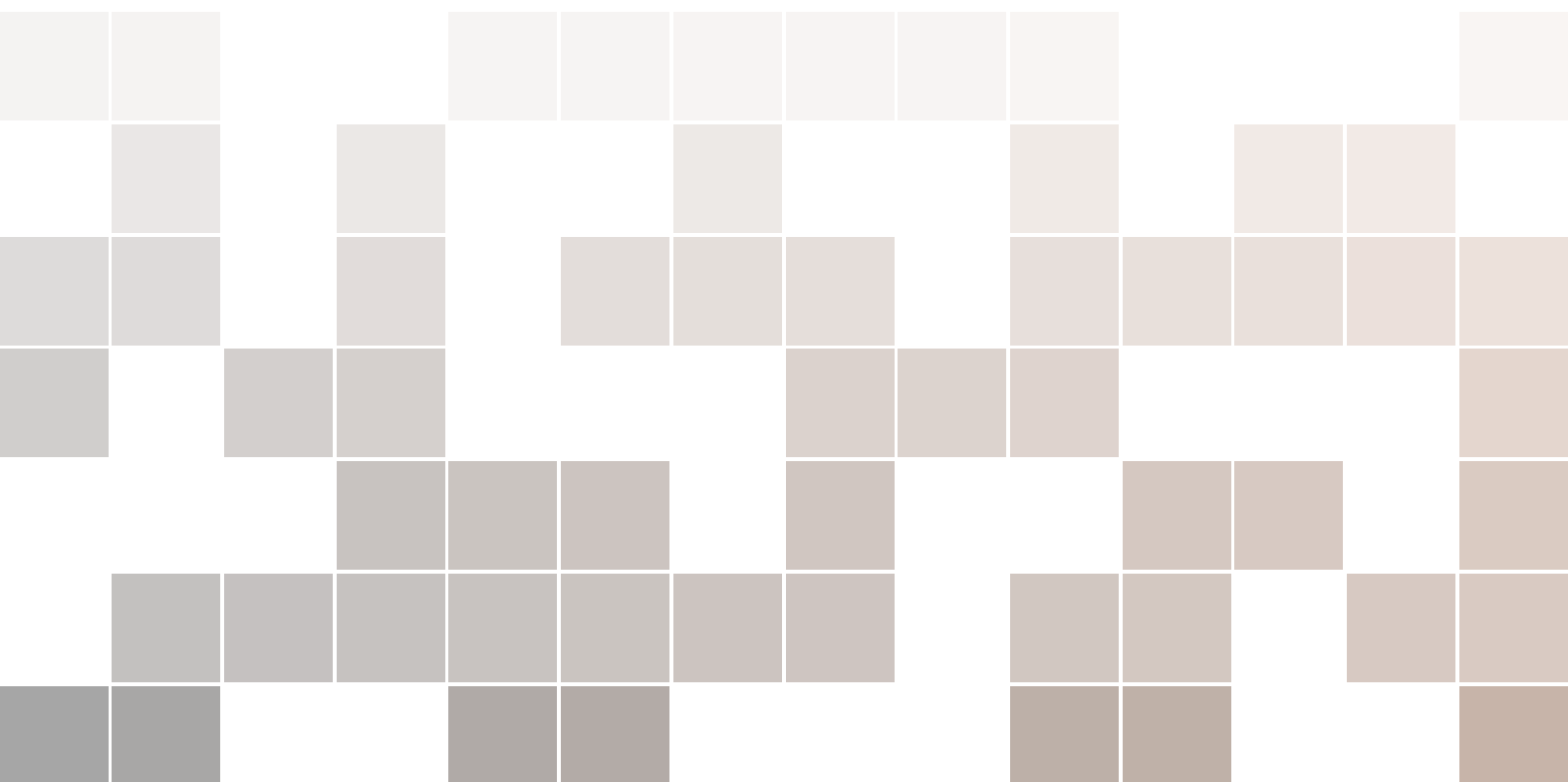


Der kleine Fiber Guide

Kabel, Stecker, Optiken - eine Übersicht

Matthias Cramer



Copyright © 2015 - 2021 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

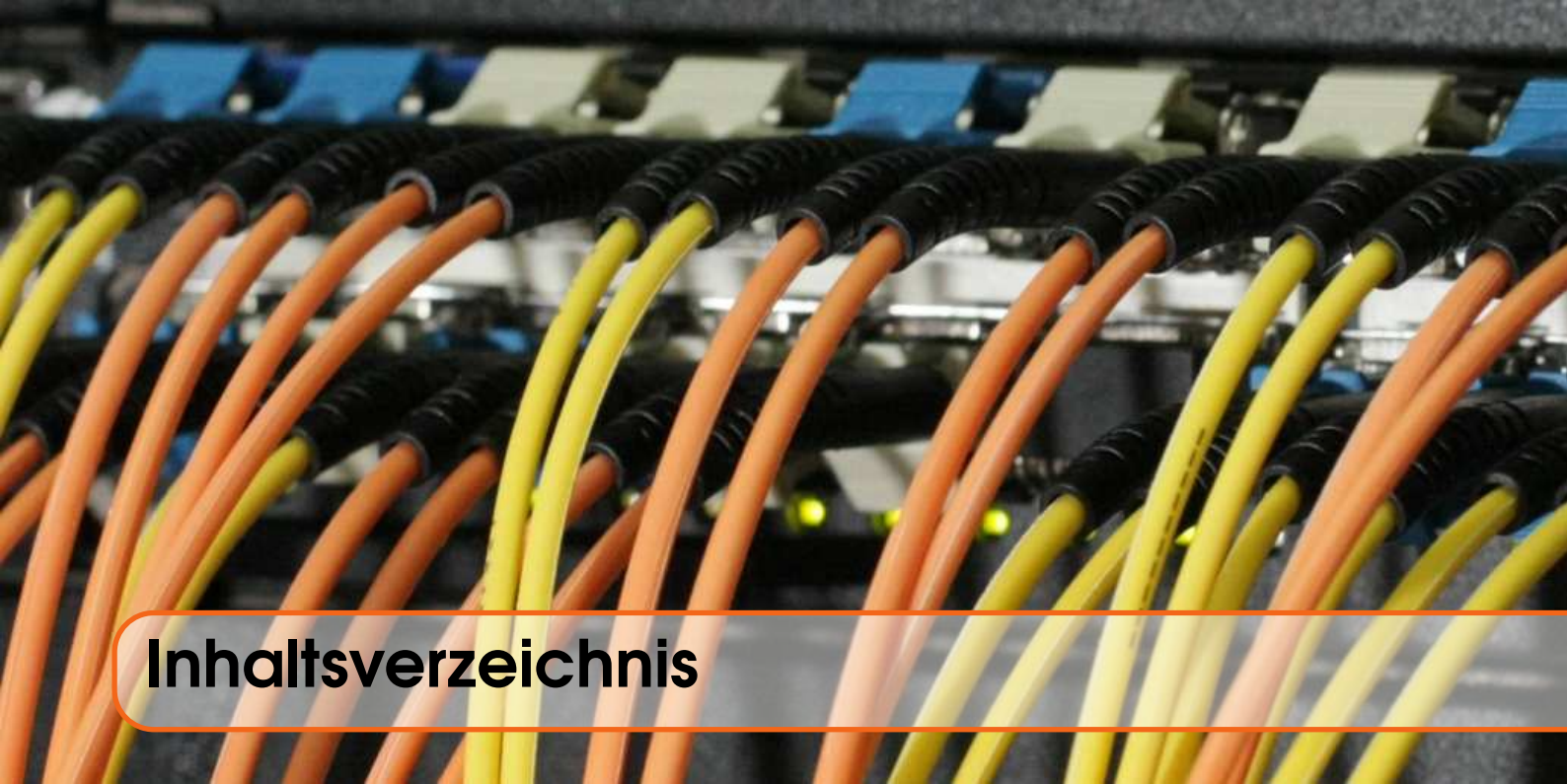
Forth Edition, December 2020

Fifth Edition, February 2021

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	5
0.1.1	Danksagungen	5
1	Kabel Arten	6
1.1	Unterscheidungsmerkmale	6
1.1.1	Singlemode	6
1.1.2	Multimode	6
1.2	Multimode vs. Singlemode	6
1.3	Singlemode Kabel Typen	7
1.3.1	Standard Single-Mode Fiber (G.652)	7
1.3.2	Low Water Peak Fiber (G.652.C/D)	7
1.3.3	Dispersion Shifted Fiber (ITU-T G.653)	7
1.3.4	Non-Zero Dispersion Shifted Fiber (G.655)	7
1.3.5	Low-attenuation Fiber (G.654)	7
1.3.6	Bend Insensitive Fiber (G.657)	7
2	Stecker Typen	8
2.1	CS Stecker	9
2.2	SN Stecker	10
2.3	MPO Stecker	10
2.4	Steckeraufbau	10
2.5	PC vs. APC	11
2.6	Pflege / Reinigung	11
3	Optiken	12
3.1	DOM/DDM	13
3.2	Wellenlängen	13
3.3	Signalstärke	13

3.4	Reichweite	14
3.5	BiDi/Singlefiber Optiken	14
3.6	WDM	14
3.6.1	CWDM (Coarse WDM)	14
3.6.2	DWDM (Dense WDM)	15
4	Messgeräte	17
4.1	Optical Power Meter	17
4.2	VFL - Visual Fault Locator	17
4.3	OTDR - Optical Time Domain Reflectometer	17
4.3.1	Vor-/Nachspann	18
4.3.2	Interpretation	18
4.4	Fiber Inspection Microscope	19
4.5	FIP - Fiber Inspection Probe	19
5	Glossar	20

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.

0.1.1 Danksagungen

Vielen Dank an Kurt Kayser für seine wertvollen Inputs zur fünften Ausgabe. Einen Ganz grossen Dank auch an meine Frau Monika welche immer wieder fleissig Korrektur gelesen hat.

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.

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.

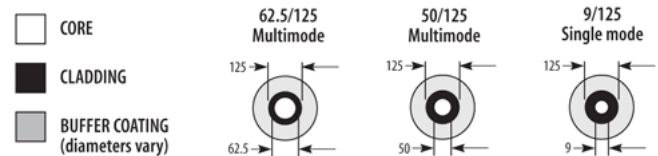


Abbildung 1.1: Kabel Arten

1.1.1 Singlemode

Singlemode Patchkabel haben in der Regel eine gelbe oder bei älteren Kabeln eine 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“ (Siehe Optical Power Meter, Seite 17, Kapitel 4.1) 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).

1.3 Singlemode Kabel Typen

1.3.1 Standard Single-Mode Fiber (G.652)

Der früher meist eingesetzte SingleMode Fiber Typ bis Ende der 1980er Jahre. Die Faser ist auf 1310nm optimiert und hat in diesem Bereich die tiefste Dispersion. Ist für WDM nicht geeignet.

1.3.2 Low Water Peak Fiber (G.652.C/D)

Modifizierte G.652 Faser mit dem Ziel die Water Peaks zu reduzieren. Water Peaks sind hohe Dämpfungen auf gewissen Wellenlängen die durch Hydroxyd Moleküle (OH) im Glas entstehen. Dieser Fasertyp ist gut für den Einsatz von WDM und Langdistanz Optiken im 1550nm Bereich geeignet.

1.3.3 Dispersion Shifted Fiber (ITU-T G.653)

Dies war ein Versuch die Dispersion für DWDM im 1550nm Bereich zu optimieren. Dies hatte jedoch grosse Probleme mit nicht linearen Effekten zur Folge. Diese Faser wird kaum eingesetzt und sollte gemieden werden.“

1.3.4 Non-Zero Dispersion Shifted Fiber (G.655)

Bei dieser Faser wurde der Punkt mit der niedrigsten Dispersion ausserhalb des 1550nm Bandes verschoben. Dies führt zu einer kleinen Dispersion, verhindert jedoch die nicht linearen Effekte. Um die Dispersion zu kompensieren gibt es diese Faser in zwei Varianten: NZD+ und NZD-. Die eine hat den niedrigsten Dispersionpunkt oberhalb von 1550nm, die Andere unterhalb. Somit können diese auf einer längeren Strecke abwechselnd eingesetzt werden und heben so die Dispersion auf.













1.3.5 Low-attenuation Fiber (G.654)

Faser mit der tiefer Dämpfung auf Kosten von Dispersion. Wird hauptsächlich auf high-power Strecken wie Unterseekabeln eingesetzt.

1.3.6 Bend Insensitive Fiber (G.657)

Diese Faser ist weniger auf Biegungen anfällig und lässt daher kleinere Biegeradien zu. Der bessere Schutz des Kernmaterials wird durch ein dickeres Coating von 250µ anstatt nur 125µ erreicht. Je nach Kabelunterart (A1, A2, B2) sind Biegeradien von bis zu 5-10mm verschmerzbar. Wird hauptsächlich im FTTH Bereich eingesetzt.

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


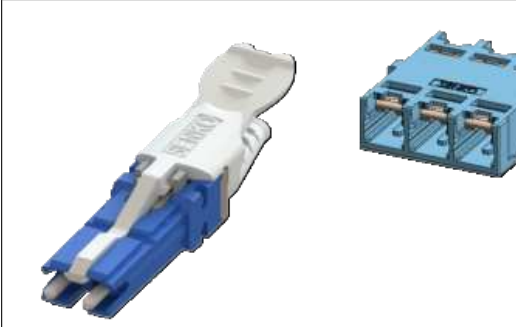
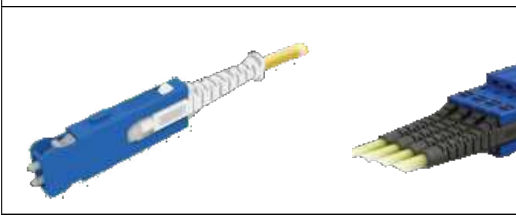

	LC/APC	1.25mm
	CS-Duplex	1.25mm
	SN-Duplex	1.25mm
	MPO	–

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 PC vs. APC, Seite 11, Kapitel 2.5)

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.

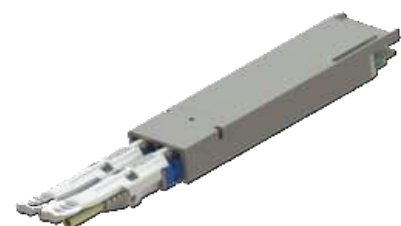


Abbildung 2.1: CS in QSFP-DD

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.

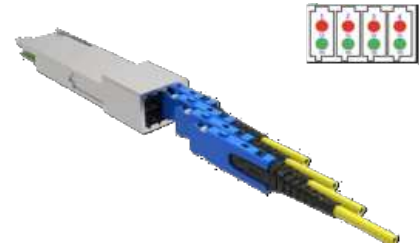


Abbildung 2.2: SN in QSFP-DD

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 faserigen Kabel, bei den älteren 10x10 100Gbps Optiken die 24 faserigen 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 die äusserste Faser von Position 1 nach Position 12, die 2. Faser nach 11 usw. geführt ist.

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.

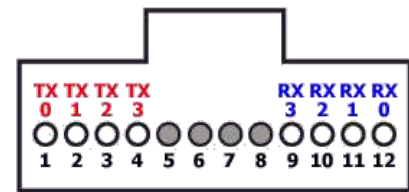


Abbildung 2.3: MTP Stecker



Abbildung 2.4: MTP Crossover

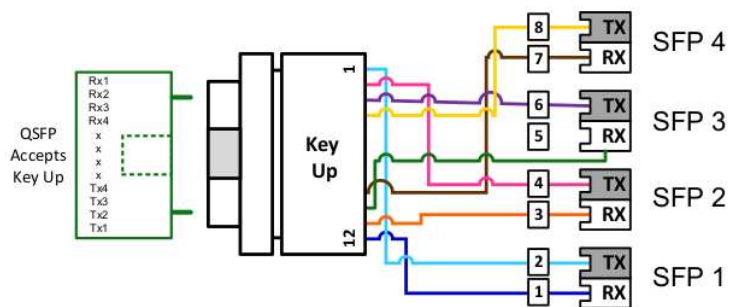


Abbildung 2.5: MPO Fanout Kabel

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.

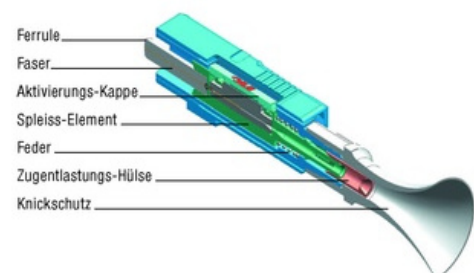


Abbildung 2.6: Stecker Aufbau

2.5 PC vs. APC

Bei PC Steckern ist die Ferrule vorne am Stecker gerade (0°) geschliffen. Bei APC Steckern 8° abgeschrägt geschliffen. APC hat den Vorteil, dass weniger Reflektionen in die Faser gelangen und dadurch der Rausch-Abstand und Return Loss besser sind.

APC Stecker werden nur auf Singelmode Kabeln eingesetzt.

APC Stecker werden in der Regel auf längeren Strecken eingesetzt.

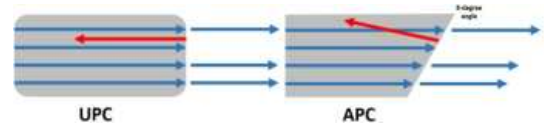
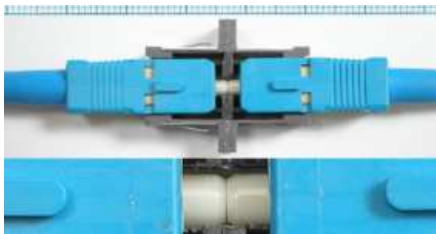


Abbildung 2.7: Reflektionen bei PC und APC Steckern

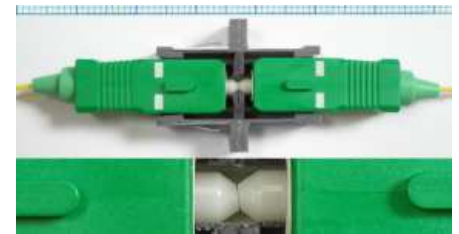
APC und PC/UPC Stecker dürfen nie aufeinander gesteckt werden. Dies führt zu einem Luftspalt zwischen den beiden Ferrulen. Dies verursacht eine hohen Dämpfung und Reflektion des Signals. In gewissen Fällen kann dies sogar zur Beschädigung der Stecker führen. Die meisten Optiken erwarten PC Stecker, jedoch 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

Abbildung 2.8: PC vs. APC

2.6 Pflege / Reinigung

Verschmutzte Ferrulen führen zu hoher Dämpfung und Reflektion. Der Schmutz kann auch Teure Optiken unwiderruflich beschädigen. Besonders Geschraubte Verbindungen (FC, ST) üben einen grossen Anpressdruck aus, welcher den schmutz in die Faser pressen kann.

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. (Siehe FIP, Seite 19, Kapitel 4.5)

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 2.9: 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 GBIC)	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
	GBIC	Gigabit Interface Connector <small>Wird nur noch selten verwendet.</small>	LC Duplex, LC Simplex	1Gbps
	XFP	10 Gigabit Small Form Factor Pluggable <small>(X steht für die römische Zahl 10)</small>	LC Duplex, 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: Optiken

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

3.1 DOM/DDM

Mittels DOM (Digital Optical Monitoring) und DDM (Digital Diagnostics Monitoring) können die optischen und elektrischen Eigenschaften einer Optik ausgelesen und überwacht werden. Die wichtigsten Werte sind Sende- und Empfangspegel wie auch der Stromverbrauch der Optik. Sowohl Optik wie auch das Gerät in welchem diese verwendet werden müssen dies unterstützen um diese Funktion nutzen zu können.

3.2 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 arbeiten bei SingleMode-Fasern im Bereich 1310nm (für kurze und mittlere Distanzen $\leq 15\text{km}$) und 1550nm (für mittlere bis weite Distanzen $\leq 120\text{km}$).

3.3 Signalstärke

Signalstärken werden üblicherweise in dBm (Dezibel Milli Watt) oder seltener mW (Milli Watt) angegeben. 0 dBm entsprechen 1 mW. Signalunterschiede (Dämpfungen, Verstärkungen) werden in dB (Dezibel) angegeben. Dezibel weist eine logarithmische Skalierung auf: 3dB entsprechen einem Faktor zwei, 10dB einem Faktor 10, 20dB einem Faktor 100. -3dB entspricht entsprechend $\frac{1}{2}$ und -10dB resultiert in $\frac{1}{10}$.

Die Formeln zum Umrechnen lauten:

- mW nach dBm: $P_{dBm} = 10 \times \log_{10} \left(\frac{P_{mW}}{1mW} \right)$
- dBm nach mW: $P_{mW} = 1mW \times 10^{P_{dBm}/10}$

3.4 Reichweite

Optiken der gleichen Geschwindigkeit und Formfaktor gibt es in der Regel für verschiedene Reichweiten. Dies wird durch stärkere Laser und empfindlichere Empfänger realisiert. Hier einige gängige Beispiele. Höhere Bandbreiten verhalten sich ähnlich.

Geschwindigkeit	Bezeichnung	Reichweite	TX		RX	
			min	max	min	max (overload)
1Gbps	1000BaseSX	440-550m	-9.5 dBm	-3 dBm	- 17 dBm	-3 dBm
1Gbps	1000BaseLX	10km	-9 dBm	-3 dBm	-18 dBm	-3 dBm
1Gbps	1000BaseEX	40km	-5 dBm	0 dBm	-24 dBm	-3 dBm
1Gbps	1000BaseZX	80km	0 dBm	5 dBm	-24 dBm	-3 dBm
10Gbps	10GBase-SR	80-400m	-5 dBm	-1 dBm	-9.9 dBm	-1 dBm
10Gbps	10GBase-LR	10km	-9 dBm	-3 dBm	-18 dBm	-3 dBm
10Gbps	10GBase-ER	40km	-5 dBm	0 dBm	-24 dBm	-3 dBm
10Gbps	10GBase-ZR	80km	0 dBm	5 dBm	-24 dBm	-3 dBm

Tabelle 3.2: Reichweiten

3.5 BiDi/Singlefiber Optiken

BiDi (Bidirectional) oder Singlefiber Optiken können RX (Empfangen) und TX (Senden) über eine einzige Faser betrieben werden. Hierzu müssen zwei zueinander passende Optiken eingesetzt werden. Auf dem RX Kanal ist ein optischer Filter eingebaut, damit die Optik die Reflektionen 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.

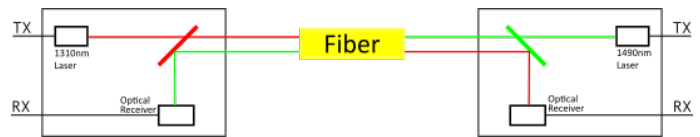


Abbildung 3.1: Schematischer BiDi Aufbau

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

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

aufweisen.

3.6 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) auf eine Faser und der Demultiplexer filtert die einzelnen Wellenlängen wieder auseinander.

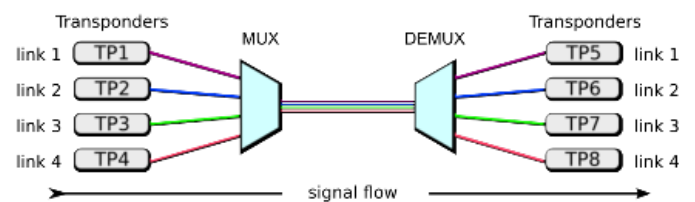


Abbildung 3.2: WDM Aufbau

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

3.6.1 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 Colour	Wellenlänge nm	Frequenz THz	Latch Colour
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	

Tabelle 3.3: CWDM Kanäle

3.6.2 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.

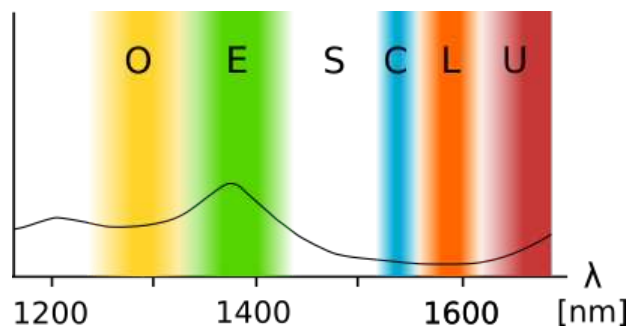


Abbildung 3.3: DWDM Spektrum

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

Tabelle 3.4: DWDM Bänder

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 tausend Kilometer 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

Tabelle 3.5: DWDM Kanäle



4. Messgeräte

4.1 Optical Power Meter

Mit einem Power Meter kann die Signalstärke auf einer Fiber gemessen werden. Hierzu kann die Faser welche in die RX Seite der Optik gesteckt wird am Power Meter eingesteckt werden und der Pegel gemessen werden. Der Wert wird in dBm (Decibel Milliwatt) oder seltener direkt in mW angegeben.

Um eine Aussage machen zu können ob der Pegel gut ist, muss man wissen, wie stark auf der anderen Seite gesendet wird und was die Optik auf der Empfangsseite für eine Empfindlichkeit hat. Diese Angaben kann man vom Hersteller bekommen. Die Sendeleistung ist in der Regel nur auf wenige dBm genau angegeben (Siehe Reichweite, Seite 14, Kapitel 3.4). Genauere Werte kann man bei vielen Geräten aus der laufenden Optik auslesen. Diese Funktion heist Digital Optical Monitoring (DOM) und muss von der Optik unterstützt werden (Siehe DOM/DDM, Seite 13, Kapitel 3.1).



Abbildung 4.1: Optical Power Meter

4.2 VFL - Visual Fault Locator

VFL sind Laser im sichtbaren Bereich mit relativ hoher Leistung (5 - 50mW) welche auf einer Faser aufgesteckt werden können und man so sieht wo das Licht ankommt. Ist eine Faser geknickt oder gar gebrochen, so leuchtet das Kabel an dieser Stelle durch den Mantel (Geht natürlich nur bei Patchkabel da sonst der Mantel zu dick ist).



Abbildung 4.2: Visual Fault Locator

4.3 OTDR - Optical Time Domain Reflectometer

Mit einem OTDR Messgerät können Leitungen analysiert werden. Man erkennt Leitungsabschnitte, deren Dämpfung und die Dämpfung und Reflektion von Verbindungsstellen (Patchungen und Spleissungen).

Die meisten OTDR Messgeräte können auf 1310nm und 1550 nm messen und so die Dämpfung im CWDM und DWDM Bereich ausweisen.

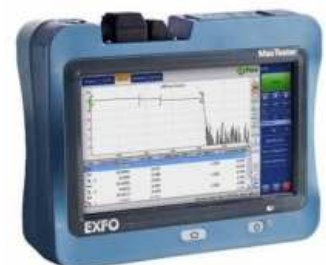


Abbildung 4.3: OTDR Messgerät

Die zu messende Strecke muss zum Messzeitpunkt auf beiden Seiten von aktivem Equipment getrennt werden da der sendende Laser sonst die Messung stört. Die meisten OTDR Geräte haben eine Detektierung hierfür und zeigen einen Fehler an, falls noch Licht auf der Strecke festgestellt wird.

Es gibt jedoch auch OTDR Messgeräte mit einem sogenannten Live Port, mit welchem man auch beleutete Fasern messen kann. Die Messung geschieht hier in der Regel auf 1625nm und Licht mit niedrigerer Wellenlänge wird herausgefiltert. Dieses Messverfahren kommt vor allem im FTTH Umfeld zum Einsatz wo nur schwer sicherstellen ist, das im Fiber POP oder beim Kunden kein Gerät angeschlossen ist. Die Dämpfungswerte stimmen dann nicht für 1550nm oder 1310nm, jedoch lässt sich trotzdem beurteilen ob eine Strecke ein Problem aufweist.

4.3.1 Vor-/Nachspann

Da OTDR Messgeräte auf den ersten Metern «Blind» sind, schliesst man zwischen Messgerät und der zu messenden Strecke in der Regel ein Vorspann (Vorlaufaser, Lead in Fibre/Launch Fiber) an. Dies ist eine Bare Fiber (Faser ohne Mantel) mit einer definierten Länge, üblicherweise 1km, zum Teil jedoch auch 300m oder 500m.

Um den Abschluss der Leitung sauber messen zu können wird oft auch hier eine Faser nachgeschaltet, der sogenannte Nachspann (Nachlaufaser, Receive Fiber). Mit diesen beiden Massnahmen können auf beiden Seiten das Pigtail und die Steckverbindung beurteilt werden.



Abbildung 4.4: Vor-/Nachspann

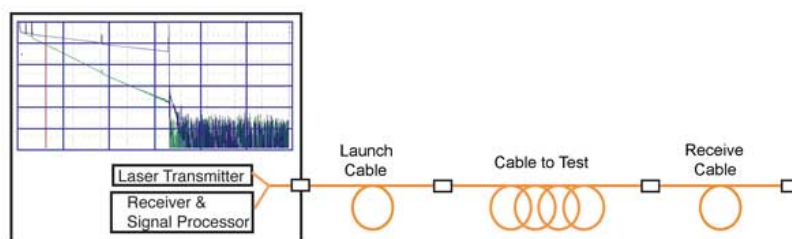


Abbildung 4.5: Schematischer Testaufbau

4.3.2 Interpretation

Die Interpretation von OTDR Messungen braucht etwas Übung, ist im Prinzip jedoch einfach. Wenn die Kurve nach unten geht ist dies eine Dämpfung, wenn sie nach oben geht eine Reflektion.

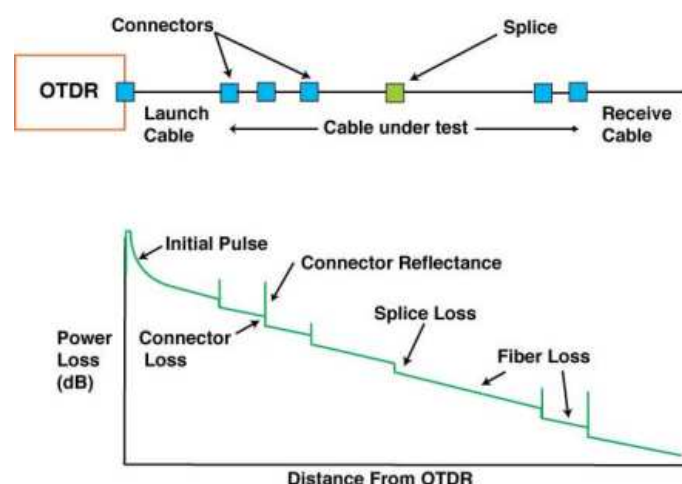


Abbildung 4.6: OTDR Sample Trace

4.4 Fiber Inspection Microscope

Mit einem Fiber Inspection Microscope können Stecker von Glasfaserkabeln optisch inspiziert werden. Nicht für APC Stecker geeignet, da nicht die ganze Fläche scharf dargestellt werden kann. In der Regel haben diese eine eingebaute Beleuchtung und eine 400-fache Vergrößerung. Dies ist eine relativ günstige Methode Fiber Kabel zu inspizieren.



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 4.7: Fiber Inspection Microscope

4.5 FIP - Fiber Inspection Probe

Im Gegensatz zum Fiber Inspection Microscope wird hier die Faser von einer Kamera begutachtet und auf einem Bildschirm dargestellt. Dadurch besteht keine Verletzungsgefahr durch einen angeschlossenen Laser. Zudem können durch ändern der Spitzen auch APC Kabel und Buchsen inspiziert werden.

Es gibt auch Modelle mit USB Anschluss zum Gebrauch mit einem PC/Laptop. Oder neu sogar mit WLAN welche zusammen mit einer Smartphone App genutzt werden können.

Mit einer Programm gestützten FIP können auch automatisch Messprotokolle erzeugt werden.



Abbildung 4.8: Fiber Inspection Probe

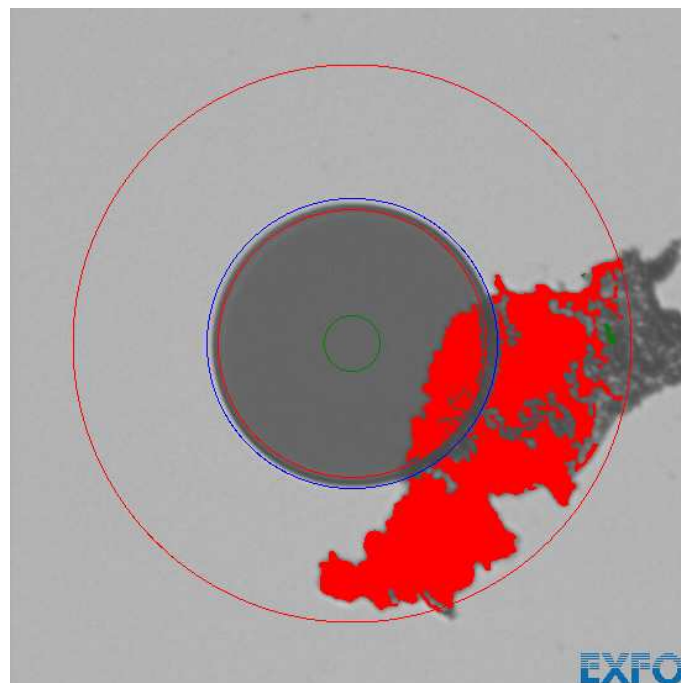


Abbildung 4.9: Beispiel einer verschmutzten Faser



5. Glossar

APC Angled Polished Contact
BiDi Bidirectional
CWDM Coarse WDM
dB DeziBel
dBm DeziBel Milliwatt
DDM Digital Diagnostics Monitoring
DOM Digital Optical Monitoring
DWDM Dense WDM
EDFA Erbium Dotted Amplifier
FIP Fiber Inspection Probe
Gbps Gigabit pro Sekunde
 μm mikro Meter, 10^{-6}m , 0.001 mm
MPO Multipath Push-On
MTP Multifiber Termination Push-On
Mux Multiplexer
mW Milli-Watt, Leistung
nm nano Meter, 10^{-9}m , 0.000001 mm
OTDR Optical Time Domain Reflectometer
PC Polished Contact
RX Receive, Empfänger
THz Tera-Hertz, Frequenz
TX Transmit, Sender
UPC Ultra Polished Contact
VFL Visual Fault Locator
WDM Wavelength-Division-Multiplexing