

# WDM & OTN

## Optische Übertragungstechnik im Einsatz

Moderne optische Technologien erreichen den Terabit-Bereich und revolutionieren die Netzwelt. Der Kurs liefert eine Bestandsaufnahme und zeigt Entwicklungstrends auf. Er arbeitet die größten Veränderungen bei Glasfasertypen, Access und Backbone sowie optischen Netzen und Netzschutz heraus und vermittelt einen kompakten Überblick über das zukunftsweisende Potenzial leistungsfähiger optischer Technologien. Sie erhalten das Know-how zur Planung, zum Betrieb und zum Eingrenzen von Fehlern in WDM-Netzen. Mit praktischen Übungen zur Glasfaseranalyse und der Fehlersuche mittels OTDR-Messung wird das vermittelte Wissen gefestigt. Die Inbetriebnahme einer WDM-Strecke rundet den praktischen Teil des Kurses ab.

### Kursinhalt

- Optische Übertragung und Schnittstellen
- Glasfasern: MMF, SMF, DSF, NZ-DSF, DCF
- Stecker und deren Schlitze
- Dämpfung, Dispersion und Dispersionskorrektur
- Einsatz optischer Verstärker wie z. B. EDFA, RAMAN
- Laser: Schutzklassen und Arbeitssicherheit
- Optische Technologien: 10G/40G/100G-Ethernet, 8G/16/32G Fibre Channel
- CWDM, DWDM, WWDM und Einsatzbeispiele
- OADMs, optische Switches
- Optische Netze: Aufbau, Betrieb, Netzschutzmechanismen
- Herstellerüberblick: Wer macht was?
- OTNs, Optical Transport Networks, zur gesicherten optischen Übertragung
- Übungen zu Netzplanung, Abnahmemessung und Troubleshooting

**E-Book** Sie erhalten das ausführliche deutschsprachige Unterlagenpaket aus der Reihe ExperTeach Networking – Print, E-Book und personalisiertes PDF! Bei Online-Teilnahme erhalten Sie das E-Book sowie das personalisierte PDF.

### Zielgruppe

Dieser Kurs wendet sich an Mitarbeiter der Carrier, Enterprise-Network-Betreiber und Internet Service Provider. Auch Nutzer von Netzen mit hohem Datenaufkommen werden gezielt angesprochen, indem ein Überblick zur Marktlage und zu den Entwicklungstrends gegeben wird.

### Voraussetzungen

Gute Kenntnisse der Synchronous Digital Hierarchy – Netze, Alarme, Protection erleichtern das Verständnis. Hilfreich sind zudem Grundkenntnisse im Bereich der optischen Signalübertragung.

### Dieser Kurs im Web



Alle tagesaktuellen Informationen und Möglichkeiten zur Bestellung finden Sie unter dem folgenden Link: [www.experteach.de/go/OHSN](http://www.experteach.de/go/OHSN)

### Vormerkung

Sie können auf unserer Website einen Platz kostenlos und unverbindlich für 7 Tage reservieren. Dies geht auch telefonisch unter 06074 4868-0.

### Garantierte Kurstermine

Für Ihre Planungssicherheit bieten wir stets eine große Auswahl garantierter Kurstermine an.

### Ihr Kurs maßgeschneidert

Diesen Kurs können wir für Ihr Projekt exakt an Ihre Anforderungen anpassen.

Stand 04.04.2024

Training		Preise zzgl. MwSt.	
<b>Termine in Deutschland</b>	<b>4 Tage</b>	<b>€ 2.395,-</b>	
<b>Online Training</b>	<b>4 Tage</b>	<b>€ 2.395,-</b>	
<b>Termin/Kursort</b>	Kurssprache Deutsch		
01.07.-04.07.24	Frankfurt	21.10.-24.10.24	Online
01.07.-04.07.24	Online	09.12.-12.12.24	Frankfurt
21.10.-24.10.24	Frankfurt	09.12.-12.12.24	Online



# Inhaltsverzeichnis

## WDM & OTN – Optische Übertragungstechnik im Einsatz

- 1 Und es ward Licht!**
  - 1.1 Das Wachstum der Datenströme
  - 1.2 Licht – Wissenswertes zur Photonik
    - 1.2.1 Verhalten des Lichtes: Reflexion
    - 1.2.2 Brechung
    - 1.2.3 Beugung
    - 1.2.4 Interferenz
    - 1.2.5 Wellenlänge
    - 1.2.6 Frequenz
    - 1.2.7 Amplitude
    - 1.2.8 Phase
    - 1.2.9 Polarisationssebene
    - 1.2.10 Polarisationsmoden- Multiplexen (Pol-Mux)
  - 1.3 Lichtausbreitung
  - 1.4 LASER – genial und einzigartig
    - 1.4.1 Basis des LASERS
    - 1.4.2 Funktionsweise des LASERS
    - 1.4.3 Emissionsspektren von LED und LASER Dioden
    - 1.4.4 Durchstimmbare LASER
  - 1.5 Modulation
    - 1.5.1 Amplituden-Modulation
    - 1.5.2 Phasen-Modulation
    - 1.5.3 So arbeitet ein Modulator
    - 1.5.4 Modulator für QPSK
  - 1.6 Dämpfung
    - 1.6.1 Was beeinflusst die Dämpfung?
    - 1.6.2 Streckenplanung
    - 1.6.3 Optische Fenster einer Glasfaser
  - 1.7 Dispersion
    - 1.7.1 Arten der Dispersion
    - 1.7.2 Polarisationsmodendispersion (PMD)
  - 1.8 Optische Stecker und Schnittstellen
    - 1.8.1 Was ist wichtig?
    - 1.8.2 Glasfaserstecker
    - 1.8.3 PC-, APC- und HLR-Bauweise
  - 1.9 OTDR-Rückstreuungsmessungen
  - 1.10 Optische Verstärker – The Power Of Light
- 2 Die Welt der Glasfasern**
  - 2.1 Glasfasern – Die Nervenfasern der modernen Welt
  - 2.2 Glasfasern für Fibre Channel
    - 2.2.1 OM4 – Der Klassiker der Rechenzentren
    - 2.2.2 OM5 – Die Breitband Multi Mode Faser
    - 2.2.3 Multi Mode Fiber, G.651.1
  - 2.3 Uni- oder Bidirektional über eine Faser?
  - 2.4 Fiber to the Home, Building, Curb
  - 2.5 Passive Optical Networks (PON)
    - 2.5.1 E-PON, G-PON, XGS-PON, NG-PON2
    - 2.5.2 Funktionsweise
    - 2.5.3 Shared Medium
    - 2.5.4 Kollisionen auf Glasfasern?
    - 2.5.5 PON mit max. Up Stream
    - 2.5.6 PON mit CWDM
    - 2.5.7 Fasern bei GPON
  - 2.6 Glasfasertypen des Metro- und WAN-Bereiches
  - 2.7 Übersicht der Mono Mode-Glasfasertypen
    - 2.7.1 G.652 Single Mode Fiber
    - 2.7.2 G.653 Dispersion-Shifted Fiber (DSF)
    - 2.7.3 G.654 Cut-off Shifted Single Mode Fiber
    - 2.7.4 G.655 Non-Zero Dispersion Shifted Fiber
  - 2.7.5 G.656 NZ-DSF für Breitbandübertragung
  - 2.7.6 Dispersion Compensation Fiber (DCF)
  - 2.7.7 Resumé: Wer setzt welche Faser ein?
- 2.8 Netzoptimierung mit Glasfasern**
  - 2.8.1 Funktionsweise der Dispersionskorrektur
  - 2.9 Multi Core Fibers (MFC): Space Division Multiplexing (SDM)
    - 2.9.1 Multi Core Fibers mit solid core
    - 2.9.2 Multi Core Fiber (MCF) für Transozean-Netze
    - 2.9.3 4-Core Fiber Submarine
    - 2.9.4 Hollow Core und Photonic Crystal Fiber
  - 2.10 Polymerfasern – Eine preiswerte Alternative?
- 3 Optische Übertragung in WAN, Metro und Rechenzentren**
  - 3.1 Von 1 bis 400 Gigabit Ethernet
    - 3.1.1 10 GBit/s Ethernet
    - 3.1.2 40 und 100 Gigabit Ethernet
    - 3.1.3 200 GE und 400 GE
  - 3.2 SDH mit 10 und 40 GBit/s
    - 3.2.1 Bitraten der SDH
    - 3.2.2 Taktquellen – es kann nur einen geben
    - 3.2.3 Netzschutzmechanismen
  - 3.3 10 Tbit/s auf einer Wellenlänge
  - 3.4 Solitonen – Der Stein der Weisen?
  - 3.5 WDM – Eine universale Plattform
    - 3.5.1 Der Aufbau eines WDM-Muxes
    - 3.5.2 Aufbau einer WDM-Strecke
    - 3.5.3 Wichtige Vorteile
    - 3.5.4 DWDM Kanalabstände
    - 3.5.5 Fixed Grid Spacing
    - 3.5.6 Flexible Grid Spacing
    - 3.5.7 Super Channels
    - 3.5.8 Super Channels und Kanalabstand
    - 3.5.9 CWDM – Coarse WDM, der preiswerte Einstieg
    - 3.5.10 CWDM Kanalabstand
    - 3.5.11 CWDM – Vorteile und Nachteile
    - 3.5.12 DWDM – Dense WDM, fast unbegrenzte Übertragung
    - 3.5.13 CWDM und DWDM kombiniert
    - 3.5.14 WDM und transparente optische Netze
    - 3.5.15 Einblick in die Messtechnik
    - 3.5.16 Licht und Schatten – Nachteile von WDM
  - 3.6 Shortwave CWDM
    - 3.6.1 Ein Blick auf SWDM
    - 3.6.2 100G 4WDM-10 (MSA)
  - 3.7 Fibre Channel über WDM
    - 3.7.1 Speichervirtualisierung
    - 3.7.2 Speichersystem-basierte Virtualisierung
    - 3.7.3 Virtualization Appliances
    - 3.7.4 Mechanismen zur Flusskontrolle
    - 3.7.5 Buffer-to-Buffer Credit
    - 3.7.6 End-to-End Credit
    - 3.7.7 Buffer-to-Buffer Credits auf Langstreckenverbindungen
    - 3.7.8 Port-Typen im SAN
    - 3.7.9 Routing im SAN
  - 3.8 WDM für GPON
    - 3.8.1 GPON und Wellenlängenbereiche
    - 3.8.2 Optisches Budget auf der Leitung
  - 3.9 Optische Technik in Kabelnetzen
- 4 Optical Switching – Eine Welle geht ihren Weg**
  - 4.1 Optical Switching – warum?
    - 4.2 Optische Add/Drop Multiplexer (OADM)
      - 4.2.1 4D ROADM
      - 4.2.2 Colorless ROADM
      - 4.2.3 Frei konfigurierbare OADM
    - 4.3 Technologien des Optical Switchings
      - 4.3.1 Thin Filters – starres Schalten
      - 4.3.2 Optical Multiplexen
      - 4.3.3 1 x 8 WSS mit Flüssigkristallen
      - 4.3.4 MEMS – Im Spiegel der Technik
      - 4.3.5 2D-MEMS
      - 4.3.6 3D-MEMS – Die 3. Dimension
      - 4.3.7 Thermo-optische Switches
    - 4.4 Einsatz von OADM
      - 4.4.1 Optische Cross Connects
      - 4.4.2 Schematischer Aufbau optischer Cross-Connects
      - 4.4.3 Einsatzmöglichkeiten
- 5 Optische Netze – Wellenlängen weltweit**
  - 5.1 Netzdesign
    - 5.1.1 Beispiel: verteilter Verkehr
    - 5.1.2 Anbindung an die Zentrale
    - 5.1.3 Beispiel: Verkehr zur Zentrale
  - 5.2 Optische Netze im Einsatz
    - 5.2.1 DWDM-Netze
    - 5.2.2 Terabit-Netze
    - 5.2.3 Transparente optische Netze – Wavelength Path Routing
    - 5.2.4 Die Zukunft – Virtual Wavelength Path Routing
  - 5.3 MPLS und optische Netze
    - 5.3.1 Terastream
    - 5.3.2 Alone in the dark? – Optische Schutzkonzepte
    - 5.3.3 Shared Protection
    - 5.3.4 Rein optische Schutzmechanismen
    - 5.3.5 Optischer Schutz von Ringen
    - 5.3.6 Dedicated Protection
    - 5.3.7 Shared Protection
    - 5.3.8 Unidirektionale und bidirektionale Ringe
    - 5.3.9 MS Shared Protection
- 6 OTN – Optical Transport Network, G.709**
  - 6.1 OTN im Überblick
  - 6.2 OTH-Hierarchie (G.872)
  - 6.3 Die Struktur von OTN
  - 6.4 OTN – Rahmenaufbau
    - 6.4.1 FEC nach RS (255,239)
    - 6.4.2 Containergrößen
    - 6.4.3 OTUk Overhead
    - 6.4.4 ODU-Overhead
    - 6.4.5 OPU-Overhead
  - 6.5 OTN Multiplexbildung
  - 6.6 Alarme und Fehlerquellen
- 7 Übungen zu WDM & OTDR**
  - 7.1 OTDR – Reichweite und Auflösung
  - 7.2 Streckenplanung – Dämpfungsbudget
    - 7.2.1 Dispersion
    - 7.2.2 Dispersionskompensation
  - 7.3 Aufbau eines CWDM-Rings
  - 7.4 Four Wave Mixing (FWM)

