

Vorname: _____ Name: _____

Matrikelnummer: _____ Studiengang: _____

Aufgabe 1: Fragen über Fragen

(18 Punkte)

- a) In welchem Wellenlängenbereich liegt das sichtbare Spektrum? Wie nennt man die Wellenlängenbereiche unterhalb und oberhalb des sichtbaren Bereichs? (2 Punkte)
- b) Sie beleuchten eine kleine runde Blendenöffnung. Warum beobachten Sie hinter der Blende nicht nur einen runden Lichtfleck in der Größe der Blendenöffnung? (1,5 Punkte)
- c) Wie hängen Lichtstrahlen und Wellenfront grundsätzlich zusammen? (1 Punkt)
- d) Was ist der Unterschied zwischen Feld- und Aperturblende? Wie werden die Bilder der beiden Blenden jeweils genannt? (2 Punkte)
- e) Erklären Sie kurz die Begriffe Telezentrie (oder telezentrisch) und Vignettierung. (2 Punkte)
- f) Sie verwenden ein Mikroskop mit Tubuslinse. Wie muss hierbei das Objekt positioniert werden? (1 Punkt)
- g) Blaues und rotes Licht trifft auf eine einfache sphärische Sammellinse. Sie verschieben nun einen Schirm kontinuierlich auf der optischen Achse von der Linse weg. Was beobachten Sie auf dem Schirm? (1 Punkt)
- h) Was ist der Unterschied zwischen „Adaption“ und „Akkommodation“ beim Auge? (1 Punkt)
- i) Nennen sie 2 Ursachen für Hyperobie und durch welche Linsenart diese korrigiert werden kann. (1,5 Punkte)
- j) Bei der subjektiven Refraktionsbestimmung werden sogenannte Landolt-Ringe als Normsehzeichen verwendet. Wie sieht dieser Landolt-Ring aus. Was bedeutet ein Visus von 1? (2 Punkte)
- k) Warum ist es wesentlich einfacher ein Mikroskop als zusammengesetztes optisches System zu realisieren, als mit einer einfachen Einzellinse? (1 Punkt)
- l) Sie kaufen eine grüne und eine blaue LED mit derselben optischen Leistung von 1 W. Bei welcher der beiden LEDs erwarten Sie eine höhere Leuchtdichte und warum? (2 Punkte)

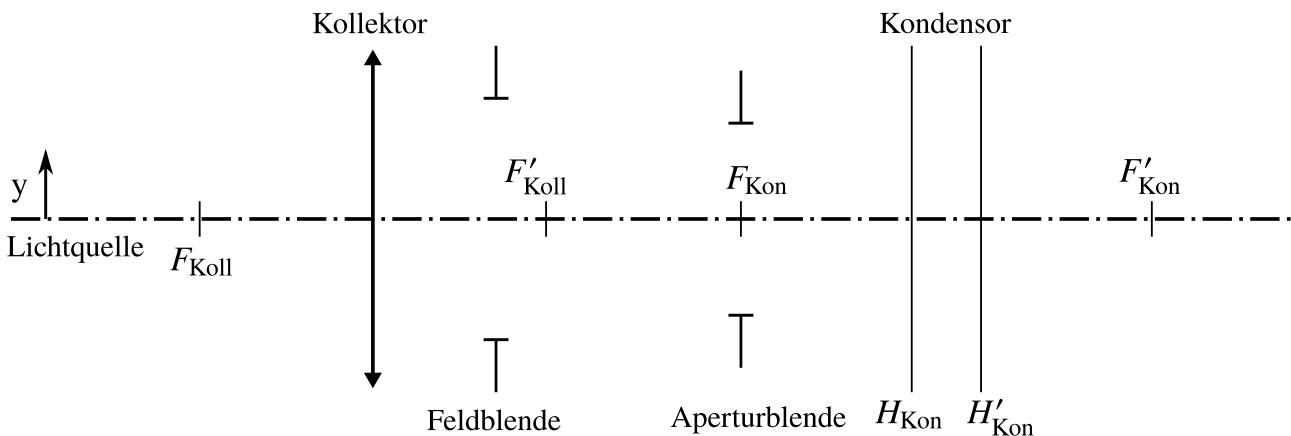
Aufgabe 2: Köhlersche Beleuchtung

(18 Punkte)

Die Köhlersche Beleuchtung ist eine Beleuchtungsmethode, die häufig in der Mikroskopie eingesetzt wird. Sie ermöglicht die homogene Beleuchtung eines zu untersuchenden Präparats, wobei über die Apertur- und Feldblende die Helligkeit sowie die Größe des auszuleuchtenden Bereichs eingestellt werden kann. Grundsätzlich besteht der Aufbau aus zwei Sammellinsen, dem Kollektor und dem Kondensor, und der Feld- und Aperturblende.

Alle Linsen sind von Luft umgeben ($n_L = 1,0$).

- a) Konstruieren Sie den Strahlengang durch das Linsensystem ausgehend von der Lichtquelle (dem Objekt y). Zeichnen Sie das Zwischenbild y' ein. (6 Punkte)

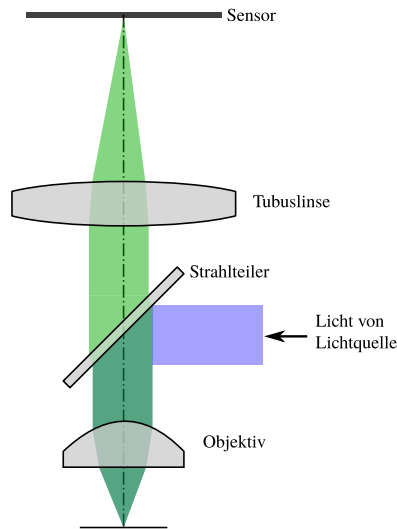


- b) Der Kollektor sei eine dünne Sammellinse mit einer Brennweite von $f'_{\text{Koll}} = 20 \text{ mm}$. Die Lichtquelle befindet sich in einem Abstand von 50 mm vor dem Kollektor und soll mit diesem in die Ebene der Aperturblende abgebildet werden. Wo müssen Sie die Aperturblende positionieren und welchen Durchmesser muss diese haben, wenn die Lichtquelle einen Durchmesser von 10 mm hat? (2 Punkte)
- c) Der Kondensor sei eine dicke Plankonvex-Linse mit einer Dicke von 8 mm , wobei die zweite Fläche plan ist. Das Glas des Kondensors habe einen Brechungsindex von $n_G = 1,51$ und die Brennweite der Linse soll $f'_{\text{Kon}} = 10 \text{ mm}$ betragen. Berechnen Sie den Radius der vorderen Fläche. (1,5 Punkte)
- d) Wo liegen die Hauptebenen des Kondensors? (2 Punkte)
- e) Der Kondensor wird so positioniert, dass sich seine objektseitige Brennebene in der Ebene der Aperturblende befindet. Die Feldblende wird nun 10 mm rechts vom Kollektor angebracht und soll über den Kondensor in die Ebene des Präparats abgebildet werden. In welchem Abstand zur zweiten Linsenfläche des Kondensors befindet sich das Präparat? (3 Punkte)
- f) Wo liegen die Ein- und Austrittspupille des Gesamtsystems? **Hinweis:** Keine Rechnung erforderlich! (1,5 Punkt)
- g) Die Lichtquelle sei eine LED mit einer optischen Leistung von 15 W und einer aktiven Leuchtfläche von 1 mm^2 , die gleichmäßig in den Halbraum abstrahlt. Wie groß ist die Strahldichte nach der Lichtquelle? (2 Punkte)

Aufgabe 3: Fluoreszenz-Mikroskop mit Strahlteiler

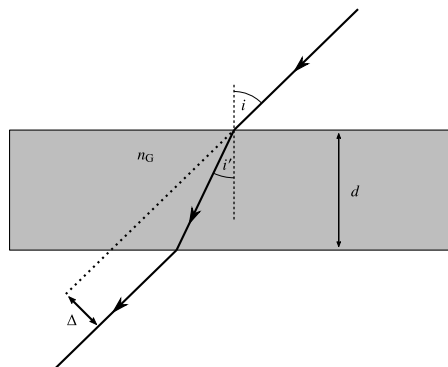
(9 Punkte)

Skizze:



Im Aufbau eines Fluoreszenz-Mikroskops wird ein Strahlteiler verwendet, welcher das Anregungslicht in den Strahlengang einkoppelt und durch das Objektiv auf der Probe fokussiert wird. Die fluoreszierende Probe wird anschließend über Objektiv und Tubuslinse auf einem Sensor abgebildet, wobei das Fluoreszenzlicht eine Wellenlänge von $\lambda = 525 \text{ nm}$ hat.

- Die Tubuslinse habe eine Brennweite von 160 mm , das Objektiv eine Brennweite von 4 mm . Welcher Abbildungsmaßstab ergibt sich damit? (1 Punkt)
- Das Objektiv ist mit einer numerischen Apertur von $NA = 0,6$ spezifiziert. Lassen sich damit Details der fluoreszierenden Probe in einer Größe von $2 \mu\text{m}$ noch einwandfrei beobachten? (1,5 Punkte)
- Ist eine Photonenenergie von $4,8 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ für die Anregung der Fluoreszenz ausreichend? (Planck'sches Wirkungsquantum: $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$, Lichtgeschwindigkeit: $c_0 = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$) (1,5 Punkte)
- Der Strahlteiler sei eine planparallele Glasplatte mit einer Dicke von $d = 2 \text{ mm}$ (Siehe Skizze). Das Glas der Platte habe einen Brechungsindex von $n_G = 1,51$. Berechnen Sie den Parallelversatz Δ eines Strahls, der unter einem Winkel von $i = 20^\circ$ zum Lot der planparallelen Platte einfällt. Die Platte befindet sich in Luft. (4 Punkte)

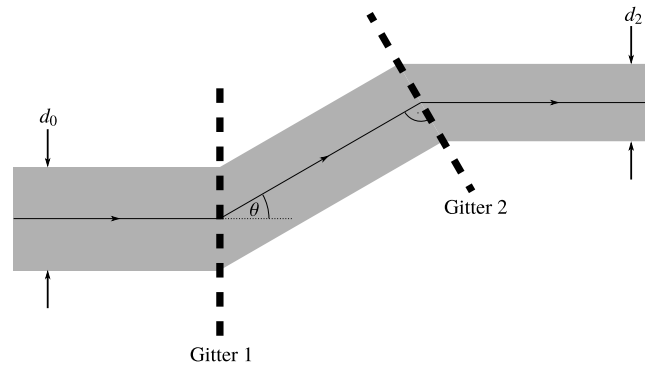


- Warum wirkt sich der Parallelversatz der Strahlen nicht auf die Größe des Bildes auf dem Sensor aus? (1 Punkt)

Aufgabe 4: Strahlumlenkung mit Beugungsgittern

(8 Punkte)

Skizze:



Mit einem Aufbau aus zwei Beugungsgittern soll ein kollimierter Strahl versetzt werden. Der Strahl wird zunächst mit Gitter 1 um einen Winkel θ umgelenkt und anschließend mit Gitter 2, welches senkrecht zum Strahl steht, wieder parallel zum Ausgangsstrahl ausgerichtet. Die Gitterperioden der beiden Beugungsgitter weichen voneinander ab, jedoch stimmt der Beugungswinkel von Gitter 1 der 1. Ordnung mit dem Beugungswinkel der 3. Ordnung von Gitter 2 überein.

- Licht der Wellenlänge $\lambda_1 = 633 \text{ nm}$ führt zu einem Beugungswinkel von $\theta = 40^\circ$. Bestimmen Sie die beiden Gitterperioden. (2 Punkte)
- Um welchen Winkel muss Gitter 2 gedreht werden, wenn nun Licht der Wellenlänge $\lambda_2 = 532 \text{ nm}$ verwendet wird? (2 Punkte)
- Nachdem der Strahl die beiden Gitter passiert hat, verändert sich auch sein Durchmesser. Um welchen Faktor d_2/d_0 verändert sich der Durchmesser des Strahls, wenn wieder Licht der Wellenlänge λ_1 verwendet wird? (4 Punkte)