

Übungsblatt 10

Besprechung am 17.07.2017

Aufgabe 2

Signalleitung in einer Glasfaser. Eine Glasfaser bestehe aus einem Kern und einem den Kern umhüllenden Mantel. Der Kern besitze einen Radius von $r = 100 \mu\text{m}$.

- Unter welchem maximalen Winkel zur Faserachse kann Licht in die Faser eingestrahlt werden, wenn das Signal vollständig übertragen werden soll. Die Brechungsindizes von Mantel und Kern betragen jeweils: $n_M = 1.59$ und $n_K = 1.60$ (Hinweis: Skizzieren Sie den Verlauf des Lichtstrahls durch den Faserquerschnitt: Zunächst wird das Licht beim Eintritt in die Glasfaser an der Grenzfläche zwischen Luft und Glasfaserkern gebrochen. Die Voraussetzung für die vollständige Übertragung ist dann die Totalreflexions des Lichts an der Grenzfläche zwischen Kern und Mantel.)
- Im Folgenden wird der gleiche Kern verwendet aber ein Mantel mit anderem Brechungsindex. Welchen Brechungsindex müsste der neue Mantel haben, damit ein Einstrahlwinkel von 20° möglich wäre.
- Berechnen Sie den kleinstmöglichen Krümmungsradius R (siehe Abbildung) bei der die Totalreflektion für Strahlen, die parallel zur Faserachse einfallen noch erhalten bleibt. Benutzen Sie die Werte von n_M und n_K aus Teilaufgabe a). (Hinweis: Machen sie sich klar, warum es genügt, einen Laserstrahl der im Abstand $R - r$ einfällt zu betrachten! Stellen Sie dann einen Zusammenhang zwischen den Radien ($R - r$ und $R + r$) und dem Reflexionswinkels her.)

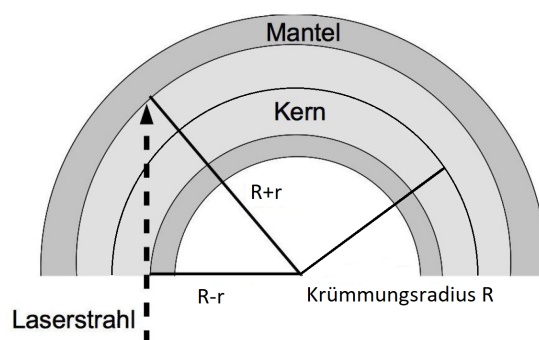


Abbildung 1: Querschnitt durch die gekrümmte Faser

Aufgabe 2

Polarisation und optische Aktivität. Die optische Aktivität ist eine Eigenschaft mancher durchsichtiger Materialien, die Polarisationsrichtung des Lichts zu drehen. Diese kann mit einem Polarimeter (d.h. ein Gerät zur Messung der Polarisationsrichtung des Lichts) bestimmt werden. Ein Polarimeter besteht aus zwei Polarisationsfiltern, die sich vor und hinter der optisch aktiven Probe befinden. Der erste Filter polarisiert das Licht linear (Polarisator). Der zweite Filter ist drehbar und dient dazu die Lage der Polarisationsachse nach dem Durchlaufen der Probe zu bestimmen (Analytator). Der spezifische Drehwinkel $[\alpha]_{\lambda}^T$ gibt die optische Aktivität einer chemischen Substanz oder ihrer Lösung bei einer bestimmten Temperatur T und Wellenlänge λ an. So gilt zum Beispiel für α -D-Glucose: $[\alpha]_{589.3nm}^{20^{\circ}C} = 112.2^{\circ} \text{ ml dm}^{-1} \text{ g}^{-1}$.

- a) Zunächst ist keine Probe eingesetzt und die Polarisationsachsen der Filter sind parallel zueinander. Demzufolge verliert das linear polarisierte Licht beim Durchgang durch den zweiten Filter nicht an Intensität und die Amplitude des elektrischen Feldvektors bleibt konstant. Nach dem Einsetzen der α -D-Glucose-Probe nimmt die Amplitude des elektrischen Feldvektors beim Durchgang des zweiten Filters auf die Hälfte ab. Um wie viel Grad hat sich die Polarisationsachse des Lichts gedreht? Sie dürfen annehmen, dass die Drehung im Bereich zwischen 0° und 90° liegt. Warum ist diese Annahme notwendig?
- b) Die in a) eingesetzte Probe hat eine Länge von 10 cm. Berechnen sie die Konzentration c (Einheiten g l^{-1}) der α -D-Glucose. (Hinweis: Die Einheiten von $[\alpha]_{589.3nm}^{20^{\circ}C}$ liefern einen Hinweis, wie der Drehwinkel des Lichts mit dem spezifischen Drehwinkel in Zusammenhang gebracht werden kann).

Aufgabe 3

Doppelspaltexperiment.

Beim Doppelspaltexperiment lässt man monochromatisches Licht durch eine Blende mit zwei schmalen, parallelen Spalten treten. In größerer Distanz hinter der Blende befindet sich ein Schirm. Das Licht wird an den Spalten gebeugt und aufgrund der unterschiedlichen Weglängen der beiden Strahlen interferieren die Lichtwellen entweder destruktiv oder konstruktiv in Abhängigkeit des Beugungswinkels. Auf dem Schirm ist ein Interferenzmuster zu sehen. Dieses Experiment wurde 1802 von Thomas Young durchgeführt, um den Wellencharakter des Lichts nachzuweisen.

Betrachten Sie einen Doppelspalt, bei dem der Abstand der Mittelpunkte der beiden Spalten $a = 0.5 \text{ mm}$ beträgt. Als Lichtquelle wird ein monochromatischer Laser mit einer Wellenlänge von $\lambda = 800 \text{ nm}$ verwendet. Der Abstand vom Doppelspalt zum Schirm beträgt $d = 2 \text{ m}$

- a) Berechnen Sie den Abstand benachbarter Minima auf dem Schirm. Hierbei dürfen Sie in Kleinwinkelnäherung $\tan(\phi) = \sin(\phi)$ annehmen.

- b) Auch an einem Einzelspalt kann man Interferenz beobachten. Bei welchem Gangunterschied der Randstrahlen kommt es zu konstruktiver bzw. destruktiver Interferenz? Welche Auswirkungen hat die Beugung am Einzelspalt auf das Interferenzmuster, dass man beim Doppelspaltexperiment beobachtet. Zeichnen Sie qualitativ die Intensitätsverteilung auf dem Schirm. (Sie dürfen annehmen, dass die Spaltbreite der Einzelspalte viel kleiner ist als der Spaltabstand des Doppelspalts.)

Aufgabe 4

Bonus: Haidinger Büschel.

Über das Farbsehen ist es dem Auge möglich die Wellenlänge von Licht im sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums zu detektieren. Viel weniger bekannt ist aber, dass das Auge auch in der Lage ist die Polarisierung des einfallenden Lichts festzustellen. Unter bestimmten Voraussetzungen ruft linear polarisiertes Licht beim Menschen das nach Wilhelm Ritter von Haidinger benannte „Haidinger-Büschel“ hervor. Das Haidinger Büschel ist eine Erscheinung im Sichtfeld, die lediglich in unserem Gehirn erzeugt wird, d.h. nicht real existiert. Das Erscheinen des Haidinger Büschels kann mit der radial-symmetrischen Anordnung der Sehnerven in der Nähe des gelben Fleckes auf der Netzhaut erklärt werden, die ähnlich wie ein Polarisationsfilter wirken. Das Haidinger Büschel kann z.B. beobachtet werden, wenn man die Reflektion eines bewölkten Himmels an einer ruhigen Wasseroberfläche beobachtet. Da das reflektierte Licht polarisiert ist, hat das Haidinger Büschel in diesem Fall eine definierte Richtung und sieht ähnlich wie in der Fotomontage in der Abbildung aus. Eine weitere Möglichkeit das Haidinger Büschel zu sehen ist mit Sonnenbrillen mit Polarisationsfilter. Ob Ihre Sonnenbrille einen Polarisationsfilter hat oder nicht können Sie leicht überprüfen indem Sie sie vor einen Bildschirm (Computer, Handy) halten und drehen. Ändert sich die Helligkeit des Bildschirms wenn Sie durch die Brille schauen hat sie einen Polarisationsfilter. Mit dieser Brille können Sie nun in die Sonne gehen und eine Wolke oder ein weißes Blatt Papier anschauen. Es hilft den Kopf bzw. die Brille zu neigen, da sich dann auch das Haidinger Büschel mitdreht!



Abbildung 2: Animation des Haidinger Büschels bei Spiegelung an einer Wasseroberfläche