

Arten von Lichtwellenleitern (LWL)

Haupttyp	Eigenschaften	Typische Abmessungen	Lichtausbreitung	Indexprofil
Singlemode	- Niedrige Dämpfung - Übertragungswellenlängen von 1260 bis 1640 nm - Zugangs-, Mittelstrecken-, Langstreckennetze (>200 km) - Fast unendliche Bandbreite	8 µm bis 12 µm 125 µm 250 bis 900 µm		
Multimode (Gradientenindex)	- Große Dämpfung - Übertragungswellenlängen von 850 bis 1300 nm - Lokale Netze (<2 km) - Begrenzte Bandbreite	50 µm 62,5 µm 125 µm 250 bis 900 µm		

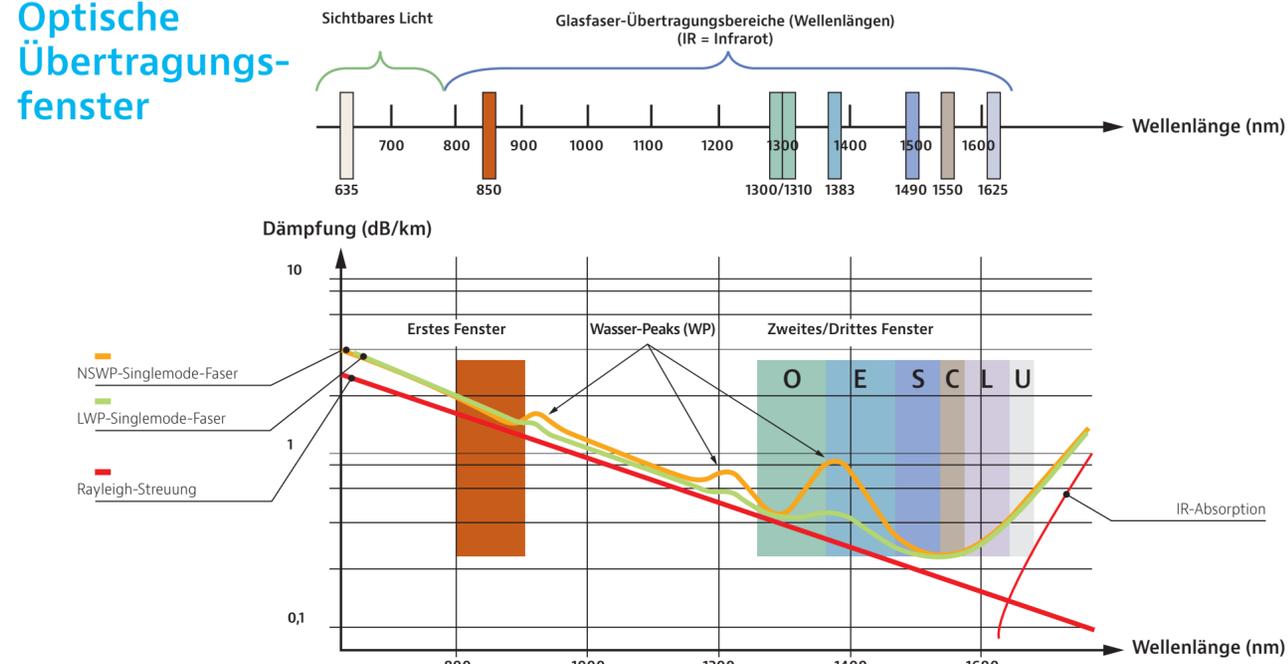
Brechungsindex: Maßeinheit zur Angabe der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes in einem Medium. n_1 und n_2 sind die Brechungsindizes für das Mantelglas und das Kernglas. Damit Licht über die Glasfaser übertragen werden kann, muss $n_1 < n_2$ sein.
Indexprofil: Veränderung des Brechungsindex über den Faserdurchmesser.

LWL-Normen der ITU	Beschreibung	Anwendungen
G.651	Eigenschaften eines 50/125 nm Multimode-Gradientenindex-Glasfaserkabels	Video und Datenkommunikation in lokalen Netzen bis zu 10GE Übertragungsraten in LAN-Netzen (bis 300 m) Wellenlängenbereich: 850 bis 1300 nm
G.652 Class A/B G.652 Class C/D	Eigenschaften von Singlemode-Fasern und -Kabeln	Von Zugangs- bis Langstreckennetzen. Unterstützung hoher Übertragungsraten (>10 GE). Geeignet für DWDM- und CWDM-Systeme. Wellenlängenbereich: 1260 bis 1625 nm
G.655 Class C G.655 Class D G.655 Class E	Eigenschaften von Non-Zero-Dispersion-Shifted (NZDS)-Singlemode-Fasern und -Kabeln	Übertragungsanwendungen bei hohen Bitraten für STM-64/OC-192 (10G) über größere Entfernungen. Geeignet für STM-256/OC-568 (40G). Unterstützt DWDM-Übertragungen im C+L-Band. Wellenlängenbereich: 1550 bis 1625 nm
G.657 Class A G.657 Class B	Eigenschaften von biegeunempfindlichen Singlemode-Fasern und -Kabeln für Zugangsnetze	Unterstützung optimierter Installationen von Zugangsnetzen mit sehr kleinen Biegeradien in Glasfaser-Managementsystemen, vor allem für Haus- und Außenanlagen, insbesondere von FTTx-Netzen. Wellenlängenbereich: 1260 bis 1625 nm

Typische Glasfaserkabel



Optische Übertragungsfenster



Band	Beschreibung	Wellenlängenbereich
O	Original (zweites Fenster)	1260 bis 1360 nm
E	Erweitert	1360 bis 1460 nm
S	Kurze Wellenlängen	1460 bis 1530 nm
C	Konventionell („Erbium-Fenster“)	1530 bis 1565 nm
L	Lange Wellenlängen	1565 bis 1625 nm
U	Ultralange Wellenlängen	1625 bis 1675 nm

Die Dämpfung ist durch verschiedene Streu- und Absorptionseffekte bedingt und wellenlängenabhängig.

- Da Singlemode-Fasern in einem breiten Wellenlängenbereich eingesetzt werden, erfolgt die Dämpfungsmessung in Abhängigkeit von der Wellenlänge, zumeist zwischen 1200 nm und 1625 nm.
- Für die Übertragung werden drei optische Fenster bei 850, 1300 und 1550 nm genutzt, die durch die Dämpfungscharakteristik der Quarzglasfasern bedingt sind.
- Darüber hinaus wird sichtbares Licht bei 635 nm zur Fehlerlokalisierung (Rotlichtquelle) eingesetzt.
- Ferntests an Glasfasern werden bei 1625 nm und höher ausgeführt, um den übertragenen Verkehr nicht zu stören.

Rayleigh-Streuung: Licht wird in alle Richtungen gestreut, sodass es gedämpft wird.

NSWP: Non-Suppressed Water-Peak
LWP: Low Water-Peak (Beispiel: G.652.D-Faser)

Optische Steckverbinder

Stecker-typen*	Bezeichnung	Anwendungen
	FC-PC/FC-APC	Datenkommunikation, Telekommunikation, CATV
	SC-PC/SC-APC	Datenkommunikation, Telekommunikation, CATV, LAN
	E2000-PC/E2000-APC (Ferrulen-Durchmesser: 1,25 mm)	Datenkommunikation, Telekommunikation, CATV, LAN
	LC-PC/LC-APC (Ferrulen-Durchmesser: 1,25 mm)	Verbindungen hoher Faserdichte, Datenkommunikation, Telekommunikation, CATV
	ST-PC	In/zwischen Gebäuden, Sicherheit, Schifffahrt, Datenkommunikation, LAN
	MU-PC/MU-APC	Datenkommunikation, Telekommunikation, CATV
	MTP-MPO (Mehrfaser-Steckverbinder)	Rechenzentren, in/zwischen Gebäuden, LAN
	OptiTap®-PC/OptiTap®-APC	FTTx im Außenbereich, Telekommunikation

*Auswahl



Prüfung der optischen Steckverbindung

Es ist sehr wichtig, Steckverbinder zu reinigen. Ein verschmutzter Steckverbinder erhöht die Signaldämpfung deutlich. Daher ist jeder Steckverbinder vor und nach dem Reinigen mit einem Videomikroskop zu prüfen.

Optische Übertragung

Optisches Dämpfungsbudget

Bei der Installation von Glasfasernetzen sind die Netzwerktopologie und die Gerätespezifikationen zu beachten. Ein wichtiger zu messender Parameter ist das optische Dämpfungsbudget, d. h. die optische Dämpfung der gesamten Übertragungsstrecke. Bei der Berechnung des optischen Dämpfungsbudgets sind die Quelle, der Detektor und der optische Übertragungspfad zu berücksichtigen.

- Beispiel für ein typisches Singlemode-System
- (1) Mittlere optische Sendeleistung (Tx): 0 dBm
 - (2) Mindest-Empfängerempfindlichkeit (Rx): -20 dBm
 - (1) - (2) Maximales optisches Dämpfungsbudget: 20 dB

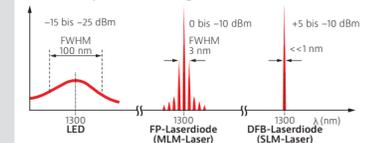


Das optische Dämpfungsbudget muss sowohl die Streckendämpfung als auch die Leistungsreserven des Systems berücksichtigen, um Umwelteinflüsse, Alterung und eventuelle Reparaturen zu kompensieren.

Zur Berechnung des optischen Dämpfungsbudgets können die typischen Werte der einzelnen Komponenten verwendet werden.

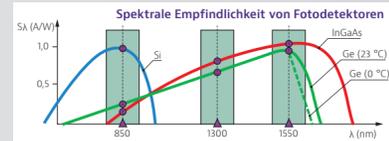
- A Stecker-Gesamtdämpfung = 0,5 dB x Anzahl der Steckverbindungen**
 - B Faser-Gesamtdämpfung = Dämpfung/km x Faserlänge**
 1310 nm = 0,35 dB/km
 1550 nm = 0,2 dB/km
 - C Spleiß-Gesamtdämpfung = 0,1 dB x Anzahl der Spleiße**
 - D Gesamtdämpfung anderer Komponenten = Dämpfung x Anzahl der Komponenten**
- Mechanischer Spleiß = 0,5 dB**
 1:2 Splitter = 3,5 dB
 1:32 Splitter = 17 dB

Spektrale Leistungsdichte von LEDs und Laserdioden



Der verwendete Fasertyp und die Charakteristik der Lichtquelle definieren die Systemleistung. Je kleiner die Spektralbreite der Diode, desto größer die erreichbare Frequenzbandbreite/Bitrate des Systems.

Leuchtdiode (LED): Kurzstrecken und Systeme geringer Bitrate (LAN) mit Multimode-Fasern (MMF).
Laserdiode (LD): Langstrecken und Systeme hoher Bitrate mit Singlemode-Fasern (SMF). Für diese Anwendungen kommen Fabry-Perot-Laser (FP), auch MLM-Laser genannt, und Distributed-Feedback-Laser (DFB), auch als SLM-Laser bezeichnet, zum Einsatz.



Si: Silizium für Anwendungen im Bereich des sichtbaren Lichts (400 bis 1000 nm)
Ge: Germanium für Anwendungen in optischen Fenstern (750 bis 1600 nm)
InGaAs: Indium-Gallium-Arsenid für Anwendungen in optischen Fenstern (>1000 nm)

Maßeinheiten: Watt, dB, dBm

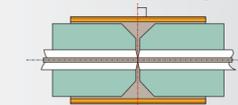
Absolute Leistung (mW)	Absolute Leistung (dBm)
1000	+30
100	+20
10	+10
5	+7
1	0
0,5	-3
0,1	-10
0,01	-20
0,001	-30
0,0001	-40

Dämpfung (dB)	Leistung (%)
-0,10	2
-0,20	5
-0,35	8
-1	20
-3	50
-6	75
-10	90
-20	99

dB: Betrag des Gewinns oder Verlusts
 $dB = 10 \log \frac{P_1}{P_2}$ (P1 und P2 in Watt)

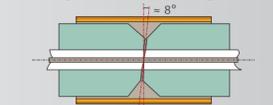
dBm: Angabe absoluter Leistungspegel
 $P(dBm) = 10 \log \frac{P}{1 mW}$ (P1 in mW)

Stecker mit Stirnflächenkopplung (PC)



Einfügungsverlust: 0 bis 0,5 dB
 Optische Rückflussdämpfung: >40 dB

Stecker mit Schrägschliffkopplung (APC)



Einfügungsverlust: 0 bis 0,5 dB
 Optische Rückflussdämpfung: >60 dB

Einfügungsverlust (IL): Der Verlust an Übertragungsleistung eines Signals durch ein Bauteil, das in den optischen Pfad eingefügt wurde.
Optische Rückflussdämpfung (ORL): Das Verhältnis der rückfließenden Lichtleistung zur einfallenden Lichtleistung einer optischen Strecke oder eines optischen Systems, das als positiver dB-Wert angegeben wird.

Aufbau einer Steckverbindung

