



LF 8: Einen LwL-Anschluss des PC-Labors an den Serverraum mit USV planen und umsetzen.

Ausbildungsberuf	Informationselektroniker/-in
Fach	IT-Systeme
Lernfeld	LF 8: Vernetzte Systeme installieren, erweitern und administrieren
Lernsituation	Lernsituation 2: Einen LwL-Anschluss des PC-Labors an den Serverraum mit USV planen und umsetzen.
Zeitrahmen	15 Unterrichtsstunden
Benötigtes Material	Digitales Endgerät, Projektionstechnik, LwL-Patchfelder, LwL-Stecker, 900 µm-LwL-Kabel, Werkzeug, Rotlichtquelle, LwL-Powermeter
Querverweise	

Hinweis:

Die Lösungen lassen sich durch Ein- und Ausschalten der Steuerzeichen ein- und ausblenden!!

Drucken der Lösung: Datei -> Optionen -> Anzeige -> Ausgeblendeten Text drucken

Konzeptionsmatrix für die Lernsituation 1

Konzeptionsmatrix für Lernsituation 2		Aufgrund einer größeren Umbaumaßnahme an der Schule muss der LWL-Uplink eines Klassenzimmers neu verlegt werden. Die SuS werden beauftragt, Vergleichsangebote zu verschiedenen LWL-Typen und einer defekten USV zu erstellen. Im Anschluss erhalten die SuS den Auftrag, die LWL-Verbindung exemplarisch zu verlegen und eine Abnahmemessung (Pegelmessung) durchzuführen.							
Zeit	Thema/ Beschreibung	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexionswissen	Aufgabe				
					Aktivitäten	Lernprodukte	Medien/ Materialien	Kontroll- und Reflexionselemente	
135	Kundenwunsch und Angebot	<u>Kundenberatung:</u> Gesprächsinformationen Vorgehensweise Dienstleistungen & Produkte <u>Netzwerktechnik:</u> Stand der Technik Angebotserstellung Preiseinholung Online	<u>Auftragsorganisation:</u> Ermittlung von Kundenanforderungen Auswahl passender Netzwerkkomponenten <u>Auftragsorganisation:</u> Festlegung der Projektphasen <u>Auftragsplanung:</u> Planung eines Netzwerks	<u>Kundenberatung:</u> Verhalten bei Gesprächen	Erstellung eines Angebots für den Kunden				
		Netzwerktechnik:			4 Gruppen erstellen ein Angebot zu OS2-, OM2-, OM3- und OM4-Faser Hardwarebeschaffung über das Internet	Stückliste Angebot	<u>Angebot Vorlage</u> <u>Internet</u>	Präsentation der 4 Angebote	
					Annahme des Angebotes und Installation einer Beispielstrecke mit Abnahmemessung				



Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/-in, 2. Ausbildungsjahr

90 + 90	Installation und Abnahme	<p>Netzwerkverkabelung Netzwerkkomponenten LwL-Spleißkoffer Netzwerk-Kabel-Tester für LwL-Kabel</p> <p>Arbeitsablaufplan: Aufbau Arbeitsschritte Werkzeug & Materialien Arbeitssicherheit</p> <p>LwL-Sicherheitsregeln</p>	Anwendung von Methoden zur Fehlerdiagnose Pegelmessung Handhabung von geeigneten Werkzeugen	Werkzeuge und Methoden zur Diagnose und Fehlerbehebung: Eingrenzung von Fehlern Bedeutung einer systematischen Fehlersuche Administration und Erweiterung von LAN-Netzwerken	LwL-Steckerspleiß mit FIC-Steckern LwL-Fusionsspleiß mit Pigtails	Permanent Link von Patchfeld zu Patchfeld (LwL-Stecker zu LwL-Stecker)	Präsentation LwL-Kabel, LwL-Stecker (SC/PC), Glasschere, Millerzange, Isopropanol, Reinigungstücher, Cleaver (= LwL-Brechwerkzeug)	Abnahmemessung mit Lichtquelle und LwL-Pegelmesser
180	Theorieeinheit mit Kontrollfragen,	Pegel, Dämpfung Kabeltypen LwL Steckertypen, Wellenlänge	Netzwerktechnik: Gegenüberstellung der Vernetzungsmöglichkeiten hinsichtlich Übertragungsraten, Zuverlässigkeit und Zukunftssicherheit Diagramme in logarithmischer Darstellung	Notwendigkeit von Stabilität und Zuverlässigkeit des Systems Skalierbares Netzwerk für zukünftige Erweiterungen Netzwerktechnik: Bedeutung von Dämpfung in der Übertragungstechnik	Grundlagen der strukturieren Verkabelung im Sekundärbereich (Uplink)			
				Lernsystematische Einheit	Grundlagen LwL-Technik LwL-Dimensionierung Arbeitsschutz LwL-Abnahmemessung	<u>Skript</u>	Wiederholungsfragen	



Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Informationselektroniker/-in, 2. Ausbildungsjahr

45	Mebis-Übung							
45	Kurzarbeit							



Unterlagen, Medien, Materialien

Deine Firma

Datum

Staatl. Berufsschule XYZ
Max Mustermann
Schulstraße 7
12345 Schulhausen

Angebot für LwL-Uplink

Sehr geehrter Herr Mustermann,

gerne unterbreiten wir Ihnen folgendes Angebot für die Anbindung Ihres Klassenraumes an den Serverraum:

Pos	Bezeichnung	Anzahl	Einzelpreis	Brutto
1	600m LwL, OM2 , 8 Fasern	600		
2	Stecker OM2 , SC	16		
3	Patchfeld	2		
4	Adapter für Patchfeld, SC	16		
5	Switch 24 Port mit 4 LwL-Uplink	2		
6	SFP-Modul (GBIC), OM , 1 Gbit/s, LC	8		
7	LwL-Patchkabel, OM2 , SC-LC duplex, 0,5 m	8		
8	Kleinmaterial	1		
9	Arbeitszeit	16		
10	Spleißpauschale	16		
			Nettopreis:	
			MwSt 16%:	
			Bruttopreis:	

Das Angebot ist gültig bis 31.12.20xx. Wir hoffen, dass wir Ihnen ein ansprechendes Angebot unterbreiten konnten. Sollten Sie Fragen haben, so bitten wir Sie uns jederzeit zu kontaktieren.

Mit freundlichen Grüßen

DeinName

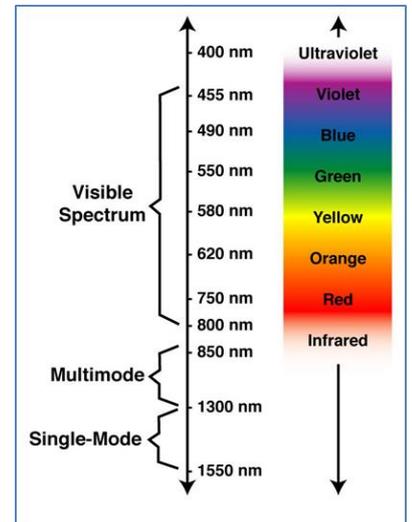
1. Optische Glasfaserkabel

Lichtwellenleiter (Abk.: **LWL**) sind aus Lichtleitern bestehende oder zusammengesetzte, teilweise konfektionierte, mit Steckverbindungen versehene Kabel und Leitungen zur **Übertragung von Licht** im sichtbaren sowie ultravioletten oder infraroten Bereich.

Lichtwellenleiter kommen heute vor allem

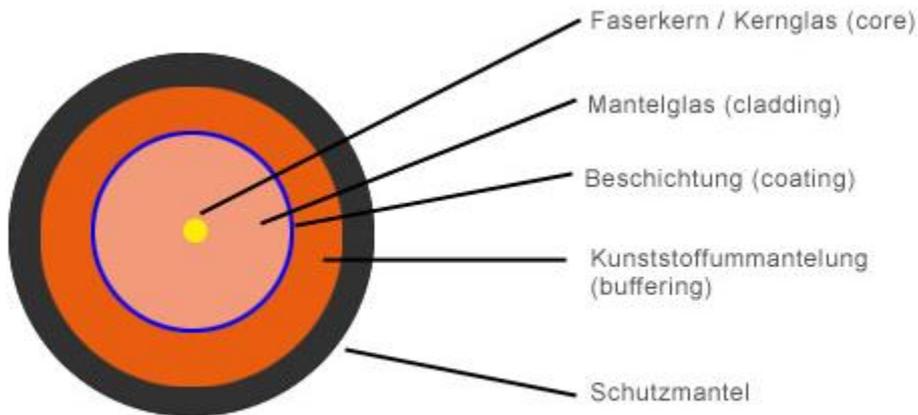
- als **Übertragungsmedium** für leitungsgebundene **Telekommunikation** (Glasfaserkabel),
- zur **Übertragung von Energie**: Lichtleitkabel für Laserstrahlung zur Materialbearbeitung und in der Medizin,
- für **Beleuchtungs- und Abbildungszwecke**: Mikroskopbeleuchtungen, Endoskope, Dekoration sowie
- in der **Messtechnik**, z. B. bei Infrarotthermometern und Spektrometern zum Einsatz.

Zur Signalübertragung über kurze bis mittlere Entfernungen (bis ca. 10 m) und zur Dekoration werden Lichtwellenleiter aus Kunststoff verwendet, kurz **POF-Plastic Optical Fibre** genannt.



Quelle: Corning Network IQ

Aufbau und Funktionsweise



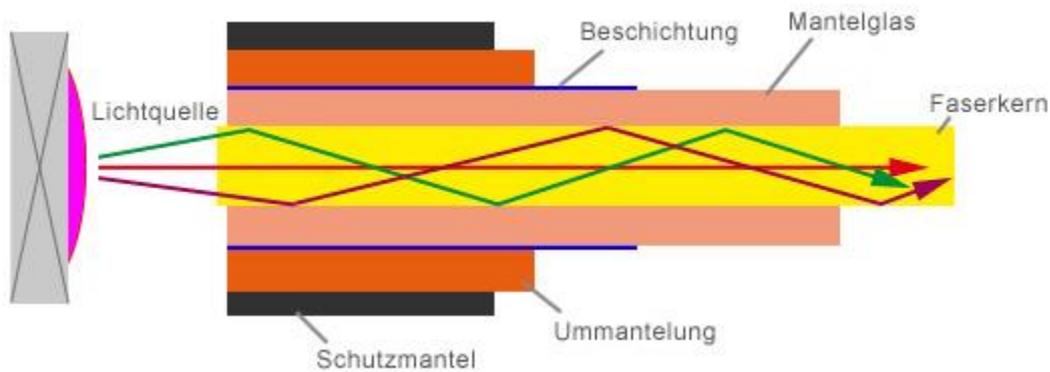
Quelle: www.glasfaserkabel.de/Der-Unterschied-zwischen-Singlemode-und-Multimode-LWL-Kabeln-:13.html, 2022

Glasfaserkabel bestehen aus hochtransparenten Glasfasern (meist aus reinem Kieselglas, chemisch Siliziumdioxid), die mit einem Glas niedrigerer Brechungszahl ummantelt sind. Die Faser besteht aus einem Kern (engl. core), einem Mantel (engl. cladding) und einer Schutzbeschichtung (engl. coating und/oder buffer). Der **lichtführende Kern** dient zum Übertragen des Signals. Der **Mantel** hat eine niedrigere optische Brechzahl (Dichte) als der Kern. Der Mantel bewirkt dadurch eine Totalreflexion an der Grenzschicht und somit eine Führung der Strahlung im Kern des Lichtwellenleiters.

Die äußere Beschichtung ist ein Schutz vor mechanischen Beschädigungen und besteht meist aus einer 150–500 µm dicken Lackierung aus speziellem Kunststoff (meist Polyamid, Acryl oder Silikon), die die Faser auch vor Feuchtigkeit schützt. (zudem Verbesserung der mechanischen Belastbarkeit).

Arten von Lichtwellenleitern (LwL):

Multimode (OM oder MM)



Quelle: www.glasfaserkabel.de/Der-Unterschied-zwischen-Singlemode-und-Multimode-LWL-Kabeln.:13.html, 2022

Aufgrund mehrerer möglicher Lichtwege kommt es zu Signalbeeinflussungen (Laufzeitunterschiede), daher sind Multimode-Fasern zur Nachrichtenübertragung über große Distanzen bei hoher Bandbreite nicht geeignet.

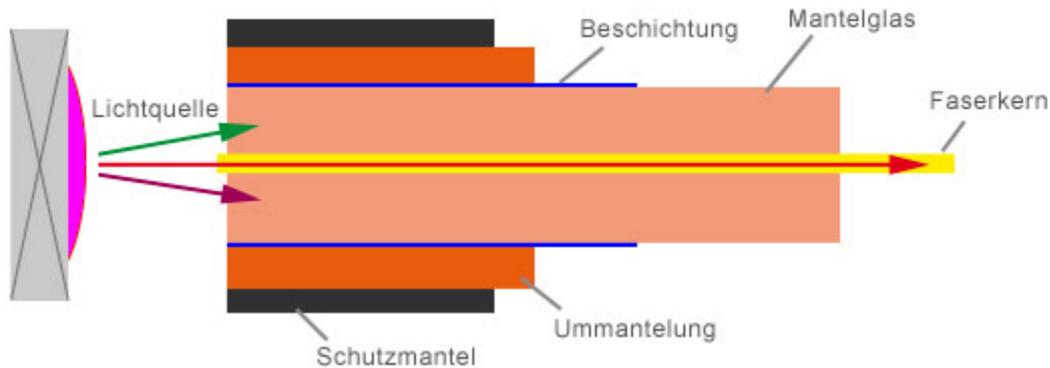
Multimode-Fasern zur Nachrichtenübertragung haben einen inneren Kerndurchmesser von bis 62,5 µm (US-Standard) bzw. die feineren Ausführungen von nur **50 µm** (EU-Standard). Der äußere Durchmesser der Faser beträgt bei beiden Ausführungen jedoch fast immer 125 µm. Das Licht wird mit Laser-**Dioden** erzeugt.

Bezeichnung	Wellenlänge	Kabellänge in m	Steckertyp - Kabel	Adernpaarzahl
100 BASE-FX	1300 nm		ST, SC, LC OM LWL	1
100 Base-SX	850 nm			
1000 BASE-SX	850 nm	220 - 550	ST, SC, LC OM LWL	1
10 G BASE-LX4	1275nm, 1300nm, 1325nm, 1350nm	240 - 300	OM	1

S = 850 nm **L** = 1310 nm **X** = 8b/10b, LAN **4** = WWDM mit 4 Wellenlängen

LWL – Lichtwellenleiter **OM / MM** – Optical Multimode-Glasfaser

Mono- bzw. Singlemode (OS oder SM)



Quelle: www.glasfaserkabel.de/Der-Unterschied-zwischen-Singlemode-und-Multimode-LWL-Kabeln:13.html, 2022

Das Brechzahlprofil von Singlemode-Fasern ist so dimensioniert, dass die bei Multimode-Fasern problematische Mehrwegeausbreitung (intermodale Dispersion) entfällt– das Signallicht breitet sich in einer Singlemode-Faser nur in einem einzigen geführten Wellenleitermodus aus, daher die Bezeichnung single-mode. Die Standard-Singlemode-Faser (SSMF, z. B. Corning SMF-28) hat einen Kerndurchmesser von **9 µm**. Das ist deutlich kleiner als der Kerndurchmesser von Multimode-Fasern, für die Lichteinkopplung werden hier deswegen **Laser** verwendet. Der äußere Durchmesser beträgt jedoch auch hier 125 µm.

Bezeichnung	Wellenlänge	Kabellänge in m	Steckertyp - Kabel	Adernpaarzahl
1000 BASE-LX	1310 nm	550 – 5000	ST, SC, LC OS-LwL	1
10 G BASE-LR	1310 nm	10 000	ST, SC, LC OS-LwL	1
10 G BASE-ER	1550 nm	40 000	ST, SC, LC OS-LwL	1
100G BASE-LR4			ST, SC, LC OS-LwL	1

LwL – Lichtwellenleiter **OS / SM** – Optical Singlemode-Glasfaser

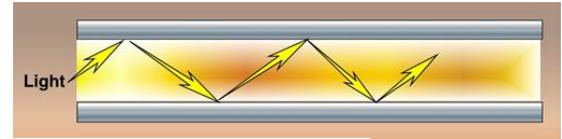
L = 1310 nm **E** = 1550 nm **R** = 64b/66b, LAN **X** = 8b/10b, LAN



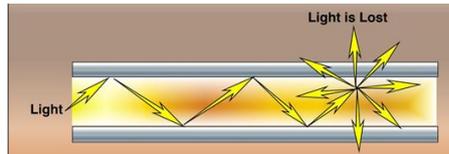
Nenne 5 Nachteile von LWL:

Mögliche Störungen der Übertragung:

Dämpfung durch Absorption entsteht durch



Quelle: Corning Network IQ

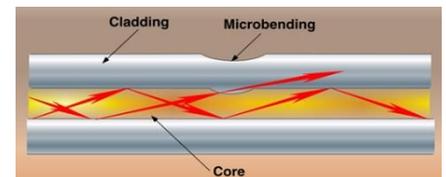


Dämpfung durch Streuung verursacht durch

Quelle: Corning Network IQ

Spleiße dämpfen um 0,02 bis 0,2 dB

Deformierung des Kernes dämpft um 2 bis 5 dB/km

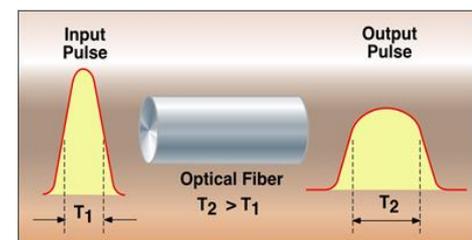


Quelle: Corning Network IQ

Merke:

Faserbruch (Unfallgefahr, insbesondere bei den dicken LWL für Hochleistungslaser)

Dispersion:



Quelle: Corning Network IQ

Monomode-Fasern werden dispersionskompensierend gefertigt.

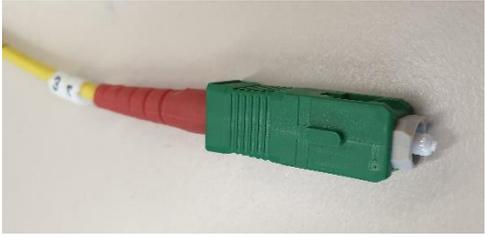
Steckertypen:

Übersicht der gebräuchlichsten LWL-Steckverbinder

Stecker	Verschlussmechanismus	Ferrulendurchmesser	Einfügedämpfung*	Faseranzahl	Normung
FC	Schraubverschluss	2,50 mm	0,2 dB	1	IEC 60874-7
ST (BFOC)	Bajonettverschluss	2,50 mm	0,2...0,4 dB	1	IEC 60874-10
SC	Push-Pull-Prinzip	2,50 mm	0,2...0,3 dB	1	IEC 60874-13
E-2000	Push-Pull-Prinzip	2,50 mm	0,2 dB	1	IEC 61754-15
LC	Spannbügelverschluss	1,25 mm	0,2 dB	1	IEC 61754-20
MPO/MTP	Push-Pull-Prinzip	MT-Ferrule	0,3-0,5 dB	4-80	IEC 61754-7

Aufgabe: Ordnen Sie die obigen LwL-Kabel zu.

	
	 <p>www.lichtleiterkabel.com/products/de/LWL-Kabel/LWL-Patchkabel-Simplex-E2000-APC-E2000-APC/, 2022</p>
	
	 <p>www.telegaertner.com/basiswissen-glasfasernetze, 2022</p>

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=OTv8d-eW-xs> 20.000 Kabel unter dem Meer

LwL-Unterweisung

Unterweisender: _____

Ort: _____

Datum: _____

Folgende Themen sind Inhalt der Unterweisung:

Laserstrahlung und ihre Gefahren, LwL-Montage und ihre Gefahren

- Wirkung der Laserstrahlung auf das Auge,
- sonstige Gefährdungsmöglichkeiten und Nebenwirkungen,
- Schutzvorschriften und betriebliche Anweisungen,
- Verhalten im Laserbereich,
- Schutzmaßnahmen und -einrichtungen am Arbeitsplatz,
- Benutzung von persönlichen Schutzausrüstungen,
- Kontrolle baulicher und apparativer Schutzvorrichtungen,
- Gefahren bei der LwL-Montage
- Fachgerechte Entsorgung der LwL-Faserreste
- Umgang mit Reinigungsalkohol
- Verhalten im Schadenfall.

Mit seiner Unterschrift bestätigt die Schülerin/der Schüler, dass die obigen Inhalte unterwiesen wurden und durch die Schülerin/den Schüler verstanden worden sind. Die Unterweisung muss mindestens jährlich einmal erfolgen. Der Nachweis der Unterweisung ist mindestens 2 Jahre aufzubewahren.

Über die Gefahren für Mensch und Umwelt sowie die durchzuführenden Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln bin ich ausführlich unterrichtet worden:

Nr.	Name, Vorname, Klasse	Unterschrift
1		
2		



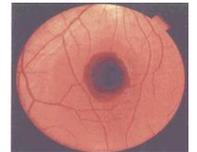
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Ort, Datum

Unterschrift Unterweisender

LwL-Sicherheitshinweise

- **Chemische Sicherheit**
 - Isopropyl Alkohol ist feuergefährlich, Flammpunkt = 22 °C, kann bei Augenkontakt zu Entzündungen führen, Bei Augenkontakt ca. 15 Minuten mit klarem Wasser spülen!
- **Laser Bedienungshinweise:**
 - Laserstrahlen sind unsichtbar, ein direktes Hineinsehen verursacht keinen Schmerz, Das bedeutet, dass sich die Iris nicht automatisch schließen kann. Infolge dessen ist eine ernsthafte Beschädigung der Retina möglich.
 - Falls eine versehentliche Augenverletzung durch Laserlicht vermutet wird, lassen Sie unverzüglich Ihr Auge bei einem Augenarzt untersuchen!
 - **Schauen Sie niemals in das Ende einer Faser eines LWL-Steckers oder einer Kupplung ohne sich vorher vergewissert zu haben, das keine Leistung/Power auf diesem System ist!**



- Die meisten Lichtquellen haben eine niedrige Leistung und bergen somit keine große Gefahr
- Lichtquellen mit großer Leistung können die Retina (Netzhaut) verbrennen!

Quelle: Corning Network IQ

Klassifikation von Lasern nach IEC 60825

- Laserdefinition im Hinblick auf maximale zulässige Belastung (MPE)
- Laserklassifikation erfolgt nach Funktion von...
 - Stärke (pulsartig oder dauernd)
 - Strahlkohärenz
 - Wellenlänge
 - Sicherheitseindämmung um den Strahl



Warnzeichen vor
Laserstrahlen nach [DIN EN ISO 7010](#)

Laserklassen nach EN 60825-1:2007



Quelle: Wikipedia

Entsprechend der Gefährlichkeit für den Menschen sind die Laser in Geräteklassen eingeteilt. Die

Klasse	Ausgangsleistung/ Beschreibung	Gesund-/ Sicherheitsfragen	Beispiele / Verwendung
Klasse 1	315 – 1400nm	Laser ist ungefährlich oder in einem geschlossenen Gehäuse	
Klasse 1M	315 – 1400nm	Laser ist ungefährlich, solange keine Lupen, Ferngläser oder Mikroskope verwendet werden	
Klasse 2	Emittiert bei 400-700nm (sichtbares) Licht, < 1mW (konstant)	Sie ist bei kurzzeitiger Bestrahlungsdauer (<0,25s) für das Auge ungefährlich (Blinzelreaktion + Abwendungsreaktion)	Vielzahl an Laserpointern,
Klasse 2M	Emittiert bei 400-700nm (sichtbares) Licht	Wie Klasse 2, kann in Kombination mit einem Mikroskop Schäden erzeugen.	Gewehraufsatz, Laserpointer
Klasse 3B	315 - 1400nm, <500mW (dauernd) 400-700nm, <30mJ (Puls)	Kann das Auge bei direkten Kontakt schädigen jedoch bei reflektierten Licht sollte keine Schäden erzeugt werden , relativ geringe Gefahr um ein Feuer zu erzeugen.	Industrie, Militär, CD-/DVD-Brenner, Medizinlaser müssen eine Schutzverriegelung besitzen
Klasse 4	> 500mW	Sehr gefährlich für das Auge und kann die Haut schädigen; das Entzünden von Materialien ist möglich	Industrie, Militär, Medizinlaser müssen eine Schutzverriegelung besitzen

Klassifizierung nach [DIN EN 60825-1](#) erfolgt vom Hersteller.

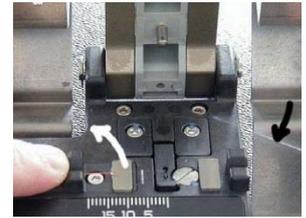
Quelle: Corning, Wikipedia

Aufgabe: Messen Sie den absoluten Pegel (L_b in dBm) am Ausgang eines Medienkonverters und bestimmen Sie die Leistung (P_1) des Lichts. Ordnen Sie das Ergebnis der richtigen Laserklasse zu (siehe oben). Formel: $L_b = 10 \lg (P_1/1mW)$ oder $P_1 = 1 mW * 10^{L_b/10}$

LwL-Spleißen (LwL-Terminierung)

Faser – Verarbeitungshinweise

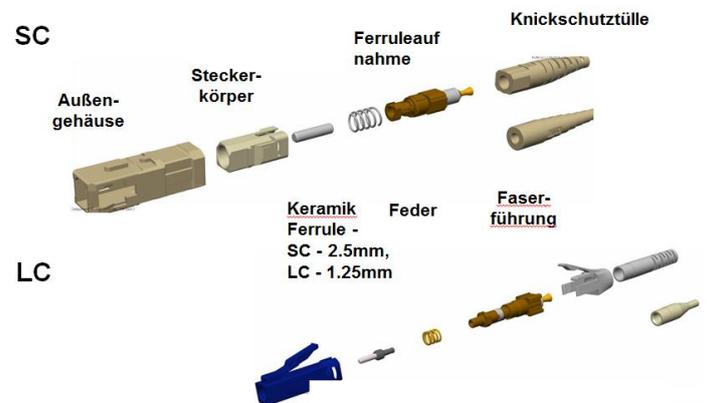
- Gebrochene Fasern sind scharf und können in die Haut eindringen,
- Räumen Sie Faserreste auf, damit sie keine Probleme verursachen.
- Benutzen Sie eine Pinzette, um Faserreste auf ein Klebeband zu kleben oder in einen Plastikbehälter zu bringen.
- Bewahren Sie die Reste richtig auf.
- Benutzen Sie Handschuhe, wenn Sie Kabel absetzen.
- Generell keine Nahrungsmittel und Getränke bei Spleißarbeiten.



Quelle: Corning Network IQ

Kabel - Bearbeitungshinweise

- LWL-Kabel sind empfindlich gegenüber übermäßigen Zugbelastungen, Querdruck und Biegungen, studieren Sie erst das Kabeldatenblatt, bevor Sie ein Kabel verlegen oder montieren.
- Biegen Sie ein Kabel nicht unter dem empfohlenen minimalen Biegeradius.
- Halten Sie unbedingt die maximale Zugbelastbarkeit des Kabels - Quetschen oder Knicken Sie das Kabel nicht. Wenn die angegebenen mechanischen Eigenschaften des Kabels nicht eingehalten werden, kann dieses zerstört und somit nicht die Übertragungseigenschaften gewährleistet werden. Folglich muss das Kabel Re-Installiert werden.
- Daumenregel – Minimaler Biegeradius
Während der Installation > 15 x Kabel-Ø
In Betrieb > 10 x Kabel-Ø



Quelle: Corning Network IQ

Möglichkeiten der Fasermontage

A) Vorkonfektioniert: Plug and Play, Cable Assemblies, Break-Out-Kabel, Patch-Kabel

Vorteil:

Nachteil:

B) Pigtail spleißen:

Mechanischer Spleiß =
Fusionspleiß =

C) Direkte Installation von LwL-Steckern:

Epoxy and Polish =
No Epoxy/No Polish (UniCam [®] oder FIC) =

Steckerspleiß am Beispiel einer 900µm-Faser:

1. Adern freilegen: Kabelmantel entfernen, Armidgarn bzw. Gel entfernen
2. Knickschutztülle auf die Faser schieben
3. Kunststoffmantel und Lackierung der Faser mit Abisolier-Zange abnehmen
4. Faser mit Isopropyl-Alkohol reinigen
5. Faser brechen mit Cleaver
6. (Cam-)Spleiß vornehmen
7. Knickschutztülle und Außengehäuse am Stecker anbringen

Faser & Bündeladerfarbfolge

1		Blau	BL	Farbfolge entspricht EIA/TIA-598-A als auch der Telcordia Farbfolge
2		Orange	OR	
3		Grün	GN	
4		Braun	BR	
5		Grau	GR	
6		Weiß	WS	
7		Rot	RT	
8		Schwarz	SW	
9		Gelb	GE	
10		Violett	VI	
11		Rosa	RS	
12		Aqua	AQ	

> 12 ist die gleiche Farbfolge mit schwarzen Streifen

Quelle: Corning Network IQ

LwL-Fehlersuche

60% der Fehler sind auf verschmutzte Stecksysteme zurück zu führen: Hier hilft das Reinigen mit entsprechenden Reinigungsstäbchen oder mit Isopropyl-Alkohol

Achtung: Niemals in eine in Betrieb befindliche Faser bzw. Stecker schauen, da das LwL-Licht für das menschliche Auge unsichtbar ist.

Manche Fehler lassen sich auch mit einem LwL-Fault-Finder lokalisieren.

Leitungsunterbrechungen lassen sich mit einem optischen OTDR (Optical Time Domain Reflektometer) lokalisieren. Hier wird die Laufzeit von einem Lichtimpuls gemessen.

LWL-Kabel: Spezifikationen

Kategorie	Farbcode	Fasertyp	Dämpfung in dB/km			
			850 nm	1310 nm	1383 nm	1550 nm
Multimodefasern						
OM1	orange ³	G62,5/125	3,5	1,5	n.a.	n.a.
OM2	orange	G50/125	3,5	1,5	n.a.	n.a.
OM3	aqua	G50/125	3,0	1,5	n.a.	n.a.
OM4	violett ⁴	G50/125	3,0	1,5	n.a.	n.a.
OM5	lime	G50/125	3,0	1,5	n.a.	n.a.
Monomodefasern (Singlemode-Fasern)						
OS1	gelb ⁵	E9/125	n.a.	1,0	n.a.	1,0
OS2	gelb ⁵	E9/125	n.a.	0,4	0,4	0,4

OM = Optical Multimode
OS = Optical Singlemode

Quelle: www.fia-online.co.uk, Wikipedia LWL

Maximale Reichweiten und Dämpfungen:

Ethernet		OM2		OM3		OM4		OS2	
Typ	λ [nm]	CIL [dB]	l [m]						
100 Base-SX	850	4,00	300	4,00	300	4,00	300		
100 BASE-FX	1300	6,30	2000	6,30	2000	6,30	2000		10 000
1000 BASE-SX	850	3,56	550	4,50	1000	4,80	1000		
1000 BASE-LX	1300	2,35	550	2,35	550	2,35	550	4,56	5 000
10G BASE-SR	850	2,30	82	2,60	300	3,10	450		
10G BASE-LX4	1300	2,00	300	2,00	300	2,00	300	6,20	10 000
10G BASE-LRM	1310	1,90	220	1,90	220	1,90	220	6,20	10 000
10G BASE-ER	1550							10,90	40 000
40 GBASE-SR4	850			1,90	100	1,50	150		

40 GBASE-LR4	1310							6,70	10 000
40 GBASE-ER4	1550							18,00	40 000
100 GBASE-SR10	850			1,90	100	1,50	150		
100 GBASE-LR4	1310							6,30	10 000
100 GBASE-ER4	1550							18,00	40 000

Quellen: <http://www.thefoa.org/tech/Linkspec.htm>, Wikipedia, web.archive.org

Hinweis: CIL (Channel Insertion Loss) ist die max. Dämpfung für eine Standard-LwL-Strecke (Doppel-LwL-Stecker – LwL mit max. Länge – Doppel-LwL-Stecker)

Farbschema Konfektionierte Kabel / P&P Für Steckerkörper SC, LC, ST, MTRJ

Farbe/ Komponente	SM APC E9	SM UPC E9	MM 50µm OM2	MM 50µm OM3	MM 50µm
Knickschutz	 MTP is black				
Steckerkörper <small>*Gilt nicht für Metall Steckerkörper FC & ST</small>					
Kabel Mantel <small>Simplex; Zip; Innen: i-MIC-, Minibündel-, Maxibündel-, Bändchenkabel</small>					

Quelle: Corning Network IQ

APC – Angled Physical Contact:

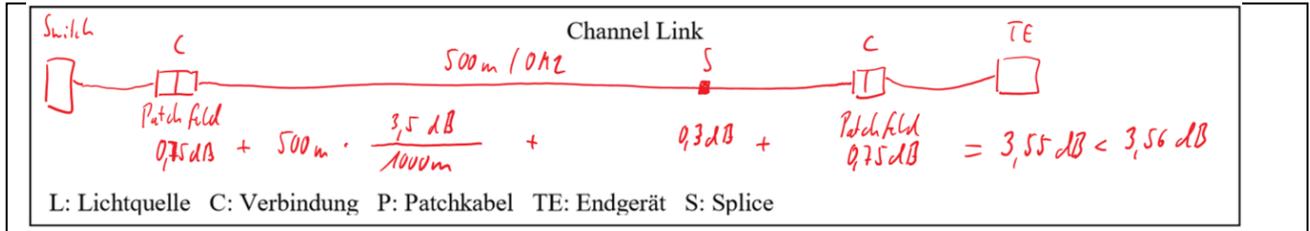
UPC – Ultra Physical Contact:

Merke:

Maximale Einfügedämpfung pro Steckerpaar:

Maximale Einfügedämpfung für Spleiß (mechanisch, Fusion):

LwL-Link-Loss-Budget = berechnete Dämpfung einer LwL-Strecke:



Beispielrechnung für eine 1000 Base SX-Verbindung (850 nm) von 500m:

2 Doppelsteckverbindungen (C)			
500m Faser OM2 (850nm)			
1 Spleiß			CIL=
Link-Loss-Budget		maximal	

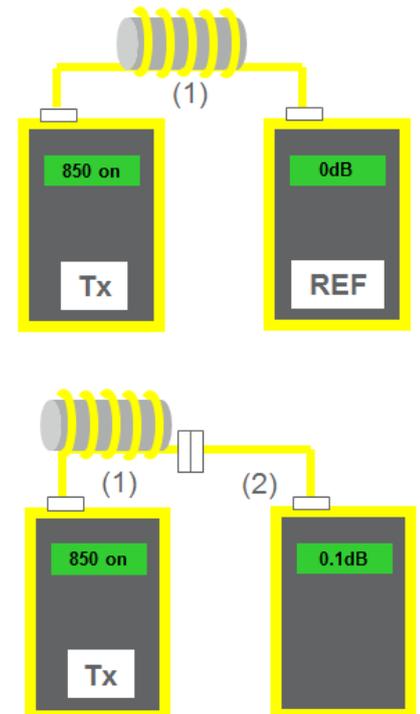
Aufgabe: Berechnen Sie das Link-Loss-Budget für den Versuchsaufbau (1000 Base SX, 100m)



LwL-Messtechnik

Link Loss Messung (Dämpfung der LwL-Strecke): Kalibrieren und Testen (OM), z.B. mit Opternus CSM1-3

1. Verbinden Sie Patchkabel 1 vom Sender zum Empfänger (Power Meter) mit einem Mandrel Wrap (Wickeldorn) und messen Sie die gekoppelte Energie.
2. Setzen Sie den „meter“ auf 0. Der Empfänger zeigt nun den relativen Verlustwert zum Referenzwert.
3. Entfernen Sie nun das Patchkabel am Empfänger und schließen Sie nun ein zweites Patchkabel an. Der angezeigte Wert ist nun der Steckerpaarverlust zwischen den Patchkabeln. Er sollte $\leq 0,1\text{dB}$ sein
4. Lösen Sie das zweite Patchkabel von der Kupplung und verbinden Sie nun die beiden Enden des zu testenden Systems. Der Empfänger zeigt nun die komplette Dämpfung des zu testenden Systems am Empfänger an.



Quelle: Corning Network IQ

Hinweise:

Da bei OM-Fasern bei kurzen Strecken auch Moden höherer Ordnung durch das Cladding (Glasmanntel) geführt werden, muss eine **Mandrel** (Wickeldorn) verwendet werden um Messfehler auszuschließen. Diese hat für OM2-Fasern einen Durchmesser von 25mm. Quelle: Corning

Für die Messung müssen spezielle Patchkabel verwendet werden, die eine sehr geringe Dämpfung aufweisen.

Aufgabe: Messen Sie die Channel-Dämpfung für den Versuchsaufbau (1000 Base SX, 100m) und vergleichen Sie diese mit dem Link-Loss-Budget von oben.

Aufgabe: Beantworten Sie folgende Fragen auf einen extra Blatt.

Beschreiben Sie den Aufbau eines Lichtwellenleiters.

Nennen Sie 5 Vorteile und 3 Nachteile von LwL.

Bei G50/125 handelt es sich um eine _____-Faser.

Bei E9/125 handelt sich um eine _____-Faser.

Nennen Sie die Wellenlängen von OM und OS-Faser.

Welchen Nachteil hat eine OM-Faser gegenüber einer OS-Faser?

Warum wird sich die OS-Faser durchsetzen?

Nennen Sie 5 Stecker für LwL-Verbindungen.

Nennen Sie die 3 Ebenen der strukturierten Verkabelung mit ihren vorgeschriebenen Medien.

Unterscheiden Sie Reparaturspleiß, Fusionsspleiß, Steckerspleiß.

Beschreiben Sie die Vorgehensweise bei der LwL-Dämpfungsmessung.

Ein Medienconverter mit einen Ausgangspegel von -10 dBm ist verbunden mit einer LwL-Leitung mit 5 dB. Wie hoch ist der Pegel am Ende der Leitung?

Berechnen Sie die maximale Dämpfung für folgende Verbindung: Stecker – 3000m OS-Faser mit einem Spleiß – Stecker bei 1550nm.

Abkürzungen/Begriffe:

LwL

OM / MM

OS / SM

Intermodale Dispersion

SFP

Terminierung

Millerzange

Pigtail

Dämpfung

Pegel

dB

Mandrel

OTDR

Laserklasse



Wellenlänge

UPC/PC

APC

Hinweise zum Unterricht

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=OTv8d-eW-xs> 20.000 Kabel unter dem Meer

(45 Minuten über die Geschichte der Glasfaser, Herstellung, Fehlersuche und –behebung in der Nordsee, Seekabelverlegung)

Quellen- und Literaturangaben

Fachliteratur

- Fachkundebuch, Europa-Verlag
- Tabellenbuch, Westermann-Verlag

Quellen

Corning Network IQ Programm 2013

Wikipedia