

Vorname: _____ Name: _____
Matrikelnummer: _____ Studiengang: _____
Prüfungsraum: _____ Sitzplatz-Nr.: _____

Falls Sie eine Teilaufgabe nicht lösen können, rechnen Sie mit sinnvoll angenommenen Zahlenwerten weiter!

Aufgabe 1: Fragen über Fragen

(18 Punkte)

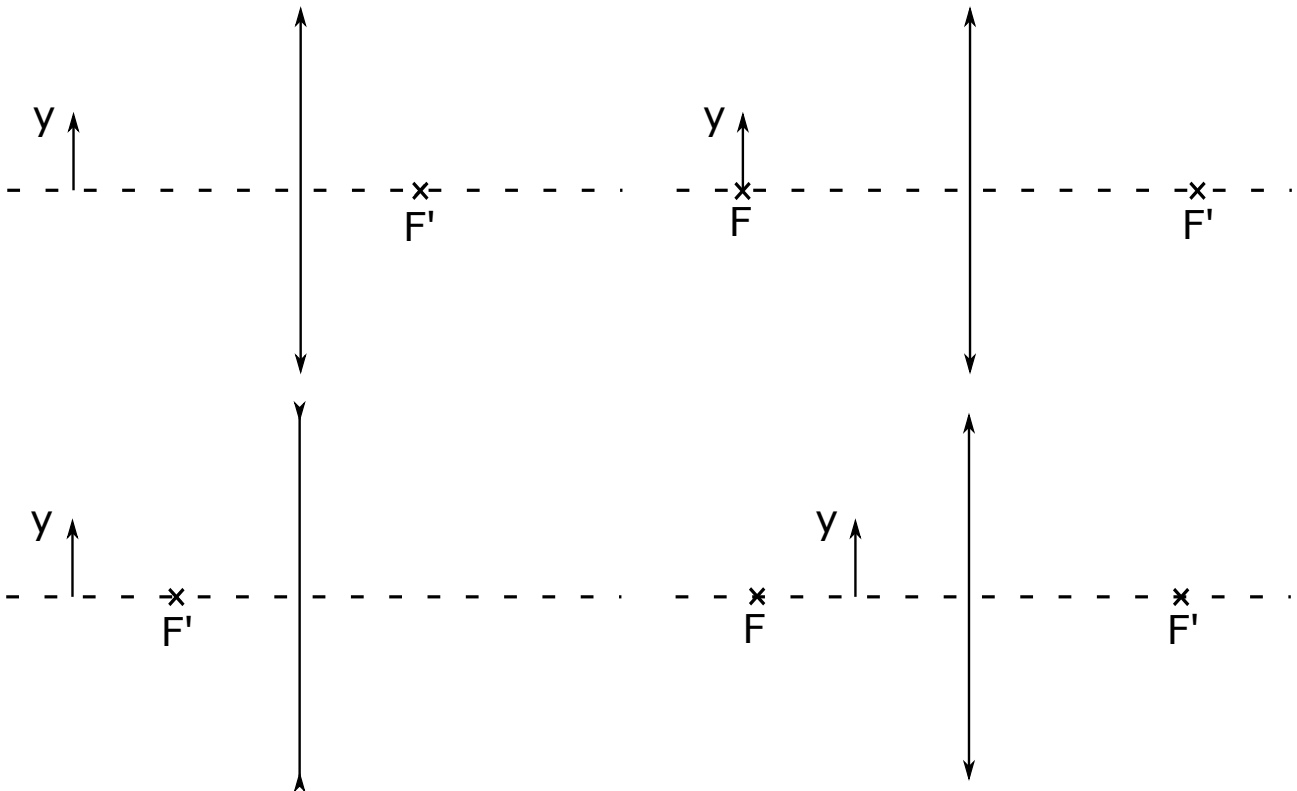
- a) Erklären Sie kurz die Begriffe Telezentrie und Vignettierung. (2 Punkte)
- b) Wie viele Strahlen müssen Sie in der paraxialen Optik für eine Abbildung eines Objekts berechnen bzw. skizzieren? Begründen Sie kurz! (1 Punkt)
- c) Wie sind Abbildungsmaßstab und Vergrößerung definiert? (1 Punkt)
- d) Skizzieren Sie schematisch ein Teleobjektiv-System, sowie die qualitative Lage der Hauptebene H' in einem solchen System. (1,5 Punkte)
- e) Was bedeuten die drei Angaben in der Aufschrift „25x/0.8 Gly“ auf einem Mikroskop-Objektiv? (1,5 Punkte)
- f) Warum entstehen geometrische Bildfehler in realen optischen Systemen? Nennen Sie zwei Bildfehler Ihrer Wahl sowie jeweils eine Korrekturmöglichkeit. (3 Punkte)
- g) Das Auge ist ein komplexes Wunderwerk der Evolution, bei welchem leider auch sehr viel schiefgehen kann. Nennen Sie 3 mögliche Erkrankungen des Auges. (1,5 Punkte)
- h) Beschreiben Sie kurz den Effekt der Totalreflexion und nennen Sie eine sinnvolle Anwendung. (1,5 Punkte)
- i) Nennen Sie zwei optische Komponenten, welche eine spektrale Aufteilung von Licht vornehmen können. (1 Punkt)
- j) Skizzieren Sie die Abstrahlungscharakteristik eines isotropen und eines Lambert-Strahlers. (1 Punkt)
- k) Sie wollen einen grünen Laser mit $\lambda = 550 \text{ nm}$ bauen. Um das Lasermaterial optisch zu pumpen, stehen eine Lichtquelle mit $\lambda = 660 \text{ nm}$ und eine

Lichtquelle mit $\lambda = 450 \text{ nm}$ zur Verfügung. Begründen Sie, welche Lichtquelle zum Bau des Lasers gewählt werden muss. Wie nennt sich Prozess der Lichtemission, welcher bei einem Laser vorwiegen muss? (1,5 Punkte)

Aufgabe 2: Strahlkonstruktion

(6 Punkte)

Bilden Sie das Objekt y durch die folgenden vier optischen Systeme ab. Konstruieren Sie jeweils mindestens zwei Strahlen ausgehend von der Spitze des Objektes y . Markieren Sie jeweils die Lage des Bildes y' .



Aufgabe 3: Messmikroskop**(11,5 Punkte)**

Im Folgenden möchten Sie einen Mikroskopaufbau realisieren, um Gewebeschnitte zu betrachten. Dazu verwenden Sie eine Objektivlinse mit $f'_{Obj} = 30 \text{ mm}$, eine Tubuslinse mit $f'_T = 150 \text{ mm}$ und eine Okularlinse mit $f'_{Oku} = 50 \text{ mm}$. Der Abstand zwischen Objektivlinse und Tubuslinse beträgt 180 mm . Betrachten Sie zunächst alle Linsen als dünne Linsen. Gehen Sie davon aus, dass die Okular- sowie die Objektivlinse einen Durchmesser von 30 mm haben und beide voll ausgeleuchtet werden.

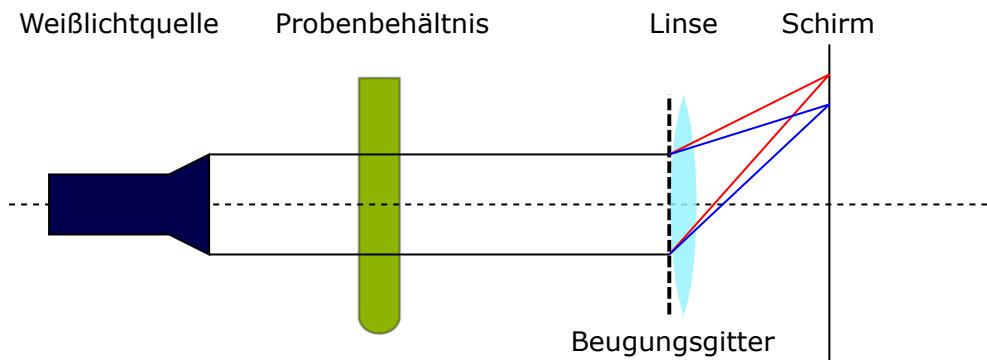
- Berechnen Sie die Gesamtvergrößerung Γ_M des Mikroskops. (1 Punkte)
- Wie groß ist die numerische Apertur auf der Objektseite? Wie groß ist das resultierende Airy-Scheibchen, wenn Sie eine Wellenlänge von $\lambda = 635 \text{ nm}$ verwenden? (2 Punkte)
- Das vorliegende Mikroskop kann mithilfe des Matrixformalismus beschrieben werden. Stellen Sie die benötigten Matrixmultiplikationen auf, welche die Ausbreitung eines Strahls vom Objekt aus bis inklusive der Okularlinse beschreiben. Setzen Sie im Anschluss alle bekannten Größen (Brennweiten, Abstände,...) ein. Die Berechnung der Multiplikationen selbst ist **nicht!** erforderlich. (3 Punkte)

Nun entfernen Sie die Okularlinse und platzieren einen Videochip hinter der Tubuslinse in die Zwischenbildebene des Mikroskops. Der Videochip besteht aus 1920×1080 Pixeln mit einer Kantenlänge von jeweils $7 \mu\text{m} \times 7 \mu\text{m}$.

- Berechnen Sie die Vergrößerung, mit welcher das Objekt auf den Videochip abgebildet wird. Können Sie mit dieser Mikroskop/Videochip-Kombination den Querschnitt einer Ader mit einem Durchmesser von $d_{Ader} = 2 \text{ mm}$ auf einmal betrachten? (2 Punkte)
- Ist die Auflösung in der Ebene des Videochips durch Beugungseffekte oder durch die Pixelgröße begrenzt? Nehmen Sie dazu an, dass ein Pixel pro Airy-Scheibchen für eine ausreichende Abtastung genügt. (2 Punkte)
- Betrachten Sie nun die Objektivlinse als dicke Linse mit den Radien $r_1 = 100 \text{ mm}$, $r_2 = -100 \text{ mm}$, dem Brechungsindex $n = 1,5$ und einer Dicke $d_{Obj} = 3 \text{ mm}$. Berechnen Sie die Lage der Hauptebenen der Objektivlinse. (2 Punkte)

Aufgabe 4: Spektroskopie

(7,5 Punkte)



Mithilfe von Spektroskopie ist es möglich, biologische Proben zu untersuchen. Im Folgenden soll der skizzierte Spektroskopie-Aufbau ausgelegt und untersucht werden. Dabei wird eine Probe mit kollimiertem weißem Licht beleuchtet. Der ausgeleuchtete Bereich auf der Probe ist 15 mm breit. Nach Transmission des Lichts durch die Probe wird das Licht von einem Beugungsgitter spektral aufgespalten und mithilfe einer direkt dahinter befindlichen Linse mit $f' = 125 \text{ mm}$ auf einen Schirm fokussiert, der sich in der Brennebene der Linse befindet.

- Um wieviel Prozent fällt die Intensität des Lichts bei der Transmission durch die Probe ab, wenn der Absorptionskoeffizient der Probe $\alpha = 0,15 \text{ cm}^{-1}$ beträgt und das Licht eine Strecke von 2 cm innerhalb der Probe zurücklegt? (1,5 Punkte)
- Welche Gitterkonstante müssen Sie für Ihr Spektrometer verwenden, wenn Sie die erste Beugungsordnung und bei einem Beugungswinkel von 12° bei der Wellenlänge $\lambda = 635 \text{ nm}$ verwenden möchten? (1 Punkt)
- Welche Auflösung erreicht Ihr Spektrometer mit der gewählten Gitterkonstante? Was könnten Sie am Versuchsaufbau ändern, um die Auflösung zu erhöhen? (1 Punkt)
- Wie breit ist der Bereich auf dem Schirm, welcher durch das spektral aufgespaltene Licht der ersten Beugungsordnung beleuchtet wird, wenn Sie die Probe mit dem gesamten sichtbaren Spektrum von $380 \text{ nm} < \lambda < 780 \text{ nm}$ ausleuchten? (2 Punkte)
- In welcher Entfernung von der optischen Achse landet das Licht der zweiten Beugungsordnung bei $\lambda = 380 \text{ nm}$ auf dem Bildschirm? Sind folglich die Flecken der ersten Beugungsordnung und der zweiten Beugungsordnung getrennt voneinander beobachtbar, wenn das Spektrometer mit dem gesamten sichtbaren Spektrum beleuchtet wird? (2 Punkte)

Aufgabe 5: Beleuchtung**(4,5 Punkte)**

Zur Beleuchtung eines Behandlungszimmers steht eine Glühbirne zur Verfügung, welche mit einer Leistung von 60 W betrieben wird und Licht isotrop in den gesamten Vollraum abstrahlt.

- a) Berechnen Sie den Lichtstrom Φ_V der Glühbirne. Bei Mittelung über das emittierte Spektrum der Lichtquelle ergibt sich für die vorliegende Glühbirne $V = 0,05$. (1 Punkte)
- b) Berechnen Sie die Intensität I_V der Lichtquelle. Wie groß ist Beleuchtungsstärke E_V in einem Abstand von 1,5 m von der Glühbirne? (1 Punkte)

Eine Patientenliege soll präzise im Behandlungszimmer platziert werden. Dazu wird ein Target auf der Liege mithilfe eines Justagelasers anvisiert. Nehmen Sie an, dass der Laser ein Gauß'sches Strahlprofil aufweist und in der Grundmode betrieben wird. Die Wellenlänge des Lasers beträgt $\lambda = 0,5 \mu\text{m}$, der Strahlradius am Ausgang des Lasers beträgt $w_0 = 1 \text{ mm}$.

- c) Wie groß ist der Radius des Laserstrahls auf dem Target, wenn der Abstand zwischen dem Ausgang des Lasers und dem Target 2 m beträgt? (1,5 Punkte)
- d) Betrachten Sie nun einen Querschnitt des Gauß-förmigen Laserstrahlprofils am Ausgang des Lasers. In welcher Entfernung von der optischen Achse fällt die Intensität auf die Hälfte des Intensitätswerts auf der optischen Achse ab? (1 Punkte)