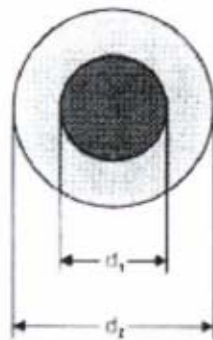


Versuch 2.7 Lichtwellenleiter

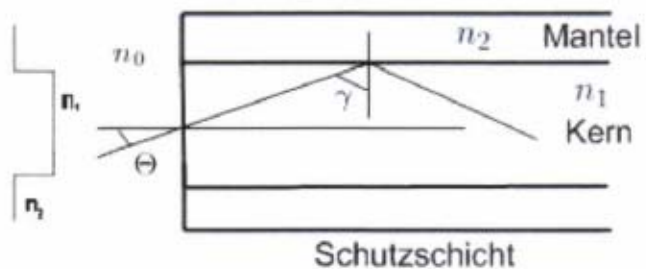
Ziel dieses Versuches ist die Untersuchung der Ausbreitung des Lichtes in Lichtwellenleitern (LWL). In modernen Nachrichtenübertragungssystemen werden heute zunehmend LWL, statt der bisher üblichen Kupferkoaxialkabel als Übertragungsmedium eingesetzt. In diesem Versuch sollen daher neben den physikalischen Grundlagen der Lichtausbreitung in LWL auch die nachrichtentechnischen Aspekte der Informationsübertragung in LWL-Systemen beleuchtet werden. Die Qualität des Übertragungsmediums LWL, die sich insbesondere durch die Größen Verluste und Dispersion kennzeichnen lässt, ist mit einfachen physikalischen Messmethoden zu charakterisieren.

Physikalische Grundlagen

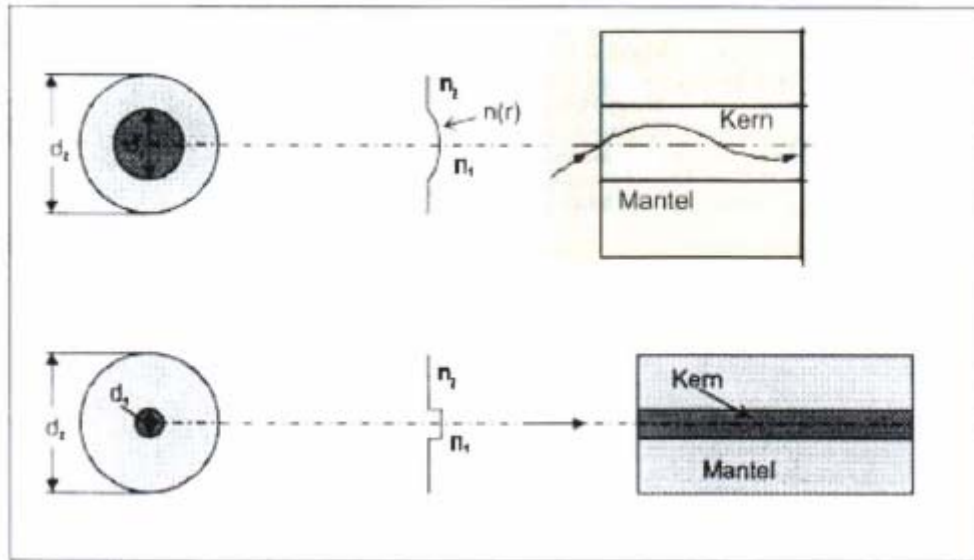
Die Ausbreitung von Licht in LWL basiert auf der Totalreflexion an der Grenzfläche zwischen dem Faserkern mit Brechungsindex n_1 und dem Fasermantel mit Brechungsindex n_2 . Grundsätzlich gilt hierbei



$$n_1 > n_2$$



Je nach dem Brechungsindexverlauf in der Faser unterscheidet man zwischen Stufenindex- und Gradientenindexfasern. Der Kerndurchmesser d_1 bestimmt die Zahl der Ausbreitungsmoden im LWL. Bei einem Kerndurchmesser in der Größenordnung der verwendeten Lichtwellenlänge findet man den Bereich der Monomodefasern, bei denen das Licht nur in einer einzigen Mode geführt wird. Eine wichtige Kenngröße eines LWL ist die numerische Apertur NA, die den Öffnungswinkel des Lichtkegels am Fasereintritt beschreibt, der gerade noch durch Totalreflexion in der Faser geführt wird. Durch Absorption und Streuung werden in den LWL Verluste hervorgerufen, die zu einer Abschwächung des Lichtes führen. Diese Verluste zeigen eine charakteristische Wellenlängenabhängigkeit. Zusammen mit der Dispersion ergibt sich eine optimale Arbeitswellenlänge für die LWL im Bereich des nahen Infrarot bei 1300 nm und 1550 nm.



Literatur:

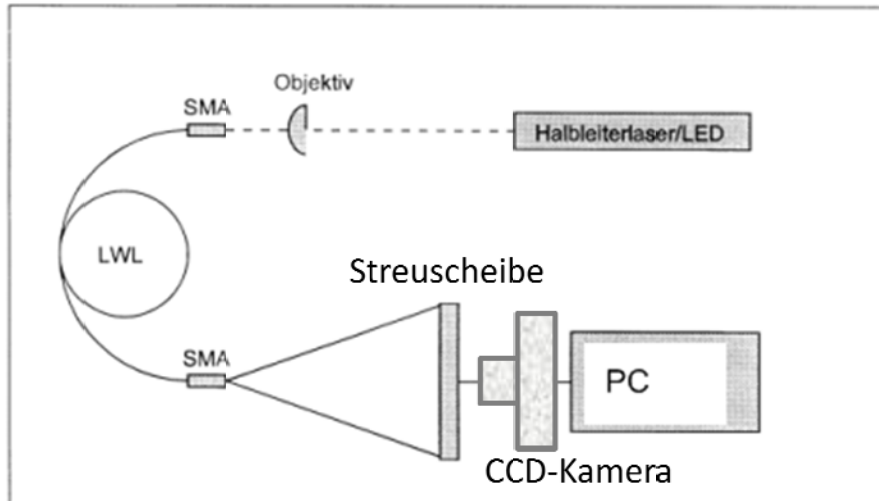
Kneubühl, Sigrist Laser	
Demtröder	Laser-Spektroskopie
Young	Optics and Lasers
Grimm, Nowak	Lichtwellenleitertechnik

Versuchsanordnung

Der optische Aufbau befindet sich auf einer Lochrasterplatte aus Aluminium. Zur Messung der Fernfeld- und Nahfeldverteilung stehen Halbleiterlaser (670nm) und LED's (rot 625nm, blau 455nm und weiß) mit unterschiedlichen Wellenlängen, sowie IR-LED (940 nm), Millimeter- und Mikrometerskala (200 strichen in 5 mm) für die Kalibrierung zur Verfügung. Die Messungen werden an verschiedenen Fasertypen durchgeführt, die mit SMA-Steckern an den Versuchsaufbau angekoppelt werden. Zur Einkopplung des Lichtes in den LWL dient ein Mikroskopobjektiv mit einer x-y Justiereinrichtung. Die Abtastung der Intensitätsprofile geschieht in allen Versuchsteilen mit CCD-Kameras. Zur Messung der wellenlängenabhängigen Dämpfung wird ein Transmissionsgitter als dispersives Element eingesetzt.

Versuchsdurchführung

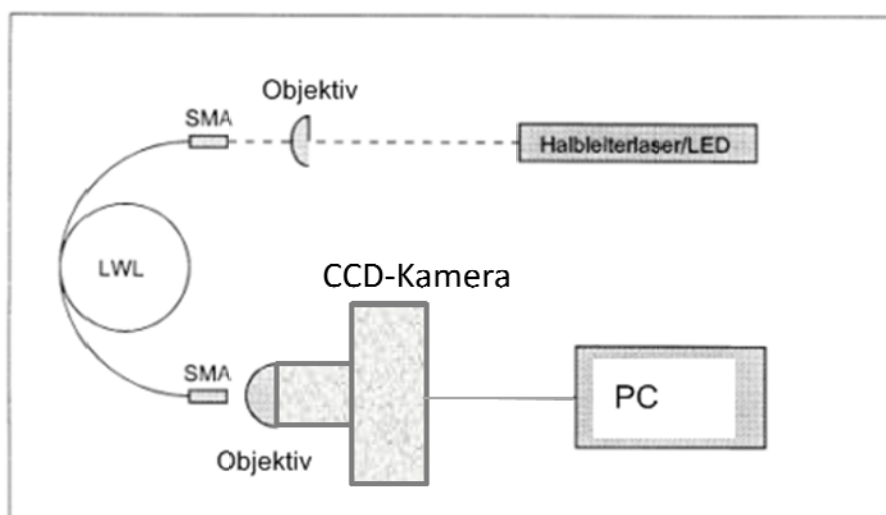
Beim Betrieb des Halbleiterlasers ist äußerste Vorsicht geboten.
 Laserstrahlen verursachen Netzhautschäden im Auge.
 Blicken Sie daher niemals direkt in den Laserstrahl.



a) Messung der numerischen Apertur:

Die numerische Apertur einer Faser bestimmt man aus der Intensitätsverteilung im Fernfeld. Das austretende Licht am Ende eines beleuchteten LWL mit dem Kerndurchmesser d wird im Fernfeld (d.h. Abstand $r \gg d^2/\lambda$) mit Streuscheibe aufgefangen und auf die CCD-Kamera abgebildet. Aus der Geometrie der Anordnung und der gemessenen Intensitätsverteilung lässt sich die numerische Apertur des LWL bestimmen. Diese Messungen sind mit dem Laser und den LED's an den verschiedenen Fasern vorzunehmen (Spezifikation der Fasern: <http://www.thorlabs.de>).

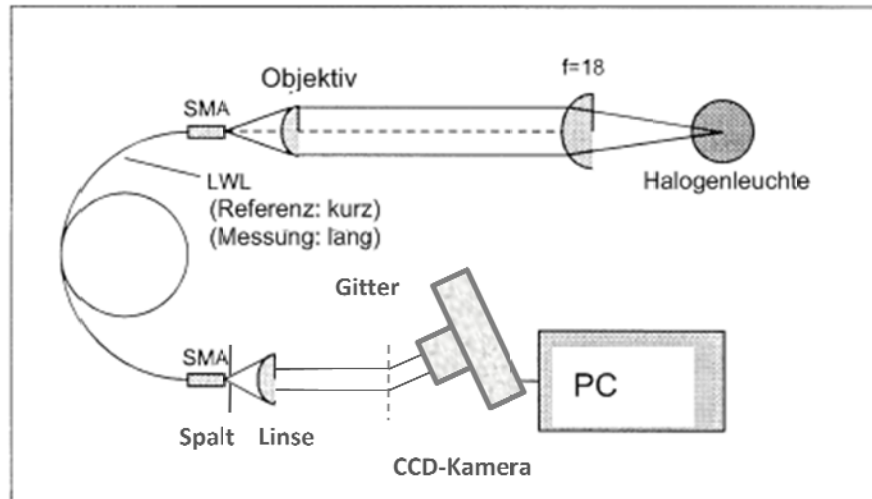
b) Messung des Indexprofils



Das Brechungsindexprofil eines LWL bestimmt man durch das Ausmessen der Intensitätsverteilung des Nahfeldes. Hierzu bildet man das Ende einer beleuchteten Faser durch ein Mikroskopobjektiv in

eine Bildebene ab und misst dort mit der CCD-Kamera die Intensitätsverteilung aus. Diese Messungen sind ebenfalls mit dem Laser sowie den LED's an allen Fasern durchzuführen.

c) Messung der Wellenlängenabhängigkeit der Transmission:



Zur Bestimmung der wellenlängenabhängigen Transmission $T = I(\lambda)/I_0(\lambda)$ eines LWL wird eine breitbandige Halogenleuchte als Lichtquelle verwendet. Die spektrale Eigencharakteristik der Lichtquelle $I_0(\lambda)$ wird mit einem LWL mit sehr geringer Länge aber gleichem Aufbau wie der zu vermessende LWL bestimmt. Die spektrale Dämpfung in Einheiten von dB/m wird aus den gemessenen Transmissionswerten eines langen LWL errechnet. Durch den Detektor und die Lichtquelle ist die Messung auf den Spektralbereich von 400 nm bis 1100 nm beschränkt. Vergleichen Sie den Transmissionsverlauf mit der Theorie (<http://www.thorlabs.de>).

Fragen zur Selbstkontrolle

- 1) Erklären Sie den Mechanismus der Lichtausbreitung in LWL.
- 2) Welche Wirkung hat das Indexprofil bei Stufenindex- und Gradientenindexfasern?
- 3) Erläutern Sie den Unterschied zwischen Multimode- und Monomode-LWL.
- 4) Erklären Sie die Funktionsweise einer Leuchtdiode und eines Halbleiterlasers.
- 5) Was versteht man unter der Numerischen Apertur und Modendispersion?
- 6) Welche physikalischen Prozesse beeinflussen das optische Transmissions- bzw. Dispersionsverhalten von LWL?