

13. Übungsblatt

Besprechung: 30.01.2012

1. Brechung

Eine unpolarisierte Lichtwelle trifft unter dem Brewsterwinkel auf die Grenzfläche zweier Medien mit unterschiedlichen Brechungsindizes. Dabei ändert/ändern sich die der Welle. Ergänzen Sie die Lücke physikalisch korrekt mit der oder den folgenden Welleneigenschaften:

- (a) Ausbreitungsrichtung,
- (b) Frequenz,
- (c) Wellenlänge,
- (d) Ausbreitungsgeschwindigkeit,
- (e) Farbe,
- (f) Polarisierung.

(Lösungswerte: (a), (c), (d), (f))

Lösung:

Lichtbrechung führt zu einer Änderung der Ausbreitungsrichtung.

Die Lichtfrequenz verändert sich nicht, jedoch ändert sich die Wellenlänge, da sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit mit dem Brechungsindex verändert.

Die Farbe des Lichtes hängt von der Frequenz ab, die sich nicht verändert. Daher bleibt die Farbe unverändert.

Eine unpolarisierte Lichtwelle besitzt alle Polarisationsrichtungen zugleich. Beim Einfall unter Brewsterwinkel, wird eine Polarisationsrichtung teilweise reflektiert, während andere Polarisationsrichtungen unter Brechung durchgelassen werden. Da im durchgelassenen Licht die reflektierte Polarisationsrichtung teilweise fehlt, ändert sich die Polarisierung des durchgelassenen Lichtes: Es ist nun teilweise polarisiert.

2. Lupe

Welche Brennweite hat eine Lupe, die eine 3-fache Vergrößerung (= Vergrößerung des Sehwinkels) bewirkt?

(Lösungswert: 8.33 cm)

Lösung:

Die Vergrößerung V einer Lupe berechnet sich auf der deutlichen Sehweite $s_0 = 25$ cm und der Brennweite f_L gemäß: $V = \frac{s_0}{f_L}$

Umstellen nach f_L und einsetzen von s_0 und $V = 3$ ergibt: $f_L = \frac{25 \text{ cm}}{3} \approx 8.33$ cm

3. Linsensysteme

Sie haben eine Sammellinse ($f_1 = 20$ cm), benötigen jedoch eine Gesamtbrennweite von 40 cm, die durch Aneinandersetzen mit einer weiteren Linse f_2 erreicht werden soll. Von welchem Typ ist diese Linse und welche Brennweite (in cm) muss diese haben? In welcher Bildweite b läge ein mit diesem zusammengesetzten Linsensystem abgebildeter Gegenstand, der sich in $g = 120$ cm Entfernung befindet.

(Lösungswerte: $f_2 = -40$ cm, Zerstreuungslinse, $b = 60$ cm)

Lösung:

Für die Gesamtbrennweite f einer Kombination dünner Linsen der Brennweiten f_1 und f_2 im Abstand d gilt nach Vorlesung

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 \cdot f_2}$$

In dieser Aufgabe ist $d = 0$, da die Linsen aneinander gesetzt werden sollen. Umstellung der Formel nach f_2 bei $d = 0$ ergibt

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{f} - \frac{1}{f_1} \rightarrow f_2 = \frac{1}{\frac{1}{f} - \frac{1}{f_1}} = \frac{f \cdot f_1}{f_1 - f}$$

Einsetzen von $f = 40$ cm und $f_1 = 20$ cm ergibt:

$$f_2 = \frac{40 \text{ cm} \cdot 20 \text{ cm}}{20 \text{ cm} - 40 \text{ cm}} = \frac{800 \text{ cm}^2}{-20 \text{ cm}} = -40 \text{ cm}$$

Die negative Brennweite besagt, dass die zweite Linse eine Zerstreuungslinse sein muss. Aus der Abbé-Abbildungsgleichung $\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$ folgt die Bildweite gemäß

$$\frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{g} \rightarrow b = \frac{f \cdot g}{g - f}$$

Einsetzen von $g = 120$ cm und $f = 40$ cm ergibt:

$$b = \frac{40 \text{ cm} \cdot 120 \text{ cm}}{120 \text{ cm} - 40 \text{ cm}} = \frac{4800 \text{ cm}^2}{80 \text{ cm}} = 60 \text{ cm}$$

4. Mikroskop

Sie verwenden ein Mikroskop, das zunächst eine Vergrößerung $V_1 = 120$ erzielt. Auf welchen Wert V_2 ändert sich diese, wenn Sie Objektiv und Okular gegen Einsätze mit je doppelter Brennweite austauschen?

(Lösungswert: $V_2 = 30$)

Lösung:

Nach Vorlesung ist die Vergrößerung eines Mikroskops durch

$$V_M = \frac{\Delta \cdot s_0}{f_{\text{Obj}} \cdot f_{\text{Oku}}}$$

gegeben. Wenn $f_{\text{Obj}} \rightarrow 2f_{\text{Obj}}$ und $f_{\text{Oku}} \rightarrow 2f_{\text{Oku}}$ werden, dann folgt:

$$V_2 = \frac{\Delta \cdot s_0}{2f_{\text{Obj}} \cdot 2f_{\text{Oku}}} = \frac{1}{4} \frac{\Delta \cdot s_0}{f_{\text{Obj}} \cdot f_{\text{Oku}}} = \frac{1}{4} V_1 = \frac{1}{4} \cdot 120 = 30$$