

WDM & OTN

Optische Übertragungstechnik im Einsatz

In der Praxis arbeiten DWDM-Netze im Terabit-Bereich, doch im Labor werden bereits Petabit/s übertragen und optisch geschaltet. Das revolutioniert die Welt der Cloud und der Netzwerke.

Dieser Kurs liefert umfassendes praxisbezogenes Wissen zu allen Aspekten der optischen Technik einschließlich aktueller Entwicklungen in der Forschung: Von photonischen Grundlagen über Glasfasertypen, Stecker, optische Verstärker, OTDR-Messungen, DWDM, OTN und Fibre Channel bis zum Optical Switching mit ROADM, optischen Netzen und deren Protection-Mechanismen.

Kursinhalt

- Optische Übertragung, Opt. Switching, Opt. Protection, Optical Networks
- Optische Fenster einer Glasfaser: C-Band, L-Band, O-Band, S-Band, (E-Band, T-Band)
- Lichtausbreitung in der Glasfaser
- Multi Mode Fiber: OM3, OM4, OM5, G.651.1
- SMF optimiert: Low Water Peak, Low Loss Fibers, dispersionsverschoben
- moderne Fasern: Multi-Core Fiber, Hollow Core Fiber, Photonic Crystal Fiber
- Fiber im Access: FttB, FttH, FttC,
- Steckertypen und Schliff: von PC über UPC zu APC (8° oder 9°)
- Pluggable Interfaces
- LASER: z.B. SFP, QSFP, OSFP, XFP, etc.
- Modulation: von NRZ PAM4 über PAM4 und QPSK zu QAM
- Messtechnik: OTDR im Detail
- Optische Verstärker: EDFA, Raman
- Dämpfung und Dispersion inkl. PMD
- Dämpfung (dB) und Pegel (dBm) berechnen
- Dispersion berechnen, Dispersionskorrigierende Maßnahmen
- Troubleshooting auf Layer 1: Probleme und Lösungen
- Optische Technologien: WDM
- DWDM – von Terabit/s zu Petabit/s
- Aufbau der DWDM- und CWDM-Muxe
- WDM: Colored Interfaces vs. Grey Interfaces,
- DWDM Kanalabstände: channel grid: Flexible Grid vs. Fixed Grid
- DWDM vs. CWDM
- CWDM und „Wasser-Peak“,
- CWDM Ausbau mit DWDM Kanälen
- Ethernet von 100 GE zu 800 GE
- Ethernet: Fehlerquellen bei 100 GE
- Fibre Channel mit 8G/16G/32G
- Fibre Channel: Speichervirtualisierung
- Fibre Channel: Flusskontrolle mit Buffer Credits und Receive Ready
- Optical Switching: von passive OADM bis Netzkopplung mit ROADMs
- CDCG ROADMs – Colorless, Directionless, Contentionless, Gridless
- Optical Protection: Punkt-zu-Punkt, Ring, Vermaschung
- Optische Tera Bit/s Netze und Transozeannetze
- Streckenplanung, dazu opt. Budget, Mindestdämpfung berechnen
- Optical Transport Networks (OTN), ideal in Kombination mit DWDM
- OTN Aufbau: OPU, ODU, OTU sowie FEC mit RS(255, 239)
- OTN: Bytes und Bedeutung
- OTN: ODUflex
- OTN: Fehlermeldungen und Alarmskade
- OTN: Fehler eingrenzen

E-Book Das ausführliche deutschsprachige digitale Unterlagenpaket, bestehend aus PDF und E-Book, ist im Kurspreis enthalten.

Zielgruppe

Der **Außendienst** lernt Transceiver, Steckertypen und Unterschiede zw. PC, UPC, APC kennen, EDFAs, Glasfasertypen, OTDR-Messungen und Beurteilungen des Spektrums und einen Leitfaden zum Troubleshooting.

Für den **Netzbetrieb** gibt es detaillierte Erklärungen zu optischen Fenstern (O, E, S, C, L, U), Fasertypen G.652, G.652D, G.694, G.655, Ultra Low Loss Fiber, DCF sowie SFP, QSFP, OSFP. Die Signalmodulation von NRZ bis QAM wird erklärt und Signallaufzeiten sowie Dämpfung (dB) und Pegel (dBm) berechnet.

Für das **Netzwerkmanagement** werden Alarmer und deren Ursachen beleuchtet, die OTN Fehlerkaskade sowie die Arbeit mit AIS, BDI erklärt und eine Strategie zur Fehlereingrenzung gegeben.

Für **Netzplaner** gibt es Berechnungen zum Optisches Budget, Dämpfung, Span Loss, Dispersion und Dispersionskorrektur, Optimierung mit Glasfaser sowie Netzdesign und Netzschutz.

Voraussetzungen

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

Stand 30.01.2025

Dieser Kurs im Web



Alle tagesaktuellen Informationen und Möglichkeiten zur Bestellung finden Sie unter dem folgenden Link: www.experteach.ch/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.

Training	Preise zzgl. MwSt.
Termine in Deutschland	4 Tage CHF 2.635,-
Online Training	4 Tage CHF 2.635,-
Termin/Kursort	Kurssprache Deutsch
22.04.-25.04.25	25.08.-28.08.25
22.04.-25.04.25	24.11.-27.11.25
25.08.-28.08.25	24.11.-27.11.25



Inhaltsverzeichnis

WDM & OTN – Optische Übertragungstechnik im Einsatz

1	Photonik – Und es ward Licht!	3.5.6	PON mit CWDM	5.3.3	1 x 8 WSS mit Flüssigkristallen
1.1	Tera Bit/s Datenströme	3.5.7	Fasern bei GPON	5.3.4	MEMS – Im Spiegel der Technik
1.1.1	Das Wachsen der Datenströme	3.6	Glasfasertypen des Metro- und WAN-Bereiches	5.3.5	2D-MEMS
1.2	Photonik – Wissenswertes zu Licht	3.7	Übersicht der Mono Mode-Glasfasertypen	5.3.6	3D-MEMS – Die 3. Dimension
1.2.1	Verhalten des Lichtes: Reflexion	3.7.1	G.652 Single Mode Fiber	5.3.7	Thermo-optische Switches
1.2.2	Brechung	3.7.2	G.653 Dispersion-Shifted Fiber (DSF)	5.4	Einsatz von OADM
1.2.3	Beugung	3.7.3	G.654 Cut-off Shifted Single Mode Fiber	5.4.1	Optische Cross Connects
1.2.4	Interferenz	3.7.4	G.655 Non-Zero Dispersion Shifted Fiber	5.4.2	Schematischer Aufbau optischer Cross Connects
1.2.5	Wellenlänge	3.7.5	G.656 NZ-DSF für Breitbandübertragung	5.4.3	Einsatzmöglichkeiten
1.2.6	Frequenz	3.7.6	Dispersion Compensation Fiber (DCF)	6	Optische Netze – Wellenlängen weltweit
1.2.7	Amplitude	3.7.7	Resümé: Wer setzt welche Faser ein?	6.1	Netzdesign
1.2.8	Phase	3.8	Netzoptimierung mit Glasfasern	6.1.1	Beispiel: verteilter Verkehr
1.2.9	Polarisationsebene	3.8.1	Funktionsweise der Dispersionskorrektur	6.1.2	Anbindung an die Zentrale
1.2.10	Polarisationsmoden- Multiplexen (Pol-Mux)	3.9	Multi Core Fibers (MFC): Space Division Multiplexing (SDM)	6.1.3	Beispiel: Verkehr zur Zentrale
1.3	Lichtausbreitung	3.9.1	Multi Core Fibers mit solid core	6.2	Optische Netze im Einsatz
1.4	LASER – genial und einzigartig	3.10	Polymerfasern – Eine preiswerte Alternative?	6.2.1	DWDM-Netze
1.4.1	Funktionsweise des LASERS	4	Optische Übertragung in WAN, Metro und Rechenzentren	6.3	Terabit-Netze
1.4.2	LASER – warum sind sie monochromatisch?	4.1	Ethernet bis 800 GBit/s	6.3.1	Transparente optische Netze – Wavelength Path Routing
1.4.3	Emissionsspektren von LED und LASER Dioden	4.1.1	10 GE Schnittstellen	6.3.2	Die Zukunft – Virtual Wavelength Path Routing
1.5	Modulation	4.1.2	40 und 100 Gigabit Ethernet	6.3.3	MPLS und optische Netze
1.5.1	Amplituden-Modulation	4.1.3	100GBASE-LR4: Ethernet über WDM	6.3.4	Terastream
1.5.2	NRZ vs. PAM4	4.1.4	100 GE Varianten mit QSFP	6.4	Alone in the dark? – Optische Schutzkonzepte
1.5.3	Phasen-Modulation	4.1.5	200 GE und 400 GE	6.4.1	Equipment Protection
1.5.4	QAM Modulation	4.1.6	800G Varianten mit OSFP und QSFP	6.4.2	Rein optische Schutzmechanismen
1.5.5	So arbeitet ein Modulator	4.2	SDH mit 10 und 40 GBit/s	6.5	Optischer Schutz von Ringen
1.5.6	Modulator für QPSK	4.2.1	Bitraten der SDH	6.5.1	Dedicated Protection
1.6	Dämpfung	4.2.2	Taktquellen – Es kann nur einen geben	6.5.2	Shared Protection
1.6.1	Was beeinflusst die Dämpfung?	4.2.3	Netzschutzmechanismen	6.5.3	Unidirektionale und bidirektionale Ringe
1.6.2	Streckenplanung	4.3	WDM – Eine universale Plattform	6.5.4	MS Shared Protection
1.7	Optische Fenster einer Glasfaser	4.3.1	Der Aufbau eines WDM-Muxes	7	OTN – Optical Transport Network, G.709
1.8	Dispersion	4.3.2	„Colored“ Interfaces	7.1	OTN im Überblick
1.8.1	Arten der Dispersion	4.3.3	„Grey“ Interfaces: Transponder nötig	7.2	Die Struktur von OTN
1.8.2	Polarisationsmodendispersion (PMD)	4.3.4	400 G Muxponder für DCI	7.2.1	OTN – Rahmenaufbau
2	LASER, Stecker, Verstärker, OTDR	4.3.5	800 G Muxponder für WAN	7.2.2	FEC nach RS (255,239)
2.1	LASER als Pluggable Interfaces	4.4	DWDM – Dense Wavelength Division Multiplexing	7.2.3	Containergrößen
2.1.1	Überblick: SFP, SFP+, OSFP, QSFP, QSFP28, QSFP-DD	4.4.1	DWDM – Densere WDM, fast unbegrenzte Übertragung	7.2.4	ODUflex
2.1.2	100 GE Varianten mit QSFP	4.4.2	Aufbau einer WDM-Strecke	7.2.5	OTUk Overhead
2.1.3	800G Varianten mit OSFP und QSFP	4.4.3	Wichtige Vorteile	7.2.6	ODU-Overhead
2.1.4	SFP+: CWDM, duplex	4.4.4	DWDM Kanalabstände	7.2.7	Beispiele für TCM
2.1.5	SFP: GPON, simplex	4.4.5	Fixed Grid Spacing	7.2.8	OPU-Overhead
2.1.6	QSFP: 400GBASE-FR4	4.4.6	Flexible Grid Spacing	7.2.9	Mapping von CBR-Signalen
2.1.7	Durchstimmbare LASER	4.4.7	Super Channels	7.3	OTN Multiplexbildung
2.1.8	XFP: DWDM tunable LASER	4.4.8	Super Channels und Kanalabstand	7.3.1	Ethernet Multiplexing
2.2	Optische Stecker und Schnittstellen	4.5	CWDM – Coarse WDM, der preiswerte Einstieg	7.3.2	OPU2-Zeitschlitze
2.2.1	Was ist wichtig?	4.5.1	CWDM Kanalabstand	7.3.3	OPU3-Zeitschlitze
2.2.2	Glasfaserstecker	4.5.2	CWDM – Vorteile und Nachteile	7.4	Alarme und Fehlerquellen
2.2.3	PC-, APC- und HLR-Bauweise	4.5.3	CWDM und DWDM kombiniert	7.4.1	Fehlermeldungen
2.3	Optische Verstärker – The Power Of Light	4.5.4	WDM und transparente optische Netze	7.4.2	Fehlerkaskaden
2.3.1	Raman Verstärker (DRA - Distributed Raman Amplifier)	4.5.5	Einblick in die Messtechnik	7.5	OTN im 5G Mobilfunk
2.4	OTDR-Rückstreuungen	4.5.6	Licht und Schatten – Nachteile von WDM	7.5.1	5G Anwendungen
2.4.1	Ghost – Doppelreflexion	4.6	Shortwave CWDM	7.5.2	Weitere 5G Use Cases
2.4.2	OTDR – Gainer und Loser	4.6.1	Ein Blick auf SWDM	7.5.3	OTN im 5G RAN
2.4.3	Ursache eines Gainers	4.6.2	100G 4WDM-10 (MSA)	7.5.4	OTN im Fronthaul und Midhaul des 5G RAN
2.4.4	Ursache eines Losers	4.7	Fibre Channel über DWDM	7.5.5	Synchronisation im 5G Radio Access Network (RAN)
2.5	Layer 1 Fehler erkennen und beheben	4.7.1	Speichervirtualisierung	7.5.6	G.8271.1: Full Timing Support (FTS)
2.5.1	Fehler beheben: Port, Stecker, Schriff	4.7.2	Speichersystem-basierte Virtualisierung	8	Future World – die Welt von morgen
2.5.2	Fehler beheben: LASER Module	4.7.3	Virtualization Appliances	8.1	10 Tbit/s auf einer Wellenlänge
2.5.3	Fehler beheben: Glasfaser	4.7.4	Mechanismen zur Flusskontrolle	8.2	Solitonen – Der Stein der Weisen?
2.5.4	Fehler beheben: Dämpfung	4.7.5	Buffer-to-Buffer Credit	8.2.1	Solitonen und der Terabit-Bereich
2.5.5	Fehler beheben: Bitrate	4.7.6	End-to-End Credit	8.3	Optische Fenster total
2.5.6	Fehler beheben: 100 GE	4.7.7	Buffer-to-Buffer Credits auf Langstreckenverbindungen	8.4	Peta Bit/s mit Mode Multiplexing
2.5.7	Beispiel: 100GBASE-LR4 vs 100GBASE-SR10	4.7.8	Port-Typen im SAN	8.4.1	110 x 110 MIMO – der heilige Gral?
3	Die Welt der Glasfasern	4.7.9	Routing im SAN	8.5	Space-Division Multiplexing – Multi Core Fiber
3.1	Glasfasern – Die Nervenfasern der modernen Welt	4.8	WDM für GPON	8.5.1	22,9 Pbit/s mit 38-Core Fiber und 3 Moden
3.2	Glasfasern für Fibre Channel	4.8.1	GPON und Wellenlängenbereiche	8.5.2	Multi Core Fiber (MCF) für Transocean-Netze
3.2.1	OM4 – Der Klassiker der Rechenzentren	4.8.2	Optisches Budget auf der Leitung	8.5.3	4-Core Fiber Submarine
3.2.2	OMS – Die Breitband Multi Mode Faser	4.9	Optische Technik in Kabelnetzen	8.6	Hollow Core und Photonic Crystal Fiber
3.2.3	Multi Mode Fiber, G.651.1	5	Optical Switching – Eine Welle geht ihren Weg	8.7	Optical Switching im Peta Bit/s Bereich
3.3	Uni- oder Bidirektional über eine Faser?	5.1	Optical Switching – Warum?	8.7.1	Switching zwischen Multi Core Fibers (MCF) und Moden
3.4	Fiber to the Home, Building, Curb	5.2	Optische Add/Drop Multiplexer (OADM)	8.7.2	Protection Switching bei Pbit/s
3.5	Passive Optical Networks (PON)	5.2.1	4D ROADM	9	Übungen zu WDM & OTDR
3.5.1	E-PON, G-PON, XGS-PON, NG-PON2	5.2.2	Colorless ROADM	9.1	Dispersion und Bitfehlerrate (BER)
3.5.2	Funktionsweise	5.2.3	Frei konfigurierbare OADM	9.1.1	Streckenlänge und Dispersion
3.5.3	Shared Medium	5.3	Technologien des Optical Switchings	9.1.2	CWDM: Dispersion und SMF Typ
3.5.4	Kollisionen auf Glasfasern?	5.3.1	Thin Filters – starres Schalten		
3.5.5	PON mit max. Up Stream	5.3.2	Optical Multiplexen		

