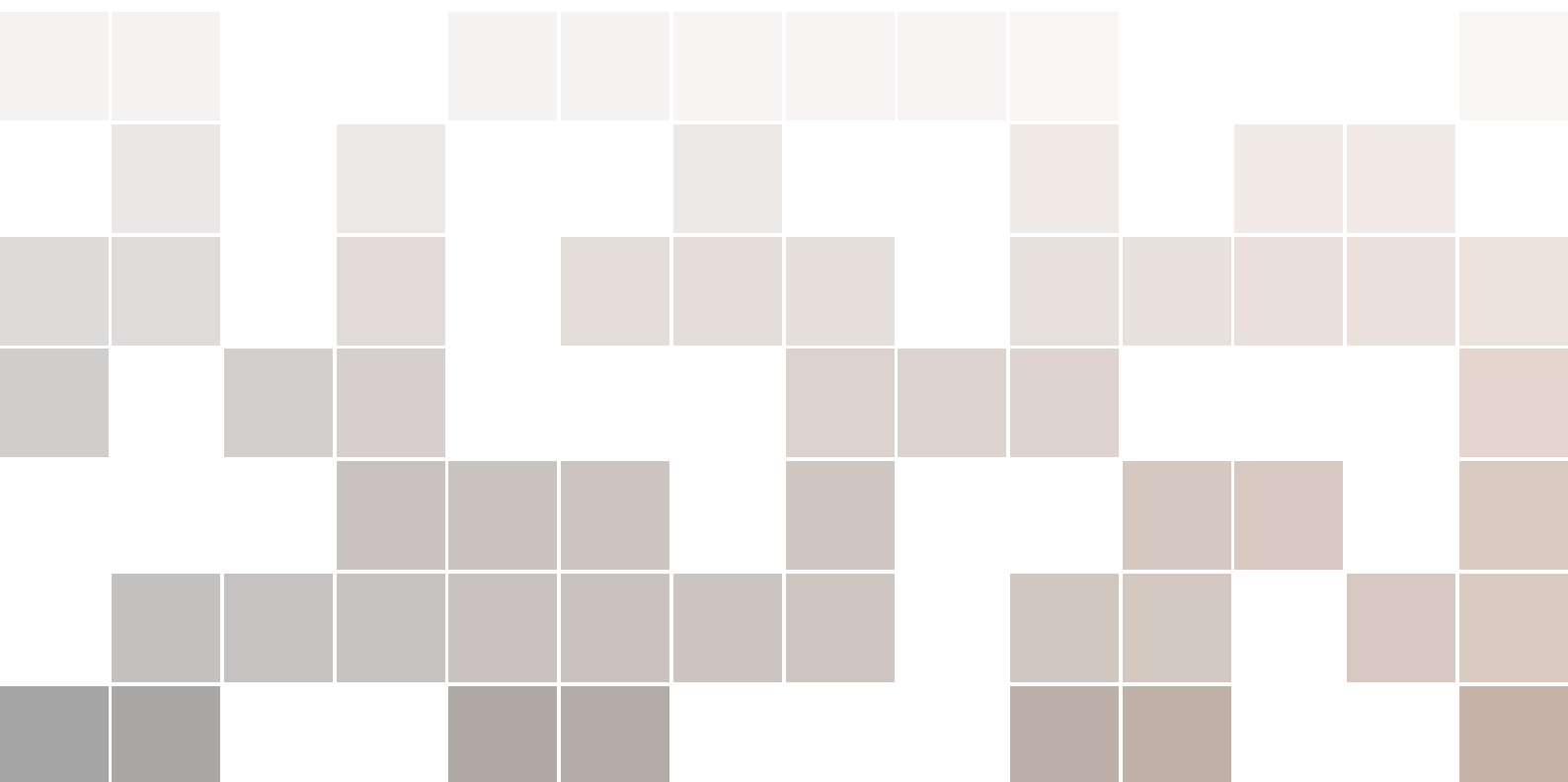


Der kleine Fiber Guide

Kabel, Stecker, Optiken - eine Übersicht

Matthias Cramer



Copyright © 2015 - 2020 Matthias Cramer

PUBLISHED BY FREESTONE SYSTEMS

WWW.FREESTONE.NET



Licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License (the “License”). You may not use this file except in compliance with the License. You may obtain a copy of the License at <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>. Unless required by applicable law or agreed to in writing, software distributed under the License is distributed on an “AS IS” BASIS, WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY KIND, either express or implied. See the License for the specific language governing permissions and limitations under the License.

First Edition, June 2015

Second Edition, January 2018

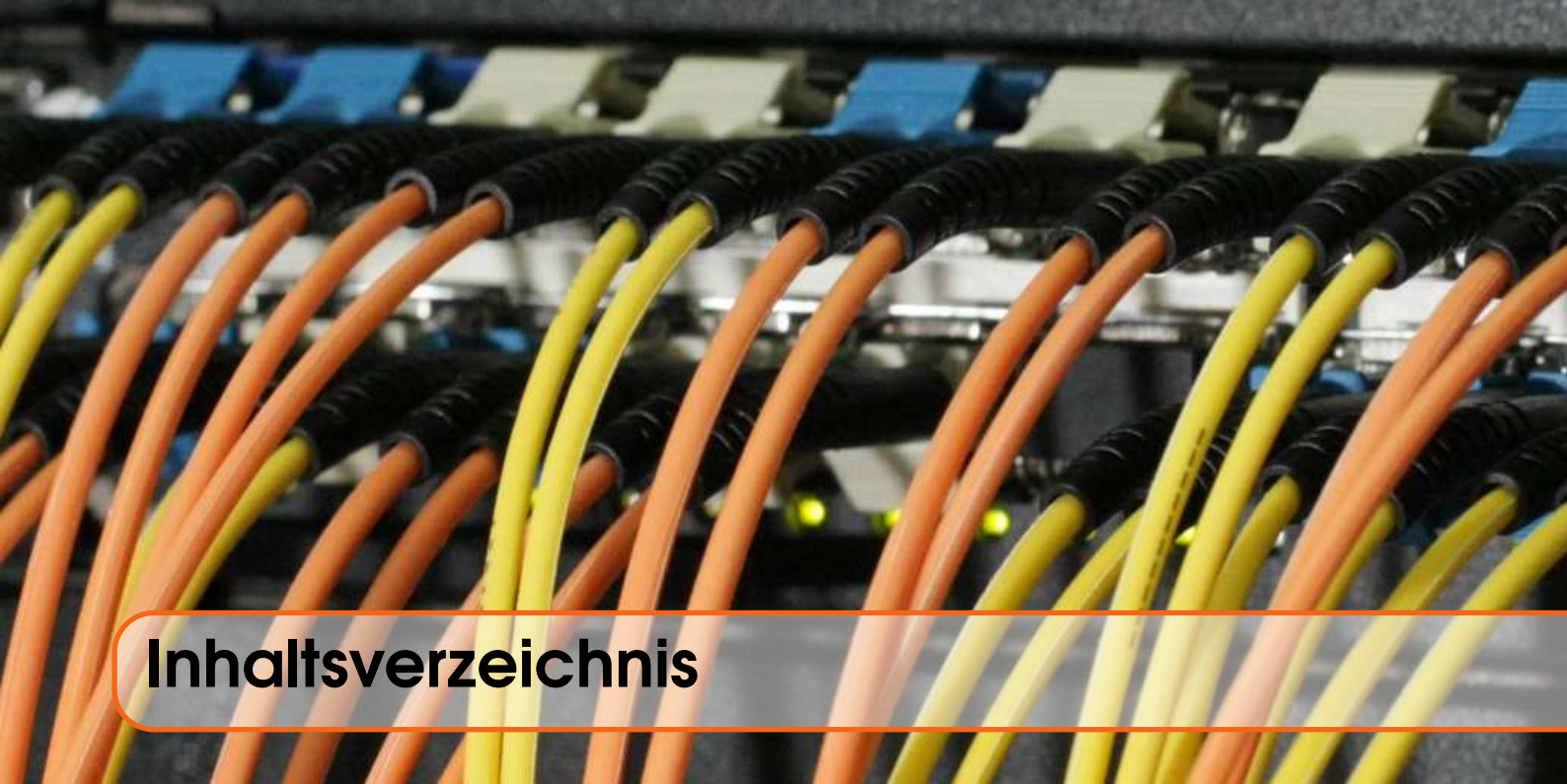
Third Edition, December 2018

Forth Edition, December 2020

The Legrand Orange Book L^AT_EX template downloaded from: <http://www.LaTeXTemplates.com>

Original author: Mathias Legrand (legrand.mathias@gmail.com) with modifications by: Vel (vel@latextemplates.com)

License: CC BY-NC-SA 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>)



Inhaltsverzeichnis

0.1	Vorwort	4
1	Kabel Arten	5
1.1	Unterscheidungsmerkmale	5
1.1.1	Singlemode	5
1.1.2	Multimode	5
1.2	Multimode vs. Singlemode	5
2	Stecker Typen	7
2.1	CS Stecker	8
2.2	SN Stecker	9
2.3	MPO Stecker	9
2.4	Steckeraufbau	9
2.5	PC vs. APC	10
2.6	Pflege / Reinigung	10
3	Optiken	11
3.1	Wellenlängen	12
3.2	BiDi/Singlefiber Optiken	12
3.3	WDM	12
3.3.1	CWDM (Coarse WDM)	13
3.3.2	DWDM (Dense WDM)	13

0.1 Vorwort

Dieser kleine Fiber Guide ist an alle gerichtet, welche keine oder nur wenig Erfahrung mit Glasfaser basierten Netzwerken und Verkabelungen haben. Ziel ist ein Verständnis der wichtigsten Kabel und Steckertypen zum Verbinden der einzelnen Netzwerkkomponenten zu vermitteln. Auch erhält der Leser eine Übersicht der wichtigsten optischen Komponenten.

1. Kabel Arten

Es gibt prinzipiell 2 Kabelkategorien. Multimode und Singlemode (manchmal auch Monomode genannt). Beide Kabelarten gibt es wiederum in unterschiedlichen Qualitätsstufen und Ausführungen. Für die meisten Anwendungszwecke sind jedoch nur die Multimode Arten von Interesse.

1.1 Unterscheidungsmerkmale

Multimode Kabel gibt es in zwei unterschiedlichen Ausführungen $62.5/125\mu\text{m}$ und $50/125\mu\text{m}$, diese wiederum sind in verschiedenen Aufbauformen (OM2 – OM4) erhältlich. Singlemode ist immer $9/125\mu\text{m}$. Die verschiedenen Kabelarten sollten niemals auf einer Strecke gemischt werden, dies führt in der Regel dazu, dass viele Übertragungsfehler auftreten oder sogar eine Kommunikation verunmöglicht wird.

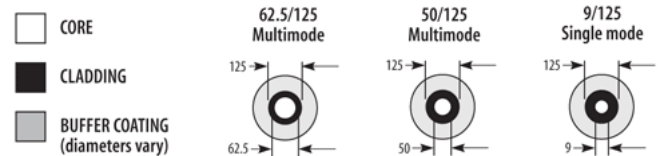


Abbildung 1.1: Kabel Arten

1.1.1 Singlemode

Singlemode Patchkabel haben in der Regel eine gelbe oder bei älteren Kabeln einen grüne Mantelfarbe.

1.1.2 Multimode

Multimode Patchkabel haben folgende Farben:

- $50/125\mu\text{m}$ OM2, Orange; OM3,OM4 Türkis
- $50/125\mu\text{m}$, $62.5/125\mu\text{m}$ OM1 Orange

Es gibt jedoch auch Abweichungen von diesen Normen. Deshalb immer die Beschriftung auf dem Kabel beachten.

1.2 Multimode vs. Singlemode













Multimode Fasern werden ausschliesslich für kurze Distanzen eingesetzt. Die maximale Reichweite liegt bei 450m – 4km je nach eingesetzter Kabelqualität und Übertragungsoptik.

OM1 und OM2 sind für LED Optiken optimiert und werden meist nur für 1Gbps eingesetzt. Auf kurze Strecken (OM1 33m, OM2 82m) können diese auch für 10Gbps eingesetzt werden.

OM3 und OM4 sind für Laser Quellen optimiert und sind für 10Gbps und OM4 sogar für 100Gbps geeignet.

Singlemode Fasern können auf Strecken von mehreren hundert Kilometern verwendet werden, sofern man genügend leistungsfähige Optiken einsetzt. Sie eignen sich jedoch genau so gut für kurze Distanzen. Beim Einsatz auf sehr kurzen Distanzen (<100m) sollte man jedoch darauf achten, dass der Empfangspegel den maximal zulässigen Wert der Optik nicht überschreitet, ansonsten wird dieser nach kurzer Zeit „blind“. Den Empfangspegel kann man entweder mit einem „Optical Power Meter“ oder wenn vom Gerät unterstützt mit der DOM/DDM Funktion der Empfangsoptik (SFP) prüfen. Den Empfangspegel kann man mit Dämpfungsgliedern senken. Diese sind in verschiedenen Dämpfungsgraden erhältlich (typisch: 1dB, 3dB, 5dB, 10dB).

2. Stecker Typen

Stecker	Kupplung	Bezeichnung	Ferrule
		E2000/APC	2.5mm
		FC/PC	2.5mm
		ST/PC	2.5mm
		SC/APC	2.5mm
		SC/PC	2.5mm
		LC/PC	1.25mm


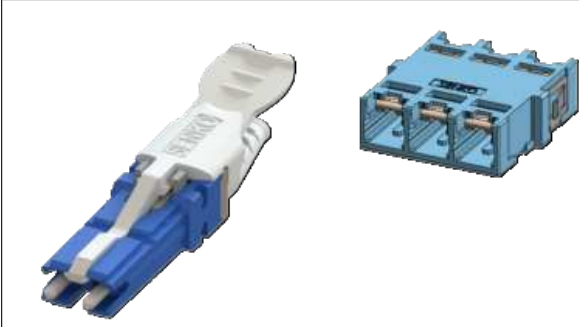
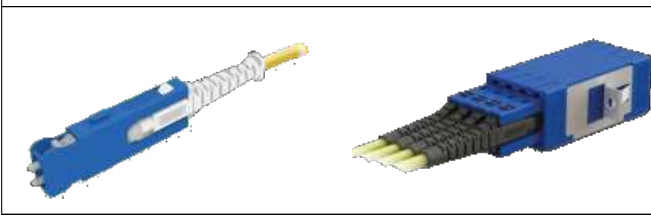

	LC/APC	1.25mm
	CS-Duplex	1.25mm
	SN-Duplex	1.25mm
	MPO	–

Tabelle 2.1: Stecker Typen

Die meisten Steckertypen gibt es für Single und Multimode Fasern (Ausnahmen CS und SN). Stecker von Multimode Kabeln haben meist beige oder graue Stecker, Singlemode grün oder blau.

- Blaue Stecker = PC (Physical Contact) oder UPC (Ultra Polished Physical Contact)
- Grüne Stecker = APC (Angled Physical Contact)

APC und PC/UPC Stecker dürfen nie aufeinander gesteckt werden. Dies führt zu einem Luftspalt zwischen den beiden Ferrulen und kann sogar zur Beschädigung der Stecker führen. Siehe 2.5 PC vs. APC ■

FC und ST Stecker sehen sich recht ähnlich, passen jedoch nicht zusammen. FC Stecker haben einen Schraub-, ST einen Bajonettverschluss. Bei FC Steckern muss speziell darauf geachtet werden das der Key am Stecker korrekt auf die Aussparung an der Kupplung ausgerichtet wird. ■

2.1 CS Stecker

CS Stecker sind vom Hersteller Senko und werden hauptsächlich in neuen 200G Optiken verwendet um 2x100G auf einem QSFP-DD einstecken zu können.



Abbildung 2.1: CS in QSFP-DD

2.2 SN Stecker

SN Stecker sind vom Hersteller Senko und werden hauptsächlich in neuen 400G Optiken verwendet um 4x100G auf einem QSFP56-DD einstecken zu können.

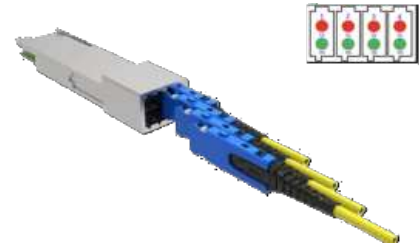


Abbildung 2.2: SN in QSFP-DD

2.3 MPO Stecker

MPO (Multipath Push-On) Stecker enthalten 12 oder 24 Fasern. Bei der 12 Faser Ausführung sind diese in einer Reihe angeordnet, bei 24 Fasern sind dies zwei Reihen übereinander à 12 Fasern. Bei 40Gbps und neueren 100G Optiken werden die 12 fasrigen Kabel, bei den älteren 10x10 100Gbps Optiken die 24 fasrigen Kabel benötigt. Es gibt MPO kompatible Stecker unter dem Markennamen MTP® (Multifiber Termination Push-On). Diese haben mechanisch und optisch bessere Eigenschaften und sind daher zu bevorzugen.

Bei 40G und 100G (SR4, LR4, ER4) Optiken mit MPO Steckern sind RX und TX wie abgebildet belegt. Bei Crossover Kabeln sind die zwei gegenüberliegenden Stecker jeweils 180° gedreht. So das Sie äusserste Faser von Position 1 nach Position 12, die 2. Faser nach 11 usw.

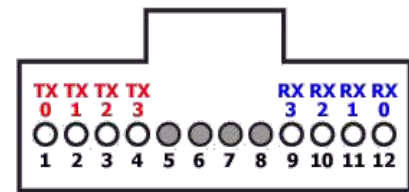
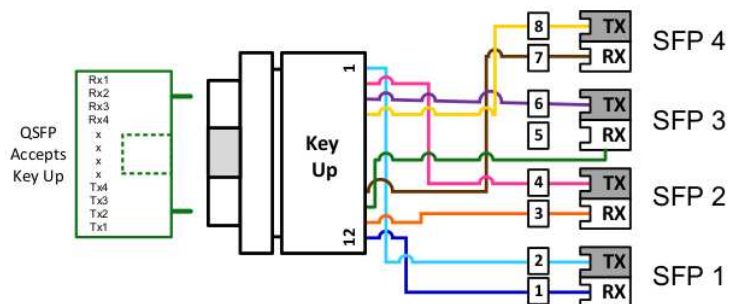


Abbildung 2.3: MTP Stecker

Sowohl 40G wie auch 100G Optiken können, auf Plattformen welche das unterstützen, in 4x10Gbps beziehungsweise 4x25Gbps mittels eines Fanout Kabels aufgebrochen werden. Bei Verwendung der älteren 10x10 CFP und CFP2 LR10 oder SR10 Optiken können diese in 10x10Gbps aufgebrochen werden.



Abbildung 2.4: MTP Crossover



Bei Breakout Kabeln, wie in der obigen schematischen Darstellung zu sehen ist, gehören jeweils Faser 1+12, 2+11 3+10, 4+9 zu einem RX/TX Paar zusammen.

2.4 Steckeraufbau

Wichtig beim Aufbau des Steckers für das Verständnis des restlichen Dokumentes ist die Ferrule. Sie ist aus Keramik oder Hartkunststoff gefertigt und sorgt dafür dass die Faser geschützt und beim Einstecken zentriert wird. Sie wird von einer Feder nach vorne gedrückt, so das immer ein sauberer Kontakt zur gegenüberliegenden Faser hergestellt wird.

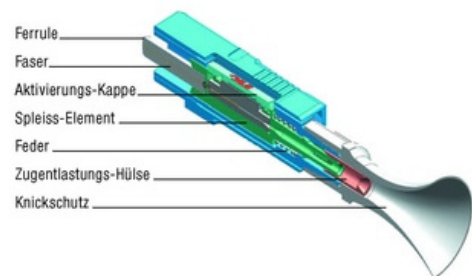


Abbildung 2.5: Stecker Aufbau

2.5 PC vs. APC

Bei PC Steckern ist die Ferrule vorne am Stecker gerade geschliffen. Bei APC Steckern 8° abgeschrägt. APC hat den Vorteil, dass weniger Reflexionen in die Faser gelangen und dadurch der Rausch-Abstand und Return Loss besser sind. APC Stecker werden in der Regel auf längeren Strecken eingesetzt.

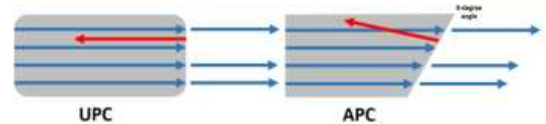
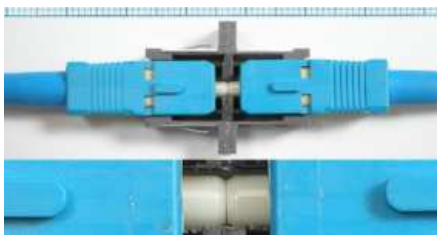
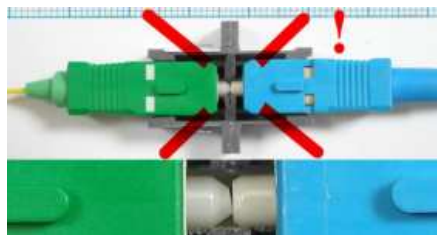


Abbildung 2.6: Reflexionen bei PC und APC Steckern

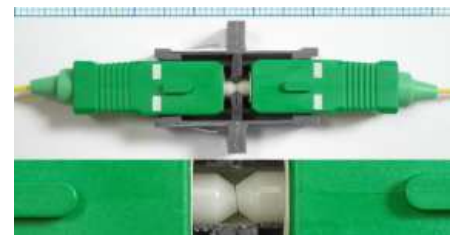
APC und PC/UPC Stecker dürfen nie aufeinander gesteckt werden. Dies führt zu einem Luftspalt zwischen den beiden Ferrulen. Dies verursacht eine hohe Dämpfung und Reflexion des Signals. In gewissen Fällen kann dies sogar zur Beschädigung der Stecker führen. Die meisten Optiken erwarten PC Stecker, jedoch gibt es auch hier Ausnahmen, welche in der Regel gekennzeichnet sind (meist Grüne Buchsen oder Bezeichnung auf dem Label).



PC - PC



APC - PC



APC - APC

2.6 Pflege / Reinigung

Stecker und Kupplungen sollten nur mit dafür vorgesehenen Reinigungsmitteln/Geräten gereinigt werden. Hierzu gibt es einfach zu handhabende Geräte für die Reinigung von Steckern und Kupplungen. Bei den Kupplungen ist zu beachten, dass es solche mit 1.25mm und 2.5mm Ferrulendurchmesser gibt.

Sehr stark verschmutzte Kabel sollten nicht mehr verwendet werden oder im Notfall mit hochprozentigem Alkohol (>95%) und fuselfreien Baumwolltüchern gereinigt werden.

Der Verschmutzungszustand kann mit einem entsprechenden Fiber Mikroskop oder Fiber Kamera begutachtet werden.

Es kann durchaus auch kontraproduktiv sein ein Kabel ohne optische Inspektion zu reinigen. Es bleiben zum Teil Fusel oder andere Rückstände auf dem Stecker, welche vor der Reinigung nicht da waren.








Abbildung 2.7: Reinigungsgeräte



Beim Verwenden eines Mikroskops immer darauf achten, dass die Faser nicht beleuchtet ist. Es können sonst Augenverletzungen durch die Laserstrahlen entstehen. Dieses Risiko kann durch Verwendung einer Fiber Inspection Probe (Kameramikroskop) eliminiert werden.

3. Optiken

Es gibt eine Vielzahl verschiedener OptikbaufORMen. Jedoch nur wenige davon sind weit verbreitet. Die meist angetroffenen sind SFP, SFP+, QSFP+ und QSFP28.

	Typ	Beschreibung	Stecker	Speed
	SFP	Small Formfactor Pluggable (mini GIBIC)	LC Dublex, LC Simplex, RJ45, SC	100Mbps – 1Gbps
	SFP+	Small Formfactor Pluggable Plus	LC Dublex, LC Simplex, RJ45	8Gbps – 16Gbps
	SFP28	Small Formfactor Pluggable 28	LC Dublex	28Gbps
	GIBIC	Gigabit Interface Connector <small>Wird nur noch selten verwendet.</small>	LC Dublex, LC Simplex	1Gbps
	XFP	10 Gigabit Small Form Factor Pluggable <small>(X steht für die römische Zahl 10)</small>	LC Dublex, LC Simplex	10Gbps
	QSFP+	Quad SFP+ <small>4 × 10Gbps</small>	LC, MPO	40Gbps
	CFP	C Form-factor Pluggable <small>(C steht für die römische Zahl 100)</small>	LC, SC, MPO	100Gbps






	Typ	Beschreibung	Stecker	Speed
	CFP2	C Form-factor Pluggable 2	LC, MPO	100Gbps
	CFP4	C Form-factor Pluggable 4	LC, MPO	100Gbps
	QSFP28	Quad SFP 28 <small>(28Gbps per Lane)</small>	LC, MPO	100Gbps
	QSFP-DD	Quad SFP Double Density <small>(25 - 425 Gbps per Lane)</small>	LC, MPO, CS-Duplex	2x100, 200-400Gbps
	OSFP	Octal Small Form Factor Pluggable <small>(53 - 425 Gbps per Lane)</small>	LC, MPO, CS-Duplex	2x200, 400Gbps

Tabelle 3.1: Stecker Typen

Daneben gibt es noch Hersteller proprietäre Optiken wie X2 oder Xenpack von Cisco.

3.1 Wellenlängen

Das ausgesandte Licht der Optiken hat immer eine bestimmte Wellenlänge, welche in nm (Nano Meter) angegeben wird. Der Empfangsteil der Optik ist in der Regel breitbandig und hat keine Wellenlängen Einschränkung (Ausgenommen BiDi/Singlefiber Optiken)

- Auf Multimode Kabeln werden in der Regel Optiken mit 850nm eingesetzt, selten auch mit 1310nm.
- Auf Singlemode Kabeln können Optiken im Bereichen von 1270nm bis 1610nm eingesetzt werden. Standard Optiken weisen eine Wellenlänge von 1310nm auf.

3.2 BiDi/Singlefiber Optiken

BiDi (Bidirectional) oder Singlefiber Optiken können RX (Empfangen) und TX (Senden) über eine einzige Faser betrieben werden. Hier zu müssen zwei zueinander passende Optiken eingesetzt werden. Auf dem RX Kanal ist ein Optischer Filter eingebaut, damit die Optik die Reflexionen des eigenen Senders nicht stört. Daher sind RX und TX auf zwei verschiedenen Wellenlängen. Bei 1Gbps Optiken ist dies typischerweise 1310nm und 1490nm oder 1550nm.

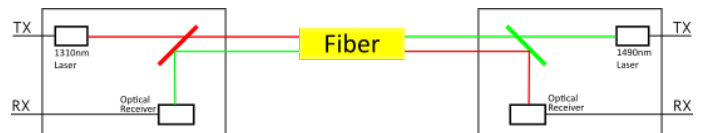


Abbildung 3.1: Schematischer BiDi Aufbau

Die Optiken auf einer Strecke müssen daher z.B.:

- Seite A: RX 1490nm / TX 1310nm
- Seite B: RX 1310nm / TX 1490nm

aufweisen.

3.3 WDM

WDM steht für „Wavelength-division multiplexing“

Mittels WDM können mehrere Signale über eine Faser übertragen werden. Hierfür verwendet man Optische Multiplexer (MUX) und Demultiplexer (DEMUX). Der Multiplexer führt die verschiedenen

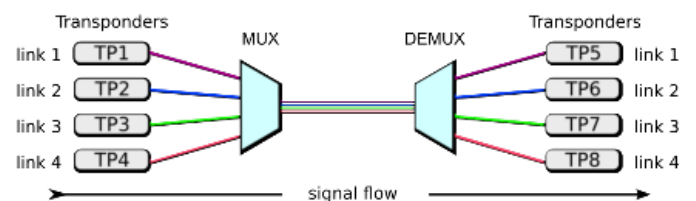


Abbildung 3.2: WDM Aufbau

Wellenlängen (auch Farben genannt) auf eine Faser und der Demultiplexer Filter die einzelnen Wellenlängen wider auseinander.

Unter den WDM Systemen gibt es hauptsächlich CWDM und DWDM Systeme. Welche sich vor allem in der Reichweite und im Kanalabstand unterscheiden.

3.3.1 CWDM (Coarse WDM)

18 Kanäle von 1270 nm bis 1610 nm mit 20nm Kanalabstand. Auf alten Kabeltypen sind die Wellenlängen 1270 – 1490 wegen zu hoher Dämpfung nicht brauchbar.

CWDM Strecken sind von der Länge her beschränkt, da Sie nicht einfach optisch verstärkt werden können.

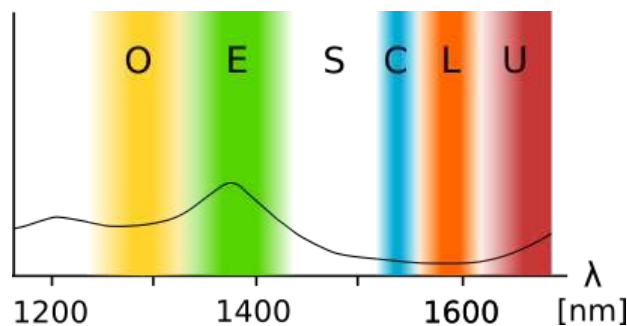
CWDM Kanaltabelle

Wellenlänge nm	Frequenz THz	Latch color	Wellenlänge nm	Frequenz Thz	Latch color
1271	235.87		1451	206.61	
1291	232.22		1471	203.80	
1311	228.67		1491	201.07	
1331	225.24		1511	198.41	
1351	221.90		1531	195.81	
1371	218.67		1551	193.29	
1391	215.52		1571	190.83	
1411	212.47		1591	188.43	
1431	209.50		1611	186.09	

3.3.2 DWDM (Dense WDM)

DWDM Bänder

DWDM kann in verschiedenen Wellenlängen Bereichen (Bänder) betrieben werden. Das meist genutzte ist das C Band, da dieses einfach verstärkt werden kann und eine niedrige Dämpfung aufweist.



O-Band	1270nm bis 1370nm
E-Band	1371nm bis 1470nm
S-Band	1471nm bis 1530nm
C-Band	1531nm bis 1570nm
L-Band	1571nm bis 1611nm

Im C Band sind 64+ Kanäle mit 100GHz (0.8nm) oder 128+ Kanäle mit 50GHz (0.4nm) Kanalabstand möglich. Referenzkanal C31 (Kanal 31) ist bei 193.10THz (1,552.52nm).

Es gibt DWDM Systeme mit 100GHz, 50GHz und 25GHz Kanalabstand und bis zu 160 Kanälen.

DWDM Strecken können mehrere hundert km lang gebaut werden, wenn man in gewissen Abständen Verstärker (EDFA = Erbium Dotted Amplifier) einsetzt.

DWDM Kanaltabelle

Hier werden nur die Kanäle im C-Band aufgeführt.

ITU Kanal	Wellenlänge nm	Frequenz THz	ITU Kanal	Wellenlänge nm	Frequenz Thz
C72	1520,25	197,20	C36	1548,51	193,60
C71	1521,02	197,10	C35	1549,32	193,50
C70	1521,79	197,00	C34	1550,12	193,40
C69	1522,56	196,90	C33	1550,92	193,30
C68	1523,34	196,80	C32	1551,72	193,20
C67	1524,11	196,70	C31	1552,52	193,10
C66	1524,89	196,60	C30	1553,33	193,00
C65	1525,66	196,50	C29	1554,13	192,90
C64	1526,44	196,40	C28	1554,94	192,80
C63	1527,22	196,30	C27	1555,75	192,70
C62	1527,99	196,20	C26	1556,55	192,60
C61	1528,77	196,10	C25	1557,36	192,50
C60	1529,55	196,00	C24	1558,17	192,40
C59	1530,33	195,90	C23	1558,98	192,30
C58	1531,12	195,80	C22	1559,79	192,20
C57	1531,90	195,70	C21	1560,61	192,10
C56	1532,68	195,60	C20	1561,42	192,00
C55	1533,47	195,50	C19	1562,23	191,90
C54	1534,25	195,40	C18	1563,05	191,80
C53	1535,04	195,30	C17	1563,86	191,70
C52	1535,82	195,20	C16	1564,68	191,60
C51	1536,61	195,10	C15	1565,50	191,50
C50	1537,40	195,00	C14	1566,31	191,40
C49	1538,19	194,90	C13	1567,13	191,30
C48	1538,98	194,80	C12	1567,95	191,20
C47	1539,77	194,70	C11	1568,67	191,10
C46	1540,56	194,60	C10	1569,59	191,00
C45	1541,35	194,50	C09	1570,42	190,90
C44	1542,14	194,40	C08	1571,24	190,80
C43	1542,94	194,30	C07	1572,06	190,70
C42	1543,73	194,20	C06	1572,89	190,60
C41	1544,53	194,10	C05	1573,71	190,50
C40	1545,32	194,00	C04	1574,54	190,40
C39	1546,12	193,90	C03	1575,37	190,30
C38	1546,92	193,80	C02	1576,20	190,20
C37	1547,72	193,70	C01	1577,03	190,10