Bitte bearbeiten Sie jede Aufgabe möglichst auf einem separaten Blatt; Schreiben Sie auf jedes Blatt, das Sie abgeben, gut lesbar Ihren Namen (am besten oben rechts), und geben Sie mindestens einmal Ihre Matrikelnummer an !
Nicht identifizierbare Lösungen können nicht bewertet werden.

Maximale Gesamtpunktzahl: 50 Punkte

AUFGABE 1: [9 P.]

Eine Bikonvexlinse aus Leichtflintglas (Brechungsindex $n_{LF} = 1{,}563$) ist von Wasser ($n_W = 1{,}333$) umgeben und zeigt dort eine Brennweite von $f_W = 28{,}98$ cm. Beide Seiten der Linse haben den gleichen Krümmungsradius r und werden unmittelbar vom Wasser benetzt.

a) Wie groß ist der Krümmungsradius r der Linsenflächen ? Welche Brennweite hätte diese Linse in Luft ($n_L = 1$) ? [3 P.]

b) Was ändert sich qualitativ, wenn man das Wasser durch flüssiges CS_2 ($n_{CS2} = 1{,}627$) ersetzt ? [1 P.] Wie groß ist in diesem Fall die Brennweite ? [1 P.]

c) Nun wird die Linse in die Mitte eines Plexiglasquaders ($n_P = 1{,}490$) der Länge $l = 20$ cm eingegossen (planparallele Endflächen, Linsenebene ebenfalls parallel dazu). Mit diesem Block soll nun ein Parallelbündel fokussiert werden, das senkrecht auf die Linse (und damit die Endfläche des Quaders) einfällt.
Liegt der erhaltene Fokus innerhalb oder außerhalb des Plexiglasblockes ? [1 P.]
In welchem Abstand von der Linse werden konkret achsennahe Anteile dieses Lichtbündels fokussiert ? [3 P.]

AUFGABE 2: [9 P.]

Ein Becken (waagerechter Boden) ist bis zu einer Höhe von $h_1 = 50$ cm mit Wasser ($n_W = 1{,}333$) gefüllt und habe eine ideal glatte Wasseroberfläche. Auf dem Grund des Beckens befindet sich eine punktförmig anzunehmende Lichtquelle.

a) Wie groß ist der Reflexionsfaktor für den Anteil der Intensität, der senkrecht auf die Grenzschicht Wasser/Luft ($n_L = 1$) einfällt ? [1 P.] Wie verändert sich qualitativ die Reflexion an der Grenzfläche mit zunehmendem Einfallswinkel ? [2 P.]

b) Eine kreisrunde, auf dem Wasser schwimmende Korkscheibe (Einsinktiefe vernachlässigbar), deren Mittelpunkt senkrecht über der Lichtquelle liegt, soll nun dafür sorgen, dass kein Licht mehr aus dem Pool auf direktem Wege nach außen (Luft, $n_L = 1$) kommt. Welchen Radius muss die Scheibe dazu mindestens haben ? [3 P.]

c) Nun wird die gesamte Oberfläche des Beckens mit einer 2 cm dicken Platte aus Kronglas ($n_K = 1{,}528$) abgedeckt; diese Glasscheibe wird so angebracht, dass ihre Unterseite mit dem Wasser (Wassertiefe h_1 unverändert), die Oberseite dagegen mit der Luft in Kontakt ist. Wieder soll mit einer lichtundurchlässigen, kreisrunden Scheibe, die mit ihrem Mittelpunkt senkrecht über der Lichtquelle auf die Glasoberfläche gelegt wird, Lichtaustritt in die Umgebung (durch die Grenzfläche Glas/Luft) verhindert werden. Welchen Radius muss diese Scheibe haben ? [3 P.]

AUFGABE 3: [9 P.]

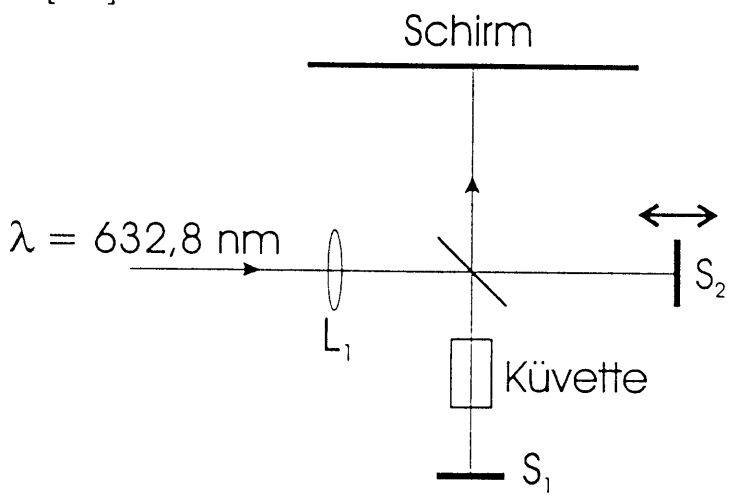
Zwei Spiegel S_1, S_2 und ein Strahlteiler ($R \approx 50\%$) bilden ein Michelson-Interferometer (siehe Skizze). In einem Ast des Interferometers befindet sich eine evakuierbare Glasküvette (planparallele Endflächen, Länge des Innenraumes $l = 2$ cm). Die Linse L_1 erzeugt aus dem einfallenden Lichtbündel eines Helium-Neon-Lasers ($\lambda = 632{,}8$ nm) Kugelwellen. Auf dem Schirm beobachtet man daher konzentrische Interferenzringe, wobei die Intensität im Zentrum durch die optische Weglängendifferenz in den beiden Interferometerästen bestimmt ist.

a) Lässt man in die zunächst evakuierte Küvette langsam CO_2-Gas einströmen, so zählt man bis zum Erreichen von Atmosphärendruck (1 bar) 28 Ringe, die aus dem Zentrum herausquellen. Wie groß ist demzufolge der Brechungsindex von CO_2 bei Atmosphärendruck ? [3 P.]

b) Wie viele Ringe würde man zählen, wenn man den CO_2-Druck in der Küvette vom Vakuum ausgehend auf 2 bar erhöhen würde ? (kann ohne Rechnung beantwortet werden) [1 P.]

c) Mit welchen relativen Genauigkeiten lässt sich mit diesem Verfahren (einfaches Abzählen der Ringe) der Brechungsindexunterschied $\Delta n = [n_{CO2}(1\text{ bar}) - 1]$ in den Fällen a) und b) jeweils bestimmen ? Wie würden sich qualitativ Veränderungen der Küvettenlänge l oder der Laserwellenlänge λ auf die Genauigkeit dieser Bestimmung von Δn auswirken ? [3 P.]

d) Nun wird die Glasküvette entfernt, anstelle des Lasers eine Glühbirne als Lichtquelle verwendet und der Spiegel S_2 so verschoben, dass beide Interferometerarme exakt gleich lang sind. Kann man unter diesen Bedingungen ein Intensitätsmaximum durch konstruktive Interferenz beobachten ? Ließe sich das obige Experiment zum Brechungsindex von Gasen mit einer Glühbirne als Lichtquelle durchführen (qualitative Begründung) ? [2 P.]



AUFGABE 4: [9 P.]

Auf der perfekt glatten Oberfläche einer Wasserpfütze ($n_W = 1{,}333$) befindet sich ein Ölfilm ($n_{Öl} = 1{,}520$) konstanter Dicke d, der bei Betrachtung senkrecht von oben rot erscheint; die gleiche Farbe tritt erst wieder bei schräger Betrachtung unter einem Winkel von 35,0° gegen die Vertikale auf. Behandeln Sie das Problem vereinfachend so, als würde die Interferenz einer einzigen Wellenlänge, nämlich $\lambda = 630$ nm, diese Farbwirkung hervorrufen.

Berechnen Sie aus diesen Angaben die Dicke des Ölfilms !

AUFGABE 5: [7 P.]

Ein optisches Transmissionsgitter mit 600 Linien/mm soll zur Analyse des Linienspektrums einer (unbekannten) Lichtquelle verwendet werden. Ein von dieser Quelle stammendes, paralleles Lichtbündel fällt senkrecht auf das Gitter ein; man beobachtet scharfe Beugungsmaxima unter anderem bei den Winkeln $\theta_1 = 30°$ und $\theta_2 = 45°$.

a) Geben Sie jeweils 5 Wellenlängen an, für die das Licht unter den Winkeln θ_1 oder θ_2 gebeugt wird ! [3 P.]

b) Unter welchen Winkeln würde man mit einer Wellenlänge von $\lambda = 2000$ nm Intensitätsmaxima beobachten ? [2 P.]

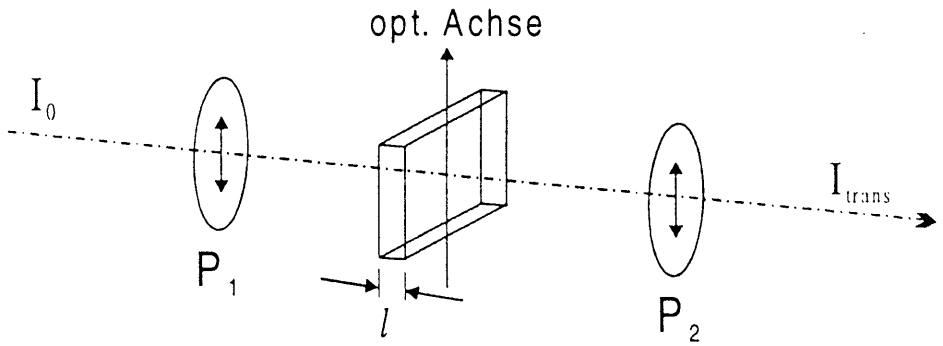
c) Stellt man nun vor das Gitter ein Filter, das nur Wellenlängen im Bereich $300 \text{ nm} \leq \lambda \leq 600 \text{ nm}$ durchlässt, so bleiben die Maxima bei θ_1 und θ_2 unverändert erhalten. Welche Wellenlängen können demzufolge in dem einfallenden Bündel vorhanden sein ? [1 P.]

d) Geben Sie weitere Winkel (mind. 3) an, unter denen im Fall c) auf jeden Fall weitere Beugungsmaxima beobachtet werden können ! [1 P.]

AUFGABE 6: [7 P.]

Unpolarisiertes Licht der Wellenlänge $\lambda = 500$ nm (Intensität I_0) durchläuft nacheinander einen Polarisator P_1, einen doppelbrechenden Kristall der Länge $l = 50\ \mu$m und einen zweiten, parallel zu P_1 orientierten Polarisator P_2. Das Material habe einen ordentlichen Brechungsindex von $n_o = 1{,}513$ und einen außerordentlichen von $n_{ao} = 1{,}518$. Die optische Achse des Kristalls steht senkrecht auf der Strahlrichtung und liegt zunächst ebenfalls parallel zu den Polarisationsrichtungen von P_1 und P_2 (siehe Skizze, unten).

a) Man dreht nun die optische Achse des doppelbrechenden Kristalls (Drehachse ist die Ausbreitungsrichtung des Lichtes) von 0° (vertikal, wie Skizze) bis 90° (horizontal) und beobachtet dabei die durch die gesamte Anordnung transmittierte Intensität I_{trans}. Skizzieren Sie die Transmission $T = I_{trans}/I_0$ als Funktion dieses Drehwinkels ! [3 P.]

b) Wie groß ist konkret der Anteil der durch die Anordnung transmittierten Intensität bei Orientierung der optischen Achse unter 15° und 45° zur Ausgangssituation ? [3 P.]

c) Stellen Sie sich vor, Sie haben in dem gegebenen Aufbau mit einer beliebigen doppelbrechenden Platte eine Orientierung gefunden, bei der keine Intensität mehr durch die Anordnung transmittiert wird. Wenn Sie die Platte nur geringfügig gegen die Vertikale verkippen, wird wieder etwas Licht durch P_2 transmittiert. Erklären Sie kurz diese Beobachtung ! [1 P.]