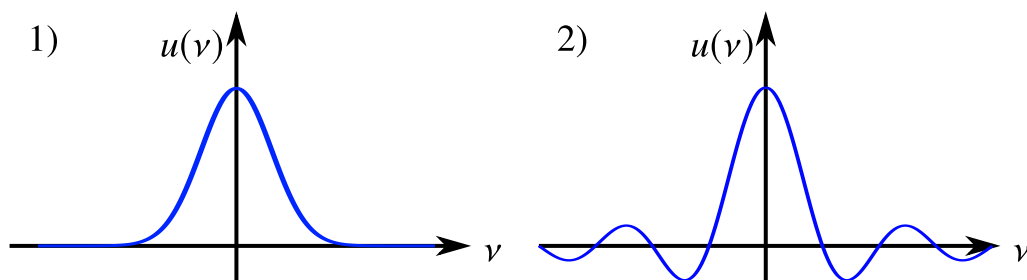


Vorname: _____ Name: _____
 Matrikelnummer: _____ Studiengang: _____

Aufgabe 1: Fragen über Fragen

(18 Punkte)

- Lichtwellen sind transversale elektromagnetische Wellen. Was bedeutet dies für den Amplitudenvektor $\vec{E}$ und den Ausbreitungsvektor $\vec{k}$? Welche Bedeutung/Bezeichnung hat die Richtung des Amplitudenvektors $\vec{E}$ in der Optik? (2 Punkte)
- Ein Strahl trifft auf ein optisch dichteres Medium. Welche Möglichkeiten hat der Strahl nach geometrischer Optik, seinen Weg fortzusetzen? Gibt es eine weitere Möglichkeit, wenn das Optikmodell erweitert wird? Wenn ja, welche und wie nennt sich das Modell? (2 Punkte)
- Mit welcher Komponente kann der Lichtstrom in einem optischen System begrenzt werden und mit welcher der Ausschnitt des Bildes? (1 Punkt)
- In einem typischen Zoom-Objektiv (z.B. Fotoobjektiv) bewegen sich meist zwei Linsen oder Linsengruppen. Wie nennt man diese und was ist grob die Funktion? (2 Punkte)
- Welche Bildfehler liefern zwar ein verzerrtes Bild, aber kein unscharfes? Nennen Sie im Gegensatz dazu 2 Bildschärfe-Fehler. (2 Punkte)
- Durch was wird in der Mikroskopie die Auflösung begrenzt und welche Rolle spielt dabei die sogenannte Immersion? (1,5 Punkte)
- Bei einem Augenarzt befinden sich 2 Patienten A und B. Patient A hat einen um 10 % zu kleinen Krümmungsradius der Hornhaut-Vorderseite. Bei Patient B ist der Krümmungsradius der Vorderseite der Augenlinsen um 10 % zu klein. Welchen Sehfehler haben beide Patienten? Bei wem ist der Fehler größer und warum? Welche Brille (Positiv- oder Negativlinse) würde helfen? (2,5 Punkte)
- Durch unterschiedliche Blenden erhalten Sie in der Fourier-Ebene die beiden unten dargestellten Winkelspektren $u(\nu)$. Skizzieren Sie die beiden Blendenfunktionen im Ortsraum $U(x)$. (2 Punkte)

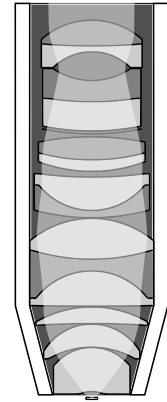


- Das Auge hat spezielle Fähigkeiten, wie Akkomodation und Adaption. Erklären Sie beides kurz. (1 Punkt)
- Was bedeutet die Abkürzung „LASER“? Nennen Sie 2 Wechselwirkungen von Laserstrahlung mit Gewebe und deren medizinische Anwendung. (2 Punkte)

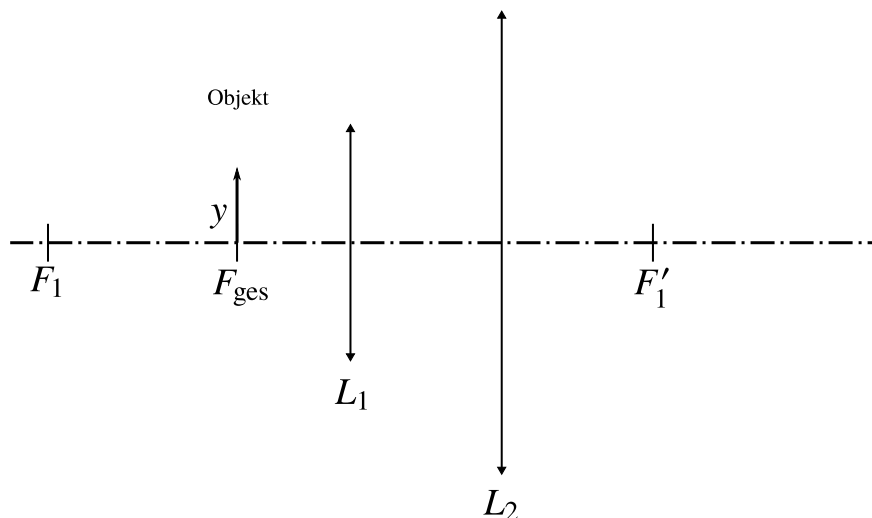
Aufgabe 2: Zweilinsiges Mikroskop-Objektiv

(15,5 Punkte)

Mikroskop-Objektive werden häufig als ideale Einzellinse angenommen. In der Realität sind diese aber komplexe optische Systeme aus vielen Linsen, wie das Beispiel in der nebenstehenden Abbildung zeigt. Im Folgenden wollen wir ein Mikroskop-Objektiv betrachten, welches sich aus zwei idealen Linsen L_1 und L_2 zusammensetzt. Die Brennweiten der Linsen betragen $f'_1 = 10\text{ mm}$ und $f'_2 = 15\text{ mm}$. Das Objektiv soll später um eine Tubuslinse erweitert werden, sodass das Objekt für eine scharfe Abbildung im Gesamtbrennpunkt des Objektivs F_{ges} positioniert werden muss. Gehen Sie davon aus, dass sich alle Linsen in Luft befinden.



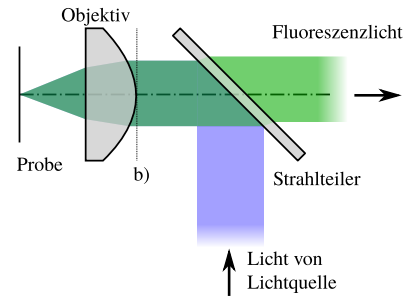
- Welche Gesamtbrennweite f'_{ges} ergibt sich, wenn die Linsen L_1 und L_2 in einem Abstand von 2,5 mm zueinander angebracht werden? (2 Punkte)
- Konstruieren Sie in der nachfolgenden (nicht maßstabsgetreuen) Skizze zunächst das Zwischenbild, welches vom Objekt y durch die erste Linse erzeugt wird. Kennzeichnen Sie anschließend den objekt- und bildseitigen Brennpunkt F_2 und F'_2 , sodass das Zwischenbild nach Unendlich abgebildet wird. Konstruieren Sie dann den restlichen Strahlverlauf ausgehend vom Zwischenbild nach Unendlich. (6 Punkte)



- Bestimmen Sie rechnerisch die Lage der objekt- und bildseitigen Hauptebene. (2 Punkte)
- Wie groß ist der Abstand des Objekts zur Linse 1 zu wählen? (2 Punkte)
- Wo liegt das Zwischenbild, welches durch Linse 1 erzeugt wird und wie groß ist es, wenn das Objekt 200 μm groß ist? (2 Punkte)
- Es wird nun eine Tubuslinse mit der Brennweite $f'_{\text{TL}} = 200\text{ mm}$ nach dem Objektiv eingefügt. Welcher Abbildungsmaßstab ergibt sich insgesamt? (1,5 Punkte)

Aufgabe 3: Probenbeleuchtung bei Fluoreszenzmikroskopie (10 Punkte)

Bei einem Fluoreszenzmikroskop erfolgt die Anregung der mit Fluorophoren markierten Probe durch eine zusätzliche Lichtquelle, wie z. B. einer LED. Das Anregungslicht der Wellenlänge $\lambda = 450 \text{ nm}$ wird über einen Strahlteiler eingekoppelt und mit dem Objektiv mit $\text{NA} = 0,6$ auf die Probe fokussiert.



- Wie groß ist das Airy-Scheibchen des Anregungslichts auf der Probe? (1,5 Punkte)
- Die Querschnittsfläche der kollimierten Lichtquelle beträgt 2 mm^2 bei einer Leuchtdichte von $5 \cdot 10^7 \frac{\text{cd}}{\text{m}^2}$. Berechnen Sie die Lichtstärke I_v am Objektiv (s. Skizze), wenn der Strahlteiler 50 % des Anregungslichts reflektiert. (2 Punkte)
- Wie groß ist der Öffnungswinkel des Objektivs? Mit welchem Raumwinkel Ω wird dann das Anregungslicht mit dem Objektiv auf die Probe fokussiert? (2 Punkte)
- Bestimmen Sie den Lichtstrom Φ_v durch das Objektiv. (1,5 Punkte)
- Welcher Strahlungsleistung Φ entspricht dies, wenn das spektrale Helligkeitsempfinden bei der Wellenlänge des Anregungslichts $V(450 \text{ nm}) = 0,07$ beträgt? (1,5 Punkte)
- Wieviel Energie hat ein Photon des Anregungslichts? (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)

Aufgabe 4: Beugungsgitter mit Linse

(8 Punkte)

Auf ein Beugungsgitter trifft senkrecht ein Strahl welcher aus „blauem“ und „rotem“ Licht besteht. Der blaue Strahl hat eine Wellenlänge von $\lambda_b = 486 \text{ nm}$, der rote $\lambda_r = 656 \text{ nm}$. Hinter dem Beugungsgitter wird eine Linse der Brennweite $f' = 30 \text{ mm}$ im Abstand von 40 mm platziert. In der bildseitigen Brennebene der Linse wird ein Schirm aufgestellt.

- Die Gitterperiode beträgt $2 \mu\text{m}$. Bestimmen Sie die Beugungswinkel der ersten Ordnung für beide Wellenlängen. (2 Punkte)
- Stellen Sie nun die ABCD-Matrix für den Strahlenverlauf vom Gitter bis zum Schirm auf. (4 Punkte)
- Bestimmen Sie die Höhe und den Auftreffwinkel des blauen und roten Strahls am Schirm. Gehen Sie dabei davon aus, dass der auf das Gitter einfallende Strahl auf der optischen Achse liegt. Beachten Sie außerdem die Vorzeichenkonvention des Winkels. (2 Punkte)