

Prof. Dr. Andreas Knorr
 Dr. Heiko Appel
 Dr. Marten Richter

9. Übungsblatt – Theoretische Physik VI: Theoretische Optik

Abgabe: Bis Mo. 07.07.2014 in der Übung

Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Die Abgabe erfolgt in Dreier- oder Vierergruppen.

Aufgabe 1 (12 Punkte): Berechnung von Linsen und Linsensystemen mit ABCD-Matrizen

In der Vorlesung wurde für den paraxialen Strahlengang der Formalismus der ABCD-Matrizen eingeführt. In dieser Übungsaufgabe wird ausgehend von den Matrizen aus der Vorlesung für eine berechnende Oberfläche und die Propagation im freien Raum ABCD für Linsen und Linsensysteme abgeleitet.

- Dicke Linse:** Die ABCD Matrix für eine dicke Linse setzt sich zusammen aus den beiden brechenden Oberflächen und der freien Propagation. Die beiden brechenden Oberflächen können jeweils konkav oder konvex sein. Machen Sie sich klar (mit Skizzen), welche Vorzeichen die Radien der beiden Grenzflächen in den vier Fällen besitzen. Die Formel, die wir im folgenden ableiten sollen allgemeingültig für die 4 Fälle gelten!
- Zeigen Sie (mit Skizze), dass die weiteren ABCD Matrizen für eine dicke Linse aus einem Material mit Brechungsindex n (Luft näherungsweise Brechungsindex 1), die Form hat:

$$M_{DL} = \begin{pmatrix} 1 - \frac{d}{R_1} \frac{n-1}{n} & \frac{d}{n} \\ (n-1) \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} - \frac{d}{R_1 R_2} \frac{(n-1)}{n} \right) & 1 + \frac{d}{R_2} \frac{n-1}{n} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

wobei R_1 und R_2 die Radien der beiden Grenzflächen sind und d die Dicke der Linse beschreibt.

- Dünne Linse:** Meist werden statt dicken Linsen, dünne Linsen verwendet $d/R_1 \rightarrow 0$ und $d/R_2 \rightarrow 0$, zeigen Sie, dass in dem Fall die ABCD Matrix, die Form hat:

$$M_{dl} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ (n-1) \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) & 1 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

- Dünne Linsen werden oft über den Brennpunkt f definiert. Wir definieren jetzt f über die Gleichung:

$$M_{dl} =: \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Zeigen Sie, dass die Linsengleichung:

$$\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} = \frac{1}{f} \quad (4)$$

für die Abstände l_1 und l_2 von Bild und Quelle, bei dieser Definition erfüllt wird.

- Linsensystem:** Berechnen Sie die ABCD Matrix für ein Linsensystem, das aus zwei dünnen Linsen besteht. Der Abstand zwischen den beiden Linsen wird mit \tilde{d} bezeichnet. Zeigen Sie und begründen Sie, dass das Linsensystem sich wie eine einzige dünne Linse verhält. Gilt das für alle Abstände \tilde{d} ?