



OPTISCHE KOMMUNIKATIONSSYSTEME

# Spleißen

Vorbereitungsaufgaben

*Autor:* Richard GRÜNERT  
Stefan KLOBE

29.3.2021

# 1 Vorbereitungsaufgaben

## 1.1 Arten von Lichtwellenleitern

Lichtwellenleiter werden primär unterschieden nach

- der Anzahl der *Moden*, die sie unterstützen sowie
- dem Profil ihrer optischen *Brechungsindizes* ( $n$ ).

Sie werden allgemein aufgebaut durch einen lichtführenden Kern (*Core*) und einen coaxialen Mantel (*Cladding*).

### 1.1.1 Multimode-Fiber

**Step-Index-Fiber (SI)** Bei Step-Index-Lichtwellenleitern ist der Brechungsindex des Kernes  $n_{\text{Core}}$  größer als der des Mantels  $n_{\text{Cladding}}$ . Über die Distanz  $x$  vom Zentrum aufgetragen, ergibt sich ein stufenartiges Profil des Brechungsindex, daher die Benennung „Step-Index“.

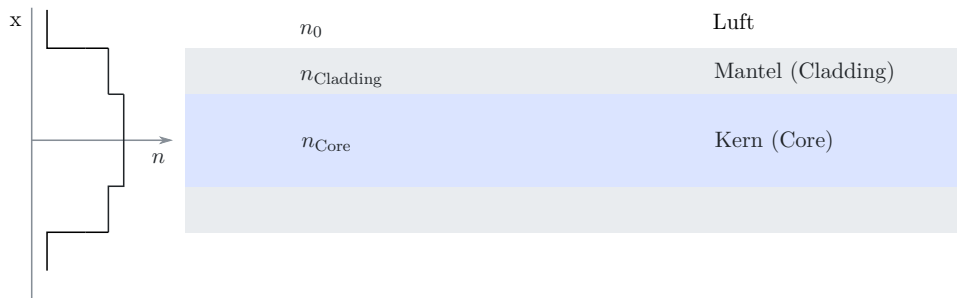


Abbildung 1: Schema eines Step-Index-Lichtwellenleiters, der Brechungsindex  $n$  nimmt stufenförmig vom Kern aus ab.

**Graded-Index-Fiber (GI)** Bei Graded-Index-Lichtwellenleitern ist der Brechungsindex des Kernes ebenfalls größer als der des Mantels, jedoch nimmt er nicht stufenartig sondern gradientenartig mit dem Abstand vom Zentrum ab.

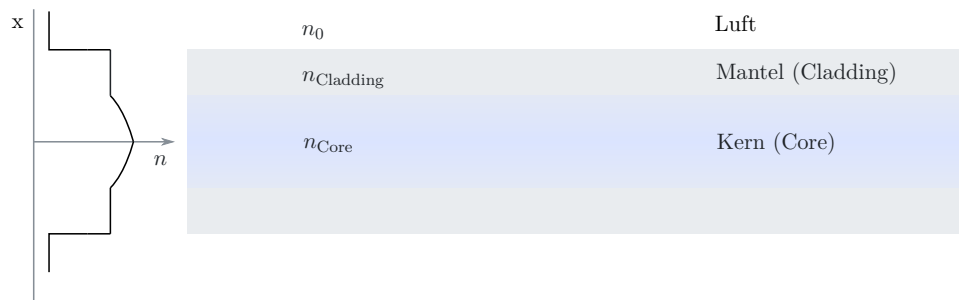


Abbildung 2: Schema eines Graded-Index-Lichtwellenleiters, der Brechungsindex  $n$  nimmt gradientenartig vom Kern aus ab.

### 1.1.2 Monomode-Fiber

Moden höherer Ordnung enthalten meist viele Reflexionen und sind deshalb unerwünscht, da durch ihre Laufzeitunterschiede die Signalform verfälscht und die Bandbreite begrenzt wird (Dispersionsbegrenzung). Monomode-Lichtwellenleiter unterstützen nur eine einzige Lichtmode, nämlich die in transversaler Richtung, bei welcher das Feld nur senkrecht zur Ausbreitungsrichtung schwingt.

Das wird erreicht, indem der Kerndurchmesser gegenüber den Multimode-Varianten deutlich verkleinert wird, mindestens auf die Größenordnung der Wellenlänge des Lichtes.

### 1.1.3 Eigenschaften

#### Optische Eigenschaften:

- Brechungsindizes von Kern und Mantel
- Dämpfung (Verluste durch Streuung und Absorption (wellenlängenabhängig) und Unreinheiten)
- Dispersionsbegrenzung (Impulsverbreiterung)
  - *Intermodal-Dispersion* (Multi-Mode, Laufzeitunterschiede aufgrund unterschiedlicher Moden)
  - *Chromatic-Dispersion* (Laufzeitunterschiede aufgrund Wellenlängenabhängigkeit der Brechungsindizes)
- Numerische Apertur

#### Mechanische Eigenschaften:

- Verbindertyp
  - SMA
  - ST
  - FC
  - SC
- Durchmesser von Kern und Mantel
- Faserfestigkeit

## 1.2 Extrinsische und intrinsische Verluste

Materialverluste bei Lichtwellenleitern können unterteilt werden in extrinsische und intrinsische Verluste.

### 1.2.1 Intrinsische Verluste

Intrinsische Verluste entstehen bei einer Spleißverbindung, wenn Fasern mit ungleichen optischen und mechanischen, wie Durchmesser und Brechzahlen, miteinander verbunden werden. Sie sind nicht vermeidbar.

### 1.2.2 Extrinsische Verluste

Extrinsische Verluste sind Fehler beim Spleißvorgang sowie Makrobiegungen der Leitungen. Sie sind (nicht vollständig) vermeidbar.

## 1.3 Verbindungstechnologien

Steck- und Spleißverbindungen

Typ	Dämpfung /dB	Bemerkung
Multimode-Fusion-Spleiß	< 0.1	Permanente Verbindung
Monomode-Fusion-Spleiß	< 0.05	Permanente Verbindung
SMA		nur Multimode
FC	0.2	Multi+Monomode
ST	0.4	Multi+Monomode
SC	0.2	Multi+Monomode

Tabelle 1: Typische Verbindungsarten und deren verursachte Dämpfung

### 1.3.1 Spleißen

**Fusion** ohne äußere Materialzufuhr, Dämpfungen im Bereich 0.02..0.1 dB

**Crimp-Spleißen** mechanische Kraftausübung zur Verbindung (Crimp)  
Dämpfungen im Bereich

**Klebe-Spleiß** Ähnliche Schritte wie bei Fusion-Spleiß. Verbindung durch UV-aushärtenden Kleber, Dämpfungen im Bereich

## 1.4 Lichtbogen-Spleißen

### 1.4.1 Arbeitsschritte

1. Entfernen der Schutzhülle und des Mantels
2. Reinigen der Faser
3. Abschneiden/Brechen? der Faser(n)
4. In Fusions-Spleißgerät legen
5. Justieren (automatisch)
6. Lichtbogen
7. Spleiß-Schutz anbringen

### 1.4.2 Spleißfehler

- Kontaminierung oder Defekte/Blasen(Gaseinschließungen)
- Zu geringe Leistung des Lichtbogens
- Unterschiedliche Faserarten
- Schlechte Ausrichtung/Justierung
- zu lange oder Kurze Schweißzeit

- zu hohe Temperatur
- „Auto-Feed“ zu hoch oder niedrig
- End-Winkel (Abschnittswinkel) (sollte kleiner sein als  $2^\circ$ )

### 1.5 Selbstjustierungseffekt

Durch die Erhitzung der Faserenden mit dem Lichtbogen schmelzen diese und nehmen eine Kugelform an. Wenn die zwei flüssigen Enden sich berühren, streben diese durch physikalische Gesetze eine möglichst geringe Oberfläche an. Dadurch kommt es zur eigenständigen Ausrichtung der Faserenden zueinander und mögliche Ausrichtungsabweichungen werden ausgeglichen.

### 1.6 Mikro- und Makrobiegungen

**Mikrobiegungen** sind mikroskopische Biegungen, Störstellen oder Brüche, die durch externe Kräfte (z.B. durch die Beschaffenheit der Oberfläche, auf der der Leiter montiert ist) oder auch Herstellungsfehler hervorgerufen werden. Diese können die Brechungsindizes lokal stören und ungewollte Reflexionen/-winkel hervorrufen, welche zu Licht- bzw. Energieverlust und damit der Dämpfungserhöhung führen.

**Makrobiegungen** sind Biegungen des Lichtwellenleiters über den kritischen Winkel (Winkel der Totalreflexion) hinaus, wodurch Licht an der Stelle der Biegung durch Brechung austritt, Energie verloren geht und dadurch die Dämpfung steigt. Die Dämpfung durch die Makrobiegung ist wellenlängenabhängig, bei längeren Wellenlängen treten höhere Verluste auf.

## 1.7 Sinken der Faserfestigkeit beim Lichtbogen-Spleißen

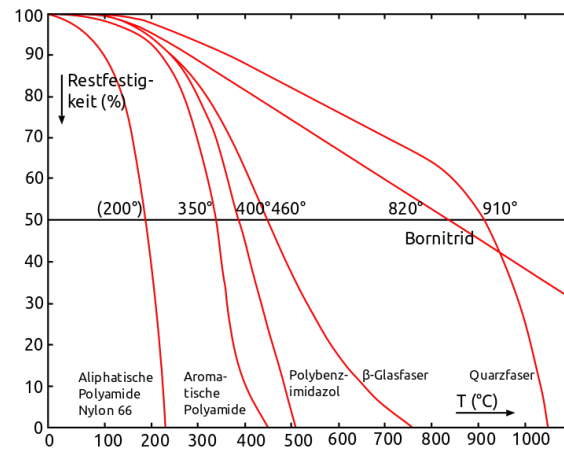


Abbildung 3: Restfestigkeit verschiedener Faserverbundwerkstoffe über der Temperatur ([Quelle](#))

### 1.7.1 Ursache

Erhitzung der Faser bei Fusion-Spleiß und dadurch Sinken der Faserfestigkeit.

### 1.7.2 Maßnahmen

Auf bessere Wärmeverteilung beim Spleißen achten.