

Optische Netze: Fiber, WDM, ROADM, QKD

Transmission, Switching, Protection, Quanten

Der Kurs beginnt mit einem Einblick in die Photonik, indem die Eigenschaften und die Parameter des Lichtes, des Multiplexen und der Modulation erklärt werden. Sie lernen die modernen Glasfasern (Multi Core, Hollow Core, Photonic Crystal) kennen sowie optische Komponenten wie Stecker, SFPs, EDFAs, Raman-Verstärker und VOAs; OTDR-Messungen werden erklärt.

Die optische Übertragung wird am Beispiel des Ethernets, Fibre Channel, OTN und WDM besprochen, die Unterschiede zw. CWDM und DWDM herausgearbeitet und der Peta Bit/s-Bereich beleuchtet. Das Optical Switching mit CDCG ROADMs schließt daran an.

Mit dem Einblick in das Netzdesign lernen Sie Aufbau, Betrieb und die Protection optischer Netze kennen. Er beinhaltet zudem Berechnungen der Dämpfung, Dispersion, Pegel, Laufzeit, optischen Budget, Span Loss, Mindestdämpfung und FWM.

Der Blick auf die aktuelle Forschung im Peta Bit/s Bereich, die Quantenkommunikation und die Quantenkryptographie (QKD) rundet den Kurs ab.

Kursinhalt

- Photonik: Eigenschaften und Parameter des Lichtes, Polarisationsmultiplexen
- Optical Fiber: Multi Mode (OM4, OM5), Single Mode (G.652D, G.654, G.655, G.656), Multi Core
- Optische Komponenten: SFP, QSPF-28, QSPF-DD, OSFP, XFP, Stecker: PC, UPC, APC, HRL, 8°/9°
- Colored und gray interfaces, Muxponder, Transponer, Xponder
- Optische Verstärker: EDFA, Raman, weitere
- Fibre Channel: Flusskontrolle mit Buffer Credits und Receive Ready
- Höchste Bitraten dank Modulation: von PAM4 über QPSK zu QAM-256,
- CWDM und DWDM, aktiv und passiv WDM, fixed grid und flexible grid,
- Optical Switching: von passiven OADM zu intelligenten CDCG ROADMs
- Berechnen: Dämpfung, Dispersion, Laufzeit, opt. Budget, Span Loss, Mindestdämpfung
- Aktuelle Forschung: von Tera Bit/s zu Peta Bit/s
- Vom Qubit über Verschränkung zum Gatter hin zum Quantencomputer
- Verschränkung und Teleportation zur Quantenkommunikation
- Verfahren zum quantenkryptographischen Schlüsselaustausch (QKD)

Zielgruppe

Zielgruppe sind diejenigen, die optische Technik fundiert, kompakt und praxisnah lernen wollen und einen deep dive nicht scheuen. Zusätzlich zur aktuellen Technik erhalten Sie Einblick in die aktuelle Forschung und die Themen Quantenkommunikation, Quantenkryptographie (QKD) und Quantencomputer.

Voraussetzungen

Vorkenntnisse im Bereich der optischen Technik erleichtern das Verständnis, sind jedoch nicht zwingend erforderlich.

Kursziel

Sie erhalten ein fundiertes Verständnis der Zusammenhänge in den Themen: Lichtausbreitung, optische Fenster, Dämpfung, Dispersion, Polarisation, SFPs, QSPF-28, QSPF-DD, OSFP, optische Verstärker sowie optische Netze mit ROADMs.

Sie können Dämpfung, Dispersion und Dispersionskorrektur, optisches Budget, Span Loss, Laufzeit und Mindestdämpfung berechnen und OTDR-Messungen besser verstehen. Sie erhalten ein Grundverständnis für Quantenkommunikation, Quantenkryptographie und Quantencomputer.

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.

Premium Print Paket



Zu diesem Kurs können sie optional das hochwertige Premium Print Paket zum Preis von € 225,- (zzgl. MwSt) erwerben.

Training		Preise zzgl. MwSt.	
Termine in Deutschland		5 Tage CHF 3.075,-	
Online Training		5 Tage CHF 3.075,-	
Termin/Kursort	Kurssprache Deutsch 		
17.08.-21.08.26	12.10.-16.10.26	17.08.-21.08.26	14.12.-18.12.26
12.10.-16.10.26	14.12.-18.12.26		

Stand 14.06.2026



EXPERTeTeach



Inhaltsverzeichnis

Optische Netze: Fiber, WDM, ROADM, QKD – Transmission, Switching, Protection, Quanten

1	Photonik – Es werde Licht!	3.5.4	Kollisionen auf Glasfasern?	5.3.1	Thin Filters – starres Schalten
1.1	Tera Bit/s Datenströme	3.5.5	PON mit max. Up Stream	5.3.2	Optical Multiplexen
1.1.1	Das Wachsen der Datenströme	3.5.6	PON mit CWDM	5.3.3	1 x 8 WSS mit Flüssigkristallen
1.2	Photonik – Wissenswertes zu Licht	3.5.7	Fasern bei GPON	5.3.4	MEMS – Im Spiegel der Technik
1.2.1	Verhalten des Lichtes: Reflexion	3.6	Glasfasertypen des Metro- und WAN-Bereiches	5.3.5	2D-MEMS
1.2.2	Brechung	3.7	Übersicht der Mono Mode-Glasfasertypen	5.3.6	3D-MEMS – Die 3. Dimension
1.2.3	Beugung	3.7.1	G.652 Single Mode Fiber	5.3.7	Thermo-optische Switches
1.2.4	Interferenz	3.7.2	G.653 Dispersion-Shifted Fiber (DSF)	5.4	Einsatz von OADM
1.2.5	Wellenlänge	3.7.3	G.654 Cut-off Shifted Single Mode Fiber	5.4.1	Optische Cross Connects
1.2.6	Frequenz	3.7.4	G.655 Non-Zero Dispersion Shifted Fiber	5.4.2	Schematischer Aufbau optischer Cross Connects
1.2.7	Amplitude	3.7.5	G.656 NZ-DSF für Breitbandübertragung	5.4.3	Einsatzmöglichkeiten
1.2.8	Phase	3.7.6	Dispersion Compensation Fiber (DCF)	6	Optische Netze – Wellenlängen weltweit
1.2.9	Polarisationsebene	3.7.7	Resümé: Wer setzt welche Faser ein?	6.1	Netzdesign
1.2.10	Polarisationsmoden- Multiplexen (Pol-Mux)	3.8	Netzoptimierung mit Glasfasern	6.1.1	Beispiel: verteilter Verkehr
1.3	Lichtausbreitung	3.8.1	Funktionsweise der Dispersionskorrektur	6.1.2	Anbindung an die Zentrale
1.4	LASER – genial und einzigartig	3.9	Multi Core Fibers (MFC): Space Division Multiplexing (SDM)	6.1.3	Beispiel: Verkehr zur Zentrale
1.4.1	Funktionsweise des LASERs	3.9.1	Multi Core Fibers mit solid core	6.2	Optische Netze im Einsatz
1.4.2	LASER – warum sind sie monochromatisch?	3.10	Polymerfasern – Eine preiswerte Alternative?	6.2.1	DWDM-Netze
1.4.3	Emissionsspektren von LED und LASER Dioden	4	Optische Übertragung in WAN, Metro und Rechenzentren	6.3	Terabit-Netze
1.5	Modulation	4.1	Ethernet bis 800 Gbit/s	6.3.1	Transparente optische Netze – Wavelength Path Routing
1.5.1	Amplituden-Modulation	4.1.1	10 GE Schnittstellen	6.3.2	Die Zukunft – Virtual Wavelength Path Routing
1.5.2	NRZ vs. PAM4	4.1.2	40 und 100 Gigabit Ethernet	6.3.3	MPLS und optische Netze
1.5.3	Phasen-Modulation	4.1.3	100GBASE-LR4: Ethernet über WDM	6.3.4	Terastream
1.5.4	QAM Modulation	4.1.4	100 GE Varianten mit QSFP	6.4	Alone in the dark? – Optische Schutzkonzepte
1.5.5	So arbeitet ein Modulator	4.1.5	200 GE und 400 GE	6.4.1	Equipment Protection
1.5.6	Modulator für QPSK	4.1.6	800G Varianten mit OSFP und QSFP	6.4.2	Rein optische Schutzmechanismen
1.6	Dämpfung	4.2	SDH mit 10 und 40 Gbit/s	6.5	Optischer Schutz von Ringen
1.6.1	Was beeinflusst die Dämpfung?	4.2.1	Bitraten der SDH	6.5.1	Dedicated Protection
1.6.2	Streckenplanung	4.2.2	Taktquellen – Es kann nur einen geben	6.5.2	Shared Protection
1.7	Optische Fenster einer Glasfaser	4.2.3	Netzschutzmechanismen	6.5.3	Unidirektionale und bidirektionale Ringe
1.8	Dispersion	4.3	WDM – Eine universale Plattform	6.5.4	MS Shared Protection
1.8.1	Arten der Dispersion	4.3.1	Der Aufbau eines WDM-Muxes	7	OTN – Optical Transport Network, G.709
1.8.2	Polarisationsmodendispersion (PMD)	4.3.2	„Colored“ interfaces	7.1	OTN im Überblick
2	LASER, Stecker, Verstärker, OTDR	4.3.3	„Grey“ interfaces: Transponder nötig	7.2	Die Struktur von OTN
2.1	LASER als Pluggable Interfaces	4.3.4	400 G Muxponder für DCI	7.2.1	Der OTN – Rahmenaufbau
2.1.1	Überblick: SFP, SFP+, OSFP, QSFP, QSFP28, QSFP-DD	4.3.5	800 G Muxponder für WAN	7.2.2	Forward Error Correction (FEC) mit RS (255,239)
2.1.2	100 GE Varianten mit QSFP	4.4	DWDM – Dense Wavelength Division Multiplexing	7.2.3	Containeregrößen
2.1.3	400 G Varianten mit QSFP	4.4.1	DWDM – Dense WDM, fast unbegrenzte Übertragung	7.2.4	ODUflex
2.1.4	400 G Varianten nach IEEE 802.3bs (SMF)	4.4.2	Aufbau einer WDM-Strecke	7.2.5	ODUflex im Einsatz
2.1.5	800G Varianten mit OSFP und QSFP	4.4.3	Wichtige Vorteile	7.2.6	Beyond 100G: Das B100G Frame Format
2.1.6	SFP+: CWDM, duplex	4.4.4	DWDM Kanalabstände	7.2.7	Flexible OTN (FlexO) Mapping
2.1.7	SFP: GPON, simplex	4.4.5	Fixed Grid Spacing	7.2.8	OTN-Varianten für 400 G
2.1.8	QSFP: 400GBASE-FR4	4.4.6	Flexible Grid Spacing	7.2.9	OTUk Overhead
2.1.9	Durchstimmbare LASER	4.4.7	Super Channels	7.2.10	ODU-Overhead
2.1.10	XFP: DWDM tunable LASER	4.4.8	Super Channels und Kanalabstand	7.2.11	Beispiele für TCM
2.2	Optische Stecker und Schnittstellen	4.5	CWDM – Coarse WDM, der preiswerte Einstieg	7.2.12	OPU-Overhead
2.2.1	Was ist wichtig?	4.5.1	CWDM Kanalabstand	7.2.13	Mapping von CBR-Signalen
2.2.2	Glasfaserstecker	4.5.2	CWDM – Vorteile und Nachteile	7.3	OTN Multiplexbildung
2.2.3	PC-, APC- und HLR-Bauweise	4.5.3	CWDM und DWDM kombiniert	7.3.1	Ethernet Multiplexing
2.3	Optische Verstärker – The Power Of Light	4.5.4	WDM und transparente optische Netze	7.3.2	OPU2-Zeitschlitze
2.3.1	Raman Verstärker (DRA - Distributed Raman Amplifier)	4.5.5	Einblick in die Messtechnik	7.3.3	OPU3-Zeitschlitze
2.4	OTDR-Rückstreuungsmessungen	4.5.6	Licht und Schatten – Nachteile von WDM	7.4	Alarme und Fehlerquellen
2.4.1	Ghost – Doppelreflexion	4.6	Shortwave CWDM	7.4.1	Fehlermeldungen
2.4.2	OTDR – Gainer und Loser	4.6.1	Ein Blick auf SWDM	7.4.2	Fehlerkaskaden
2.4.3	Ursache eines Gainers	4.6.2	100G 4WDM-10 (MSA)	7.4.3	Troubleshooting – Beispiel: LOS
2.4.4	Ursache eines Losers	4.7	Fibre Channel über DWDM	7.5	OTN im 5G Mobilfunk
2.5	Layer 1 Fehler erkennen und beheben	4.7.1	Speichervirtualisierung	7.5.1	5G Anwendungen
2.5.1	Fehler beheben: Port, Stecker, Schliff	4.7.2	Speichersystem-basierte Virtualisierung	7.5.2	Weitere 5G Use Cases
2.5.2	Fehler beheben: LASER Module	4.7.3	Virtualization Appliances	7.5.3	OTN im 5G RAN
2.5.3	Fehler beheben: Glasfaser	4.7.4	Mechanismen zur Flusskontrolle	7.5.4	OTN im Fronthaul und Midhaul des 5G RAN
2.5.4	Fehler beheben: Dämpfung	4.7.5	Buffer-to-Buffer Credit	7.5.5	Synchronisation im 5G Radio Access Network (RAN)
2.5.5	Fehler beheben: Bitrate	4.7.6	End-to-End Credit	7.5.6	G.8271.1: Full Timing Support (FTS)
2.5.6	Fehler beheben: 100 GE	4.7.7	Buffer-to-Buffer Credits auf Langstreckenverbindungen	8	Future World – die Welt von morgen
2.5.7	Beispiel: 100GBASE-LR4 vs 100GBASE-SR10	4.7.8	Port-Typen im SAN	8.1	10 Tbit/s auf einer Wellenlänge
3	Die Welt der Glasfasern	4.7.9	Routing im SAN	8.2	Solitonon – Der Stein der Weisen?
3.1	Glasfasern – Die Nervenfasern der modernen Welt	4.8	WDM für GPON	8.2.1	Solitonon und der Terabit-Bereich
3.2	Glasfasern für Fibre Channel	4.8.1	GPON und Wellenlängenbereiche	8.3	Optische Fenster total
3.2.1	OM4 – Der Klassiker der Rechenzentren	4.8.2	Optisches Budget auf der Leitung	8.4	Peta Bit/s mit Mode Multiplexing
3.2.2	OM5 – Die Breitband Multi Mode Faser	4.9	Optische Technik in Kabelnetzen	8.4.1	110 x 110 MIMO – der heilige Gral?
3.2.3	Multi Mode Fiber, G.651.1	5	Optical Switching – Eine Welle geht ihren Weg	8.5	Space-Division Multiplexing – Multi Core Fiber
3.3	Uni- oder Bidirektional über eine Faser?	5.1	Optical Switching – Warum?	8.5.1	22,9 Pbit/s mit 38-Core Fiber und 3 Moden
3.4	Fiber to the Home, Building, Curb	5.2	Optische Add/Drop Multiplexer (OADM)	8.5.2	Multi Core Fiber (MCF) für Transoceanetze
3.5	Passive Optical Networks (PON)	5.2.1	4D ROADM	8.5.3	4-Core Fiber Submarine
3.5.1	E-PON, G-PON, XGS-PON, NG-PON2	5.2.2	Colorless ROADM	8.6	Hollow Core und Photonic Crystal Fiber
3.5.2	Funktionsweise	5.2.3	Frei konfigurierbare OADM	8.7	Optical Switching im Peta Bit/s Bereich
3.5.3	Shared Medium	5.3	Technologien des Optical Switchings		

