



# 40 G - weit mehr als eine Raten-Vervierfachung

Packet Jitter IP Vid  
OTN Power Meas  
FTTH FTTP Q  
test expert  
Triple-Play xDSL  
Core Metro Network  
Transport and Datacc  
Component Manufactu  
Optical Spectrum Ana  
Fiber/Copper Testing S  
Packet Jitter IP Proto

**EXFO**  
EXPERTISE REACHING OUT  
[www.EXFO.com](http://www.EXFO.com)

# CORE NETZE

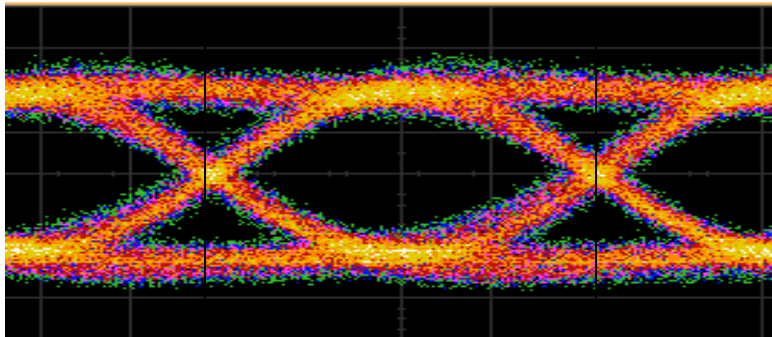


# Warum ist 40G/43G Einführung so schwierig?

- **Man stösst an die Grenzen der Physik**
  - Grenzen der Glasfaser
  - Grenzen der Optik
- **Herkömmliche Technologien (NRZ Line Coding, DWDM, EDFAs) funktionieren nur noch bedingt (aber Grundbedingung für 40G)**
- **Alte Faustregel 4xDaten = 2,5xKosten**
  - War gültig STM-4 auf STM-16
  - War gerade noch gültig STM-16 auf STM-64
  - Nicht gültig STM-64 auf STM-256 (4xDaten = 15xKosten)

# 40 Gbps <-> 10 Gbps

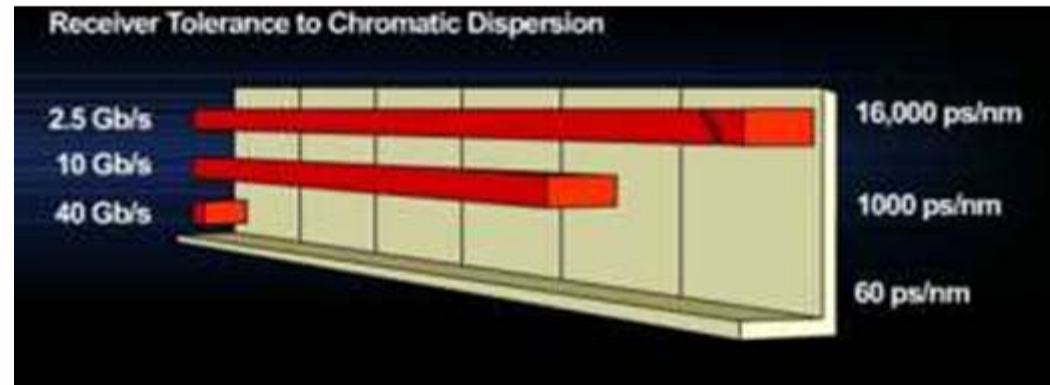
## Mehr als nur Ratenvervierfachung...



**STM-64**  $T = 100$  ps

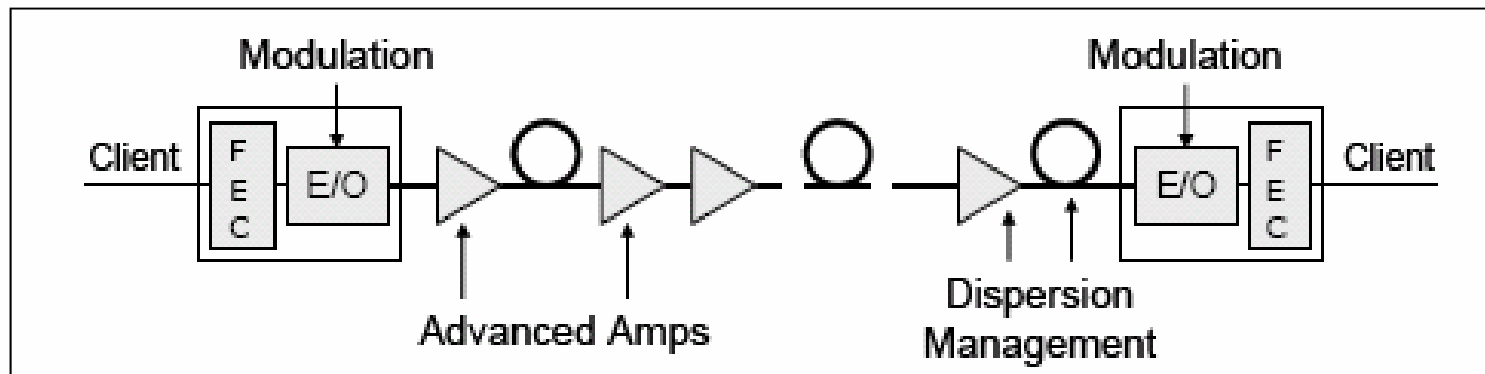
**STM-256**  $T = 25$  ps

- Grössere Rauschanteile
- Zulässige CD: 16 x kleiner
- Zulässige PMD: 4 x kleiner
- Empfängerempfindlichkeit 6 dB geringer
- PMD 2ter Ordnung nicht mehr vernachlässigbar
- Aktuelle Netzstruktur teilweise nicht mehr brauchbar



# 40G: Einführung nur machbar mit...

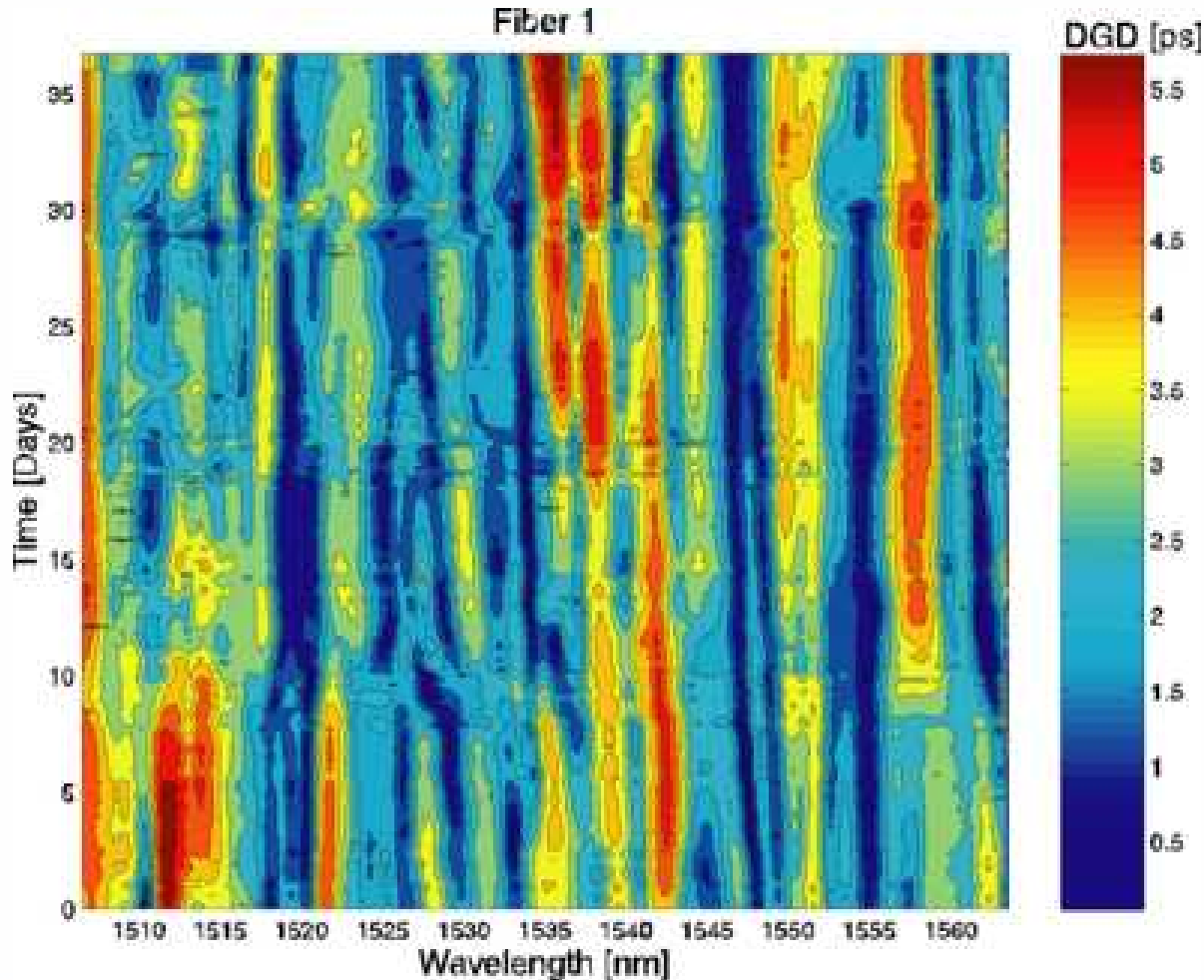
- Fortgeschrittenen Modulationsverfahren (NRZ nicht praktikabel)
- PERFEKTE CD Kompensation
- Rauscharmen Verstärkern
- Leistungsfähigem FEC
- Genauesten Messgeräten zur Bestimmung dieser Parameter



# 40G: PMD Monitoring (DGD/Zeit)

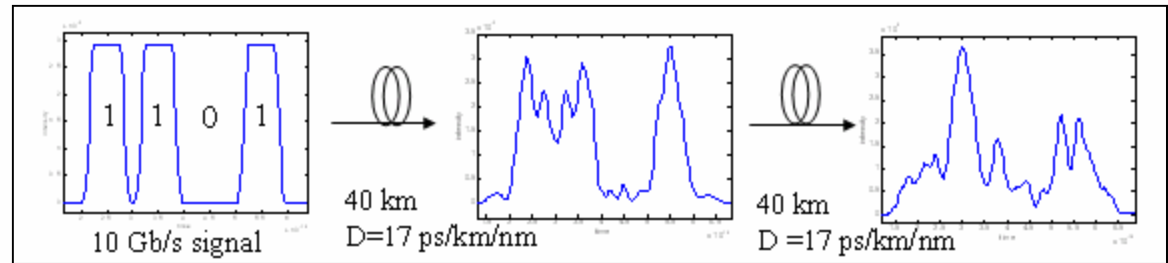
M.Karlsson, et al., *IEEE. J. Lightwave Techn.*

127km  
buried  
DSF



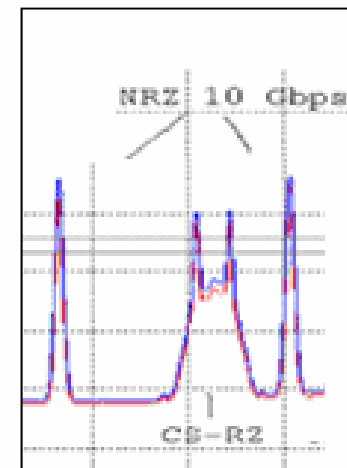
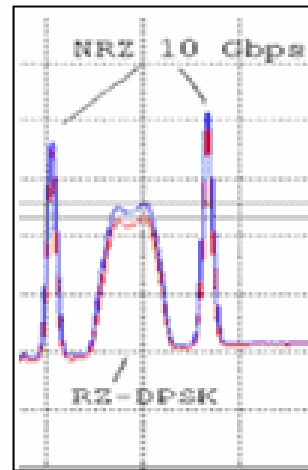
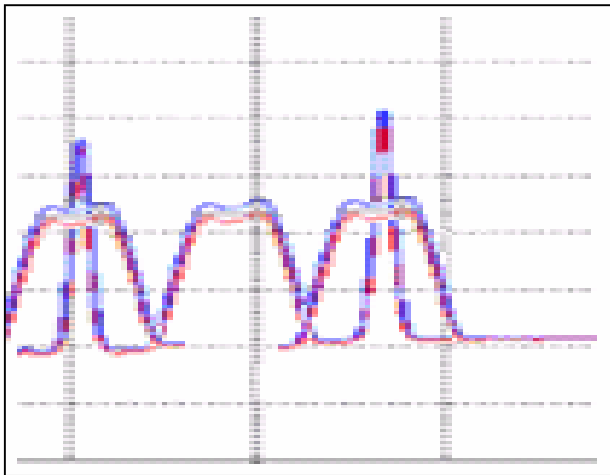
**Evtl.  
In-band  
Monitoring  
notwendig**

# 40G: CD-Kompensation



- **Korrekte CD Kompensation ist äußerst kritisch ! (Killer-Faktor)**
- **Die Kompensation muß äußerst genau sein**
  - ( ~5 km der G.652 fiber)
- **Die Kompensation ist auf Faser- Hersteller und Typ abzustimmen !**
- **Typischerweise 2-stufige Ausführung**
  - Grobe Kompensation durch Dispersionskompensierende Faser
  - Feinabgleich durch einstellbare Kompensationsglieder am Ende

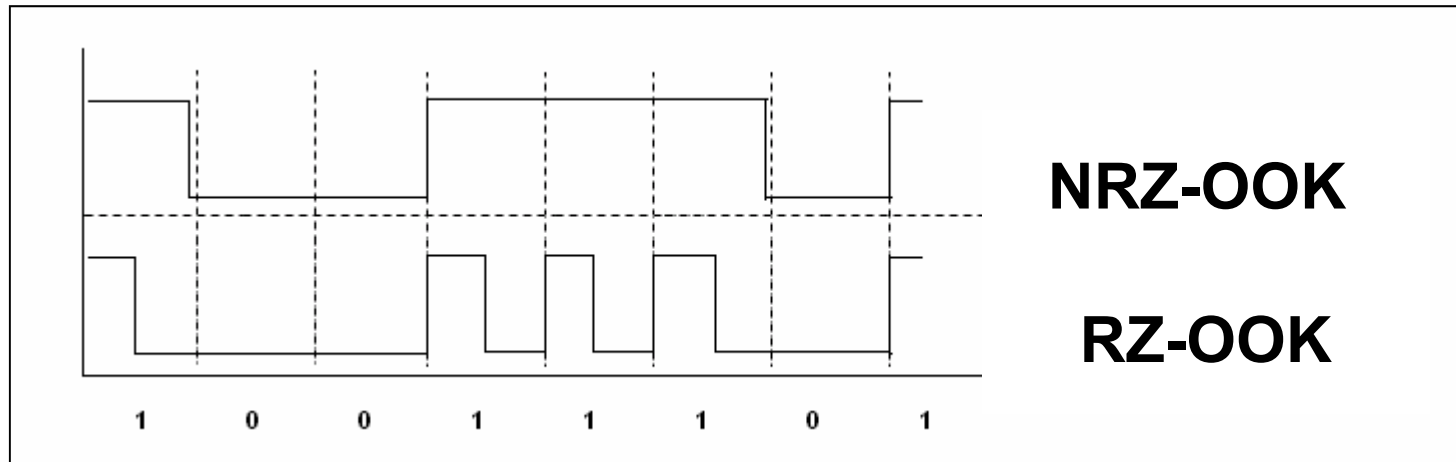
# 40G: DWDM – Optische Spektren



- **Schnellere Modulation = Breiteres Spektrum**
- **FWHM Spec bedeutet absolut nichts !**
- **Breiteres Spektrum -> Konstante In-band Kanal Leistung bedeutet geringere Peak Power -> anderes OSNR**
- **OSNR Messung ist anders zu definieren**
- **Die Kurvenform ist bedeutend ! Und muß berücksichtigt werden !**
- **Gefahr von Cross-Talk**

# Modulations-Verfahren

## NRZ-OOK (On/Off Keying) gegen RZ-OOK (On/Off Keying)

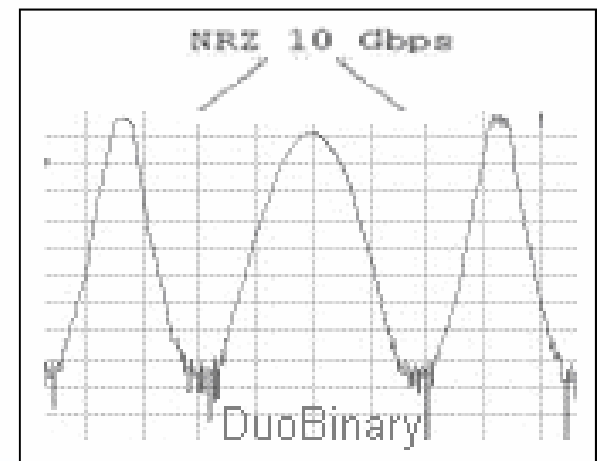
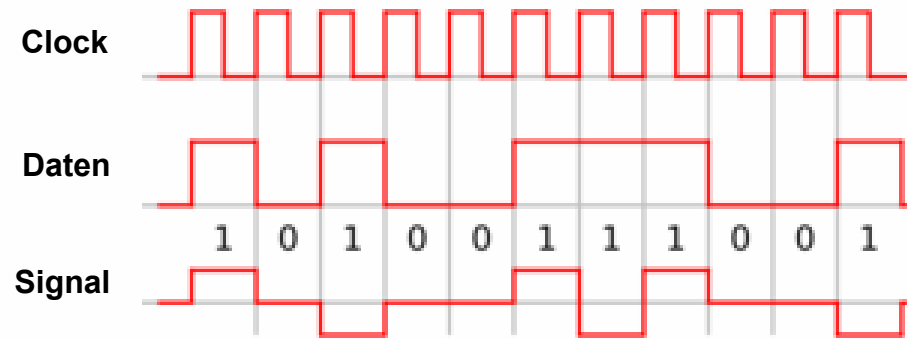


- Niedrigere Lasertaktung (33% typisch)
- Robuster gegenüber Dispersion
- Höhere Peak-Power (Gefahr von nicht-linearen Effekten)
- Reicht aber nicht aus.....

# Modulations-Verfahren

## Neuvorstellung: Optical DuoBinary

- Eine « 0 » ist ein halbes Signal (etwas Licht)
- Eine « 1 » ist ein volles Signal (viel Licht) falls gerade Anzahl von Nullen zuvor
- Eine « 1 » ist kein Licht, falls ungerade Anzahl von « 0 » zuvor
- Schmale spektrale Breite (2,5x geringer)
- Erlaubt 50GHz spacing
- Geringe Sensitivität (Niedrige Abtast-Rate)
- Robust gegen Dispersion

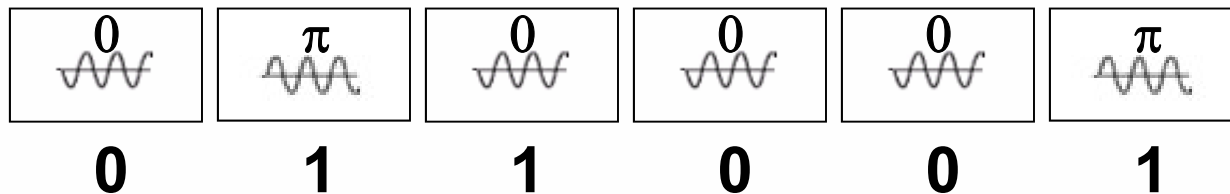


# Modulations-Verfahren

Neuvorstellung: **DPSK (Differential Phase Shift Keying):**

Eine « 1 » und eine « 0 » haben Licht

Eine « 1 » entspricht einer Phasen-Verschiebung um  $\pi$ .



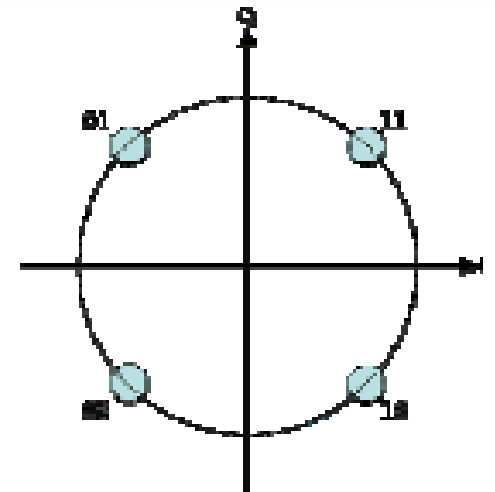
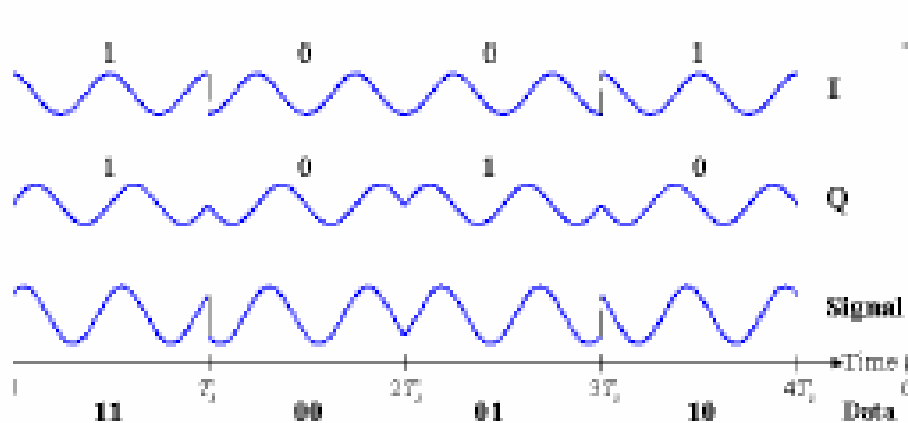
**Vielversprechendes Modulations-Schema:**

- 3 dB höhere, mittlere Power (immer Licht an )
- Ziemlich robust gegen CD/PMD
- **Komplex und Kostenintensiv.**

# Modulations-Verfahren

Neuvorstellung:

QPSK (Quadrature Phase Shift Keying):



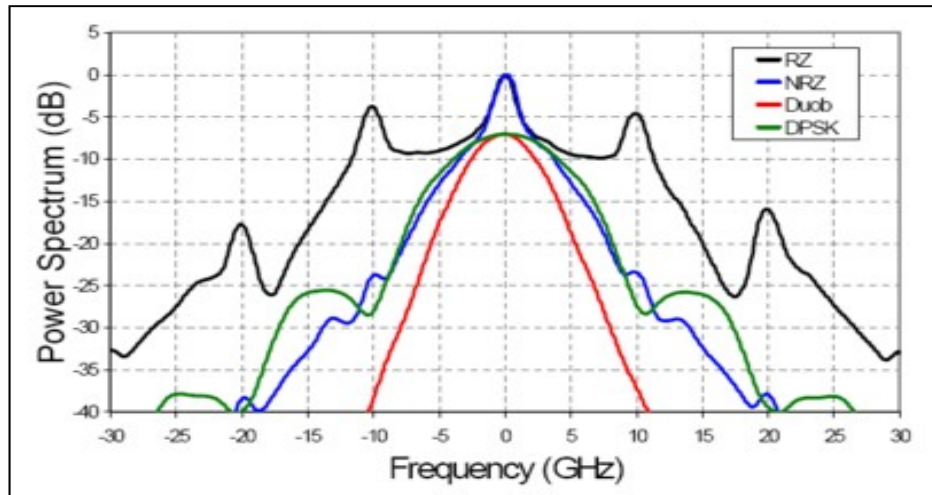
Sehr effektives Modulations-Schema:

3 dB höhere, mittlere Power (immer Licht an )

Sehr robust gegen CD/PMD

**Komplex und noch kostenintensiver.**

# 40G: Modulationstechniken - Spektrum



	Dispersion	Robustheit gg. OSNR	Spectral eff.	Implementation	Kosten
▪ <b>NRZ-OOK</b>	Low	Bad	Bad	NO GO	Low
▪ <b>CS-RZ-OOK</b>	Medium	Bad	Bad	Regional	Low
▪ <b>ODuoBinary</b>	Medium	Very Bad	Good	METRO	Medium
▪ <b>DPSK</b>	High	Good (3dB)	Good	LongHaul	High
▪ <b>QPSK Ver</b>	y High	Good (3dB)	Good	ULH	Very High

# EXFO's 40G Feldlösung



- Kompakteste 40G/43G Testlösung am Markt, speziell entwickelt für Installationen und Fehlersuche im Feld
- Testen von STM-256 mit einer Auflösung bis zu AU-3
- Unterstützt Testen von OTN auf dem OTU-3 Level einschliesslich der Forward Error Correction (FEC) nach ITU-T G.709
- Kompatibel mit mehreren optischen Transmissions-Kodierungen: NRZ, Duo-Binary, DPSK und DQPSK
- Intuitives Nutzer-Interface (GUI) mit vielen Funktionen und einer automatisierten Test-Skript Unterstützung
- Kompatibel mit allen EXFO FTB-400 Modulen, inkl. des EXFO's 40G Fibre Characterization Modules .



# EXFO's FTB/IQS-8140

## 40/43G Test Module

### ➤ Unterstützte Interfaces

- ✓ OC-768/STM-256
- ✓ OTU3 (ITU-T G.709)

### ➤ Mappings

- ✓ AU-4 bis 256c
- ✓ OTN: NULL, PRBS, SONET/SDH

### ➤ Test Modes

- ✓ Terminated (gekoppelt)
- ✓ Through-mode (nicht-intrusive)

### ➤ Clock Synchronization

- ✓ (BITS/SETS)

### ➤ Unterstützte Plattformen

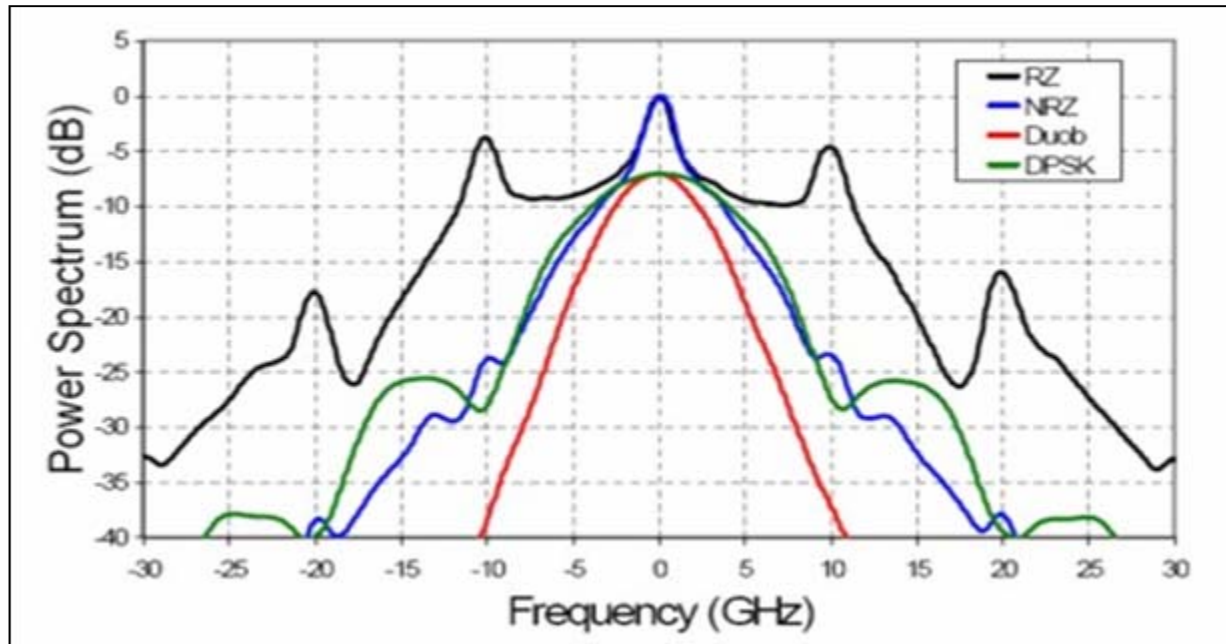
- ✓ FTB-400 (8-slot)
- ✓ IQS 600



**Bits In/Out**

**OC-768/STM-256/OTU3**

# 40 Gbps $\leftrightarrow$ 10 Gbps



**Mehr als nur  
Ratenvervierfachung...**



Packet Jitter IP Vid  
OTN Power Meas  
FTTH FTTP Q  
test expert  
Triple-Play xDSL  
Core Metro Networks  
Transport and Datacom  
Component Manufactur  
Optical Spectrum Ana  
Fiber/Copper Testing S  
Packet Jitter IP Proto

# FRAGEN ?

**EXFO**  
EXPERTISE REACHING OUT  
[www.EXFO.com](http://www.EXFO.com)



Packet Jitter IP Vid  
OTN Power Meas  
FTTH FTTP Q  
test expert  
Triple-Play xDSL  
Core Metro Networks  
Transport and Datacc  
Component Manufactu  
Optical Spectrum Ana  
Fiber/Copper Testing S  
Packet Jitter IP Proto

**...und dann ?**

**EXFO**  
EXPERTISE REACHING OUT  
[www.EXFO.com](http://www.EXFO.com)

# Warum macht IEEE 100GbE?

## ■ IEEE Mentalität

- Niedrige Kosten
- Einfach in der Nutzung



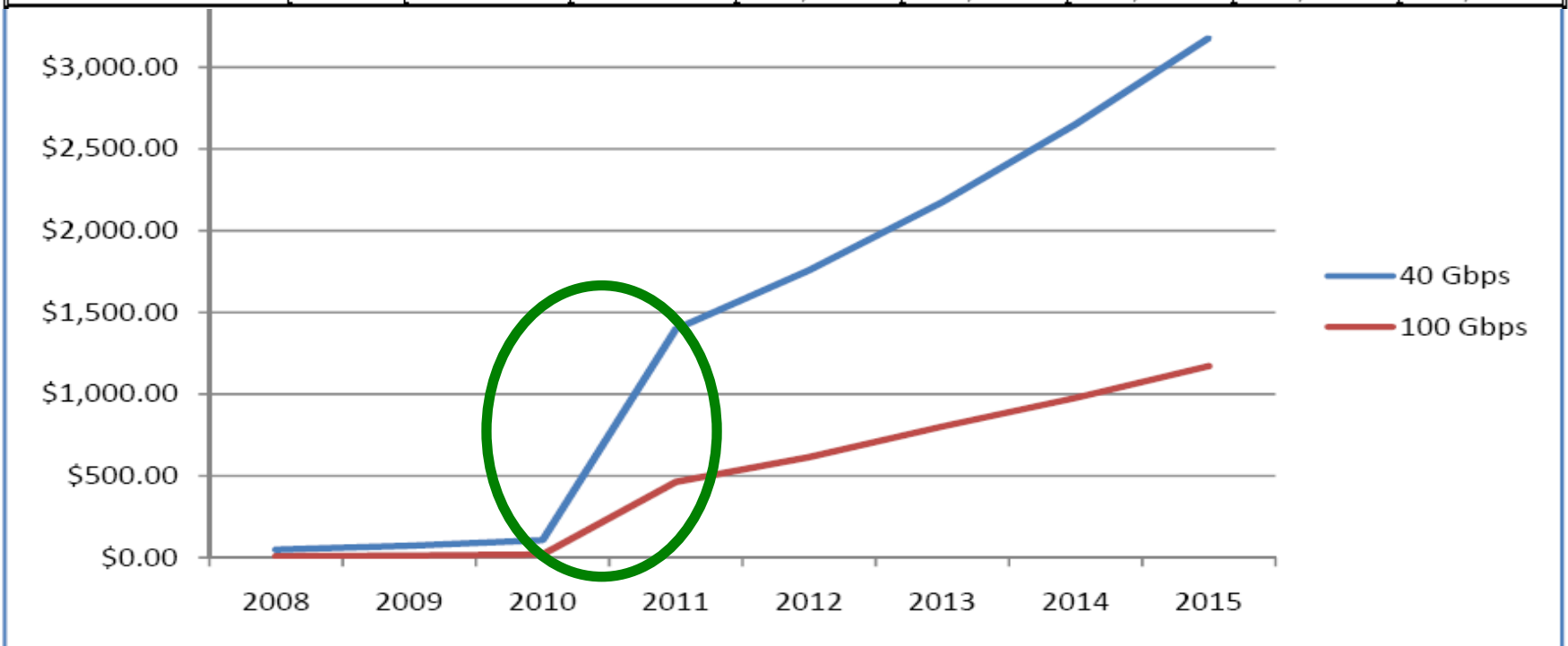
## ■ Für 2012 erwartet man dadurch folgende Effekte

- Massive Belebung der 10GbE Technologie
- 40GbE um 70% weniger Kosten als bei 40G SDH
- 40GbE nur um 2,2x mehr als 10GbE
- 100GbE nur um 4,5x mehr als 10GbE

# 40GbE/100GbE NEMs Markt

**Exhibit E-4**  
**Summary Eight-Year Market Forecasts of 100 Gbps and 40 Gbps**

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
40 Gbps	48.5	72.7	106.1	1,398.1	1,757.0	2,174.4	2,649.7	3,178.3
100 Gbps	8.8	13.1	19.2	462.5	614.2	800.9	976.0	1,170.7
Total	57.2	85.8	125.3	1,860.6	2,371.1	2,975.3	3,625.6	4,349.0



Summary Eight-Year Market Forecasts of 100 Gbps and 40 Gbps

©CIR

# Historie der optischen Interface

## ■ Transport

- 1992: 2.5 G SONET/SDH
- 1997: 10 G SONET/SDH
- 2003: 40 G SONET/SDH



## ■ Ethernet

- 1998: 1 Gb Ethernet
- 2002: 10 Gb Ethernet
- 2009: 40 Gb Ethernet client
- 2009: 100 Gb Ethernet client
  
- 2011: 100 Gb Ethernet transport (single wavelength)

# Historie des 10 GbE Transports

- **2002** Standard ratified, used in data centers
- **2004** Technologie Trials bei Carriern
- **2005** Netzwerk Trials bei Carriern
- **2006** Carrier verkünden erste Installationen
- **2007** Wachstum im Markt & erste Massen-Installation

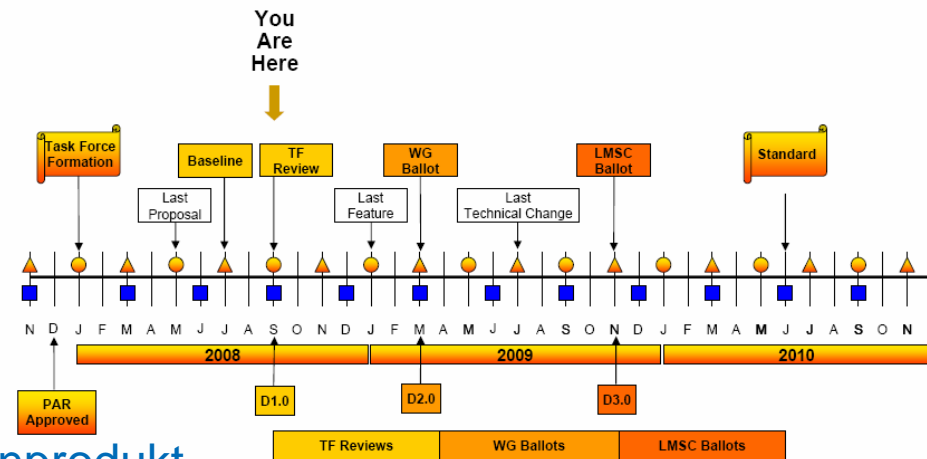
**5 Jahre Time-To-Market!!!**



# “Historie” des 100 GbE

- **2008** IEEE 100G Task Force erstellt
- **2008** Technologie Trials bei Carriern
- **2009** 1<sup>st</sup> Generation 100G equipment
- **2010** Netzwerk Trials bei Carriern
- **2010** IEEE 100G standard ratified
- **2010** Carrier's 1<sup>st</sup> echte Installationen
- **2012** Wachstum im Markt, echtes Massenprodukt

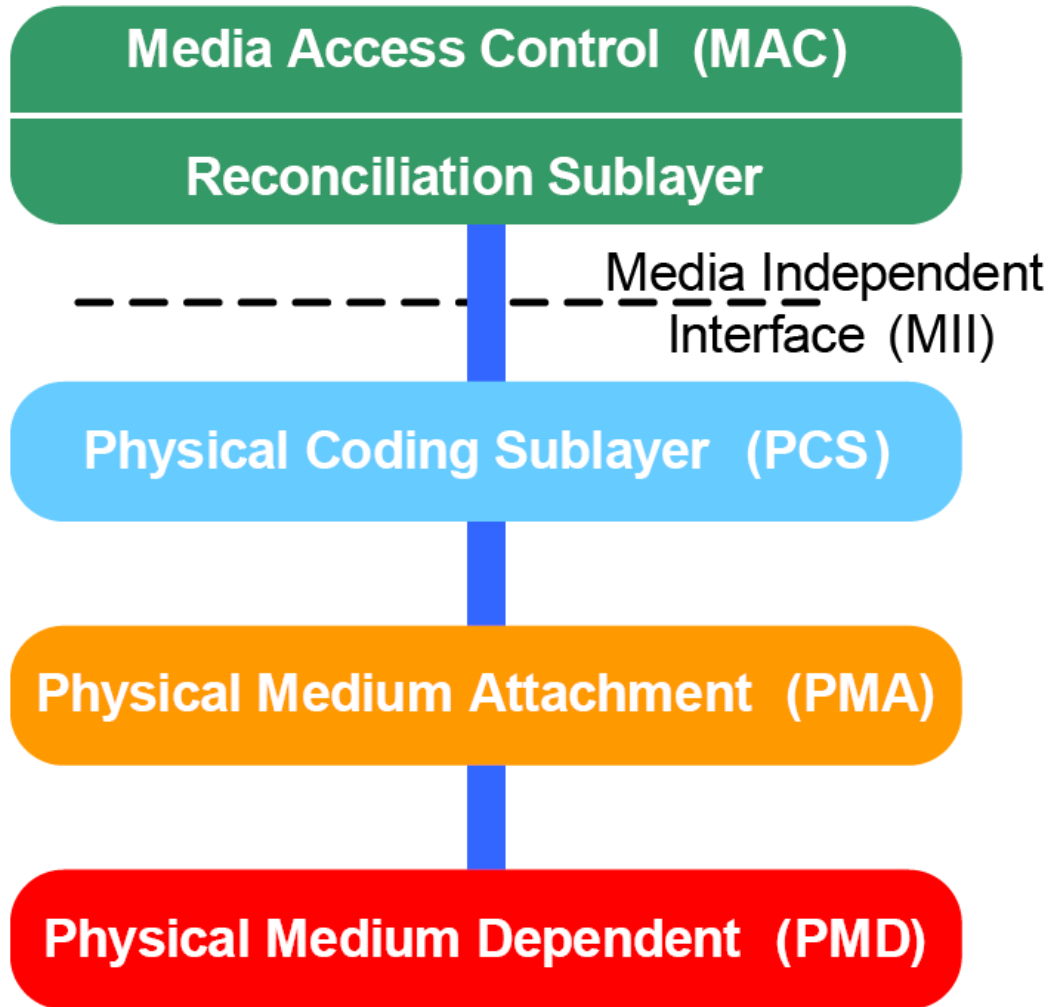
## IEEE P802.3ba Task Force Timeline



4-5 Jahre Time-To-Market!!!

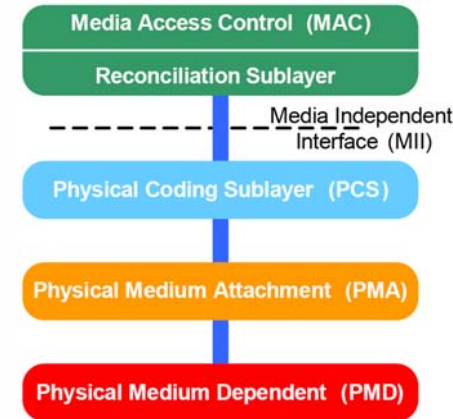


# Vereinfachter IEEE 802.3 stack



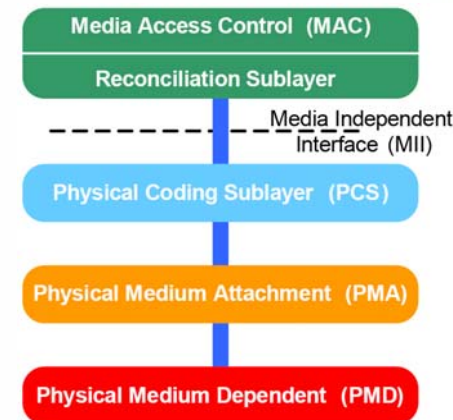
# 1GbE

- **Vorgestellt 1998**
- **1GbE nutzt PMA+PMD (SFP)**
- **Gründet PCS**
  - PCS = Mechanismus, um ungerahmte, serielle Daten in Symbole umzuwandeln.
  - Symbole werden u.a. zur Kommunikation genutzt:
    - Idle, Start of packet, Data, Stop of packet
    - Spezielle Features:
      - Auto-Neg, Flow Control, Sync Ethernet, etc
  - 1GbE nutzt 8b/10b Symbol Codierung (25% Overhead)



# 10GbE

- **Vorgestellt 2002**
- **10GbE nutzt PMA+PMD (XFP)**
- **Abwandlung im PCS**
  - PCS = Mechanismus, um ungerahmte, serielle Daten in Symbole umzuwandeln.
  - Symbole werden u.a. zur Kommunikation genutzt:
    - Idle, Start of packet, Data, Stop of packet
    - Spezielle Features:  
Auto-Neg, Flow Control, Sync Ethernet, etc
  - 10 GbE nutzt 64b/66b Codierung (3,125% Overhead)

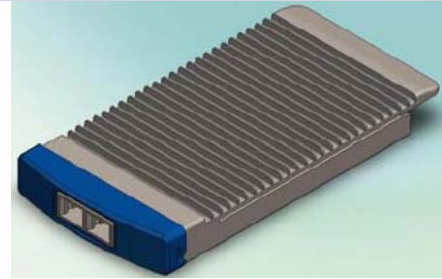


# 10GbE -> 40/100 GbE

- **Markt-Vorstellung Mitte 2009**
- **Nutzt anderes PMA+PMD (CFP anstatt XFP)**
- **Leveraged 10 GbE, but with tweaks in the PCS**
  - Gleiche 64b/66b Symbol-Codierung wie 10GbE
  - Haupt-Unterschied ist Einführung von “Virtual Lanes” um verschiedene Variationen von Pluggable Modulen unterstützen zu können.

# 40/100 GbE Kunden Interface

## ■ IEEE 802.3ba ist beauftragt 40GbE und 100 GbE interfaces zu definieren:



- CFP Package (86x127x14 mm / 3.4"x5.0"x0.55")
  - 100 GbE, 40km in SMF (4x 25G LAN WDM, centered at 1305nm)
  - 100 GbE, 10km in SMF (4x 25G LAN WDM, centered at 1305nm)
  - 40 GbE, 10km in SMF (4x 10G LAN WDM, centered at 1305nm)
  - **100 GbE, 10km in SMF (10x 10G CWDM, centered at 1550nm, not standard)**

## • CXP package:

- 100 GbE, 100m in MMF (Parallele Optik, 10x 10G)

## QSFP package (18.4x72x8.5 mm / 0.72"x2.8"x0.33")

- 40 GbE, 100m in MMF (Parallele Optik, 4x 10G)

Parallele Optik  
vermutlich 90%  
aller Einsätze



# Kunden Interface

- **Mit so vielen Kunden Interfaces, wie kann das..**

- ...kosten-effektiv sein?

- ...einfach sein?



- Durch Nutzung eines einfachen und kostengünstigen Module Interfaces

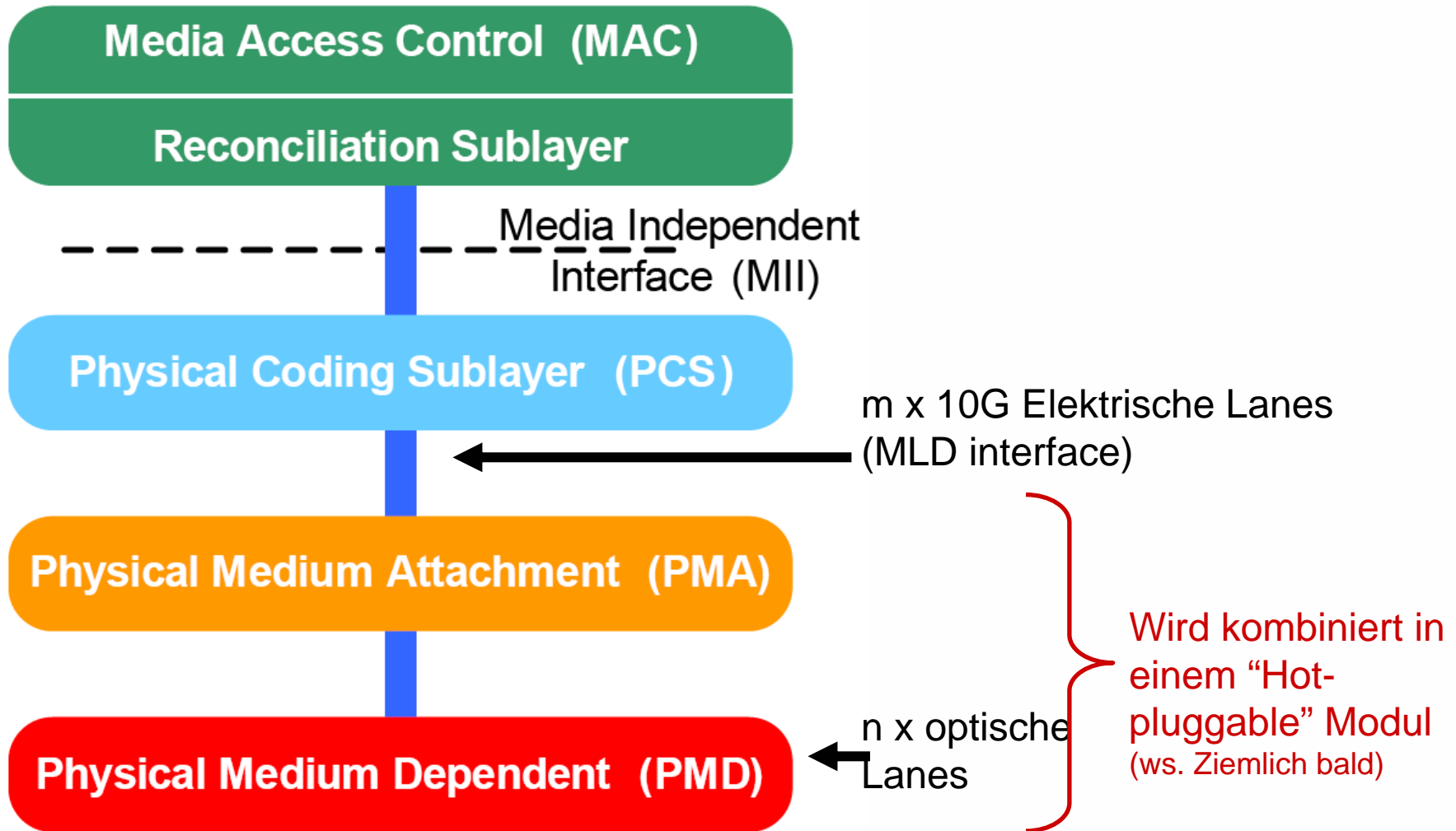
- Das Interface nennt sich MLD (Multi-Lane Distribution)
- n lanes x 10Gbps auf dem elektrischen Interface

- **Wie kann man 4x 25G in n x 10G mappen?**

- Unter Ausnutzung der Virtual Lanes um alles zu muxen/demuxen (5Gbps, z.B mit 2 elektrischen Interfaces). Dies erlaubt ein Mapping von:

- 1x 100G, 2x 50G, 4x 25G, 5x 20G, 10x 10G
- 1x 40G, 2x 20G, 4x 10G

# Vereinfachter IEEE 802.3 stack



# Testen des Equipments

## ■ Ähnliche Tests wie bei 10GbE equipments

- Leistung, Augendiagramm & Timing
- BERT, Abhängigkeiten von Bit-Mustern
- Test mit allen Arten von Transceivern
- Langzeitstabilität der 100G Datenrate

## ■ Neue Test Herausforderungen

- MLD und PCS Interface
  - Virtual Lanes
  - Dynamischer und statischer Skew
- 100G Transceiver haben fundamentale Unterschiede (z.B.: 4x25G) – speziell zu betrachten

# Zusammenfassung

- Treibenden Kräfte bei der 40GbE/100GbE Initiative:
  - Einfachheit
  - Geringe Kosten
- Eine Fülle von Kunden-Interfaces - für eine Fülle von Markt-Anforderungen
- 40GbE & 100 GbE nutzen sehr ähnliche Technologie
- Testen - neue Herausforderungen auf allen Ebenen
- Technologie Akzeptanz - ws. die Schnellste in der Geschichte von Transport Equipment

**EXFO** *Wird für Sie da sein!*  
EXPERTISE REACHING OUT



Packet Jitter  
OTN Power Meter  
FTTH FTTP  
test expert  
Triple-Play xDSL  
Core Metro Networks  
Transport and Datacenter  
Component Manufacturing  
Optical Spectrum Analyzer  
Fiber/Copper Testing  
Packet Jitter IP Protocol

# Fragen?

**EXFO**

EXPERTISE REACHING OUT  
[www.EXFO.com](http://www.EXFO.com)