

Aufgabe 1

(9 Punkte)

Die benötigten Ableitungen lauten

$$\frac{d}{dx}y(x, t) = \frac{3}{2} \cdot k(kx + \omega t)^2$$

$$\frac{d^2}{dx^2}y(x, t) = 3 \cdot k^2(kx + \omega t)$$

$$\frac{d}{dt}y(x, t) = \frac{3}{2} \cdot \omega(kx + \omega t)^2$$

$$\frac{d^2}{dt^2}y(x, t) = 3 \cdot \omega^2(kx + \omega t)$$

Eingesetzt in die Differentialgleichung:

$$\begin{aligned} \frac{d^2}{dx^2}y(x, t) - \frac{1}{c^2} \frac{d^2}{dt^2}y(x, t) &= 3k^2(kx + \omega t) - \frac{1}{c^2} 3\omega^2(kx + \omega t) \\ &= 3k^2(kx + \omega t) - \frac{k^2}{\omega^2} 3\omega^2(kx + \omega t) \\ &= 3k^2(kx + \omega t) - 3k^2(kx + \omega t) = 0 \end{aligned}$$

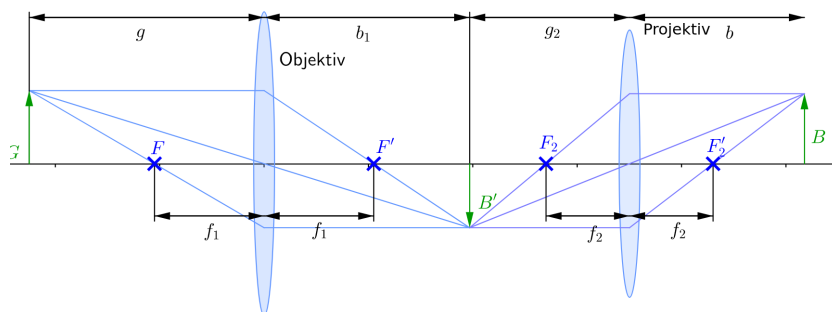
Die Funktion $y(x, t)$ ist Lösung der Wellengleichung.

Sie kann aber keine elektromagnetische Welle beschreiben - sie ist nicht periodisch.

Aufgabe 2

(20 Punkte)

Vor zwei Sammellinsen mit der Brennweite $f_1 = 20\text{mm}$ und $f_2 = 15\text{mm}$ im Abstand von $d = 50\text{mm}$ befindet sich ein Gegenstand der Höhe $G = 20\text{mm}$ mit dem Abstand $g = 6\text{cm}$ vor der ersten Linse.



a)

Abbildung 1: Linsensystem-Konstruktion und der Abbildung

b) $g = 60\text{mm}$, $f_1 = 20\text{mm}$, über die Abbildungsgleichung gerechnet:

$$b_1 = \frac{f_1 \cdot g}{g - f_1} = \frac{20 \cdot 60\text{mm}^2}{60\text{mm} - 20\text{mm}} = 30\text{mm}$$

Mit dem Abstand der Linsen $d = 50\text{mm}$ und der Brennweite $f_2 = 15\text{mm}$ folgt

$$g_2 = d - b_1 = 50\text{mm} - 30\text{mm} = 20\text{mm}$$
$$b = \frac{f_2 \cdot g_2}{g_2 - f_2} = \frac{15 \cdot 20\text{mm}^2}{20\text{mm} - 15\text{mm}} = 60\text{mm}$$

c) Die Vergrößerung der beiden Abbildungen ist

$$V_1 = (-1) \frac{b_1}{g} = -\frac{30}{60} = -\frac{1}{2}$$

$$V_2 = (-1) \frac{b}{g_2} = -\frac{60}{20} = -3$$

$$V = V_1 \cdot V_2 = \left(-\frac{1}{2}\right) \cdot (-3) = \frac{3}{2}$$

$$B = V \cdot G = \frac{3}{2} \cdot 20\text{mm} = 30\text{mm}$$

Die Vergrößerung durch das Linsensystem ist positiv, das Bild ist reell und steht aufrecht.

Aufgabe 3

(5 Punkte)

Das Licht, das von Sternen zur Erde gelangt, trifft auf seinem Weg durch das Weltall kein Hindernis; es breitet sich daher geradlinig und ohne Verluste durch Streuung über beliebig lange Strecken aus. Nachts können wir dieses Licht auch auf der Erde beobachten, sofern der Himmel nicht zu bewölkt oder neblig ist. Die besten Beobachtungen werden allerdings von Satelliten aus gemacht, denn entlang des Weges durch die Atmosphäre trifft einfallendes Licht auf kleine Wassertröpfchen und wird von diesen in alle Richtungen reflektiert (gestreut). Diese Streuung findet vor allem in den erdnahen Atmosphärenschichten statt, da dort eine höhere Gas- und Feuchtigkeitsdichte vorherrscht.

Aus dem gleichen Grund können wir auch Lichtquellen auf der Erde nur bedingt weit sehen, bei nebligem Wetter wird die Sichtweite nochmals erheblich verkürzt.

Aufgabe 4

(10 Punkte)

Der Lichtstrahl wird exakt in die Einfallsrichtung reflektiert.

a) Konstruktion des Strahlengangs:

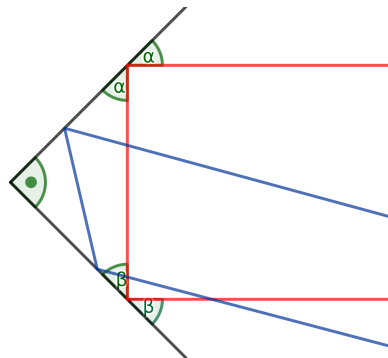


Abbildung 2: Spiegelsystem.

- b) Bei Reflexion gilt, dass der Ausfallswinkel gleich dem Einfallswinkel ist. Die eingezeichneten Winkel sind Wechselwinkel bzw. Stufenwinkel und daher immer gleich - auch für einen beliebigen Einfallswinkel. Der reflektierte Strahl läuft dem einfallenden Strahl immer genau entgegen.
- c) Für jeden Winkel läuft der Strahl in Gegenrichtung aus.
- d) senkrecht aufeinanderstehende Spiegel (in drei Dimensionen) werden in Reflektoren (Rückstrahler an Fahrrädern etc.) verwendet. Eine der Apollo-Missionen der NASA hat in den 1970er-Jahren ein solches Spiegelsystem auf der Mondoberfläche installiert, mit dem heute noch regelmäßig der Abstand des Mondes vermessen wird.

Aufgabe 5

(6 Punkte)

Aus dem Snelliusschen Brechungsgesetz kann man die beiden Fälle direkt ablesen:

$$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \sin(\beta) = \sin(\alpha) \frac{n_1}{n_2}$$

Für gleiche Ein- und Ausfallswinkel gilt also

$$\sin(\beta) = \sin(\alpha) \frac{n_1}{n_2} = \sin(\alpha)$$

Die beiden möglichen Fälle sind

1. senkrechter Einfall $\sin(\alpha) = \sin(\beta) = 0$ oder
2. identische Brechungsindizes $n_1 = n_2 \Rightarrow n_1/n_2 = 1$

Beim senkrechten Einfall wird der Strahl teilweise reflektiert, bei gleichen Brechungsindizes gibt es keine Änderung der Materialien - und damit auch keinen Grund für Reflexion.