

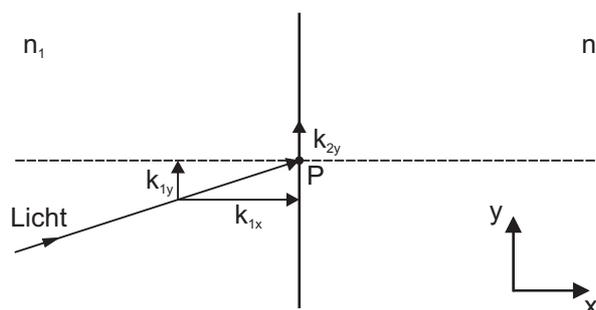
### ÜBUNGSAUFGABEN (IX)

**Bitte beachten:** Der **Abgabetermin** ist Dienstag, 22.12.2009, zur gewohnten Zeit.

Die Besprechung der Aufgaben ist am Donnerstag, 7.1.2010.

#### Aufgabe 1: (6 Punkte)

Das Verhalten von Licht an der Grenzfläche zweier Medien mit Brechungsindizes  $n_1$  und  $n_2$  lässt sich auch geometrisch mit Hilfe von sogenannten Isofrequenzkurven lösen. Ausgangspunkte sind die einheitliche Kreisfrequenz  $\omega$  in beiden Medien sowie die Erhaltung der tangentialen Komponente des Wellenvektors ( $k_{1y} = k_{2y}$ ) bei Reflexion und Brechung.



Wird  $P$  als Ursprung des gesuchten Wellenvektors  $\vec{k}_2$  angenommen, dann liegt der Endpunkt von  $\vec{k}$  auf einer Kurve, deren Abstand von  $P$  durch die Dispersionsrelation  $|\vec{k}_2| = n\omega/c$  mit Lichtgeschwindigkeit  $c$  bestimmt wird (Isofrequenzkurve). Zeichnen Sie die Isfrequenzkurven für beide Medien ( $n_1 = 1$  und  $n_2 = 1.5$ ) und konstruieren Sie den reflektierten und gebrochenen Strahl.

Der Vorteil dieser Methode zeigt sich bei Materialien mit anisotropen optischen Eigenschaften. Wir ersetzen das Medium auf der rechten Seite durch einen doppelbrechenden Kristall, dessen Hauptachse um  $45^\circ$  im Uhrzeigersinn gegenüber der  $y$ -Richtung gedreht ist. Zeichnen Sie die (elliptische) Isfrequenzkurve für  $n_{\parallel} = 1.5$  und  $n_{\perp} = 1.2$  und konstruieren Sie den resultierenden Wellenvektor  $\vec{k}_d$  im Kristall. Die Richtung des außerordentlichen Strahls ist nicht identisch mit  $\vec{k}_d$ , ergibt sich aber aus der Forderung, dass diese senkrecht auf der Isfrequenzkurve steht (am Schnittpunkt mit  $\vec{k}_d$ ). Können Sie erklären warum?

#### Aufgabe 2: (6 Punkte)

Zur Effizienzsteigerung sowie zur Vermeidung der Gewässererwärmung wird in Heizkraftwerken für die Versorgung großer Stadtgebiete die Heizwärme zentral mittels Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt. Dazu dient eine Wärmepumpe  $P$ , die mittels der zugeführten mechanischen Arbeit  $W$  einem Gewässer der Temperatur  $T_G$  die Wärme  $Q_{G1}$  entzieht und dem Heizreservoir (also den Haushalten) die Wärme  $Q_H$  bei der Temperatur  $T_H$  zuführt. Die erforderliche Arbeit  $W$  wird durch ein konventionelles Kraftwerk  $K$  (Wärmekraftmaschine) erzeugt, das seine Energie  $Q_K$  aus einem „Wärmereservoir“ (Verbrennungsprozeß) der Temperatur  $T_K$  bezieht und die Abwärme  $Q_{G2}$  in das Gewässer abführt. Skizzieren Sie zunächst in einem Diagramme die Zu- und Abflüsse von Wärme und Arbeit beider Prozesse. Berechnen Sie dann mit  $T_G = 15^\circ\text{C}$ ,  $T_H = 70^\circ\text{C}$  und  $T_K = 500^\circ\text{C}$  den Gesamtwirkungsgrad  $\eta_{\text{ges}} = Q_H/Q_K$  für den Fall, dass sowohl die Wärmepumpe  $P$  als auch die Wärmekraftmaschine  $K$  durch ideale Carnot-Maschinen beschrieben werden können.