

## Übungsaufgaben zu Interferenz

- Aufgabe 1: Interferenzmaxima

Natrium der Wellenlänge  $\lambda = 589 \text{ nm}$  falle senkrecht auf ein quadratisches Beugungsgitter mit der Seitenlänge  $2 \text{ cm}$  mit 4000 Linien pro Zentimeter. Das Beugungsmuster werde durch eine Linse der Brennweite  $f = 1.5 \text{ m}$  auf einen  $1.5 \text{ m}$  entfernten Schirm abgebildet. Die Linse stehe direkt vor dem Gitter. Berechnen Sie:

- a) die Lage der ersten beiden Interferenzmaxima auf einer Seite des zentralen Maximums,
- b) die Breite des zentralen Maximums und
- c) die Auflösung in der 1. Ordnung.

- Aufgabe 2: Kameralinse

Eine Kameralinse aus Glas mit der Brechzahl  $n_G = 1.6$  sei mit einer Beschichtung der Brechzahl  $n_B = 1.38$  vergütet, damit sich die Lichtdurchlässigkeit erhöht. Die Beschichtung sei so ausgelegt, dass Licht der Wellenlänge  $\lambda = 540 \text{ nm}$  nicht reflektiert wird.

Betrachten Sie die Linsenoberfläche als eine ebene Platte; die Beschichtung habe überall die gleiche Dicke.

- a) Wie dick muss die Beschichtung sein, damit sie in der 1. Ordnung die Lichtdurchlässigkeit steigert?
- b) Gibt es destruktive Interferenz für andere sichtbare Wellenlängen?
- c) Um welchen Faktor wird der Reflexionsgrad von Licht der Wellenlänge  $\lambda_1 = 400 \text{ nm}$  bzw.  $\lambda_2 = 700 \text{ nm}$  durch diese Beschichtung verringert? Vernachlässigen Sie die Differenz der Amplituden des an beiden Oberflächen reflektierten Lichtes.

- Aufgabe 3: Öltropfen

Ein Öltropfen schwimme auf Wasser. Das reflektierte Licht werde direkt über dem Tropfen beobachtet. Wie dick ist der Tropfen dort, wo der zweite rote Streifen (vom Rand des Tropfens aus gezählt) beobachtet wird? Die Wellenlänge des roten Lichtes sei  $\lambda_{rot} = 650 \text{ nm}$ .

$n_{\text{Öl}} = 1.22$ ,  $n_{\text{Wasser}} = 1.33$ .

• Aufgabe 4: Doppelspalt

Licht der Wellenlänge  $\lambda = 550 \text{ nm}$  beleuchte einen Doppelspalt mit der Spaltbreite  $0.03 \text{ mm}$  und dem Spaltabstand  $0.15 \text{ mm}$ .

- a) Wie viele Interferenzmaxima fallen in das zentrale Beugungsmaximum?
- b) Wie groß ist das Verhältnis der Intensität des dritten Interferenzmaximums zu der des ersten Interferenzminimums?

• Aufgabe 5: Newtonsche Ringe

Eine Anordnung zur Ausmessung von Newtonschen Ringen besteht aus einer Glaslinse mit dem Krümmungsradius  $R$ , die auf einer ebenen Glasplatte liegt. Die dünne Schicht ist in diesem Fall Luft; ihre Dicke  $d$  ändert sich mit dem Radius  $r$ . Das Interferenzmuster wird im reflektierten Licht beobachtet.

- a) Zeigen Sie, dass die Bedingung für einen hellen Interferenzring gegeben ist durch

$$d = \left(m + \frac{1}{2}\right) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

mit  $m = 0, 1, 2, \dots$ .

- b) Zeigen Sie, dass sich für  $\frac{d}{R} \gg 1$  der Radius  $r$  eines hellen Rings berechnet zu

$$r = \sqrt{\left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda R}$$

mit  $m = 0, 1, 2, \dots$ .

- c) Wie unterscheiden sich das transmittierte und das reflektierte Muster?
- d) Wie viele helle Ringe lassen sich in der Reflexion beobachten, wenn die Anordnung mit gelbem Natriumlicht beleuchtet wird? ( $R = 10 \text{ cm}$  und der Linsendurchmesser sei  $4 \text{ cm}$ .)
- e) Wie groß ist der Durchmesser des sechsten hellen Rings?
- f) Anstatt Luft werde Wasser als dünner Film zwischen der Linse und der Glasplatte verwendet. Welche Änderung tritt an den hellen Ringen auf?

• Aufgabe 6: Michelson-Interferometer

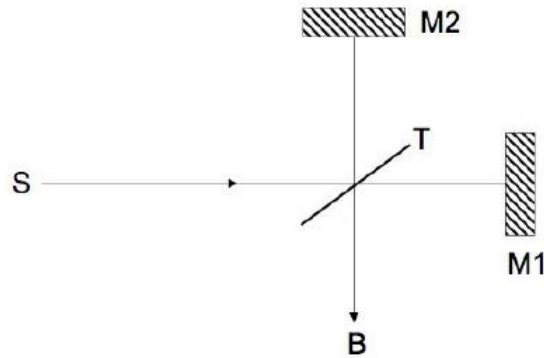


Abbildung 1: Michelson-Interferometer

Gegeben sei das skizzierte Michelson-Interferometer.

- a) Die Quelle  $S$  emittiere zunächst monochromatische Strahlung der Wellenlänge  $\lambda$ . Im Punkt  $B$  beobachtet man das Auftreten von 10 Interferenzmaxima, wenn der Spiegel  $M1$  um die Strecke  $d = 2.25 \mu m$  in Strahlrichtung verschoben wird. Bestimmen Sie die Wellenlänge  $\lambda$ .
- b) Zwischen Strahlteiler  $T$  und Spiegel  $M1$  wird nun eine evakuierte Zelle der Länge  $L = 10 \text{ cm}$  eingestellt. Während des Auffüllens der Zelle mit  $CO_2$ -Gas bis zum Atmosphärendruck wird das Auftreten von 200 Interferenzmaxima beobachtet. Bestimmen Sie den Brechungsindex  $n$  von  $CO_2$  bei Atmosphärendruck.
- c) Mit dem Michelson-Interferometer können zwei eng benachbarte Wellenlängen aufgelöst werden. In Abhängigkeit der Verschiebung  $d$  des Spiegels  $M1$  beobachtet man maximale Intensität, wenn die einzelnen Interferenzbilder für die Strahlung der beiden Wellenlängen zusammenfallen. Die Quelle  $S$  emittiere nun zwei Strahlungen der Wellenlängen  $\lambda$  und  $\lambda'$  mit  $\lambda \approx \lambda' \approx 450 \text{ nm}$ . Die Strecke, die der Spiegel  $M1$  zwischen zwei benachbarten Maxima verschoben werden muss, ist  $d = 90 \mu m$ . Bestimmen Sie  $\Delta\lambda = |\lambda - \lambda'|$ .

• Aufgabe 7: Abstandsbestimmung

Weißes Licht fällt unter einem Winkel von  $45^\circ$  auf eine Seifenblase mit Brechungsindex  $n = 1.33$ . Im reflektierten Licht beobachtet man Farben bis zu einer Wellenlänge von  $\lambda_{max} = 0.6 \mu m$ . Welcher Farbe entspricht dieser Wellenlänge? Berechnen Sie sodann die Dicke der Seifenblase.

• Aufgabe 8: Kalkspatplättchen

Ein planplanares Kalkspatplättchen der Dicke  $d$ , dessen optische Achse parallel zur Oberfläche ist, fällt senkrecht polarisiertes Licht der Wellenlänge  $\lambda$ , wobei die Polarisationsrichtung einen Winkel von  $45^\circ$  mit der optischen Achse bildet.

Der Brechungsindex für den ordentlichen Strahl ist  $n_o = 1.6584$ , der für den außerordentlichen  $n_{ao} = 1.4684$ . Hinter der Platte befindet sich ein Polarisationsfilter, dessen Durchlassrichtung mit der optischen Achse den Winkel  $\Theta$  bildet.

Wie groß ist die Intensität des Lichtes nach dem Polarisationsfilter, wenn die einfallende Intensität Null ist?

Was ergibt sich für  $l = 500 \text{ nm}$  und  $d = 6.541 \text{ mm}$ ?

Wie ist in diesem Fall das die Kalkplatte verlassende Licht polarisiert?

• Aufgabe 9: Radar

Ein Flugzeug am Nordrand des Starnberger Sees betreibt eine Radaranlage, die die Flugzeuge überwacht, die sich über dem See im Landeanflug befinden. Die Antenne befindet sich in  $10 \text{ m}$  Höhe über den Wasserspiegel und empfängt und sendet Radiowellen von  $\lambda = 20 \text{ m}$ .

In welcher Höhe  $H$  muss ein Flugzeug in  $s = 5 \text{ km}$  Entfernung mindestens fliegen, damit es vom Radar nicht aufgezeichnet wird?

(Hinweis: Taylorentwicklung nötig!)

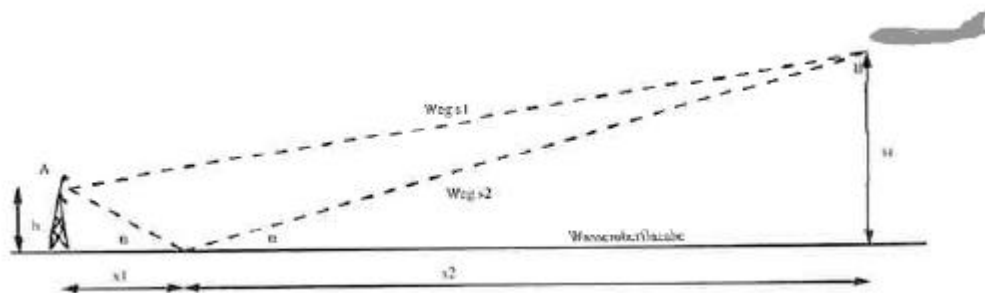


Abbildung 2: Skizze zur Aufgabe

• Aufgabe 10: Dreifachspalt

Gegeben sei ein Dreifachspalt mit gleich breiten Spalten. Die Spaltabstände seien  $d$  und  $\frac{3}{2}d$ .

- a) Bei welchem Winkel tritt das erste Hauptmaximum auf?
- b) Das Ergebnis aus Teilaufgabe a) sei  $\Theta_1$ . Die Intensität in Richtung des Maximums nullter Ordnung sei  $I_0$ . Wie groß ist die Intensität in Richtung  $\frac{\Theta_1}{2}$ ?

• Aufgabe 11: Radioastronomie

Der Durchmesser der Sonne beträgt  $1.39 \cdot 10^6 \text{ km}$  und ihr Abstand zur Erde ungefähr  $l = 150 \cdot 10^6 \text{ km}$ . Sonnenflecken haben Durchmesser von bis zu  $d = 5 \cdot 10^4 \text{ km}$ . Zur Untersuchung von Sonnenflecken benutzt man Wellenlängen von  $\lambda = 2 \text{ m}$ .

- a) Welchen Durchmesser müsste der Reflektor eines Radioteleskops haben mit dem man Sonnenflecken auflösen kann?
- b) Berechnen Sie zum Vergleich die Winkelauflösung des Spiegelteleskops auf dem Mount Palomar für  $\lambda = 550 \text{ nm}$ . Es hat einen Spiegeldurchmesser von  $D = 5 \text{ m}$ .