Übungsblatt 13

Ausgabe: 09.02.2020
Abgabe: 16.02.2021 vor 10:00 Uhr (ILIAS)
Besprechung: 18.02.2021 (Übungen in MS Teams)

Anmeldung zur Vorleistung: 03.02.2021 bis 17.02.2021
Anmeldung zur 1. Klausur: 24.02.2021 bis 07.03.2021

Bitte beachten Sie auch die Informationen zu Vorleistung und Klausur im Merkblatt in ILIAS.

Aufgabe 1 **5 Punkte**

Sie wollen mit einer auf ein Stativ montierten Kamera mit einem Teleobjektiv der Brennweite f = 500 mm in einer klaren Nacht den Sirius (Fixstern) fotografieren. Der CCD-Chip in der Kamera hat eine Pixelgröße von 25 µm x 25 µm.

a) Welche maximale Belichtungszeit dürfen Sie verwenden, bevor die Abbildung des Sterns infolge der Erdrotation verzerrt wird, d.h. zwei Pixel belichtet? **2,5 Punkte**
b) Plötzlich taucht im Bildausschnitt der Kamera ein unbekanntes, hell erleuchtetes Objekt (UFO) am Himmel auf und verharrt dort zunächst bewegungslos (relativ zur Kamera). Um schnell ein Bild zu machen, bevor das UFO wieder verschwindet, lassen Sie die Entfernungseinstellung unverändert auf unendlich und schalten die Belichtungsautomatik ein, die eine Blendenzahl f/D = 11 auswählt (D: Blendendurchmesser). Begründen Sie durch Rechnung, ob mit dieser Einstellung ein scharfes Bild entsteht, wenn das UFO tatsächlich in einem Abstand von 500 m über der Kamera schewbt. **2,5 Punkte**

Aufgabe 2 **7 Punkte**

a) Zeigen Sie, dass das Plancksche Strahlungsgesetz für große Wellenlängen in das Rayleigh-Jeans-Gesetz übergeht. **1,5 Punkte**
b) Zeigen Sie, dass das Plancksche Strahlungsgesetz für kleine Wellenlängen in das Wiensche Strahlungsgesetz übergeht. **1,5 Punkte**
c) Zeigen Sie, dass das Wiensche Verschiebungsgesetz im Einklang mit dem Planckschen Strahlungsgesetz steht. **1,5 Punkte**
d) Zeigen Sie, dass sich das Stefan-Boltzmann-Gesetz aus dem Planckschen Strahlungsgesetz herleiten läßt. **2,5 Punkte**
Hinweise:
   - Berücksichtigen Sie bei der notwendigen Integration über den Raum, in den abgestrahlt wird, das Lambert-Gesetz.
   - $\int_0^\infty dx\, x^3 (e^x - 1)^{-1} = \pi^4/15.$

Aufgabe 3 **12 Bonuspunkte**

Sie stehen am Rand eines Schwimmbeckens und sehen auf dem Grund einen Gegenstand. Dieser scheint sich aufgrund der Lichtbrechung an der Wasseroberfläche in geringerer Tiefe zu befinden, als es tatsächlich der Fall ist.

In Lehrbüchern finden sich zwei mögliche Bildkonstruktionen zur Berechnung der scheinbaren Position des Gegenstandes, die zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. In beiden wird ein Lichtbündel betrachtet, das von einem Gegenstandspunkt C unter Wasser ausgeht und beim Übergang von Wasser zu Luft vom Einfallslot weg in Richtung unseres Auges gebrochen wird. Der scheinbare Ausgangspunkt des Lichtbündels ist deswegen der Punkt C'. Das Auge blickt unter einem Winkel α auf das Wasser.

a) Bei der Bildkonstruktion 1 betrachtet man zwei Randstrahlen des Strahlenbündels, welche durch einen Querschnitt (parallel zur Wasseroberfläche) durch die Pupille des Betrachters definiert sind (Abb. 1). Der scheinbare Ausgangspunkt C' des Lichtbündels erscheint dabei lotrecht über dem tatsächlichen Ausgangspunkt C.

Berechnen Sie die scheinbare Tiefe h' des Gegenstandes als Funktion von α und der tatsächlichen Tiefe h.

3 Punkte

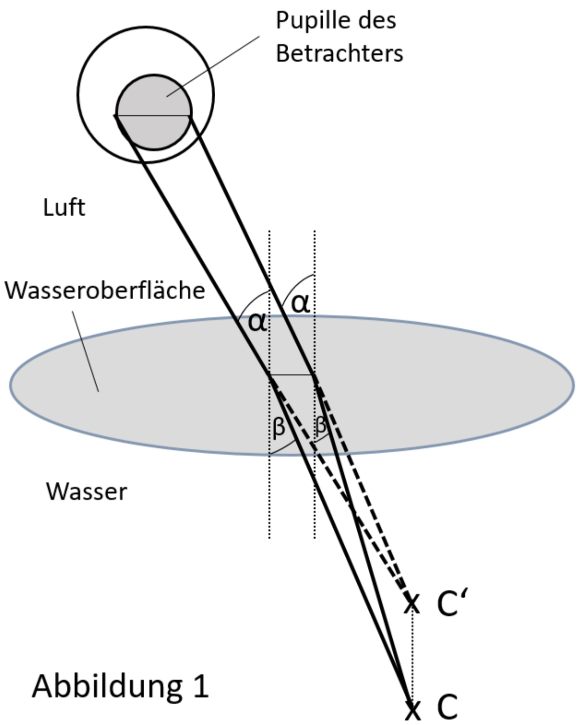

Abbildung 1

b) Bei der Bildkonstruktion 2 betrachtet man zwei Randstrahlen des Strahlenbündels, die in der Einfallsebene liegen und durch einen Längsschnitt (senkrecht zur Wasseroberfläche) durch die Pupille des Betrachters definiert sind (Abb. 2).

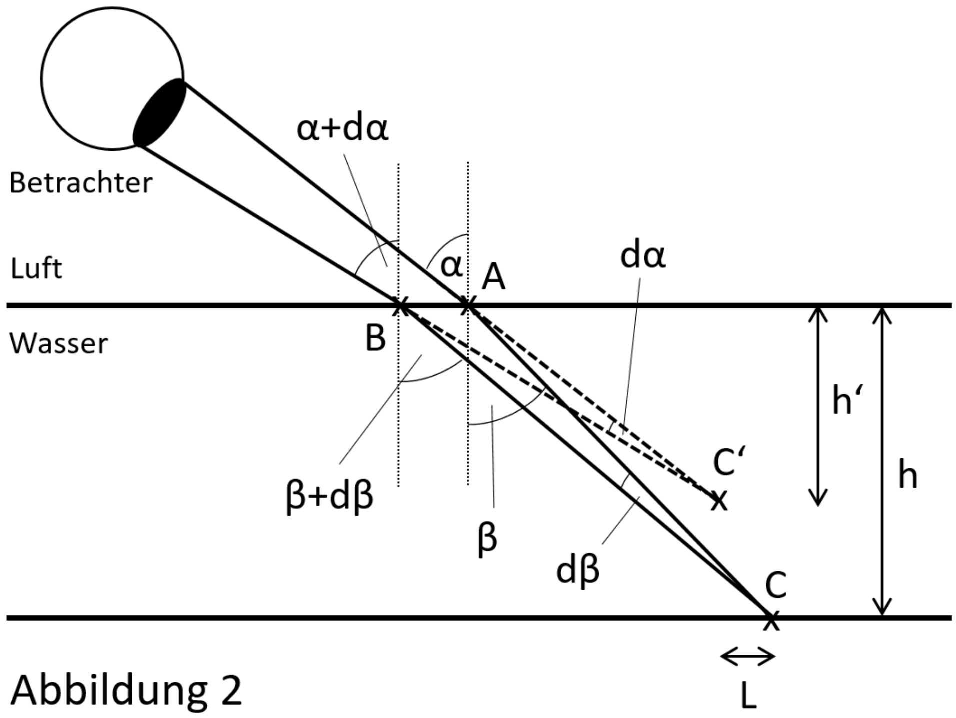

Abbildung 2

I) Berechnen Sie die scheinbare Tiefe h' des Gegenstandes als Funktion von α und der tatsächlichen Tiefe h.

i) Drücken Sie zunächst durch die Betrachtung der geometrischen Verhältnisse in Abbildung 2 h' als Funktion von h, α, $d\alpha$, β und $d\beta$ aus.
<u>Hinweis:</u> Benutzen Sie die Punkte A und B in der Zeichnung. Verwenden Sie den Sinussatz und nähern Sie an geeigneter Stelle $\sin(d\alpha) \approx d\alpha$ und $\alpha + d\alpha \approx \alpha$ sowie $\sin(d\beta) \approx d\beta$ und $\beta + d\beta \approx \beta$. **2,5 Punkte**

ii) Ermitteln Sie durch Ableitung des Brechungsgesetzes einen Ausdruck für $d\beta/d\alpha$ und setzen Sie diesen in Ihre oben gefundene Formel für h' ein. **½ Punkt**

iii) Benutzen Sie das Brechungsgesetz, um in Ihrer Formel für h' die Variable <u>β</u> zu eliminieren, so dass h' nur noch von h und α abhängt. **1 Punkt**

iv) Stellen Sie $h'(\alpha)/h$ grafisch dar (Brechungsindex des Wassers: $n_W = 1.33$). **½ Punkt**

II) Berechnen Sie den scheinbaren horizontalen Abstand $L(\alpha,h)$ des Gegenstandes von seiner tatsächlichen Position und stellen Sie $L(\alpha)/h$ grafisch dar. **2 ½ Punkte**

c) Machen Sie selbst das Experiment und betrachten Sie einen Gegenstand auf dem Boden einer mit Wasser gefüllten Schüssel. Gibt eine der beiden Betrachtungsweisen Ihre Beobachtung besser wieder - oder funktionieren beide? **2 Punkte**