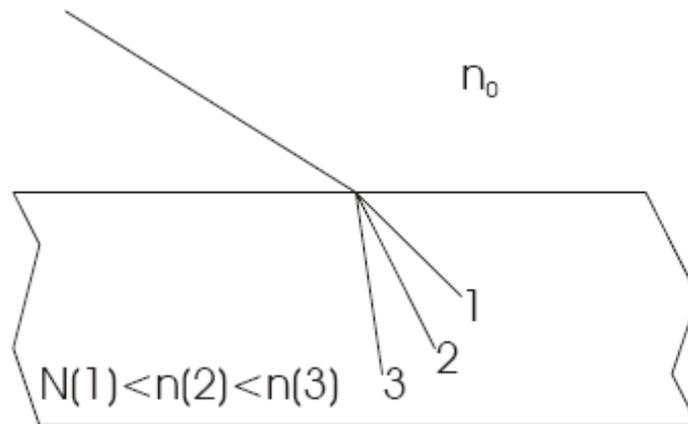


Faseroptik

Theoretische Grundlagen

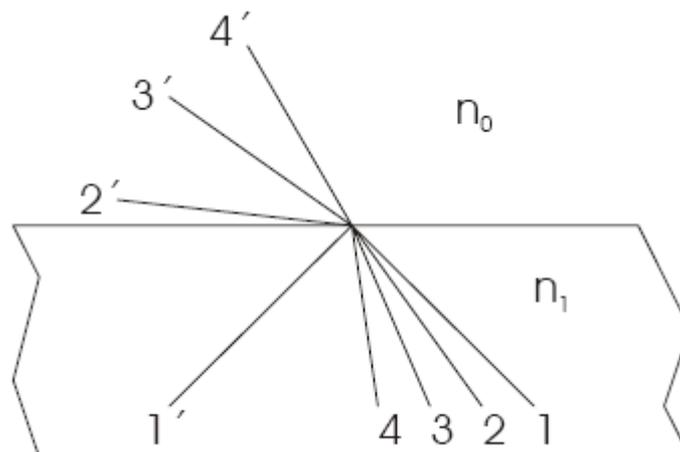
Die optische Brechzahl eines Stoffes, üblicherweise mit n bezeichnet und auch Brechungsindex genannt, kann als eine Art optische Dichte des Materials verstanden werden. Sie ist ein Maß für die Ablenkung eines Lichtstrahls, der in ein Medium eintritt.

Die Brechzahl beschreibt nicht die optische Transparenz eines Stoffes.



Dargestellt ist schematisch die Ablenkung eines Lichtstrahls, der aus einem optisch dünneren Medium mit Index n_0 (z.B. = 1 für Luft) in eine Glasplatte mit dem Index n_1 (optisch dichteres Medium) eintritt. Der Strahlverlauf ist gezeichnet für die Fälle $n(1) < n(2) < n(3)$.

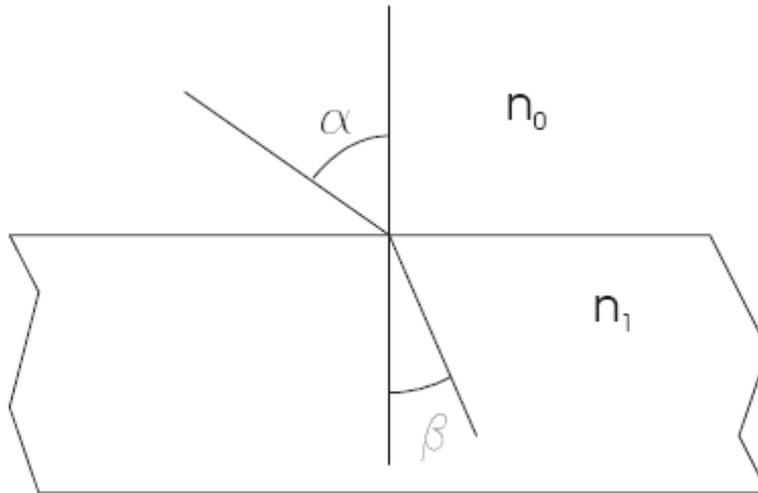
Betrachtet man den Strahlverlauf für den Fall, dass das Licht vom dichteren Medium ($n_1 = 1.5$) in ein dünneres übertritt, ändert sich das Verhalten des Lichtstrahls ab einem gewissen Winkel drastisch.



Verkleinert sich der Winkel zwischen Lichtstrahl und Oberfläche ($4 \rightarrow 2$), so wird auch der Winkel zwischen austretendem Strahl und Oberfläche ($4' \rightarrow 2'$) immer kleiner. Aus der Grafik ist ersichtlich, dass für einen Einfallswinkel etwas kleiner als (2) der austretende Strahl parallel zur Oberfläche verläuft. Eine weitere Verkleinerung sorgt dafür, dass es keine weitere Ausbreitungsmöglichkeit des Lichts in das dünnere Medium gibt. Der Reflexionsfaktor an der Grenzfläche wird 1, es existiert Totalreflexion mit der Bedingung Einfallswinkel = Ausfallswinkel. Ist der hier betrachtete Körper eine planparallele Platte, bedeutet dies, dass alle Lichtstrahlen, die sich innerhalb des Mediums mit einem Winkel kleiner als der Totalreflexionswinkel fortbewegen, in dem Medium verbleiben, der Körper somit zu einem Lichtleiter wird.

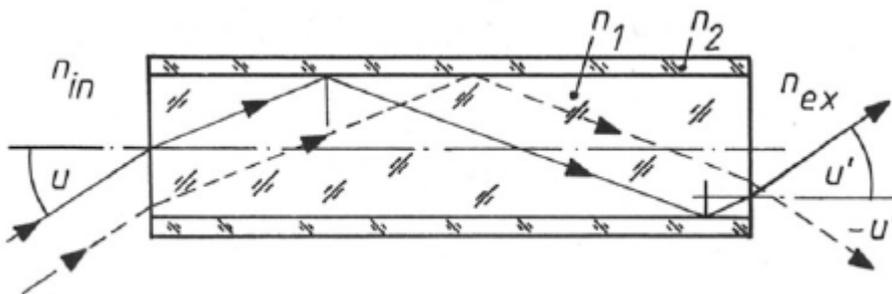
Mathematisch wird der Brechungswinkel formuliert:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_1}{n_0}$$



für $n_0 = 1$ wird die Gleichung zu $\sin \alpha = \sin \beta \cdot n_1$. Betrachtet man den Winkel für streifenden Lichtaustritt ($\sin \alpha = 1$), wird $\sin \beta = 1 / n_1$, also $\beta = \arcsin(1 / n_1)$. Dieser Winkel, bei dem die Totalreflexion beginnt, wird auch Brewster-Winkel genannt.

Diese Verhältnisse gelten also für einen Glaskörper (z.B. auch Faser), der eine Grenzfläche gegen Luft hat. In der Praxis wäre ein solcher Lichtleiter wenig geeignet, da jeder Oberflächenkontakt, aber auch jede Verschmutzung zu einer Auskopplung und damit zu Lichtverlust führt. Um dies zu vermeiden, umgibt man das lichtleitende Material mit einem weiteren, für das gilt, dass dessen Brechungsindex kleiner sein muss als der des lichtleitenden Materials. In diesem Fall bezeichnet man das innere, lichtleitende Material als Kern, das umgebende als Mantel.



Totalreflexion in ummanteltem Lichtleiter

Die numerische Apertur NA entspricht dem halben Öffnungswinkel $\sin \alpha_0$, folglich ergibt sich der gesamte Öffnungswinkel aus $2 \times \arcsin \alpha_0$.

Dieser wird durch die Brechzahldifferenz von Kern- und Mantelglas bestimmt und lässt sich mit der nachstehenden Gleichung bestimmen.

$$NA = n_0 \cdot \sin \alpha_0 = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

wobei gilt:

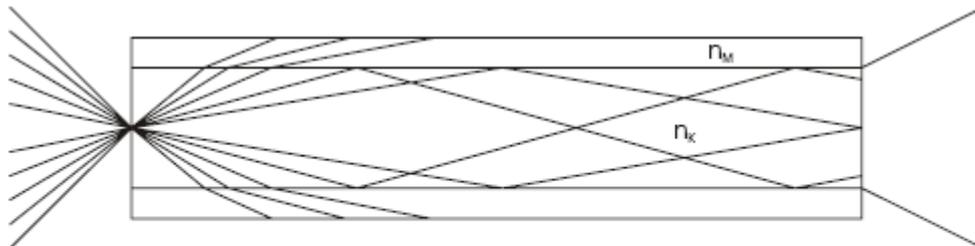
n_0 = Brechzahl des umgebenden Mediums (Luft = 1)

n_1 = Brechzahl des Faserkerns

n_2 = Brechzahl des Fasermantels

α_0 = Grenzwinkel zur optischen Achse

Die folgende Darstellung zeigt die verschiedenen Materialkonfigurationen von Kern und Mantel eines Lichtleiters, die zu unterschiedlichen optischen Eigenschaften führen.



$n_K > n_M$, Öffnungs- (Apertur-)winkel, z.B. 68°
 n_M , aperture angle e.g. 68°

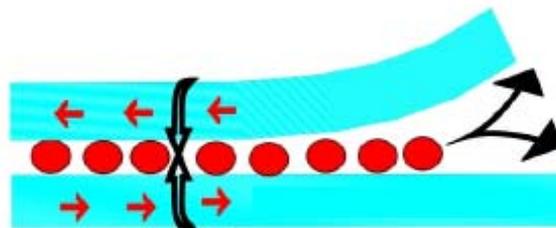
EIGENSCHAFTEN VON SCHLICHTEN

MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN

Da die Anforderungen an eine Faserschicht sehr vielfältig sind, müssen die schmiertechnischen Eigenschaften einer Schicht mit den mechanischen Anforderungen der entsprechenden Applikation und dem Handling in Einklang gebracht werden. Neben der Temperaturbeständigkeit sind auch die tribologischen Eigenschaften von hoher Wichtigkeit.

Gute Haftung bzw. leichte Trennbarkeit und Verschiebbarkeit sind durch die Auswahl und Kombination unter Ausnutzung niedrig- oder hochviskoser Substanzen mit tixotropen Merkmalen erreichbar.

Die Gleiteigenschaften selbst sind definiert durch die Viskosität der Schicht, wobei die niedrigviskosen Substanzen leichter verschiebbar sind im Gegensatz zu den hochviskosen. Dieses ist auch immer in Abhängigkeit von der Oberflächenaktivität der Substanz und der Geometrie des Trägermediums zu sehen. Diese Wechselwirkung ist auch verantwortlich für die Trennbarkeit bzw. die Haftung der Einzelfasern im Bündel. Dabei ist allerdings die Zustandsänderung infolge von Bewegung (Tixotropie der Stoffe) ausschlaggebend für das geforderte Eigenschaftsprofil.



Schematische Darstellung der tribologischen Eigenschaften

Im Rahmen der Faserkonfektionierung ist die Realisierung kleiner Biegeradien oftmals unumgänglich, so dass dieses Kriterium in seiner Bedeutung eine hohe Priorität besitzt. Die dabei auftretenden Kräfte können nur begrenzt durch die Glasfaser selbst aufgenommen werden.

BAUFORMEN

Adaptionen (Anschlusssteile)



Die Anschlusssteile in Form von Hülsen bzw. Gehäusen können in den unterschiedlichsten Formen und Materialien ausgeführt werden. Selbst Anforderungen in Bezug auf die Anschlussgeometrien (Gewinde usw.) oder die Oberflächenbehandlung sind dabei applikationsspezifisch und finden im Zuge der Entwicklung und Konstruktion Berücksichtigung.

Material und Oberfläche:

Edelstahl: blank

Aluminium: eloxiert (schwarz und farblos), blank

Messing: vernickelt, hell verchromt, schwarz
gebeizt oder schwarz, verchromt, blank

Kunststoff (PVC, PEEK): ohne Oberfläche

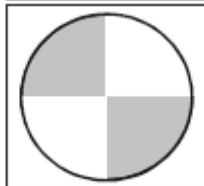
Neusilber: blank

Mischungen

Bei mehrarmigen Lichtleitern oder bei Lichtleitern mit mehreren separat geführten Faserbündeln sind folgende Faserverteilungen an den Eintrittsflächen möglich:



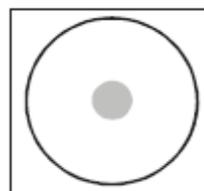
willkürliche Mischung
Arbitrary mixture



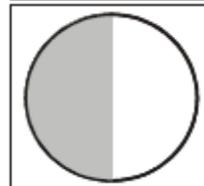
segmentförmige Mischung
Segment-type mixture



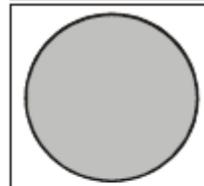
zeilenförmige Mischung
Line-type mixture



konzentrische Mischung
Concentric mixture



halbkreisförmige Mischung
Semi-circular mixture



gleichförmige Mischung
Uniform mixture

Zwecks gleichmäßiger Beleuchtung am Lichtleiterausgang werden vielfach auch in einarmigen Lichtleitern die Fasern gleichförmig gemischt.

Um eine hohe Gleichmäßigkeit und Homogenität der Fasermischung im Fertigungsprozeß gewährleisten zu können, werden Lichtleiter maschinell gemischt.

Die Zielsetzung der Mischung besteht darin, einerseits die ungleichmäßige Ausleuchtung der Beleuchtungsquelle auszugleichen und andererseits eine homogene Beleuchtung über den gesamten Querschnitt zu gewährleisten.

Anwendungsbeispiele für derartige Applikationen finden sich im Bereich der optischen Bildverarbeitung, Sensorik und der Messtechnik.



Abb. 1: grobe Fasermischung



Abb. 2: feine Fasermischung