

Einführung

Neben dem Einsatz bei Nachrichten-Fernverbindungen im Telekommunikationsbereich hat die Lichtwellentechnik zunehmende Bedeutung auch für die Anwendungen im industriellen Bereich.

Während in der Telekommunikation die Aspekte:

- hohe Übertragungskapazität
- geringe Kabeldämpfung
- kein Übersprechen

für die Anwendung wesentlich sind, treten im industriellen Bereich weitere spezifische Eigenschaften wie:

- Störsicherheit gegenüber elektromagnetischen Einflüssen
- galvanische Trennung zwischen Sender und Empfänger
- kleine Kabelabmessungen

als bestimmende Gesichtspunkte in den Vordergrund.

Die Nachrichtenübertragung mittels Lichtwellenleiter erfolgt durch Lichtimpulse. Nach Einkopplung in ein Ende der Faser werden die Impulse infolge von Totalreflexion verlustarm zum anderen Ende weitergeleitet.

Ermöglicht wird dies durch die Totalreflexion an der Grenzschicht Kern/Mantel aufgrund der unterschiedlichen Werte des optischen Brechungsindex von Kern und Mantelmaterial ($n_{\text{Mantel}} < n_{\text{Kern}}$).

Von der Ausführungsform wird dabei zwischen drei Typen von Lichtwellenleitern unterschieden:

		Typische Abmessungen Kern/Mantel Ø	Betriebsdämpfung
Stufenindexfaser HCS / POF		200 / 230 µm	5 ... 8 dB/km 0,2 dB/m
Gradientenindexfaser GI-Faser		50 / 125 µm	2,6 dB/km 3,2 dB/m
Einmodenfaser		9 / 125 µm	< 0,3 dB/km

Verlauf des optischen Brechungsindex

Die Einmodenfaser wird wegen ihrer geringen Dämpfung und großen Bandbreite hauptsächlich zur Fernübertragung im Telekommunikationsbereich eingesetzt.

Dagegen sind die Gradientenindexfaser sowie die Stufenindexfaser mit ihren großen Kerndurchmessern die bevorzugten Übertragungsmedien im industriellen Bereich, da sie kostengünstig und einfach anwendbar sind. Die Übertragungsentfernungen reichen von einigen zehn Metern bis zu einigen Kilometern.

Gradientenindexfasern werden in der Regel mit dem Steckverbinder verklebt.

Bei POF²⁾ oder HCS¹⁾ Fasern vereinfacht die Crimptechnik die Steckverbinder montage vor Ort. Gänzlich ohne Spezialwerkzeug können POF-Kabel mit der HARTING Schnellmontagetechnik verarbeitet werden.

HARTING LWL-Systeme sind für Gradientenindexfasern (GI) mit 50 und 62,5 µm Kerndurchmesser sowie für Stufenindexfasern mit 200 µm (HCS) und 1 mm (POF) ausgelegt.

Dabei werden die optischen Wellenlängen 660 nm (POF, HCS), 850 nm (GI, HCS) und 1300 nm (GI) verwendet.

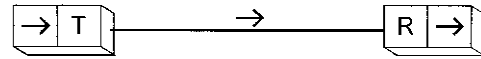
¹⁾ HCS® (=Hard Clad Silica) ist eingetragenes Warenzeichen der SpecTran Corporation

²⁾ POF = Polymer Optische Faser

Systemtechnik

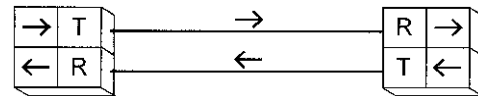
Um elektrische Signale über Lichtwellenleiter zu übertragen, müssen diese in Lichtimpulse umgesetzt und nach der Übertragung wieder zurückgewandelt werden. Dafür stehen elektro-optische Wandler als Sendemodule (T → transmit) und Empfangsmodule (R → receive) zur Verfügung.

Simplex



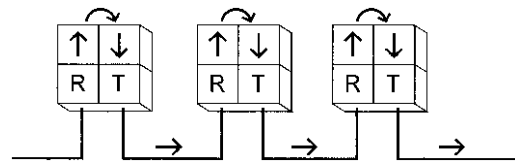
Werden Signale nur in eine Richtung übertragen, so spricht man von einer Simplex-Verbindung, bei Übertragung von Signalen in beide Richtungen von einer Duplex-Verbindung. Hiermit können Punkt-zu-Punkt-Verbindungen realisiert werden. In der Regel muß für jede Übertragungsrichtung eine LWL-Faser zur Verfügung stehen.

Duplex



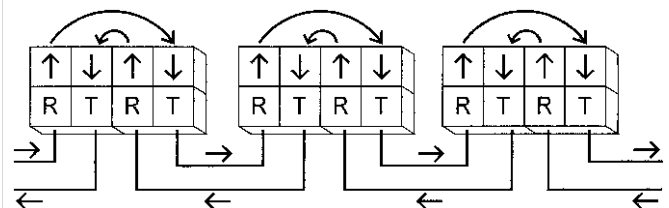
Für die Verbindung von mehreren Kommunikationseinrichtungen gibt es verschiedene Systemkonfigurationen. Bei der optischen Linie wird das optische Signal nur in einer Richtung den Bus durchlaufen. Jeder Teilnehmer muß hier das empfangene Signal wieder zum folgenden Teilnehmer weitergeben (Repeaterfunktion). Nur wenn das System zum Ring geschlossen wird, können alle Teilnehmer bidirektional miteinander in Verbindung treten.

Optische Linie, optischer Ring



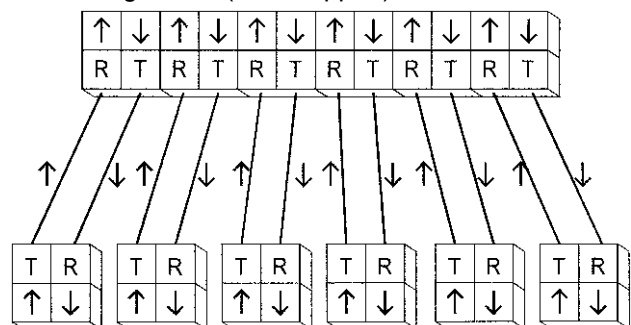
Der lineare Doppelstrang ergibt sich aus der Kombination zweier gegenläufiger Linien. Hierbei besitzt jeder Teilnehmer zwei Sende- und zwei Empfangsmodule, um Signale aus der einen Richtung zu empfangen und in die andere Richtung wieder auszusenden und umgekehrt (Repeaterfunktion).

Linearer Doppelstrang



In der Sternkonfiguration werden alle Teilnehmer von einer zentralen Stelle, dem Sternpunkt, angesprochen. Dort müssen entsprechend viele Sende- und Empfangsmodule zur Verfügung stehen. Die sternförmige Verzweigung kann auch durch andere Konfigurationen (z. B. linearer Doppelstrang) erweitert werden.

Sternkonfiguration (Sternkoppler)



Planung optischer Übertragungssysteme

Für die sichere Funktion eines faseroptischen Übertragungssystems ist es erforderlich, dass die übertragenen optischen Signale den Empfänger mit ausreichender Amplitude erreichen. Die empfangene Leistung sollte mindestens doppelt so groß sein (+3dB) wie die Grenzemfindlichkeit des Empfängers, damit nicht aufgrund des systemeigenen Rauschens sporadische Fehler in der Datenübertragung auftreten. Bei Planung des Systems ist daher anhand einer Leistungsbilanz zu überprüfen, ob diese Belange erfüllt sind. Dabei sind folgende Einflussgrößen von Bedeutung:

• optische Ausgangsleistung des Senders

Die von der LED erzeugte optische Leistung ist im Wesentlichen abhängig vom zugeführten Strom. Der in die Faser eingekoppelte Anteil wird darüberhinaus stark mitbestimmt von den Kernabmessungen sowie vom Typ der verwendeten Faser. Typische Werte im Faserkern effektiv verfügbare Leistungen sind z. B. für

50/ 125 μm GI-Faser:	80 μW	} bei	850 nm
200/ 230 μm SI-Faser:	250 μW		
980/1000 μm Polymerfaser:	600 μW		

• spezifische Dämpfung der Faser

Sie ist abhängig von der Betriebswellenlänge und wird angegeben in dB/km.

Typische Werte sind für Glasfasern:

50/ 125 μm GI-Faser:	---3 dB/km	} bei	$\lambda = 850 \text{ nm}$
200/ 230 μm HCS:	---5 dB/km		

für Polymerfasern:

980/1000 μm (PMMA): ---0,2 dB/m $\lambda = 660 \text{ nm}$.

Dieser Anteil liefert in der Regel den größten Beitrag zur Gesamtdämpfung der optischen Strecke.

• zusätzliche Verbindungsstellen im optischen Kabel

Zusätzliche Verbindungsstellen im optischen Signalpfad (Spleiße bzw. Steckverbinder) verursachen eine weitere Abschwächung des übertragenen optischen Signals. Typische Werte sind

für Spleißverbindung $\leq 0,3 \text{ dB}$

je Steckverbinder-Paar 0,8 - 0,5 dB

abhängig vom Typ der Faser sowie der verwendeten Steckverbinder.

• Empfindlichkeit des optischen Empfängers

Gebräuchliche DC-gekoppelte optische Empfänger (mit Si-Diode als Empfangselement) haben Grenzemfindlichkeiten von typisch

$\leq 3 \mu\text{W}$ bei 850 nm (Glasfaser-Systeme)

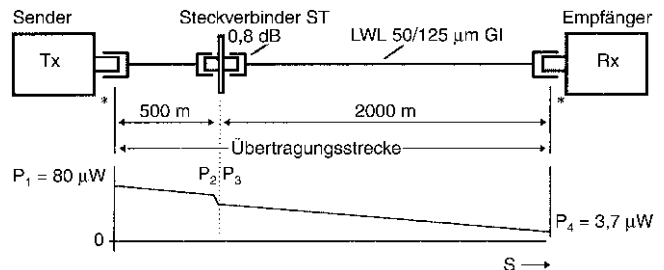
$\leq 5 \mu\text{W}$ bei 660 nm (Polymerfaser-Systeme).

• Temperatureinfluss sowie Alterung bei LED, Temperaturabhängigkeit der Kabeldämpfung

Diese Faktoren sollten mit einem Wert von 2 dB als "Zusatzdämpfung" in der Leistungsbilanz berücksichtigt werden, so dass als "Systemreserve" insgesamt ein Wert von 5 dB einzusetzen ist.

Berechnungsbeispiele

a) Glasfaser-System ($\lambda = 850 \text{ nm}$)



Leistungsbilanz:

Sender:

$$P_1 = 80 \mu\text{W} = -11 \text{ dBm}$$

in die Faser eingekoppelte Leistung

$$\text{Faserdämpfung: } 2,5 \text{ km} \times 3 \text{ dB/km} = 7,5 \text{ dB}$$

$$\text{Steckverbinder ST} = 0,8 \text{ dB}$$

$$\text{Systemreserve (3 dB + 2 dB)} = 5,0 \text{ dB}$$

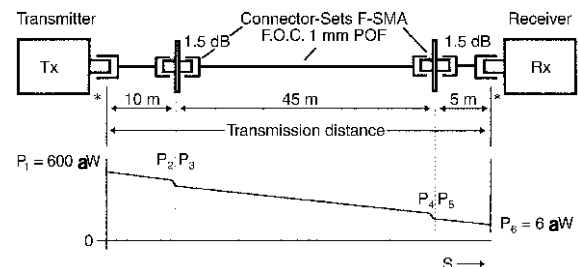
$$\text{Summe: } 13,3 \text{ dB}$$

Leistung am Empfänger: $P_4 = -24,3 \text{ dBm} = 3,7 \mu\text{W}$

Mindestwert $\geq 3 \mu\text{W}$ erfüllt

* Ein- bzw. Auskoppeldämpfung am Sender bzw. Empfänger sind **nicht** separat zu berücksichtigen, da diese bereits in die Leistungsangaben für Tx und Rx mit einbezogen sind.

b) Polymerfaser System ($\lambda = 660 \text{ nm}$)



Leistungsbilanz:

Sender:

$$P_1 = 600 \mu\text{W} = -2,2 \text{ dBm}$$

in die Faser eingekoppelte Leistung

$$\text{Faserdämpfung: } 60 \text{ m} \times 0,2 \text{ dB/m} = 12 \text{ dB}$$

$$\text{Steckverbinder F-SMA (2 x 1,5 dB)} = 3,0 \text{ dB}$$

$$\text{Systemreserve (3 dB + 2 dB)} = 5,0 \text{ dB}$$

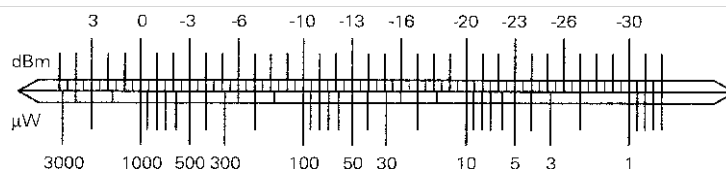
$$\text{Summe: } 20,0 \text{ dB}$$

Leistung am Empfänger: $P_6 = -22,2 \text{ dBm} = 6,0 \mu\text{W}$

Mindestwert $\geq 5 \mu\text{W}$ erfüllt

Wenn die zusätzlichen Trennstellen im optischen Kabel (hier 2 Stück F-SMA-Verbindungen) entfallen können, ergeben sich entsprechend größere überbrückbare Entfernungen.

Umrechnungs-Skala



Übersicht Schnittstellenstandards und Feldbussysteme

HARTING bietet Media Converter für die in der Automatisierungstechnik gebräuchlichsten elektrischen Schnittstellenstandards.

Übersicht über einige elektrische Schnittstellenstandards

	TTL	RS 232	RS 422	RS 485
Schnittstellenlogik	Spannungspegel	Spannungspegel	Spannungsdifferenz	Spannungsdifferenz
Übertragungskonzept	je nach Anwendung	bidirektional voll duplex auf min. 3 ¹⁾ bis 9 ²⁾ Leitungen	voll duplex, bidirektional auf 2 verdrehten Leiterpaaren	halbduplex, bidirektional auf 1 verdrehten Leiterpaar
Pegel "high" Pegel "low"	2,4 ... 5 V 0 ... 0,8 V	-15 V ... -3 V +3 V ... +15 V	$\Delta U > 0,2 \text{ V}$ $\Delta U < -0,2 \text{ V}$	$\Delta U > 0,2 \text{ V}$ $\Delta U < -0,2 \text{ V}$
max. Datenrate	je nach Anwendung	19,2 kBit/s 115 kBit/s	12 MBit/s (20m) 100 kBit/s (1,2km)	12 MBit/s (100m) 100 kBit/s (1,2km)
max. Reichweite mit Cu-Leitungen	je nach Anwendung	20 m	20 m - 1,2 km	100 m - 1,2 km

¹⁾ Softwarehandshake, ²⁾ Hardwarehandshake

HARTING Media Converter für Feldbussysteme

Feldbussystem	HARTING Produkt	Katalogseite
Profibus FMS	Media Converter	9 - 11
Profibus DP	MCP 12	
Sinec L 2	und MCP 12 P	
Suconet P		
Suconet K	RS 485 Converter	12, 13
CS 31 (ABB)		
Modbus Plus	RS 485 MB + Converter	12, 14
Interbus-S	RS 422 Converter	15, 16
Suconet S		
ARCNET ^{®3)}	Arcnet Converter	17, 18

HARTING Media Converter entsprechen bzgl. EMV-Verhalten den jeweils gültigen Vorschriften

³⁾ ARCNET[®] ist ein eingetragenes Warenzeichen der Firma Datapoint Corporation