeichnet ein Verfahren, das in Richtung der Fiber 4 x 3.125 Gbit übermittelt. Sie funktionieren wie eigentliche WDM-Multiplexer.

Dasselbe Verfahren wird auch bei einigen Varianten der CFP/CPF2/CFP4, QSFP+/28 eingesetzt.

Nicht für CWDM oder DWDM geeignet.

GBICs (Gigabit Interface Converter)

GBICs waren die ersten kommerziellen pluggable Transceivers.

In bestehenden Installationen noch häufiger anzutreffen. In neuen Installationen fallen diese der geforderten Port-Dichte zum Opfer und spielen keine Rolle mehr.

Stecker:	SC/PC
Datenrate:	bis 1.25 Gbit
Medien:	MM (SX 550m; LH/LX 5km) SM LX/LH 10km; EX 40km, ZX 80km; EZX 120km) BiDi-WDM, CWDM Kupfer (RJ-45)
Protokolle:	GbE, Gigabit FC
Distanzen:	bis 160km

Laserklassen

Es ist grundsätzlich nicht ratsam sich einen nicht abgedeckten Fiberoptik-Stecker aus der Nähe anzusehen, solange nicht sicher ist, dass kein Licht „drauf“ ist.

Die Gefahr steigt, wenn z.B. mit einer Lupe der Stecker genauer untersucht werden soll.

Bitte beachten Sie immer die Warnhinweise!

Unterdrücken Sie NIE den natürlichen Schliessreflex der Augenlider.

Laserklassen gemäss EN-60825-1

Klasse 1

Sendeleistung < 25µW
Wellenlängen: 400...700nm

Die Strahlung von Lasern der Klasse 1 sind ungefährlich.
Verwendet in CD-Playern, CD-ROM Laufwerken...

Klasse 1M

Sendeleistung < 25µW
Wellenlängen: 302.5...4000nm

Die zugängliche Laserstrahlung ist ungefährlich, solange keine optischen Instrumente, wie Lupen oder Ferngläser verwendet werden.

Praktisch alle in der Datenkommunikation (LAN/WAN) verwendeten Lichtquellen entsprechen der Klasse 1. SFP, Xenpak, fest eingebaute Lichtquellen etc...

Klasse 2

Sendeleistung ≤ 1mW
Wellenlänge 400...700nm

Die zugängliche Laserstrahlung liegt nur im sichtbaren Bereich. Sie ist bei kurzzeitiger Bestrahlungsdauer (bis 0,25s) auch für das Auge ungefährlich. Eine längere Bestrahlung wird durch den natürlichen Lidschlussreflex verhindert.

Verwendet in Laser-Pointern, optischen Vermessungsgeräten.

Klasse 2M

Sendeleistung ≤ 1mW
Wellenlägen 400...700nm

Wie Klasse 2, solange keine optischen Instrumente, wie Lupen oder Ferngläser, verwendet werden.

Anwendung: Disco-Laser...

Klasse 3R

Sendeleistung 1 bis 5mW
302,5 nm...10^6nm
Die zugängliche Laserstrahlung ist **gefährlich für das Auge.**
Anwendung: Show-Laser

Klasse 3B

Sendeleistung 5 bis 500mW
Wellenlängen 302,5...10^6nm

Die zugängliche Laserstrahlung **ist gefährlich für das Auge und in besonderen Fällen auch für die Haut**. Diffuses Streulicht ist in der Regel ungefährlich. (Laser von CD-/DVD-Brennern; Laserstrahlung allerdings nicht direkt zugänglich)

Eine den Vorschriften entsprechende Schutzausrüstung ist unbedingt erforderlich.

Klasse 4

Sendeleistung > 500mW
Wellenlänge 302,5...10^6nm

Die zugängliche Laserstrahlung ist **sehr gefährlich für das Auge und gefährlich für die Haut**. Auch diffus gestreute Strahlung kann gefährlich sein.

Laser der Klasse 4 finden im technischen und medizinischen Bereich sowie in der Forschung Anwendung.

Eine den Vorschriften entsprechende Schutzausrüstung ist unbedingt erforderlich.

Wie wähle ich den richtigen Transceiver für meine Anwendung aus?

Diese 3 Faktoren spielen eine Rolle:

1. Gesamtdämpfung der Leitung

Sie setzt sich aus den Dämpfungswerten der verwendeten Glasfaser, der Stecker, Splices, Patchungen und allfälliger passiver optischer Komponenten zusammen.

Nach Möglichkeit messen Sie die Leitung aus oder verlangen Sie ein Messprotokoll einer gemieteten Leitung.

Ist beides nicht möglich / vorhanden kann eine Handgelenk mal π Berechnung der Gesamtdämpfung einer Verbindung mit den folgenden Standard Werten erstellt werden:

Stecker/Connector	
Alle Steckertypen	0.2dB
Fiber	
MM @ 850nm	2.5 dB/km
MM @ 1310nm	0.7 dB/km
SM @ 1310nm	0.35 dB/km
SM @ 1550nm	0.22 dB/km
Spleiss/Splices	
Fusion	0.2 dB
Patchpanel	0.5 dB
Passive Komponenten	gerätespezifisch

2. Das Endgerät

Es gibt durch die eingebaute optische Schnittstelle oder den zur Verfügung stehenden Steckplatz bereits Bauart des Transceivers und dadurch die Wellenlängen und die maximale Übertragungsrate vor.

3. Optisches Budget des Transceivers

Das optische Budget errechnet sich aus der minimalen Sendeleistung (min. out TX) abzüglich der minimalen Empfangsempfindlichkeit (min. in RX) in dB.
Die Werte finden Sie im Datenblatt des Transceivers oder können beim Lieferanten nachgefragt werden.

Beispielberechnung (Leitungsdämpfung)

Single Mode Leitung @ 1550nm

Distanz 68km à 0.22dB	14.96 dB
4 Spleissungen à 0.2dB	0.80 dB
5 Teilstrecken / Patchungen à 0.50dB	2.50 dB
Reserve	2.00 dB
Dämpfung Total	**20.26 dB**

Die Gesamtdämpfung wird dem optischen Budget des Transceiver gegenübergestellt

Optisches Budget SFP, 1550nm, 80 km	23.00 dB
Gesamtdämpfung Leitung	-20.26dB
Differenz	**2.74 dB**

Bleibt ein **positiver** Wert ist der richtige Transceiver gefunden. Dieser darf aber nicht höher sein als das beim Empfänger maximal erlaubte Eingangssignal.

Distanzangaben in Verbindung mit Transceivern

Nicht nur in den Transceiver Beschreibungen / Datenblätter sind häufig Kilometerangaben zu finden, auch umgangssprachlich ist es ein 80 km SFP und nicht ein SFP mit 23dB Budget.

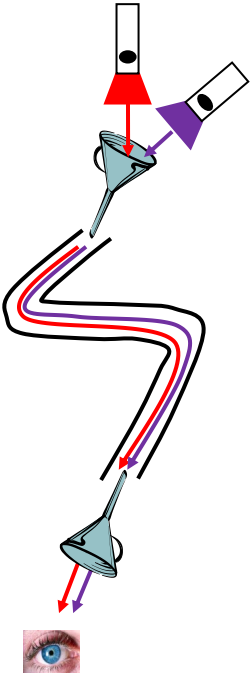
Die Distanzangabe gibt an, für welche maximale Distanz der Transceiver ausgelegt ist.

Unabhängig davon, ob von den optischen Werten her eine grössere Distanz möglich wäre.

xWDM (Wave Division Multiplexing)

Kann mir das mal einer erklären? Ja, können wir.

Man nehme 2 Trichter und verbinde diese mit einem Schlauch. Dann leuchte man mit unterschiedlich farbigem Licht in den einen Trichter und sieht, wie die farbigen Strahlen am anderen Ende wieder austreten.



Taschenlampe =
Sender-Diode, Laserdiode, Laser, Transmitter TX

Trichter =
Filter, Mux, Multiplexer

Schlauch =
Singlemode Glasfaser

Farbiges Licht =
Wellenlängen, Farben, Waves, ITU-Kanäle

Trichter =
Filter, Demux, Demultiplexer

Auge =
Empfänger, Receiver RX
Photodiode

Der klassische **WDM**-Ansatz ist eine Single-Fiber Lösung; d. h. für die Übertragung wird nur eine Glasfaser benötigt, auf der zwei verschiedene Wellenlängen in entgegengesetzter Richtung gesendet werden.

Auf Seite **A** und **B** werden unterschiedliche, aber aufeinander abgestimmte SFPs, eingesetzt.

Seite A

Senden / TX @ 1310nm
Empfangen / RX @ 1550nm

Seite B

Senden / TX @1550nm
Empfangen / RX @ 1310nm

Je nach Anwendung, Datenrate und Distanz werden auch andere Wellenlängen verwendet.

In diesem Zusammenhang werden auch die Bezeichnungen BiDirektional oder BiDi verwendet.

CWDM und DWDM sind weiterentwickelte Verfahren um einerseits Glasfasern zu sparen und andererseits die Transportkapazität zu vervielfachen.

Beispielsweise können auf einem Faserpaar oder einer einzelnen Faser anstatt ein Service über 80 verschiedene Dienste übertragen werden.

Allerdings verwenden WDM, CWDM und DWDM mehr oder weniger die gleichen Wellenlängen.

Wer wem die Wellenlängen streitig macht und wie man sie trotzdem kombinieren kann, erfahren Sie auf den folgenden Seiten.

Übersicht Wellenlängenbelegung
WDM (Standard) / CWDM / DWDM

Band	Bezeichnung	Wellenlängen Bereich	Standard Wellenlängen	CWDM Channel	DWDM Channel
O-Band	Original	1260–1360nm	**1310**		
E-Band	Extended	1360–1460nm			
S-Band	Short wavelength	1460–1530nm			
C-Band	Conventional	1530–1565nm	**1550**		
L-Band	Long wavelength	1565–1625nm			
U-Band	Ultralong wavelength	1625–1675nm			

Nutzen von DWDM / CWDM

Glasfasern über lange Distanzen zu verlegen ist teuer. Die Nutzung ist es ebenfalls.

Es liegt also nahe, dass man versucht, die Glasfasern so effizient wie möglich zu nutzen.

Eine Möglichkeit ist es, verschiedene Farben (Wellenlängen / ITU-Kanäle), passiv über optische Elemente auf eine Glasfaser zu bringen.

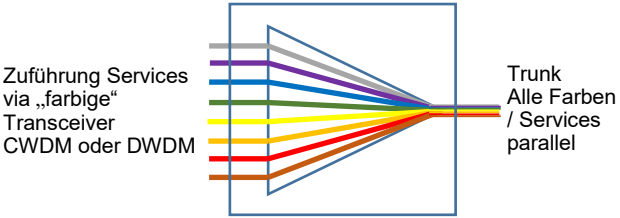
Man spricht dann von Wellenlängen-Multiplex. Die verschiedenen Farben werden gleichzeitig, parallel übertragen.

Funktionsweise von xWDM

Senden: Der Lichtstrahl der hoch präzisen Laser, die jeweils nur eine Wellenlänge erzeugen können, werden durch optische Elemente auf die Kernfaser des Lichtwellenleiters umgelenkt.

Empfangen: Die verschiedenen Wellenlängen werden auf Filter umgelenkt, die jeweils ihre „Farbe“ herausfiltern und auf die Photodiode (Empfänger) treffen lassen.

Passiver C/DWDM Multiplexer



DWDM Allgemein
(Dense Wave Division Multiplexing)

Um möglichst viele Daten resp. einzelne Services übertragen zu können, werden dicht (engl. dense) beieinander liegende Wellenlängen verwendet. Die Anzahl der verfügbaren Kanäle hängt bei DWDM davon ab welches Raster zugrunde liegt. Dieses gibt vor wie gross der Abstand zwischen den ITU-Kanälen ist.

Im heute üblichen 100GHz oder 50GHz Raster beträgt der Abstand der Kanäle nur gerade 0,8 nm, resp. 0.4 nm. Als Vergleich, ein menschliches Haar hat einen Durchmesser von ca. 100‘000 nm.

Darüber hinaus gibt es noch ein 25GHz (mit geringer Verbreitung) sowie ein 12.5GHz Raster. Diese sind noch feiner, dichter und erlauben eine noch höhere Anzahl Kanäle.

Um Licht in den exakt festgelegten Farben produzieren zu können, braucht es höchst präzis sendende Laser. Ebenso müssen die Filter (Multiplexer / Demultiplexer) entsprechend genau sein. Dieser Präzision geschuldet, ist DWDM teurer als CWDM.

Die ITU-T (International Telecom Union) hat die Wellenlängen festgelegt / normiert (ITU G.694.1). Im C-Band befinden sich die ITU-T Wellenlängen 920-959. Normalerweise wird die führende 9 weggelassen, man spricht also zum Beispiel vom Kanal 23, nicht vom Kanal 923.

Die passiven DWDM Multiplexer Lambdaway™ arbeiten im Bereich von 1530 – 1565 nm dem C-Band. Siehe auch Tabelle Seite 43.

CWDM Allgemein
(Coarse Wave Division Multiplexing)

DWDM ist relativ teuer und nicht überall ist eine so hohe Dichte von Signalen / Services gefordert; deshalb ist CWDM in vielen Fällen eine günstige Alternative.

Der Kanalabstand beträgt hier nicht 0,8 nm sondern 20 nm. Er ist grober (engl. coarse = rau, grob) als bei DWDM.

Laser wie Filter müssen nicht ganz so genau sein und können deshalb günstiger produziert werden.

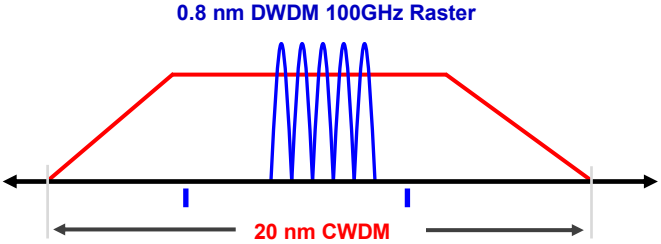
Trotzdem müssen CWDM Transceiver mit einer Genauigkeit von +- 7,5 nm senden.

Durch den grösseren Kanalabstand (20 nm) passen aber nicht so viele Wellenlängen in eine Faser.

Üblich sind heute 18 Farben, beginnend mit 1271nm, und endend mit 1611nm (ITU G.694.2).

Diese belegen die Frequenzbänder O, E, S, C und L.

(Tabelle Seite 41)

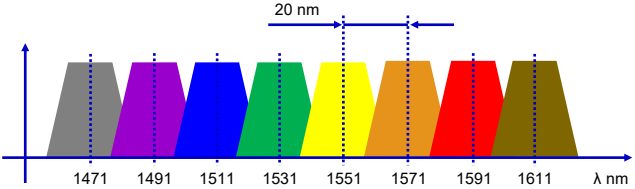


Kanalrastervergleich CWDM - DWDM

Für die oberen 8 CWDM-Wellenlängen (1471nm - 1611nm) besteht ein Farbcode. Dieser wird häufig für die Kennzeichnung der SFP‘s benutzt. In der Regel hat der Bügel die entsprechende Farbe.

Die Wellenlängen sind aber auch immer auf dem SFP angegeben, als Klartext oder codiert.

Wellenlänge (nm)	**Farbcode**
1471 (codiert 47)	Grau
1491 (codiert 49)	Violett
1511 (codiert 51)	Blau
1531 (codiert 53)	Grün
1551 (codiert 55)	Gelb
1571 (codiert 57)	Orange
1591 (codiert 59)	Rot
1611 (codiert 61)	Braun



Einen offiziellen Farbcode für die unteren CWDM Wellenlängen (1271nm - 1451nm), die erst später genutzt wurden, gibt es nicht.

Passive Standard CWDM Multiplexer

Können alle 18 Farben (Lambdas) oder nur einen Teil nutzen. Ausnahmen gibt es aber immer.

CWDM Multiplexer + Base-Channel

Was, wenn die Glasfaser schon besetzt ist und das angeschlossene Gerät keinen SFP- oder GBIC-Slot besitzt und deshalb nur 1310nm senden kann?

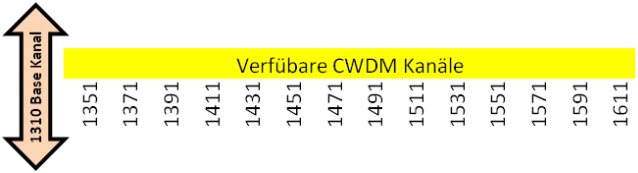
Die Standard 1310nm Dioden oder Laser leuchten relativ breit (+- 30nm) in die Glasfaser. Um trotzdem weitere Wellenlängen / Dienste auf denselben Fasern nutzen zu können, sind passive Multiplexer z. B. Lambdaway™ Modelle mit „Base-Channel“ erhältlich.

An diesen Port wird das bestehende Gerät mit 1310nm angeschlossen. Die erste für CWDM nutzbare Wellenlänge ist in diesem Fall 1351nm.

Weitere Geräte produzieren nun mittels CWDM oder DWDM Transceivern die entsprechenden Farben.

Kandidaten für den Base Channel sind schmalbandige Dienste wie E1 oder breitbandige Dienste wie 10/25/40Gb Ethernet.

Passiver CWDM Multiplexer mit Base Channel

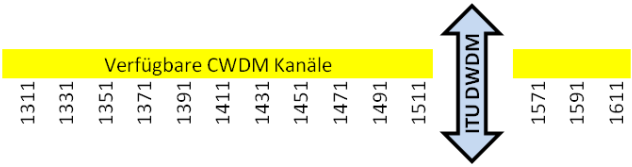


CWDM Multiplexer mit Expension-Port

Die DWDM-Wellenlängen des C-Bandes beginnen bei 1530.33nm und enden bei 1563.05nm. Sie überschneiden sich somit mit den CWDM-Farben 1530nm und 1550nm.

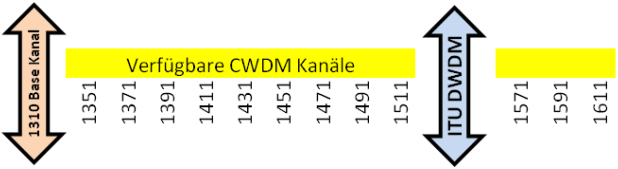
Der Expansion-Port erlaubt es eine einzelne oder bis zu 80 bereits „gemuxte“ DWDM-Wellenlängen durch den Lambdaway™ zu führen und nebenbei auch noch das günstigere CWDM zu nutzen.

Variante 1



Passiver CWDM Multiplexer mit Expension Port

Variante 2



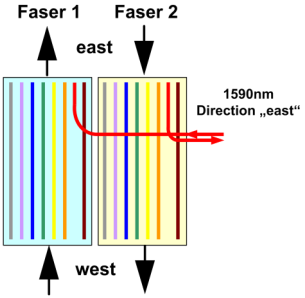
Passiver CWDM Multiplexer mit Base Channel
und Expension-Port

Add und Drop von Wellenlängen

Häufig werden die passiven Multiplexer auch in Serie geschaltet, wobei einzelne Farben (Wellenlängen) an den einzelnen Standorten herausgefiltert oder hinzugefügt werden.

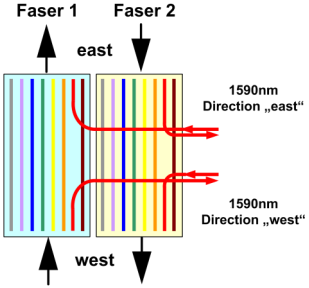
Variante Add oder Drop

Bei dieser Variante wird eine einzelne oder mehrere Farbe (n) an einem Standort herausgefiltert **oder** hinzugefügt. Diese Farbe steht nur an zwei Standorten zur Verfügung, d.h. am nachfolgenden Standort steht eine Wellenlänge **weniger oder mehr** zur Verfügung.



Variante Add und Drop

Bei dieser Art werden am selben Standort Farben entnommen **und** hinzugefügt, d.h. auf jeder Teilstrecke können **gleichviel** Wellenlängen genutzt werden.



Passive Systeme

LAMBDAWAY

Vorteile:

- Wartungsfrei
- Keine Stromversorgung notwendig
- Geräte sind vollkommen protokoll– und daten-ratentransparent.
- Base-Channel verfügbar, zum übertragen von Services mit Standard 1310 nm, Wellenlänge oder LWDM.
- Expansion Port zum nachschalten von aktiven DWDM-Systemen.
- Kombination von CWDM und DWDM Services
- Standard und **individuelle kundenspezifische Konfigurationen / Ausrüstungen** möglich
- Kurze Realisierungszeiten
- Eingebauter optischer Monitor Port
- Günstiger als aktive Systeme

Nachteile:

- Endgeräte müssen CWDM- und/oder DWDM-Anschlüsse unterstützen.

Lambdaway™ passiver CWDM / DWDM Multiplexer
Ein Produkt der Deltanet AG www.deltanet.ch

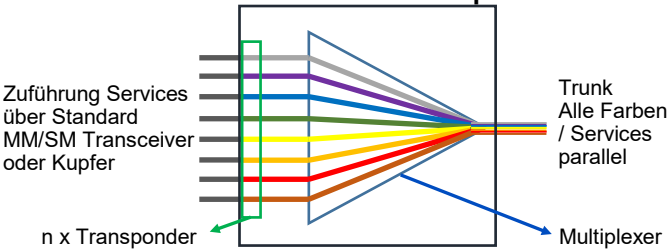
Aktive Systeme C/DWDM Systeme

Aktive xWDM Systeme produzieren die benötigten Wellenlängen via Transponder selbst.

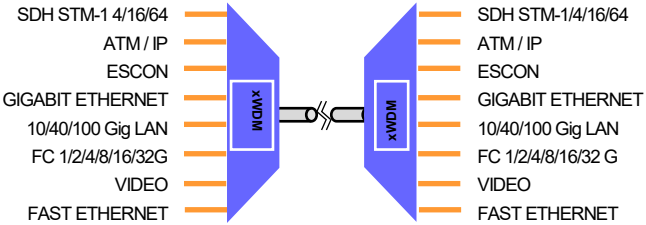
Mit dem Vorteil das auch Geräte die nur über Standard Multi-/Singlemode Glasanschlüsse verfügen, an ein xWDM System angeschlossen werden können. Weitere Gründe für den Einsatz eines aktiven Systems können auch die Kosten für proprietäre Transceiver der Endgeräte Hersteller sein.

Ein aktiver Multiplexer bedeutet aber letztendlich einfach mehr Flexibilität.

Aktiver C/DWDM Multiplexer



Protokoll-Support* aktiver xWDM-Multiplexer Systeme



*Unterstützte Protokolle in Abhängigkeit der verwendeten Technologie und Geräte

Aktive DWDM-Systeme

Vorteile:

- Hohe Bandbreiten pro Kanal / Service realisierbar
- 10/40/100/200 Gigabit.
- Bis zu 80 Kanäle im 50 GHz Raster oder
- Bis zu 40 Kanäle im 100 GHz Raster möglich
- Flexibel ausbaubar
- Für grosse Distanzen geeignet (Signalverstärkung mit optischen Verstärkern z.B. Lambdaamp möglich)

Nachteile:

- Teurer als CWDM Systeme
- Aufwendigere Planung

Aktive CWDM-Systeme

Vorteile:

- Günstige Alternative zu DWDM
- Kompakte Bauformen
- Protokoll Transparent bis 16 Gigabit

Nachteile:

- Maximal 18 Kanäle 1 bis 16 Gigabit
- Eingeschränkte Distanzen (kein Verstärker möglich)
  - ca. 70km bei 1Gb
  - ca. 35km bei 4Gb
  - ca. 25km bei 16Gb

Aktive C-/DWDM-Systeme werden eingesetzt um Kosten zu senken oder technisch bedingte Limitierungen zu umgehen. Meist in Punkt-Punkt Verbindungen.

Das beste Beispiel dafür ist; der kostengünstige, modulare und vielseitig einsetzbare aktive xWDM Multiplexer **Lambdatrail 2** von Deltanet AG.

LAMBDATRAIL™

Kurzbeschrieb Lambdatrail 2

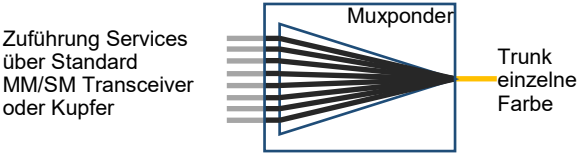
Der LT2 ist ein aktiver, sehr flexibler, robuster und kompakter C-/DWDM Wellenlängenmultiplexer. Bis zu 8 SFP(+) basierende, transparente und überwachbare Services (Kanäle) per Chassis, SNMP Management lokal oder inband via Optischen Service Channel (OSC). Der LT2 lässt sich mit externen passiven Multiplexern kombinieren oder kaskadieren (DWDM).

Technische Details:

- 19“, 1 Einheit hoch (1 HE)
- Bis 8 Kanäle (1 - 16G) einzeln ausbaubar.
- Protokolle SDH/Ethernet/Fibre Channel usw.
- Client Anschlüsse SFP(+) basierend
- CWDM / DWDM im **ein- oder Zweifaserbetrieb**
- Remote Management / CLI / Web / SNMP
- Redundante AC- oder DC-Stromversorgung
- Einfache Inbetriebnahme und Wartung

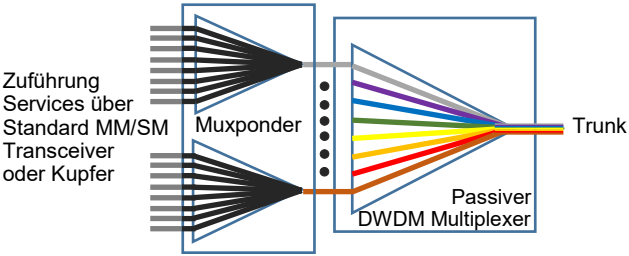
Muxponder

Muxponder unterscheiden sich von den passiven und aktiven C/DWDM Multiplexer Systemen in erster Linie durch die Art wie die Signale gemultiplext werden. Geschieht dies beim C/DWDM Multiplexer optisch werden beim **Transponder mehrere auch unterschiedliche Services** elektrisch auf **eine Wellenlänge** gemultiplext.



Was bringt‘s

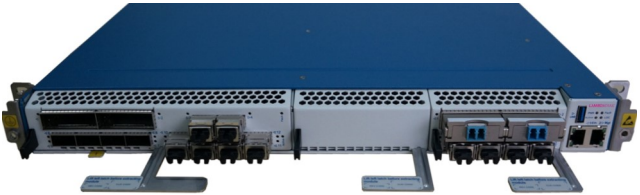
Das wirkliche Potential liegt in der Kombination von Muxpondern und passiven DWDM Multiplexern.
Die Illustration unten bringt es auf den Punkt.



Die Anzahl Services und die Datenmenge insgesamt, die über ein Glasfaser Paar übertragen werden kann, lässt sich um ein Mehrfaches steigern.

Wer kann das? Hier geht es zum Produkt.

Kurzbeschrieb Lambdatrail 4 (LT4)
Der DWDM Muxponder LT4, ist sehr kompakt, leistungsfähig und flexibel. **1 HE** hoch und durchgängig **modular** aufgebaut, lässt sich der LT4, ganz dem Grundsatz **"Pay as you grow"** entsprechend, Client seitig von **8 Gbps bis 2.4 Tbps** skalieren
4 Modulslots stehen zur Verfügung, die mit unterschiedlichen Service Modulen bestückt werden können.



CHM1 Modul (1-Slot) max. 4 per Chassis
Line Interfaces: 2 x bis 200G via CFP2-ACO
Client Interfaces: 4 x 100G via QSPF28

CHM2(T) Modul (2-Slot) max. 2 per Chassis
Line Interfaces: 2 x bis 200G via CFP2-ACO, (T) 2 x bis 600G via built in optical interfaces.
Client interfaces: 10 x QSFP28/QSFP+ Slots, (T) 12 x QSFP28
Client Services: u. a. 8/16G FC, 10/40/100GE etc...

Der LT4 lässt nicht nur eine gemischte Modul-Bestückung zu. Ebenso können unterschiedliche Client Services auf ein und demselben Modul übertragen werden.

Die Flexibilität des LT4 trägt netzwerkplanerischen Freiheiten bei Installationen auf der grünen Wiese genauso Rechnung, wie den Notwendigkeiten in bestehenden Umgebungen.
Dank offenen Management– und Konfigurationsschnittstellen, lässt sich der LT4 besonders leicht in bestehende Management-Umgebungen integrieren.

Das Einsatzgebiet ist nicht nur, aber primär im Data Center und Cloud Connectivity Umfeld.

Highlights:

- 19“, 1 Einheit hoch (1 HE)
- Line interfaces: Coherent tunable DWDM CFP2-ACO (T) Module built in optical interfaces
- **1 oder 2 Faser Betrieb**
- Client Services: 10/40/100GE, 8/16G FC, OTU4/3/2/2e, OC192, STM-64.
- Client Services können gemischt werden.
- **AES 256 - Wire Speed Verschlüsselung** (Optional)
- Remote Management / CLI / Web / SNMP
- Redundante AC- oder DC-Stromversorgung
- **Energieffizient**
- Einfache Inbetriebnahme und Wartung

Mehr Informationen auf:
www.lambdaline.com

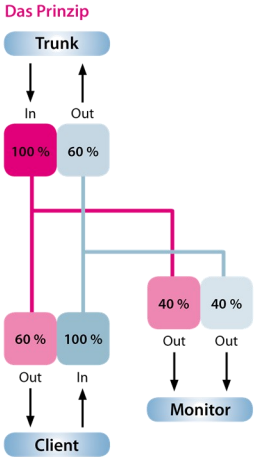
Vergleich; aktive / passive Multiplexer

Die untenstehende Tabelle soll als Orientierungshilfe bei der Entscheidung für oder gegen ein passives / aktives Lambdaline xWDM-System dienen.

Eigenschaften	Lambdaway (passiv)	Lambdatrail (aktiv)
1 Faser Trunk Port	Ja	Ja
2 Faser Trunk Port	Ja	Ja
Management	Nein	Ja
Remote Management	Nein	Ja
Link Monitor (TAP)°	Ja	Ja
Inband Management	Nein	Ja
Max. Data-Channels	>80	8*
Herstellerneutral	Ja	Ja
Modular	Nein	Ja
Pay as You grow	Nein	Ja
Stromversorgung notwendig	Nein	Ja

*** Kaskadiert 16 / 24 / 32**
mit externem Multiplexer >32 möglich
° 1 % Monitor TAP

Monitoring / Überwachung / passive TAP‘s



Die einfachste Art optische Verbindungen zu überwachen ist mittels eines TAPs (Test Access Point), respektive eines ISMM (In Service Monitoring Module). Mit einem passiven optischen Splitter wird ein Teil des Lichts ausgekoppelt. Das Aufteilungsverhältnis ist frei wählbar. Der Splitter ist vollkommen datenraten- und protokolltransparent und für Single– oder Multi-Mode Anwendungen geeignet.

Dies hat den Vorteil, dass die übertragenen und zu überwachenden Daten in Echtzeit und unverfälscht zur Verfügung stehen. Mit den entsprechenden Mess-, oder Analyse-Geräten kann der Datenstrom bis ins letzte Bit überwacht und analysiert werden, z.B. Performance Probleme, Viren- und Intrusion detection etc. Die zu übermittelnden Daten werden dabei in keiner Weise verändert.

Verfügbar für einzelne Verbindungen oder wo hohe Packungsdichten gefragt sind, als 19“ 1 Einheit hohes Chassis mit bis zu 24 Abgriffen, wie zum Beispiel der Lambdatap™ ISMM von Deltanet AG.

Es funktioniert nicht...

Auch bei sorgfältiger Planung können Fehler passieren.

Mögliche Ursachen können sein:

1. Nicht durchgängige Leitungen (Falsch „gepatcht“, Sende-/Empfangsadern nicht ausgekreuzt, Kabelbruch etc.)

2. Hohe optische Dämpfung (schmutzige oder nicht kompatible Stecker (PC auf APC), Multi- auf Singlemode Fasern, Kabel mit zu kleinen Biegeradien oder Druckstellen)

3. Zu schwach, zu stark sendende oder defekte Transceiver.

Vieles kann schnell, mit relativ einfachen und nicht allzu teuren Geräten überprüft werden.

Durchgängigkeit mit einer Rotlichtquelle prüfen. Diese sendet sichtbares rotes Licht (~600 nm) in die Faser. Am Endpunkt der Verbindung sieht man sofort, ob die Verbindung durchgängig und ob es die richtige Faser ist. Geeignet für Multi- und Single Mode Fasern bis ca. 4km.

Die Punkte 1-3 können auch mit einem Power Meter und einer Lichtquelle (Transceiver oder Laserquelle) überprüft werden. Je nach Lichtquelle wird ein Signal mit 850 bis 1610nm gesendet. Das am Endpunkt angeschlossene Power Meter misst, ob ein Signal ankommt und wie stark es ist. Wird zuerst eine Messung direkt an der Lichtquelle gemacht, kann auch die optische Dämpfung berechnet werden. Messwert Lichtquelle minus Messwert Endpunkt. In Abhängigkeit der Lichtquelle und des Power Meters sind die Resultate aber nicht 100% exakt.

Geeignet für Multi- und Singlemode Verbindungen. Distanzen in Abhängigkeit der Lichtquelle.

Glossar:

Bei bereits im Text beschriebenen Begriffen finden Sie jeweils einen Verweis auf die entsprechende Seitenzahl vor.

AOC (Active **O**ptical **C**able)

Glasfaserkabel, meistens mehradrig, die beidseitig fest (nicht lösbar) mit Transceivern z.B. QSFP konfektioniert sind.

APC auch HRL **Seite 21**

Breakout-Kabel **Seite 18**

Brechungsindex / Brechzahl

Die Brechzahl (Brechungsindex) ist ein Mass für die Richtungsänderung und die Reflexion von Wellen, die auf eine Grenzfläche unterschiedlicher Materialien treffen.

Beispiel Glasfaser: Die Kernfaser und der Glasmantel sind aus verschieden legiertem Glas, dadurch wird das Licht vom Glasmantel (Cladding) reflektiert / abgeleitet.

CFP, CFP2, CFP4 **ab Seite 29**

Portable 40 oder 100 / (200) Gbit Transceiver.
Wobei C (römisch C) für 100 steht.

CPAK™ **Seite 28**

Proprietärer 100G Transceiver von Cisco

CXP **Seite 29**

100G Transceiver für kurze Distanzen (Rechencenter Anwendung)

CWDM **Seite 46**

Coarse **W**ave **D**ivision **M**ultiplexing

DAC Direct attached copper cable.

Beidseitig mit Standard Transceiver (SFP+, QSFP, CFP etc…) konfektioniertes Kupferkabel.

Darkfiber

Ist eine Glasfaserstrecke ohne Licht. Heisst, es sind keine aktiven Geräte daran angeschlossen. Wird eine Darkfiber gemietet, ist der Kunde für das Übertragungsequipment verantwortlich. Er bestimmt welche Dienste mit welchen Geräten übertragen werden.

dB / dBm

Es finden sich wahrscheinlich hunderte von Erklärungen dazu im Internet. Hier nur soviel: Ein dBm Wert ist ein absoluter Wert. Ein um 3dB grösserer Wert entspricht einer Verdoppelung der Leistung. Messen Sie z.B. einen Pegel von 0dBm entspricht das 1mW, +3dBm entsprechen 2mW.

DFB Distributed **F**eedback **L**aser

Dotieren

Dotieren heisst, einem Material eines oder mehrere andere Materialien / Elemente hinzufügen, um bestimmte Eigenschaften zu erreichen, die im Ursprungsmaterial nicht vorhanden sind.

DWDM **Seite 45**

Dense Wave Division Multiplexing.

Erbium

Chemisches Element, Zeichen Er. Gehört zu den Metallen.

Fanout-Kabel **Seite 19**

FC Stecker (**F**iber **C**onnector) **Seite 25**

Ferrule

Der weisse, aus Keramik bestehende Teil eines Fibersteckers wird als Ferrule bezeichnet. Früher wurden auch Metall-Ferrulen verwendet.

Fibre Channel (FC)

Ist ein(e) Datentransport-Technologie / Protokoll. Eingesetzt um Datenspeicher (NAS, Network attached storages) untereinander zu verbinden.

1/2/4/8/16/32 Gbit pro Sekunde sind heute üblich und möglich. 64/128 G im kommen.

Fig0 **Seite 17**

Fig8 **Seite 17**

FTTx

Fiber **T**o **T**he bezeichnet in der Regel bis wohin die Netzwerkerschliessung mit Glasfaser / Fiber erfolgt. Wobei x den Endpunkt der Glasfaser bezeichnet. Untenstehend die gebräuchlichsten Bergriffe.

FTTB Fiber **T**o **T**he **B**uilding. -> Gebäude

FTTC Fiber **T**o **T**he **C**urb. -> „Bordstein“ Trottoir oder Gehweg.

FTTD Fiber **T**o **T**he **D**esk. -> Arbeitsplatz

FTTH Fiber **T**o **T**he **H**ome -> Wohnung / Liegenschaft. Die Bezeichnung wird üblicherweise nur für Privatanschlüsse verwendet.

FTTO Fiber **T**o **T**he **O**ffice -> Büro

FTTP Fiber **T**o **T**he **P**remises -> Betriebs-, Firmengelände oder Gebäude.

GBIC **Seite 35**

HRL auch APC **Seite 21**

ISMM **Seite 59**

In **S**ervice **M**onitoring **M**odule

ITU (**I**nternational **T**elecom **U**nion)

Ist eine Organisation, die sich mit den technischen Aspekten der Telekommunikation auseinander setzt. Sie gibt Empfehlungen ab und arbeitet Standards aus.

KEV (Kabelendverteiler / -verzweiger)

Ein mit Mittelstücken bestückter Verteiler als Abschluss für Mehrfaserkabel und Übergang zu Einzelverbindungen.

Lambdaline Produkte Linie der Firma Deltanet AG

Lambdamp™ Optischer EDFA Verstärker

Lambdacomp™ Dispersions Kompensator

Lambdaprotect™ Automatischer Leitungsumschalter

Lambdaplay™ FTTH CATV Signal-/Datenkoppler

Lambdatap™ Passiver Test Access Point **Seite 59**

Lambdatrail™ **Seite 54**

Aktiver CWDM/DWDM Multiplexer

Lambdaway™ **Seite 51**

Passiver CWDM / DWDM Multiplexer

Laser

Light **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation. Dient als Lichtquelle, vor allem bei Singlemode Übertragungen.

LC Stecker (Lightwave Connector) **Seite 23**

LED Light **E**mitting **D**iode

Wird als Lichtquelle speziell bei Multimode Übertragungen benutzt.

LWL

Licht**W**ellen**L**eiter ist ein anderer Ausdruck für Glasfaser. Gebräuchliche englische Bezeichnungen sind Fiber oder Fibre

Mode Conditioning Kabel

Spezial Kabel für die Übertragung eines 1310 nm Singlemode Sendesignals über eine Multimode Faser.

Dabei wird eine Singlemode Faser nicht mittig auf eine Multimode Faser gespleisst. So wird die zeitlich unterschiedliche Ausbreitung des Singlemode Signals innerhalb der Multimode Faser minimiert.

MPO/MTP® **Seite 24**

Multiple-Fiber Push-ON/Push off Stecker.

MSA

Multi **S**ource **A**greement. Ist ein gemeinsames Abkommen von verschiedenen Herstellern, die sich auf grundlegende mechanische, elektrische und optische Vorgaben für Transceiver geeinigt haben. MSA‘s gibt es nahezu für jeden Transceiver.

Ziel ist es, Produkte herzustellen die herstellerunabhängig eingesetzt werden können.

Allerdings ist kein Markenhersteller verpflichtet MSA konforme Produkte anzubieten.

Multimode (MM) **Seite 6**

Muxponder **Seite 55**

ODF Optical **D**istribution **F**rame

Ein Verteiler bei dem alle ankommenden und abgehenden Fasern enden. Mittels Patch-/Rangierkabeln ist es möglich jede Glasfaser mit jeder anderen zu verbinden.

OTDR (Optical **T**ime **D**omain **R**eflector)

Ein Messgerät mit dem Glasfasern gemessen und getestet werden. Wird auch zur Fehlerlokalisierung eingesetzt. Dieses sendet einen Lichtimpuls in die Glasfaser und zeichnet gleichzeitig die Rückstreuung des Lichts auf. Aus der Kombination von Laufzeit, Abdämpfung und Menge des reflektierten Lichts ergibt sich ein bestimmtes Muster. Anhand dieses Musters kann nicht nur der Fehler exakt lokalisiert werden, sondern auch um welche Art von Fehler es sich handelt. Kabelbruch, schlechter Spleiss etc.

OTN (Optical Transport Network)

Eine ITU-T Empfehlung die beschreibt wie Daten über eine einheitliche optische Netzwerkinfrastruktur übertragen werden können. Unabhängig davon ob es sich beim Ursprungssignal um ein SONET/SDH, Ethernet oder ein anderes optisches Datensignal / Protokoll handelt.

Die Empfehlung beinhaltet nicht nur die Übertragung. Richtlinien zu Betrieb, Administration, Bereitstellung und etc… sind darin enthalten.

Mit **O**ptical**T**ransport**U**nit werden die verschiedenen Übertragungsraten im OTN bezeichnet.

Z. B. OTU4 für 100 Gbit.

Patchkabel (engl. Jumper Cable) **Seite 17**

PC Physical **C**ontact **Seite 21**

Photodiode

Lichtempfindlicher elektronischer Schaltkreis. Wandelt das auftreffende Licht in elektrische Signale um.

Pigtail **Seite 19**

PON (Oberbegriff)

Passive **O**ptical **N**etwork bezeichnet eine Netzwerk Infrastruktur, welche zwischen Lichtquelle und Empfänger nur noch passive Komponenten wie Splitter oder Filter enthält. Das Lichtsignal wird also weder verstärkt noch regeneriert.

Es gibt folgende Arten von PONs:

- **A**PON (**A**TM)
- **B**PON (**B**roadband)
- **G**PON (**G**igabit enabled)
- **E**PON oder **GE**PON (**E**thernet/**G**igabit **E**thernet)
- **10GE**PON (**10 G**igabit **E**thernet)
- **WDM**-PON (**W**ave **D**ivision **M**ultiplexing)
- **Docsis**PON/DPON/D-PON (**D**ata **O**ver **C**able **S**ervice **I**nterface **S**pecification)
- **RF**PON (**R**adio **F**requency)
- **HFC**PON (**H**ybrid-**F**iber-**C**oax)

POF Polymere **(P**lastic**) O**ptical **F**iber

Findet Verwendung in Hausinstallationen oder in Maschinensteuerungen. Relativ unkompliziert in der Handhabung, kann selbst konfektioniert werden.

Hat eine sehr hohe optische Dämpfung. Nur für kurze Distanzen (~70 Meter @ ca. 100 Mbps) geeignet.

Arbeitsbereich ~650 bis 850 nm (sichtbares Licht)

QSFP+ **Seite 31**

Quad **S**mall **F**orm **P**luggable

QSFP28 **Seite 32**

Quad **S**mall **F**orm **P**luggable **28**

Ribbon Cable

Mehrfaser Flachbandkabel in Verbindung mit MTP®/ MPO Steckern.

Riser-Kabel **Seite 18**

ROADM

Reconfigurable **O**ptical **A**dd/**D**rop **M**ultiplexer

SC Stecker (Subscriber Connector) **Seite 24**

SFP & SFP+ **Seite 33**

Small Form Factor Transceiver

SFP28 **Seite 32**

Singlemode (SM) **Seite 8**

Spleiss

Permanente nicht lösbare Glasfaserverbindung.

Die Verbindung wird durch den Spezialisten mit Spezialwerkzeug entweder durch verschmelzen, klammern oder kleben hergestellt.

TAP Test **A**ccess **P**oint **Seite 59**

VCSEL Vertical-**C**avity **S**urface-**E**mitting **L**aser

Kommt bei 10/40/100 Gbit Transceivern und Multimode Anwendungen zum Einsatz.

WDM **Seite 41**

X2 **Seite 34**

XFP **Seite 34**

XPAK **Seite 34**

Xenpak **Seite 34**

Notizen

In eigener Sache:

Deltanet AG ist ein Schweizer Beratungs- und Dienstleistungsunternehmen auf dem Gebiet der Datenkommunikation.

Gegründet 1993, ist Deltanet AG heute ein Teil der Axpo Systems AG

Kernkompetenzen:

- DWDM/CWDM-Systeme
- LAN/MAN/WAN-Netzwerke
- Security
- Lastmile Access-Produkte
- Wireless-Netzwerke, lizenzfreier Richtfunk
- Projektierung, Installation und Support

Ursprünglich als System-Integrator gegründet, entwickelt und stellt Deltanet AG seit 2006 auch Geräte für den Einsatz in optischen Netzwerken her.
Diese sind in der Lambdaline Produktelinie zusammengefasst.

Lambdaway™	Passiver C/DWDM Multiplexer
Lambdatrail™	Aktive C/DWDM Multiplexer
Lambdaamp™	Universeller optischer EDFA Verstärker
Lambdacomp™	Dispersions Kompensatoren
Lambdatap™	Optischer Test access point
Lambdaprotect™	Optischer Leitungsumschalter

Eine grosse und überzeugte Kundenbasis spornt uns zur Entwicklung weiterer cleverer Lösungen an.

Seit bald 30 Jahren stehen wir für zuverlässige, sichere und angemessene Lösungen gerade.

Deltanet AG

- Lambdaline xWDM Plattform: flexibel innovativ
- Lambdaamp™, Lambdacomp™, Lambdatap™
- Kompatible SFP(+), Patchkabel usw…

Extreme Networks

- First Class Ethernet Fabrics
- Software defined networking

Infinera

- End-to-end Optical-Packet Transport Solutions
- Intelligent Network Management and SDN

Ribbon Communications

- Optical Transport
- Native Packet Transport

RAD data communications

- Carrier Ethernet Access
- Multiservice Connectivity

atmedia

- High Speed WAN-Verschlüsselung
- Punkt zu Punkt und Multipunkt

CTC Union

- Multiservice, Konverter, Repeater Plattform
- Ethernet-Lösungen für industrielle Umgebungen

Deltanet AG
Riedstrasse 8
CH-8953 Dietikon

fon +41 43 322 40 50
fax +41 43 322 40 51
info@deltanet.ch

www.deltanet.ch

www.lambdaline.com

© 2021 Deltanet AG (Version 14.3)

E-2000™, F-3000™ (Diamond SA), Lambdaway™, Lambdatrail™, Lambdatap™, Lambdaprotect™ (Deltanet AG) sind Marken oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Firmen.

Die Inhalte in dieser Broschüre wurden mit größter Sorgfalt erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte können wir jedoch keine Gewähr übernehmen.

Jegliche Vervielfältigung und Datenübernahme, ausser in elektronischer Form im PDF-Originalformat, auch auszugsweise ist ohne Genehmigung von Deltanet AG