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
- Optische Komponenten: SFP, QSPF-28, QSFP-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)

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

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 iedoch nicht zwingend erforderlich.

Sie erhalten ein fundiertes Verständnis der Zusammenhänge in den Themen: Lichtausbreitung, optische Fenster, Dämpfung, Dispersion, Polarisation, SFPs, QSFP-28, QSFP-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.

Stand 14.10.2025

Dieser Kurs im Web



Alle tagesaktuellen Informationen und Möglichkeiten zur Bestellung finden Sie unter dem folgenden Link: 回转框里: 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 TageCHF 2.635,-			
Online Training	4 TageCHF 2.635,-			
Termin/Kursort	Kurssprache Deutsch			
24.1127.11.25 **** Frankfurt	23.0226.02.26 WOnline			
24.1127.11.25 WOnline	26.0529.05.26 Frankfurt			
23.0226.02.26 Trankfurt	26.0529.05.26 WOnline			





Inhaltsverzeichnis

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

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)		
1.2.7	Amplitude	3.7.7	Resumé: Wer setzt welche Faser ein?	6	Optische Netze – Wellenlängen weltweit
1.2.8	Phase	3.8	Netzoptimierung mit Glasfasern	6.1	Netzdesign
1.2.9	Polarisationsebene Polarisationsmoden- Multiplexen (Pol-Mux)	3.8.1	Funktionsweise der Dispersionskorrektur Multi Core Fibers (MFC): Space Division Multiplexing (SDM)	6.1.1 6.1.2	Beispiel: verteilter Verkehr Anbindung an die Zentrale
1.2.10	Lichtausbreitung	3.9.1	Multi Core Fibers (MFC). Space Division Multiplexing (SDM) Multi Core Fibers mit solid core	6.1.3	Beispiel: Verkehr zur Zentrale
1.4	LASER – genial und einzigartig	3.10	Polymerfasern – Eine preiswerte Alternative?	6.2	Optische Netze im Einsatz
1.4.1	Funktionsweise des LASERs	3.10	Tolymenasem Emergreiswerte Artemative:		DWDM-Netze
1.4.2	LASER – warum sind sie monochromatisch?	4	Optische Übertragung in WAN, Metro und Rechenzentren	6.3	Terabit-Netze
1.4.3	Emissionsspektren von LED und LASER Dioden	4.1	Ethernet bis 800 GBit/s	6.3.1	Transparente optische Netze – Wavelength Path Routing
1.5	Modulation	4.1.1	10 GE Schnittstellen	6.3.2	Die Zukunft – Virtual Wavelength Path Routing
1.5.1	Amplituden-Modulation	4.1.2	40 und 100 Gigabit Ethernet	6.3.3	MPLS und optische Netze
	NRZ vs. PAM4	4.1.3	100GBASE-LR4: Ethernet über WDM	6.3.4	Terastream
1.5.3	Phasen-Modulation	4.1.4	100 GE Varianten mit QSFP	6.4	Alone in the dark? - Optische Schutzkonzepte
1.5.4	QAM Modulation	4.1.5	200 GE und 400 GE	6.4.1	Equipment Protection
1.5.5	So arbeitet ein Modulator	4.1.6	800G Varianten mit OSFP und QSFP	6.4.2	Rein optische Schutzmechanismen
1.5.6	Modulator für QPSK	4.2	SDH mit 10 und 40 GBit/s	6.5	Optischer Schutz von Ringen
1.6	Dämpfung	4.2.1	Bitraten der SDH	6.5.1	Dedicated Protection
1.6.1	Was beeinflusst die Dämpfung?	4.2.2	Taktquellen – Es kann nur einen geben	6.5.2	Shared Protection
1.6.2	Streckenplanung	4.2.3	Netzschutzmechanismen	6.5.3	Unidirektionale und bidirektionale Ringe
1.7	Optische Fenster einer Glasfaser	4.3	WDM – Eine universale Plattform	6.5.4	MS Shared Protection
1.8	Dispersion	4.3.1	Der Aufbau eines WDM-Muxes		
1.8.1	Arten der Dispersion	4.3.2	"Colored" Interfaces	7	OTN – Optical Transport Network, G.709
1.8.2	Polarisationsmodendispersion (PMD)	4.3.3	"Grey" Interfaces: Transponder nötig	7.1	OTN im Überblick
_		4.3.4	400 G Muxponder für DCI	7.2	Die Struktur von OTN
2	LASER, Stecker, Verstärker, OTDR	4.3.5	800 G Muxponder für WAN	7.2.1	OTN – Rahmenaufbau
2.1	LASER als Pluggable Interfaces	4.4	DWDM – Dense Wavelength Division Multiplexing DWDM – Dense WDM, fast unbegrenzte Übertragung	7.2.2	FEC nach RS (255,239)
2.1.1	Überblick: SFP, SFP+, OSFP, QSFP, QSFP28, QSFP-DD 100 GE Varianten mit QSFP	4.4.1 4.4.2	Aufbau einer WDM-Strecke	7.2.3 7.2.4	Containergrößen ODUflex
2.1.2	800G Varianten mit QSFP und QSFP		Wichtige Vorteile	7.2.5	ODUTIEX OTUK Overhead
2.1.3	SFP+: CWDM, duplex	4.4.3 4.4.4	DWDM Kanalabstände	7.2.5	ODU-Overhead
2.1.5	SFP: GPON, simplex	4.4.5	Fixed Grid Spacing	7.2.7	Beispiele für TCM
2.1.6	QSFP: 400GBASE-FR4	4.4.6	Flexible Grid Spacing	7.2.8	OPU-Overhead
2.1.7	Durchstimmbare LASER	4.4.7	Super Channels	7.2.9	Mapping von CBR-Signalen
2.1.8	XFP: DWDM tunable LASER	4.4.8	Super Channels und Kanalabstand	7.3	OTN Multiplexbildung
2.2	Optische Stecker und Schnittstellen	4.5	CWDM – Coarse WDM, der preiswerte Einstieg	7.3.1	Ethernet Multiplexing
	Was ist wichtig?	4.5.1	CWDM Kanalabstand	7.3.2	OPU2-Zeitschlitze
2.2.2	Glasfaserstecker	4.5.2	CWDM – Vorteile und Nachteile	7.3.3	OPU3-Zeitschlitze
2.2.3	PC-, APC- und HLR-Bauweise	4.5.3	CWDM und DWDM kombiniert	7.4	Alarme und Fehlerquellen
2.3	Optische Verstärker – The Power Of Light	4.5.4	WDM und transparente optische Netze	7.4.1	Fehlermeldungen
2.3.1	Raman Verstärker (DRA - Distributed Raman Amplifier)	4.5.5	Einblick in die Messtechnik	7.4.2	Fehlerkaskaden
2.4	OTDR-Rückstreumessungen	4.5.6	Licht und Schatten – Nachteile von WDM	7.5	OTN 1m 5G Mobilfunk
2.4.1	Ghost – Doppelreflexion	4.6	Shortwave CWDM	7.5.1	5G Anwendungen
2.4.2	OTDR – Gainer und Loser	4.6.1	Ein Blick auf SWDM	7.5.2	Weitere 5G Use Cases
2.4.3	Ursache eines Gainers	4.6.2	100G 4WDM-10 (MSA)	7.5.3	OTN im 5G RAN
2.4.4	Ursache eines Losers	4.7	Fibre Channel über DWDM	7.5.4	OTN im Fronthaul und Midhaul des 5G RAN
2.5	Layer 1 Fehler erkennen und beheben	4.7.1	Speichervirtualisierung	7.5.5	Synchronisation im 5G Radio Access Network (RAN)
2.5.1	Fehler beheben: Port, Stecker, Schliff	4.7.2	Speichersystem-basierte Virtualisierung	7.5.6	G.8271.1: Full Timing Support (FTS)
	Fehler beheben: LASER Module	4.7.3	Virtualization Appliances		
2.5.3	Fehler beheben: Glasfaser	4.7.4	Mechanismen zur Flusskontrolle	8	Future World – die Welt von morgen
2.5.4	Fehler beheben: Dämpfung Fehler beheben: Bitrate	4.7.5	Buffer-to-Buffer Credit	8.1	10 TBit/s auf einer Wellenlänge
2.5.5 2.5.6	Fehler beheben: 100 GE	4.7.6 4.7.7	End-to-End Credit Buffer-to-Buffer Credits auf Langstreckenverbindungen	8.2 8.2.1	Solitonen – Der Stein der Weisen? Solitonen und der Terabit-Bereich
2.5.7	Beispiel: 100GBASE-LR4 vs 100GBASE-SR10	4.7.8 4.7.9	Port-Typen im SAN Routing im SAN	8.3 8.4	Optische Fenster total Peta Rit/s mit Mode Multipleving
3	Die Welt der Glasfasern	4.7.9	Routing im SAN WDM für GPON	8.4 8.4.1	Peta Bit/s mit Mode Multiplexing 110 x 110 MIMO – der heilige Grai?
3.1	Glasfasern – Die Nervenfasern der modernen Welt	4.8.1	GPON und Wellenlängenbereiche	8.5	Space-Division Multiplexing – Multi Core Fiber
3.2	Glasfasern – Die Nervenlasern der modernen weit	4.8.2	Optisches Budget auf der Leitung		22,9 PBit/s mit 38-Core Fiber und 3 Moden
3.2.1	OM4 – Der Klassiker der Rechenzentren	4.9	Optische Technik in Kabelnetzen	8.5.2	Multi Core Fiber (MCF) für Transozeannetze
	OM5 – Die Breitband Multi Mode Faser			8.5.3	4-Core Fiber Submarine
	Multi Mode Fiber, G.651.1	5	Optical Switching – Eine Welle geht ihren Weg	8.6	Hollow Core und Photonic Crystal Fiber
3.3	Uni- oder Bidirektional über eine Faser?	5.1	Optical Switching – Warum?	8.7	Optical Switching im Peta Bit/s Bereich
3.4	Fiber to the Home, Building, Curb	5.2	Optische Add/Drop Multiplexer (OADM)	8.7.1	Switching zwischen Multi Core Fibers (MCF) und Moden
3.5	Passive Optical Networks (PON)	5.2.1	4D ROADM	8.7.2	Protection Switching bei PBit/s
3.5.1	E-PON, G-PON, XGS-PON, NG-PON2	5.2.2	Colorless ROADM		
3.5.2	Funktionsweise	5.2.3	Frei konfigurierbare OADM	9	Quantencomputer und Quanteninformation
3.5.3	Shared Medium	5.3	Technologien des Optical Switchings	9.1	Wundersame Quantenphysik
3.5.4	Kollisionen auf Glasfasern?	5.3.1	Thin Filters – starres Schalten	9.1.1	Das Informationspaket Photon
3.5.4 3.5.5		5.3.1 5.3.2	Thin Filters – starres Schalten Optical Multiplexen		Das Informationspaket Photon Superposition - Beides zugleich











