



78. DFN-Betriebstagung

Ein Fachvortrag der **tde** - trans data elektronik GmbH

Multitalent MPO

Darum ist MPO der Standard für höchste Übertragungsraten.

**Dipl.-Phys.
Thomas Gehrke, MBM**

Consultant

Mitarbeit in den Normungsgremien des DKE

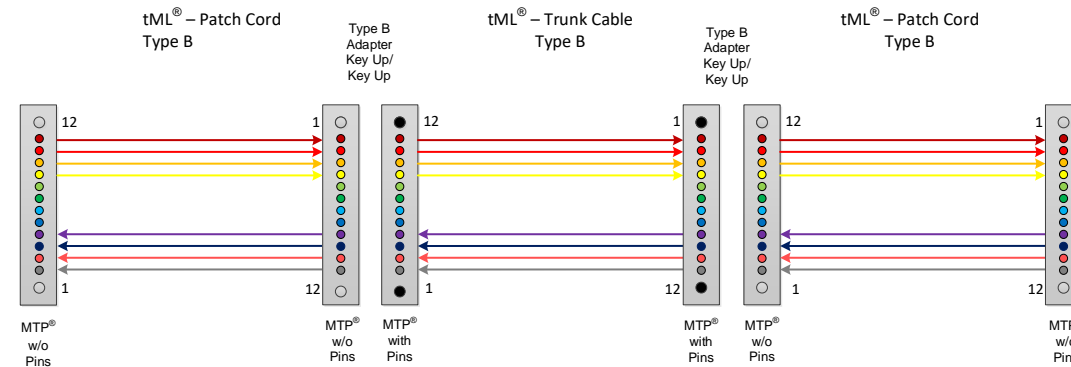
UK 412.6 und 7 LWL-Kabel und Verbindungstechnik

GUK 715.3. Informationstechnische Verkabelung von Gebäudekomplexen

Leiter AK 715.3.10 Messtechnik für Kommunikationskabelanlagen mit LWL

Optische Übertragungsarten

- **Standardübertragung**
 - Sende- und Empfangsfaser (TX / RX)
 - Übertragung auf einer Wellenlänge
- **WDM-Übertragung**
 - mehrere Signale über einen Kanal
- **Paralleloptische Übertragung**
 - Ein Signal wird auf mehrere Kanäle
 - aufgeteilt



Leistung der Standardübertragung

- 1983: 10 Mbit/s
- 1995: 100 Mbit/s
- 1998: 1 Gbit/s
- 2002: 10 Gbit/s
- 2016: 25 Gbit/s
- 2018: 50 Gbit/s
- 2018: 100 Gbit/s
- 2022/3: 200/400 Gbit/s



Höhere Übertragungsraten erfordern eine Vervielfachung der Kanäle!

Vervielfachung der Kanäle

Vervielfachung der Kanäle via WDM*:

- mehrere Signale unterschiedlicher Wellenlänge werden gleichzeitig übertragen
CWDM (Coarse Wave Division Multiplexing) / **DWDM** (Dense Wave Division Multiplexing)

Multimode:

- **CWDM**

- unidirektional



- **BiDi**

- bidirektional



* Wavelength Division Multiplexing

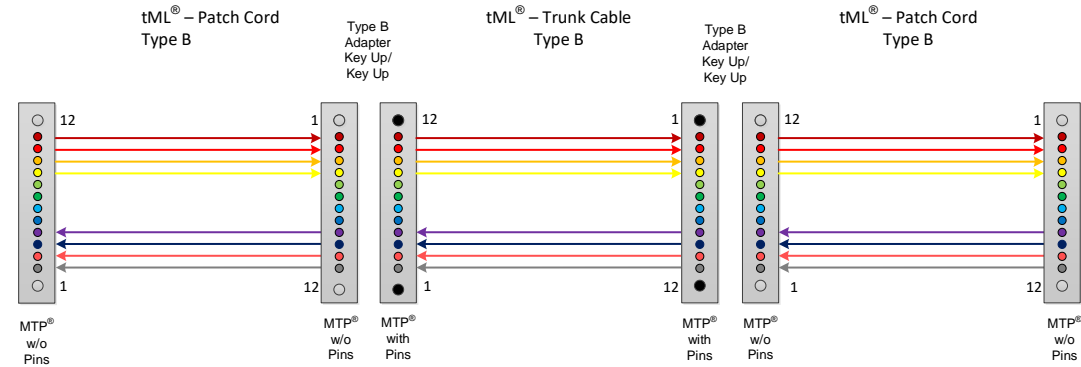
Paralleloptische Übertragung

MPO-Verbindung DIN EN 50173-5:2018

2010 - IEEE 802.3ba

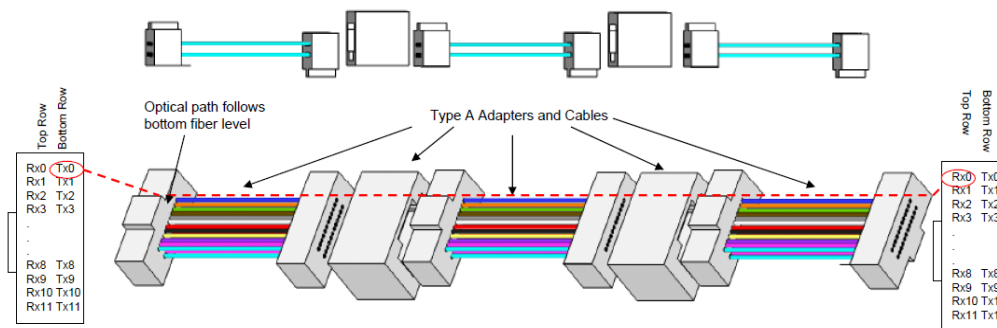
40 GbE : 4 Sendefasern / 4 Empfangsfasern

IEC 61754-7-1



100 GbE : 10 Sendefasern / 10 Empfangsfasern

IEC 61754-7-2



2010: MPO – das unbekannte Wesen....



Der MPO kommt mir nicht in's Haus...
... so lange ich es denn verhindern kann!

2018: MPO – d e r Standardstecker bei hohen Übertragungsleistungen bis 500m



- Übertragungswerte:** - IL und RL sind heute vergleichbar mit Einzelfaser-Steckverbindern
- Große Unterschiede bei den Werten:** - Dank optimierter Fertigungsprozesse heute i.d.R. kein Problem mehr (auch nicht bei den äußeren Fasern)
- Belegung:** - Systemfrage!
Dieses Problem sollte gelöst sein, mit der Maßgabe auf beiden Seiten identische Module und Patchkabel bei allen Migrationsstufen einzusetzen.
- Mit oder ohne PIN:** - ergibt sich automatisch innerhalb eines Systems
- Reinigen/Messen:** - zahlreiche Reinigungs-, Prüf- und Messgeräte verfügbar
(IEC 61280-4-5 ist veröffentlicht / regelt MPO-Messverfahren) Draft ISO/IEC 14763-3
- Migration:** - Modulare Systeme sollten heute alle Möglichkeiten bieten.
2,4,8,12,16,24 od. 32 Fasern – jegliche Kombination ist machbar !

...bis meine Server 40 Gbit können...

Punkt zu Punkt Verbindung

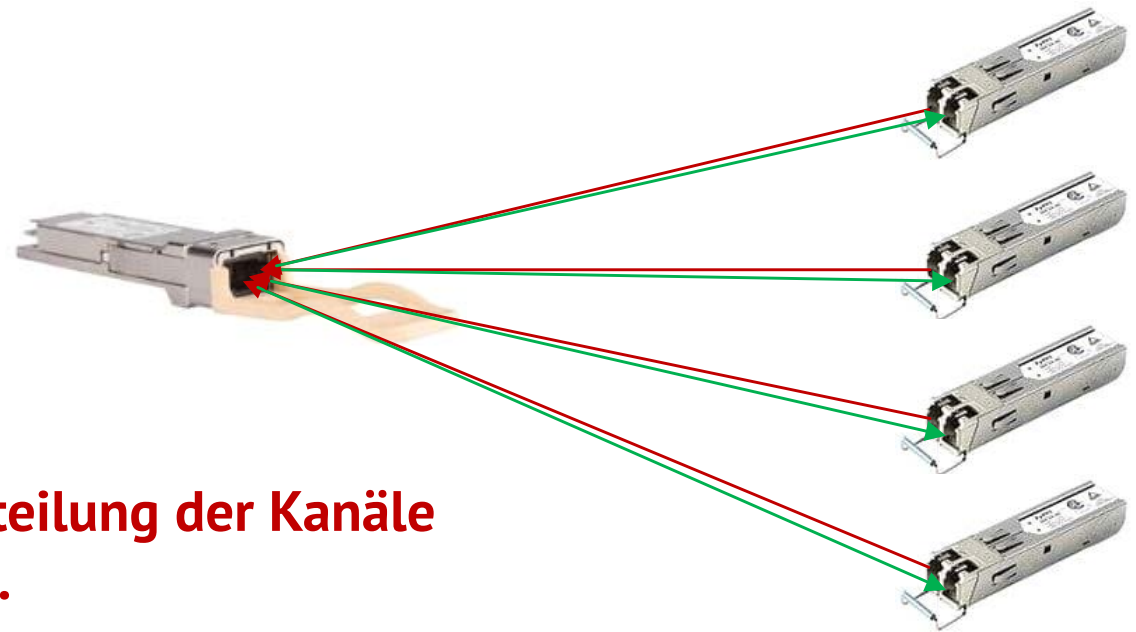


Breakout-Anwendung

Vervielfältigung der Portdichte

48 x 10 Gbit SFP+ = 480 Gbit /HE

36 x 4 x 10 Gbit (QSFP) = 1440 Gbit /HE



Energieeinsparung

**Verlangt zwingend die physikalische Aufteilung der Kanäle
bei WDM nicht möglich.**

Anwendungsneutraler Permanent-Link mit MPO



Systematik:

- Modulsysteme basieren auf einer MPO – Verbindung im Rückraum
- Einfacher Austausch von Modulen genügt für den Wechsel der Übertragungsart
- Aufteilung auf alle vorhandenen und künftigen Steckverbinder
- Hohe Faserzahlen im Rückraum zwingende Voraussetzung
- Sinnvoller Einsatz überzähliger Fasern
- Aufteilen von Strecken ist sinnvoller als zusammenführen
- Zusammenführung von Strecken ist riskant und schwierig in der Handhabung

IEEE 802.3

Übertragungsleistung		MM	SM 500m	SM 2 KM	SM 10 KM
40 Gbit/s	← 10 G / Kanal	SR4 eSR4	PSM4	FR	LR4
100 Gbit/s	← 25 G / Kanal	SR2 SR4 SR10	PSM4 DR	10x10 CWDM4 CLR4	LR4 4WDM10
200 Gbit/s	← 50 G / Kanal	SR4	DR4	FR4	LR4
400 Gbit/s	← 25 G / Kanal	SR16	DR4	FR8	LR8

Gray Text = IEEE Standard Red Text = in Standardization Green Text = in Study Group

Blue Text = Non-IEEE standard but compliant to IEEE electrical interfaces

IEEE 802.3

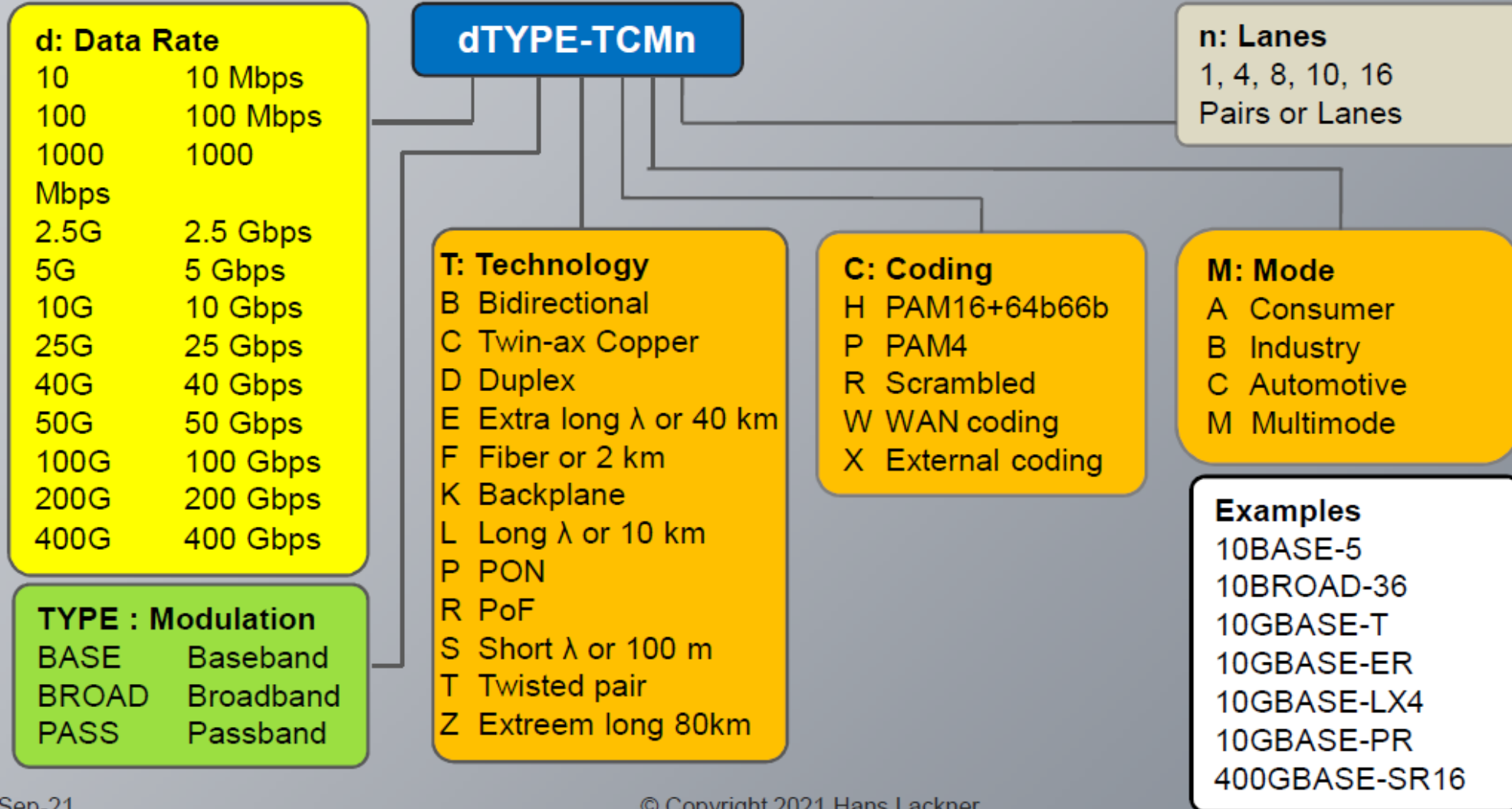
Übertragungsleistung	MM	SM 500m	SM 2 KM	SM 10 KM
40 Gbit/s	SR4 eSR4	PSM4	FR	LR4
100 Gbit/s	SR2 SR4 SR10	PSM4 DR	10x10 CWDM4 CLR4 100G-LR	LR4 4WDM10 100G-LR
200 Gbit/s	SR4	DR4	FR4	LR4
400 Gbit/s	SR16 SR8 SR4.2	DR4	FR8 400-FR4	LR8 400-LR4

Gray Text = IEEE Standard Red Text = in Standardization Green Text = in Study Group

Blue Text = Non-IEEE standard but compliant to IEEE electrical interfaces

Ethernet Nomenclature

IEEE 802.3



MPO - Anschlussstechnik

Status 2010:



8 Fasern



12 Fasern



24 Fasern

...



72 Fasern

Neu seit 2018:



16 Fasern

IEC 61754-7-4







32 Fasern

IEC 61754-7-3

...

MPO – Anschlussstechnik / Überblick

	Ü-Art	Leistung	Breakout
	SR2	100 Gbit	2 x 50 Gbit
	SR4	40,100, 200 Gbit	4 x 10, 25, 50 Gbit
	SR4.2	400 Gbit	4 x 100 Gbit
	SR10	100 Gbit	10 x 10 Gbit
	SR8	400 Gbit	8 x 50 Gbit
	SR4 (x2)	2 x 200 Gbit	2 x 4 x 10, 25, 50 Gbit
	SR8	400 Gbit	8 x 50 Gbit
	SR16	400 Gbit	8 x 25 Gbit

Red Text = in Standardization

SR4.2 – Verknüpfung neuer Techniken

01/2017: Gigabit bis Terabit - eine (R)Evolution der Netze



24 Faser MPO/MTP® - 12 Kanäle

Leistung
pro Kanal

- 10 Gbit
- 25 Gbit
- **50 Gbit**

Potential
(rechnerisch)

120 Gbit
300 Gbit
600 Gbit

Kombination
mit CWDM

480 Gbit
1,2 Tbit
2,4 Tbit

Ethernet 200 Gbit/s und mehr

Ethernet Rate	Assumed Signaling Rate per lane	BP	Cu Cable	MMF 50m	MMF 100m	SMF 500m	SMF 2km	SMF 10km	SMF 40km	Technology Reuse
200 Gb/s	200 Gb/s		1 pair			1 pair	1 pair			Leverage existing or work-in-progress 100 Gb/s per lane (e.g. 3cu, 3ck, 3db) to higher lane counts
	100 Gb/s						4 pairs			
400 Gb/s	200 Gb/s		2 pairs			2 pairs				Develop 200 Gb/s per lane electrical signaling for 1/2/4/8 lane variants of electrical PMDs
	100 Gb/s	8 lanes	8 pairs	8 pairs	8 pairs	8 pairs	8 pairs			
800 Gb/s	200 Gb/s		4 pairs			4 pairs	1) 4 pairs 2) 4 λ's			Develop 200 Gb/s per optical fiber for 1/2/4/8 fiber based optical PMDs and per lambda for 4 lambda WDM optical PMD
	TBD							Over single SMF in each direction	Over single SMF in each direction	
1.6 Tb/s	100 Gb/s									Potential for either direct detect and / or coherent signaling technology
	200 Gb/s		8 pairs			8 pairs	8 pairs			

Quelle: Hans Lackner

SR4.2 – Verknüpfung neuer Techniken

Erstmalige Kombination von paralleloptischer und WDM-Übertragung

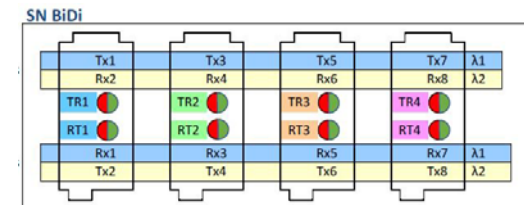
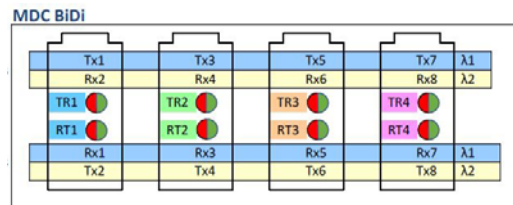
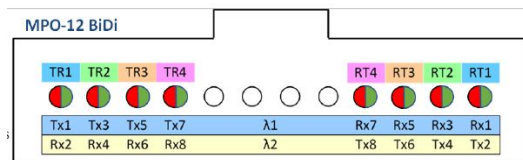
Paralleloptische Infrastruktur

multipliziert mit

WDM-Übertragung

ergibt

zusätzliche Vervielfältigung der Kanäle



Neue Steckverbinder für paralleloptische Übertragung

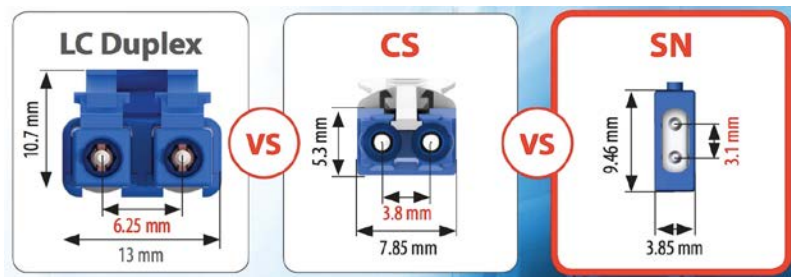
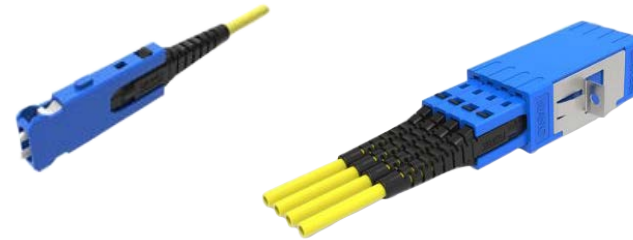
CS – Steckverbinder

- 1,25 mm LC Ferrule
- OSFP
- 256 Fasern / HE



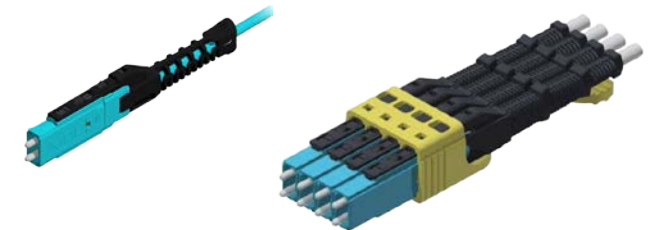
SN – Steckverbinder

- 1,25 mm LC Ferrule
- SFP DD / QSFP DD
- 384 Fasern / HE



MDC – Steckverbinder

- 1,25 mm LC Ferrule
- SFP DD / QSFP DD
- 384 Fasern / HE

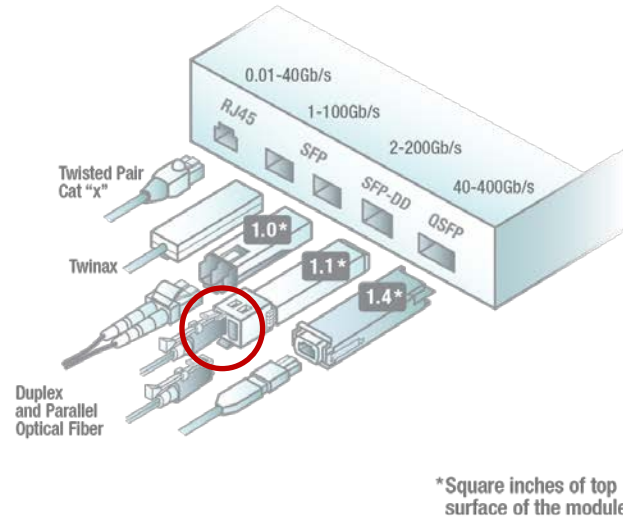


Primär für Breakout-Anwendungen

Geräteschnittstellen

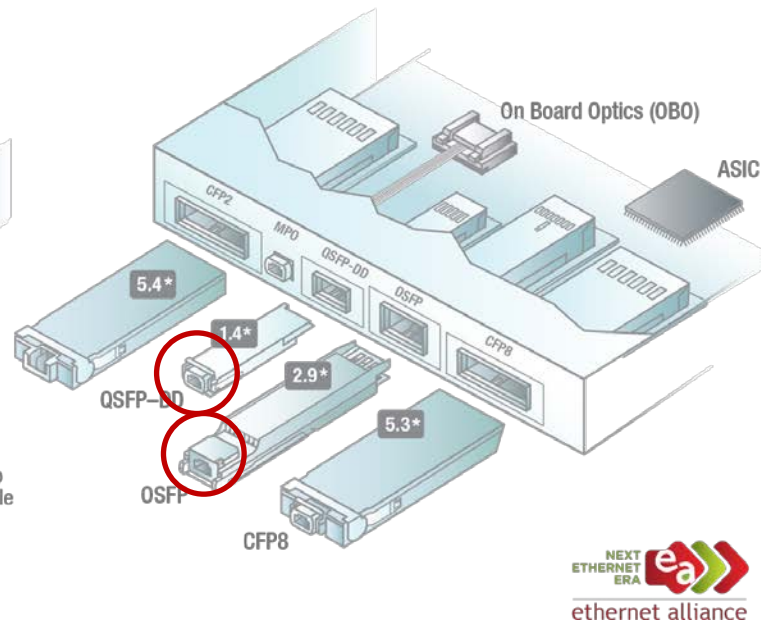
FORM FACTORS

1–4 Lane Interfaces



Meist verwendete
Ethernet Schnittstellen

4-16 Lane Interfaces



Schnittstellen zur
Übertragungen ab 100 Gbit/s

Neue Schnittstellen

SFP DD

100 Gbit/s über 2 Kanäle

QSFP DD

bis 400 Gbit/s über 8 Kanäle

OSFP

400Gbit/s über 8 Kanäle

Mögliche Anschlussstechnik

SFP DD

bis 100 Gbit/s

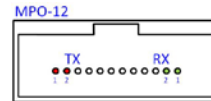
QSFP DD

bis 400 Gbit/s

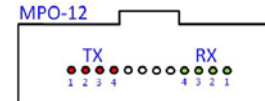
OSFP

ab 400 Gbit/s

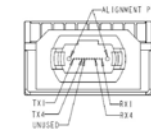
MPO 12



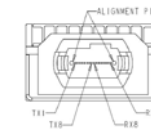
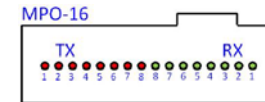
MPO 12



MPO 12

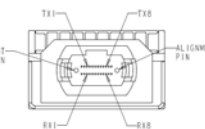
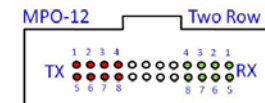


MPO 16

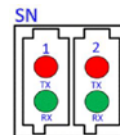


MPO 16

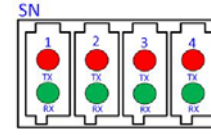
MPO 24



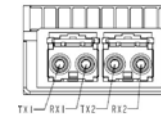
SN



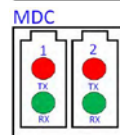
SN



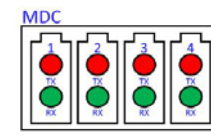
CS



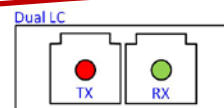
MDC



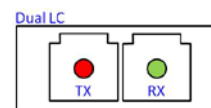
MDC



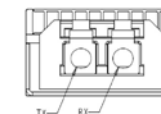
LC



LC



LC



Multimode vs. Singlemode

Technik:

- Überwiegend paralleloptische Übertragung
- Multimode und Singlemode

Kosten:

- Entsprechende SM-Transceiver sind i.d.R. **ca. 80 bis 150 % teurer** (je nach Hersteller)

EMERGING INTERFACES AND NOMENCLATURE

	Electrical Interface	Backplane	Twinax Cable	Twisted Pair (1 Pair)	Twisted Pair (4 Pair)	MMF	500m PSM4	2km SMF	10km SMF	20km SMF	40km SMF	80km SMF
10BASE-		TIS		TIS/TIL								
100BASE-				TI								
1000BASE-				TI	T							
2.5GBASE-		KX		TI	T							
5GBASE-		KR		TI	T							
10GBASE-				TI	T				BIDI Access	BIDI Access	BIDI Access	
25GBASE-	25GAUI	KR	CR/CR-5		T	SR			LR/EPON/BIDI Access	EPON/BIDI Access	ER/BIDI Access	
40GBASE-	XLAUI	KR4	CR4		T	SR4/SR4	PSM4		LR4			
50GBASE-	LAUI-2/50GAUI-2 50GAUI-1	KR	CR			SR		FR	EPON/BIDI Access LR	EPON/BIDI Access	BIDI Access ER	
100GBASE-	CAUI-10 CAUI-4/100GAUI-4 100GAUI-2 100GAUI-1	KR4 KR2 KR1	CR10 CR4 CR2 CR1			SR10 SR4 SR2	PSM4 DR	10X10 CWDM4/CLR4 100G-FR	LR4/ 4WDM-10 100G-LR	4WDM-20	ER4/ 4WDM-40	ZR
200GBASE-	200GAUI-4 200GAUI-2	KR4 KR2	CR4 CR2			SR4	DR4	FR4	LR4		ER4	
400GBASE-	400GAUI-16 400GAUI-8 400GAUI-4	KR4	CR4			SR16 SR8/SR4.2	DR4	FR8 400G-FR4	LR8 400G-LR4		ER8	ZR

Gray Text = IEEE Standard Red Text = In Standardization Green Text = In Study Group
Blue Text = Non-IEEE standard but complies to IEEE electrical interfaces

Paralleloptik vs. WDM

Technik:	Paralleloptik	WDM
Übertragungsleistung	X	X
Faserbedarf	-	X
Funktionalität (Breakout)	X	-
Migrationsmöglichkeiten	X	-

Kombination der Techniken (SR4.2) benötigt paralleloptische Infrastruktur

Kosten:

Vergleichbare WDM-Transceiver sind i.d.R. **ca. 100 – 200 % teurer**

(je nach Hersteller)

Favorisierte Anschlussstechnik

SFP DD

bis 100 Gbit/s

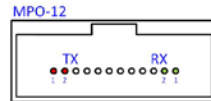
QSFP DD

bis 400 Gbit/s

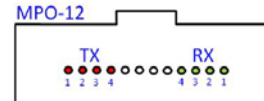
OSFP

ab 400 Gbit/s

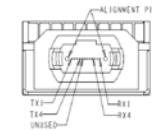
MPO 12



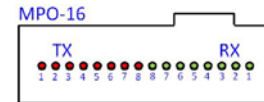
MPO 12



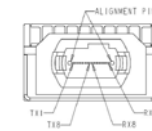
MPO 12



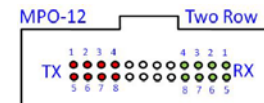
MPO 16



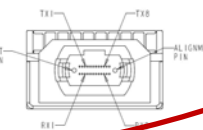
MPO 16



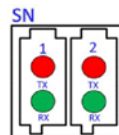
MPO 24



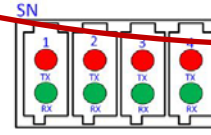
MPO 24



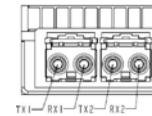
SN



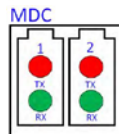
SN



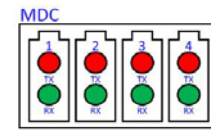
CS



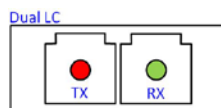
MDC



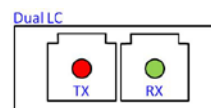
MDC



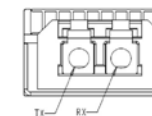
LC



LC







LC



Favorisierte Anschlussstechnik

Aufteilen ist sinnvoller als zusammenführen !



	2 Fasern	4 Fasern	8 Fasern	16 Fasern	20 Fasern	32 Fasern
	6 x	3 x	1 x	---	---	---
	8 x	4 x	2 x	1 x	---	---
	12 x	6 x	3 x	1 x	1 x	---
	16 x	8 x	4 x	2 x	1 x	1 x

Leistungsfähigkeit der MPO-Anschlusstechnik

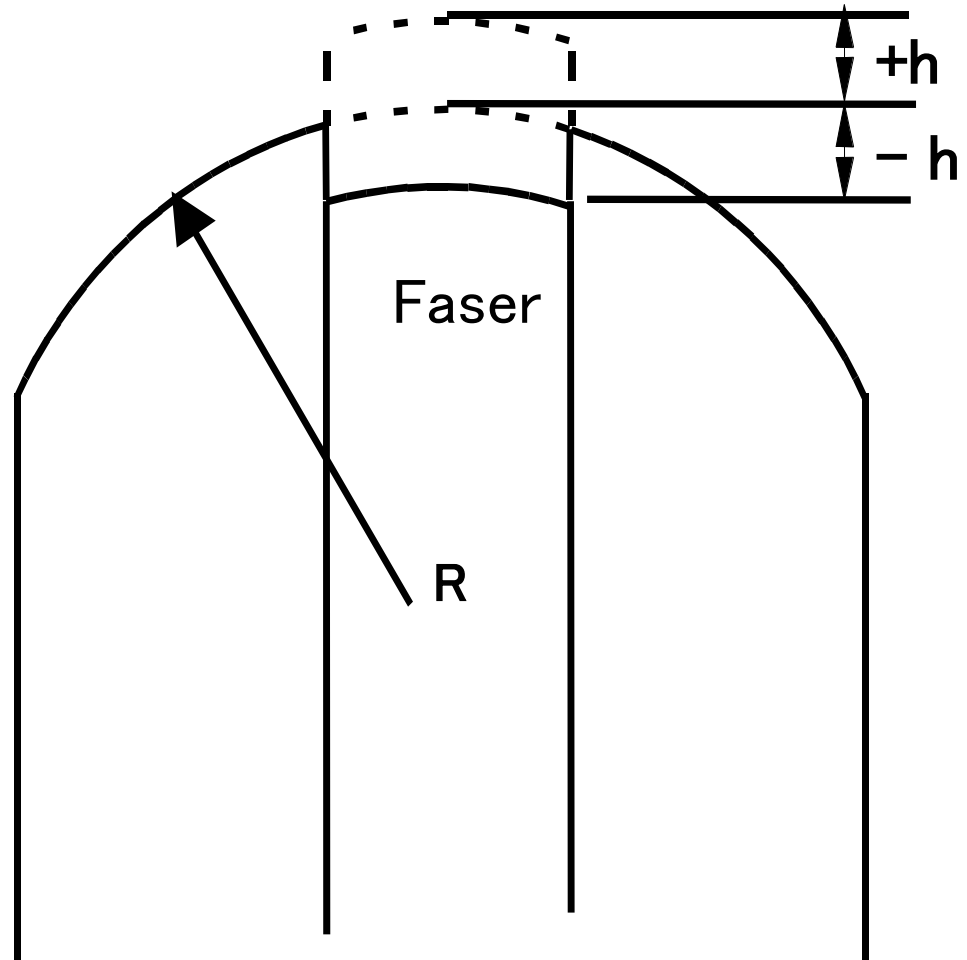
Basiswerte für 12, 16 oder 24er MPO über alle Fasern:

	Multimode	Singlemode
Einfügedämpfung (IL) *	max. 0,25 dB	max. 0,20 dB
Rückflussdämpfung (RL)	mind. 35 dB	mind. 75 dB

- RL wird auch bei der MM-Übertragung ein immer wichtigerer Faktor (hoher Übertragungsleistung / WDM-Übertragungen)
- Messmethode muss eindeutig definiert sein
- Encircled Flux gem. IEC 61280-4-1 Ed. 2.0. bei Multimodestrecken
- **Achten Sie auf das „Kleingedruckte“ !!!**

*IL bei 97% gemessen nach IEC 61300-3-4

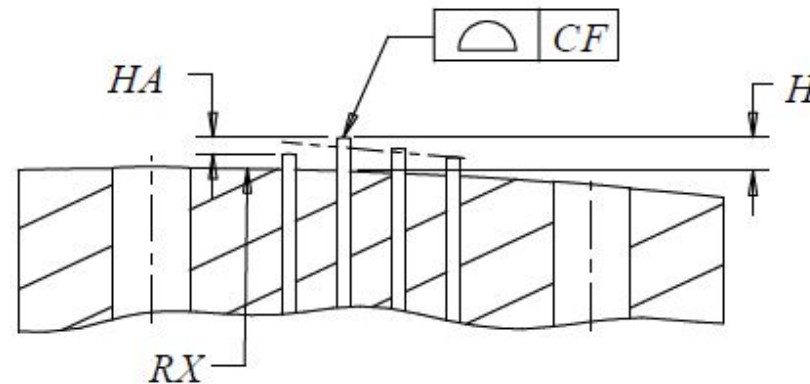
Voraussetzungen zur Erreichung optimaler IL- und RL-Werte



Wesentliche Voraussetzungen zur Erreichung dieser Werte beim MPO

Die wichtigsten Parameter sind:

	nach IEC 61755-3-4	realistischer Wert
Faserüberstand	1 – 3,5 μ	1 – 3,5 μ
Faserhöhendifferenz benachbarter Fasern	max. 0,3 μ	max. 0,1 μ



Wesentliche Voraussetzungen zur Erreichung dieser Werte

Die wichtigsten Parameter sind:

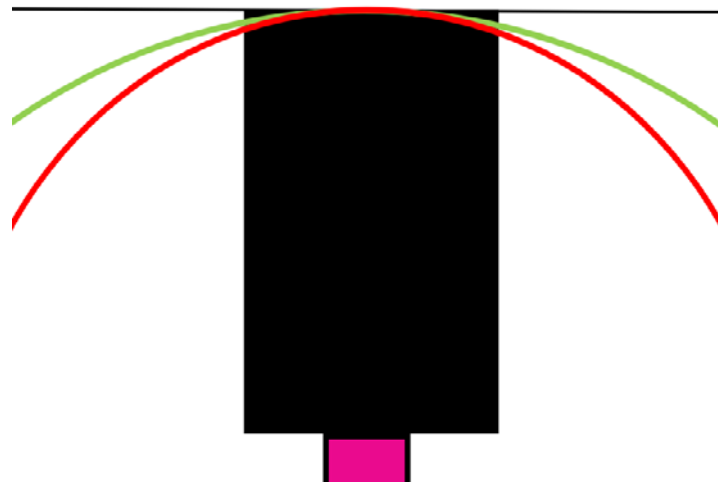
Ferrulen X-Radius (RX)

nach IEC 61755-3-4

mind. 2.000 mm

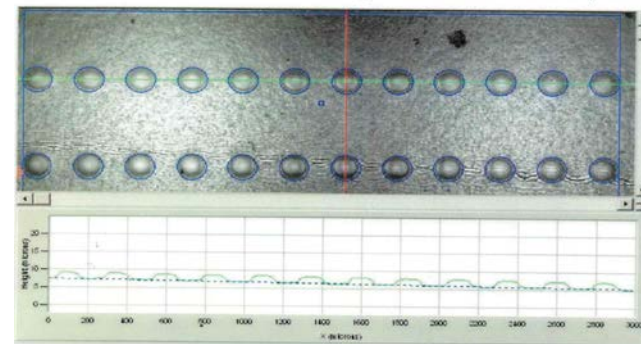
realistischer Wert

mind. 50.000 mm



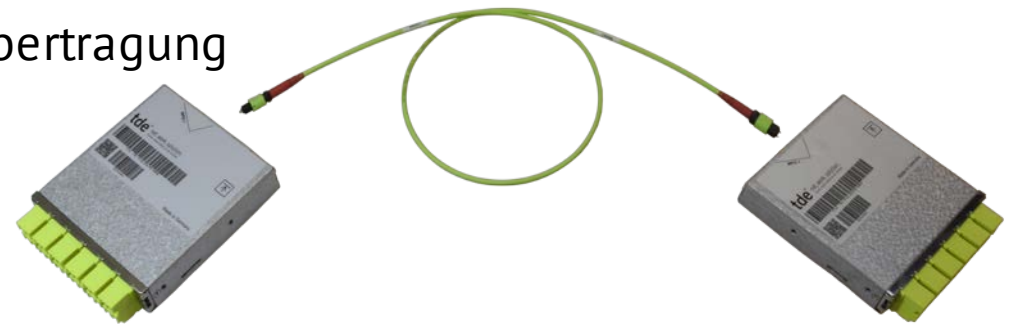
Überprüfbarkeit nur durch Interferometermessung

Ferrule Endface Geometry Measurement Report



Nur die Praxis zählt !

- Voraussetzung für eine funktionierende Verkabelung ist die Einhaltung der Dämpfungsbudgets. (z.B. 1,5 dB über OM4 für 100G)
- Gemessen wird üblicherweise ein Permanent-Link
- Häufig werden zwei oder drei Strecken hintereinander geschaltet
- Entsprechend müssen rechnerisch mehrere Links zusammenaddiert werden können.
- **max. IL von 0,5 dB für einen Permanent-Link bestehend aus: Modul – Kabel – Modul**
- Einfache Kontrolle möglich – Sicherheit für die Übertragung
- **FERTIG !**
- **Vorgabe richtet sich an:
System-Hersteller und
Installationsunternehmen**



Zutaten einer zukunftsfähigen paralleloptischen Infrastruktur

- Hochfaserige MPO-Strecke für den Rückraum
MPO24 / MPO32
- Flexible Modultechnik für alle relevanten Steckverbinder
- Migration auf alle Übertragungsarten
2,4,8,16,20 oder 32 Fasern
- Einfaches Handling
(identische Module / identische Patchkabel)
- Höchste Fertigungsqualität in allen Teilen
- Optimale Verarbeitung des MPO zur Realisierung der Dämpfungsbudgets
- **Garantie für Übertragungsqualität und Funktionalität**



tde[®]

