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 (17 Punkte)

a) Beim Blick durch ein Mikroskop spielen das System aus Auge und Mikroskop zusammen. Dies beeinflusst z.B. die Tiefenschärfe (Schärfentiefe). Nennen Sie alle drei Beiträge zur Tiefenschärfe. Welcher ist durch das Auge mitbestimmt? (2 Punkte)

b) Nennen Sie das paraxiale Brechungsgesetz. Welche Vereinfachung wir hier gegenüber dem Snellius-Brechungsgesetz getroffen? (1 Punkt)

c) Wie sind Abbildungsmaßstab und Vergrößerung definiert? (1 Punkt)

d) Skizzieren Sie schematisch ein Retrofokus-System (auch: „Weitwinkel-Objektiv“), sowie die qualitative Lage der Hauptebene H’ in einem solchen System. (1,5 Punkte)

e) Was bedeuten die drei Angaben in der Aufschrift „60x/1.4 Oil“ 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) Nennen und skizzieren Sie zwei Arten von Teleskopen. (2 Punkte)

i) Wie verhält sich qualitativ das Beugungsmuster eines Spalts, wenn die Spaltbreite vergrößert wird? (1 Punkt)

j) Nennen Sie zwei optische Komponenten, welche eine spektrale Aufteilung von Licht vornehmen können. (1 Punkt)

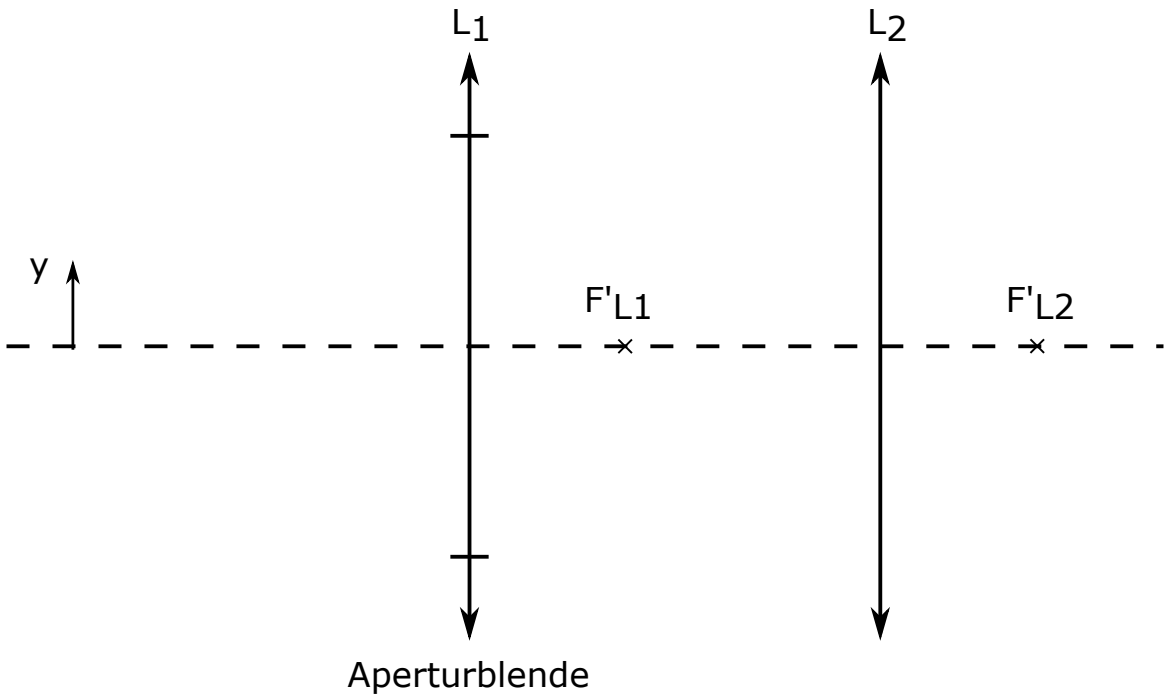
k) Skizzieren Sie die Abstrahlungscharakteristik eines isotropen und eines Lambert-Strahlers. (1 Punkt)

l) Was bedeutet das Akronym LASER"? (0,5 Punkte)

Aufgabe 2: Linsensystem (13 Punkte)

Im Folgenden soll ein optisches System konstruiert werden, um QR-Codes auf Probenbehältnissen auszulesen. Dadurch können die Proben den zugehörigen Patient*innen automatisiert zugeordnet werden. Dazu wird ein zweilinsiges System verwendet, welches den QR-Code, der als quadratisches Objekt y mit den Kantenlängen $20\,\text{mm} \times 20\,\text{mm}$ aufgefasst wird, ins Unendliche ($y' = \infty$) abbildet. Die Linse L_1 weist eine Brennweite von $f_1' = 300\,\text{mm}$, die Linse L_2 eine Brennweite von $f_2' = 200\,\text{mm}$ auf. Der Abstand zwischen den beiden Linsen beträgt $d = 100\,\text{mm}$. Die Fassung der Linse L_1 hat einen Durchmesser von $d_{\text{AB}} = 30\,\text{mm}$ und bildet die Aperturblende des Systems.

Skizze (nicht maßstabsgetreu):



a) Konstruieren Sie in obiger Skizze den Strahlengang durch das vorliegende optische System. Verwenden Sie dazu von der oberen Spitze des Objektes aus den Mittenstrahl durch L_1 sowie den Strahl, der parallel zur optischen Achse verläuft. (3 Punkte)

b) Berechnen Sie die Gesamtbrennweite sowie die Lage der beiden Hauptebenen des optischen Systems bezüglich der Linsen. (1,5 Punkte)

c) Berechnen Sie die Lage und die Größe der Austrittspupille. (1,5 Punkte)

d) Wie groß ist der Arbeitsabstand des optischen Systems, also der Abstand zwischen dem QR-Code und der Linse L_1? (1 Punkt)

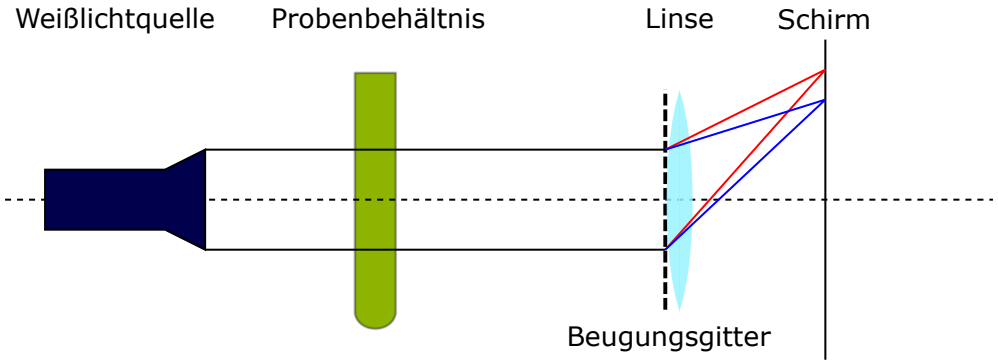
e) Berechnen Sie die objektseitige Numerische Apertur des Objektivs. (1,5 Punkte)

f) Wieviele Datenpunkte kann der QR-Code maximal beinhalten, wenn er mit diesem optischen System bei einer Wellenlänge von $\lambda = 1030\,\text{nm}$ ausgelesen werden soll? Nehmen Sie dazu an, dass zur Auflösung eines Datenpunkts im QR-Code ein gesamtes Airy-Scheibchen in den Datenpunkt passen muss. (1,5 Punkte)

g) Das optische System kann mithilfe des Matrixformalismus beschrieben werden. Stellen Sie dazu die notwendigen Matrixmultiplikationen auf, welche zur Beschreibung der Ausbreitung eines Strahls vom Objekt aus bis zur Linse L_2 benötigt werden. Setzen Sie alle bekannten Größen ein. Die Berechnung der Multiplikationen selbst ist **nicht!** erforderlich. (2 Punkte)

h) Hinter dem Objektiv wird nun eine Tubuslinse platziert. Welche Brennweite muss die Tubuslinse besitzen, wenn das System einen Abbildungsmaßstab von $\beta' = -5$ besitzen soll? (1 Punkte)

Aufgabe 3: Spektroskopie (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 $f' = 125\,\mathrm{mm}$ auf einen Schirm fokussiert, der sich in der Brennebene der Linse befindet.

a) Welche Gitterkonstante müssen Sie verwenden, wenn Sie die erste Beugungsordnung und dabei einen Beugungswinkel von 10° bei $\lambda = 550\,\mathrm{nm}$ verwenden möchten? (1 Punkt)

b) Welche Auflösung erreicht Ihr Spektrometer? (1 Punkt)

c) 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 $380\,\mathrm{nm} < \lambda < 780\,\mathrm{nm}$ ausleuchten? (1,5 Punkte)

d) Statt eines Gitters könnte ebenso ein Prisma zur spektralen Aufspaltung des Lichts verwendet werden. Ihnen steht ein Prisma zur Verfügung, das einen Brechungsindex $n_d = 1{,}515$ bei $\lambda = 587{,}6\,\mathrm{nm}$ und eine Abbe-Zahl von $\nu = 64$ besitzt. Desweiteren dürfen Sie annehmen, dass das Prisma lineare Dispersion aufweist. Welche Basislänge des Prismas wird benötigt, um eine identische Auflösung des zuvor verwendeten Gitterspektrometers zu erreichen? (1,5 Punkte)

   Hinweis: $\lambda_C = 656{,}3\,\mathrm{nm}$, $\lambda_F = 486{,}1\,\mathrm{nm}$

Aufgabe 4: Beleuchtung (5 Punkte)

Zur Beleuchtung eines Behandlungszimmers steht eine Glühbirne zur Verfügung, welche mit einer Leistung von 40 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 $V = 0{,}04$. (1 Punkte)

b) Berechnen Sie die Intensität I_V der Lichtquelle. Wie groß ist Beleuchtungsstärke E_V in einem Abstand von 2 m von der Glühbirne? Wie groß ist bei dieser Entfernung der eingestrahlte Lichtstrom auf einer kreisrunden, ebenen Fläche mit einem Durchmesser von 10 cm, wenn Sie hier vereinfacht einen konstante Beleuchtungsstärke annehmen? (1,5 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 $\lambda = 0{,}55\,\mu\text{m}$, 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 1,5 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)