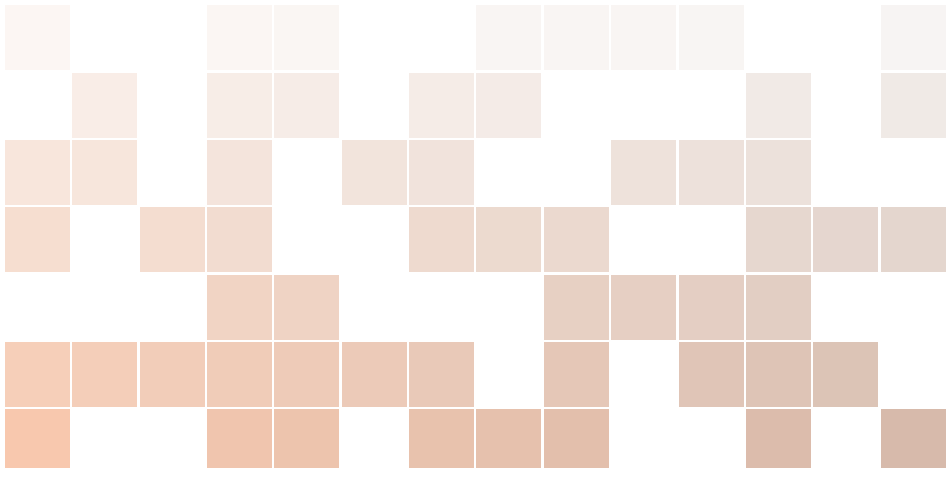


Der kleine Fiber Guide
Kabel, Stecker, Optiken - eine Übersicht

Matthias Cramer



Copyright © 2015 - 2018 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

The Legend 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	Singlmode	5
1.1.2	Multimode	5
1.2	Multimode vs. Singlmode	5
2	Stecker Typen	7
2.1	MPO Stecker	8
2.2	Steckerbau	9
2.3	PC vs. APC	9
2.4	Pflege / Reinigung	9
3	Optiken	10
3.1	Wellenlängen	11
3.2	BIDI/Singlfiber Optiken	11
3.3	WDM	11
3.3.1	CWDM (Coarse WDM)	12
3.3.2	DWDM (Dense WDM)	12

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 es ein Verständnis der wichtigsten Kabel und Steckertypen zum Verbinden der einzelnen Netzwerkkomponenten zu vermitteln. Auch erhält der Leser eine Übersicht der wichtigsten optischen Komponenten.

DWDM Kanaltabelle

Hier werden nur die Kanäle im C-Band aufgeführt.

Kanal	Wellenlänge	Frequenz	Kanal	Wellenlänge	Frequenz
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

auf eine Faser und der Demultiplexer Filter die einzelnen Wellenlängen wider auseinander.

Es gibt zwei Arten von WDM Systemen:

3.3.1 CWDM (Coarse WDM)

18 Kanäle von 1270 nm bis 1610 nm mit 20nm Kanalaabstand. 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

ITU channel no.	Wellenlength	color	color coding	ITU channel no.	Wavelength	color	color coding
27	1270nm	light purple		45	1450nm	yellow orange	
29	1290nm	sky blue		47	1470nm	gray	
31	1310nm	yellow green		49	1490nm	violet	
33	1330nm	yellow ochre		51	1510nm	blue	
35	1350nm	pink		53	1530nm	green	
37	1370nm	beige		55	1550nm	yellow	
39	1390nm	white		57	1570nm	orange	
41	1410nm	silver		59	1590nm	red	
43	1430nm	black		61	1610nm	brown	

3.3.2 DWDM (Dense WDM)

DWDM Bänder

DWDM kann in verschiedenen Wellenlängen Bereichen (Bänder) betrieben werden. Das am meist genutzte

ist das C Band, da dieses einfach verstärkt werden kann.

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) Kanalaabstand

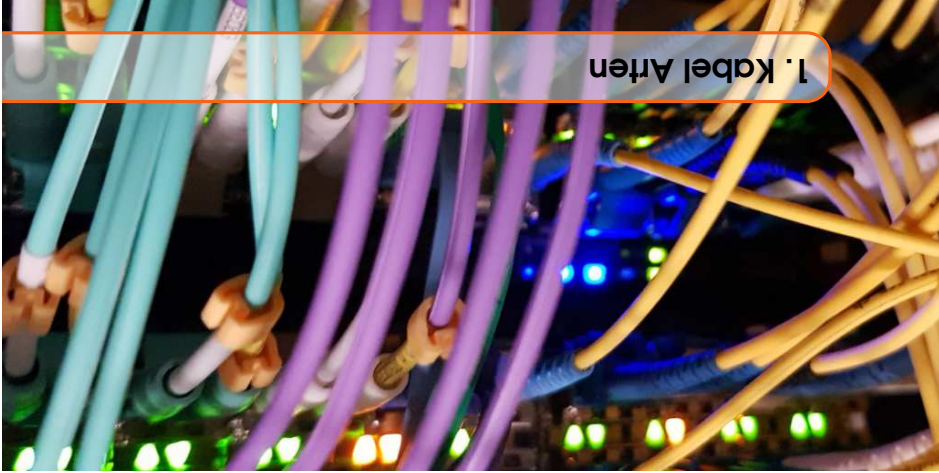
möglich. Referenzkanal C31 (Kanal 31) ist bei 193,10THz (1,552,52nm).

Es gibt DWDM Systeme mit 100Ghz, 50Ghz und 25Ghz Kanalaabstand und bis zu 160 Kanälen.

DWDM Strecken können mehrere hundert km lang gebaut werden, wenn man in gewissen Abständen

Verstärker (EDFA = Erbium Doped Amplifier) einsetzt.

1. Kabel Arten



1.1 Unterscheidungsmerkmale

Multimode Kabel gibt es in zwei unterschiedlichen

Ausführungen 62,5/125µm und 50/125µm, diese

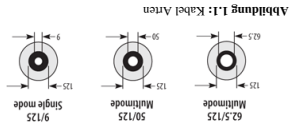
wiedrum sind in verschiedenen Aufbauformen

(OM2 – OM4) erhältlich. Singlemode ist immer

niemals auf einer Strecke gemischt werden, dies

führt in der Regel dazu, dass viele Übertragungsfehler auftreten oder sogar eine Kommunikation verun-

möglich wird.



1.1.1 Singlemode

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

1.1.2 Multimode

Multimode Patchkabel haben folgende Farben:

- 50/125µm OM2, Orange; OM3, OM4 Türkis
- 50/125µm, 62,5/125µm OM1 Orange

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





	Typ	Beschreibung	Stecker	Speed
	CFP	C Form-factor Pluggable <small>(C steht für die römische Zahl 100)</small>	LC, SC, MPO	100Gbps
	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

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.

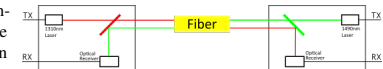


Abbildung 3.1: Schematischer BiDi Aufbau

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 Wellenlängen (auch Farben genannt)

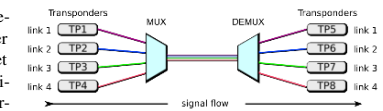
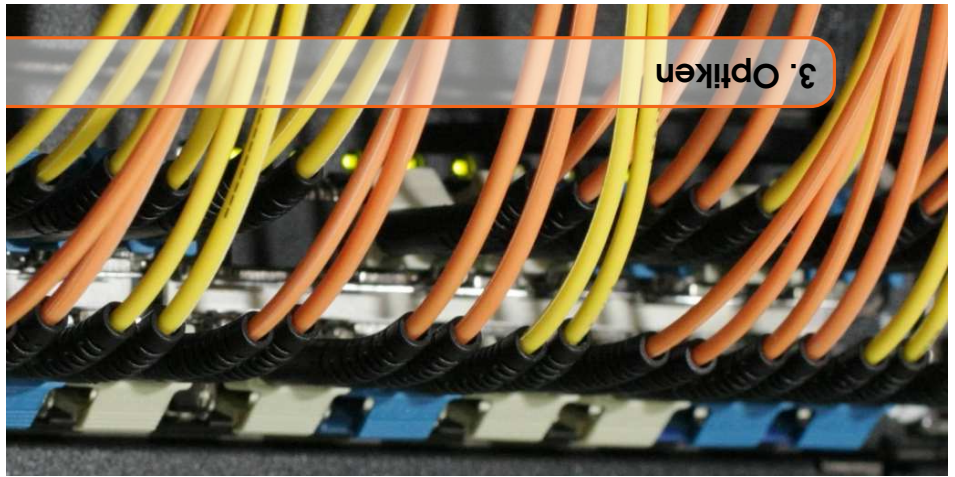


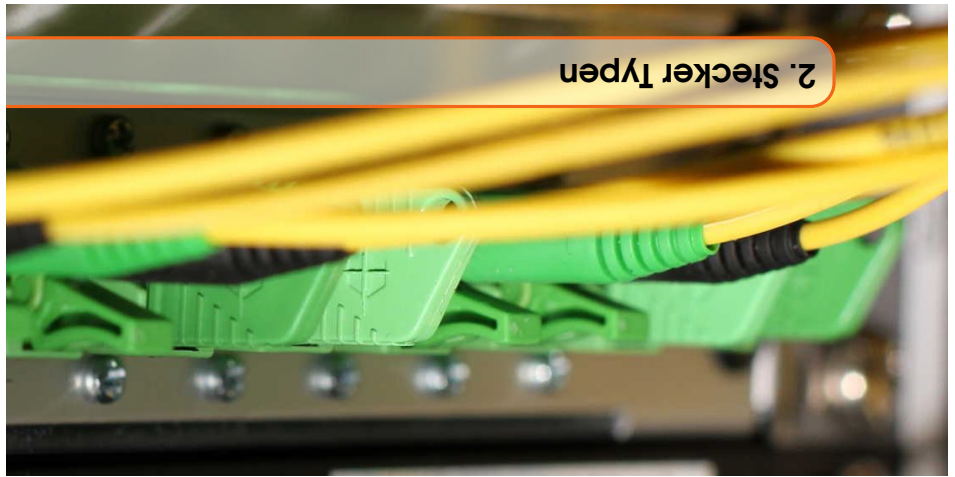
Abbildung 3.2: WDM Aufbau

Typ	Beschreibung	Stecker	Speed
SFP	Small Formfactor Pluggable (mini GIBIC)	LC Duplex, LC Simplex, RJ45, SC	100Mbps – 1Gbps
SFP+	Small Formfactor Pluggable Plus	LC Duplex, LC Simplex, RJ45	8Gbps – 16Gbps
SFP28	Small Formfactor Pluggable 28	LC Duplex	28Gbps
GIBIC	Gigabit Interface Connector	LC Duplex, LC Simplex	1Gbps
XFP	10 Gigabit Small Form Factor Pluggable	LC Duplex, LC Simplex	10Gbps
QSFP+	Quad SFP+ <small>(X steht für die gewünschte Zahl 10)</small>	LC, MPO	40Gbps <small>4 x 10Gbps</small>

Es gibt eine Vielzahl verschiedener Optikaufbauten, jedoch nur wenige davon sind weit verbreitet. Die meist angebotenen sind SFP, SFP+, QSFP+ und QSFP28.



Stecker	Kupplung	Bezeichnung	Formate
		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
	MPO	-

Tabelle 2.1: Stecker Typen

Generell gibt es alle Steckertypen für Single und Multimode Fasern. 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 Kabeln und kann sogar zur Beschädigung der Stecker führen.

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 MPO Stecker

MPO (Multi-fiber 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 Optiken werden die 12 fasrigen Kabel, bei 100Gbps die 12 oder 24 fasrigen Kabel benötigt. Es gibt MPO kompatible Stecker unter dem Markennamen MTP®.

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.

Sowohl 40G wie auch 100G Optiken können, auf Plattformen welche das unterstützen, in 4x10Gbps beziehungsweise 4x25Gbps mittels eines Fanout Kabels aufgebrochen werden.

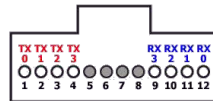
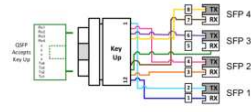


Abbildung 2.1: MTP Stecker



Abbildung 2.2: 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.

2.2 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.

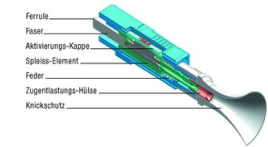


Abbildung 2.3: Stecker Aufbau

2.3 PC vs. APC

Bei PC Steckern ist die Ferrule vorne am Stecker gerade geschliffen. Bei APC Steckern 8° abgechrägt. 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 und eingesetzt.



Abbildung 2.4: Reflexionen bei PC und APC Steckern

Es darf niemals ein APC mit einem PC Stecker verbunden werden da sonst die Faser beschädigt werden kann. Auf Seite der Optik sollten immer PC Stecker verwendet werden.

2.4 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.



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.



Abbildung 2.5: Reinigungsgeräte