

Bestimmung der Brennweite von Linsen, Mikroskop

Aufgabenstellung:

Die Brennweite f von Linsen soll aus Gegenstandsweite g und Bildweite b bestimmt werden. Weiters soll die Wirkungsweise eines Mikroskopes untersucht werden, insbesondere die Funktion von Objektiv und Okular und die Abhängigkeit der Vergrößerung von der Brennweite der Okularlinse.

Experimentelle Vorgangsweise:

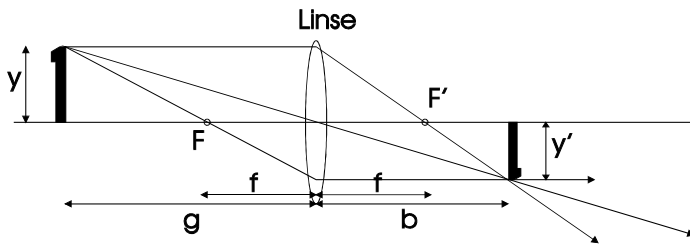
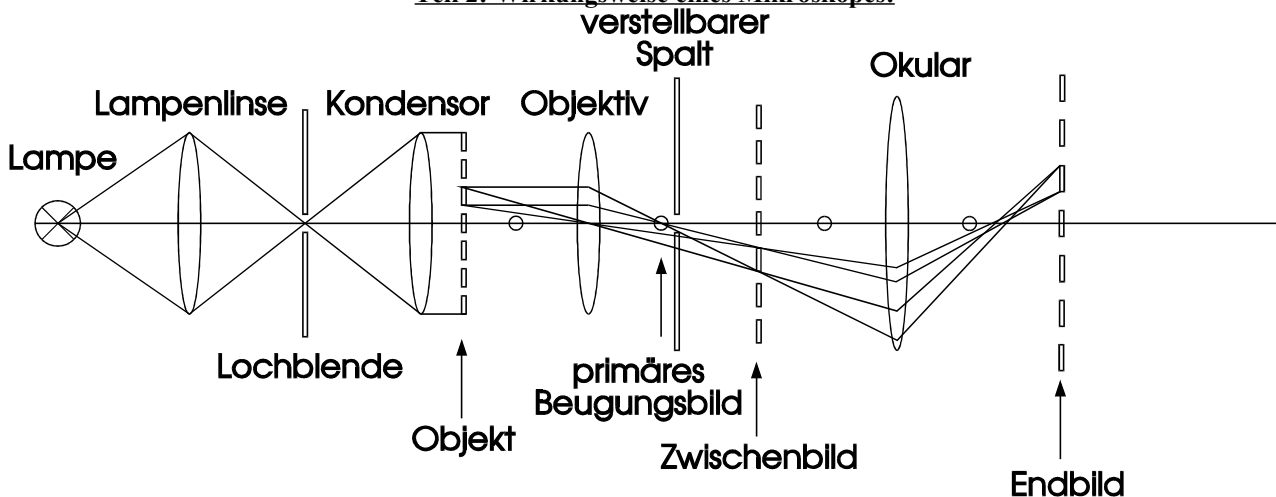


Abbildung eines Gegenstandes mit einer Linse der Brennweite f
Bildvergrößerung $M = y'/y$, die Bildweite b und Gegenstandsweite g sind zu ermitteln.

Teil 1: Abbildungseigenschaften einer Sammellinse:

Der von einer Reuterlampe beleuchtete Gegenstand in Form einer aufrechten **1** wird über die jeweilige Sammellinse auf einem Schirm *scharf* abgebildet und ein verkleinertes bzw. ein vergrößertes Bild erzeugt. Zur Verfügung stehen 2 Linsen. Für jede sind jeweils zehn Messungen mit verschiedener Gegenstandsweite g durchzuführen. Fünf Messungen sollen eine unterschiedliche Verkleinerung M , fünf Messungen eine unterschiedliche Vergrößerung M ergeben. Die

Teil 2: Wirkungsweise eines Mikroskopes:



Meßaufbau zur Funktionsweise des Mikroskopes

Vergrößerung eines Mikroskopes: Der prinzipielle Meßaufbau ist in obiger Abbildung dargestellt. Als Objektiv dienen die Sammellinsen mit den Brennweiten $f_{\text{Obj}} = 200, 150, 100$ und 50 mm. Als Okular dient die Sammellinse mit $f_{\text{Oku}} = 100$ mm. Zunächst wird der Blendenhalter mit dem Meßdia als Objekt bestückt. Der verstellbare Spalt wird vom Strahlengang entfernt. Nun wird der durchscheinende Schirm am Ende der optischen Bank befestigt und das gewählte Objektiv (Es ist günstig mit der größten Brennweite $f_{\text{Obj}} = 200$ zu beginnen.), als auch das Okular so verschoben, daß ein scharfes, vergrößertes Bild (Endbild) des Meßdias am Schirm erscheint. Die Größe y_{EB} des Endbildes wird bestimmt.

Für die folgenden Messungen wird sowohl die Lage und die Brennweite der Okularlinse wie die Lage des Schirmes für das Endbild nicht mehr verändert!

Die Objektivlinse wird mit einer Linse anderer Brennweite ($f_{\text{Obj}} = 150, 100$ und 50 mm) ausgetauscht, das Endbild durch Verschieben nur der Objektivlinse scharfgestellt und die Bildgrößen und y_{EB} neu bestimmt.

Beugung, Abbe'sche Abbildungstheorie: Sind die obigen Messungen abgeschlossen, kann das Meßdia durch das Kreuzgitter ersetzt werden. Als Okular dient weiterhin die Sammellinse mit $f_{\text{Oku}} = 100$ mm. Als Objektiv verwendet man am besten die Linse $f_{\text{Obj}} = 100$ mm. Der verstellbare Spalt wird wieder im Strahlengang eingebracht und so positioniert,

daß er in der Brennebene der Objektivlinse liegt. Man erkennt ein kreuzförmiges Beugungsmuster. Der Kreuzungspunkt soll zentrisch durch den Spalt gehen.

In der Folge sind folgende Beobachtungen zu machen und einer Betreuungsperson zu demonstrieren:

Bei weit geöffnetem, waagrecht eingestelltem Spalt ist das gesamte Kreuzgitter vergrößert am Schirm sichtbar. Wird der Spalt so weit verengt, daß nur noch die 0. Ordnung des senkrechten Beugungsbildes des Gegenstandes den Spalt passieren kann, so geht die waagrechte Komponente des Gitters verloren, es sind nur noch senkrechte Striche wahrnehmbar. Wird nun der Spalt um 90 Grad geschwenkt, so kann die waagrechte Komponente des Gitters sichtbar gemacht werden, die senkrechten Linien verschwinden. Wieso? Welche Information über das Gitter enthält das Beugungsmaximum 0. Ordnung? Welche Information das Beugungsmaximum 1. Ordnung? Was geschieht, wenn der Spalt um 45 Grad geschwenkt wird?

Auwertung:

Brennweite von Linsen:

Abbildungsgleichung für Linsen: $1/f = 1/b + 1/g$ f ...Brennweite
 b ...Bildweite
 g ...Gegenstandsweite

Für jede der zwei Optiken und für jede Gegenstandsweite g ist die Brennweite f zu berechnen. In einem Plot sind auf der Abszisse die inverse Gegenstandsweite $1/g$ und auf der Ordinate die inverse Bildweite $1/b$ darzustellen. Eine Ausgleichsgerade ist durch die Daten zu legen und daraus ist die Brennweite f (siehe auch WALCHER) zu bestimmen. Die Meßfehler sind abzuschätzen und die Ergebnisse sind zu diskutieren.

Mikroskop:

In einem Diagramm ist der Abbildungsmaßstab $M = y' / y$, wobei y die Gegenstandsgröße und y' die Bildgröße des Endbildes bedeuten, in Abhängigkeit von der Brennweite f_{Obj} des Objektivs darzustellen.

Aus dem Durchmesser D_{Obj} der verwendeten Linse und aus ihrer Brennweite f_{Obj} kann der halbe Öffnungswinkel θ des Objektivs berechnet werden:

$$\theta = \text{atan} \left(\frac{D_{\text{Obj}}}{2f_{\text{Obj}}} \right)$$

und daraus die numerische Apertur NA des Objektivs: $\text{NA} = n \sin \theta$

und bei gegebener Wellenlänge λ des Lichtes ($\lambda = 550 \text{ nm}$) die Auflösung δ des Objektivs: $\delta = \frac{\lambda}{\text{NA}}$

Geben Sie NA und δ für die drei Objektivlinsen an.

Die Beobachtungen des Beugungsbildes des Kreuzgitters sind zu diskutieren, es sind daraus Folgerungen auf das maximale Auflösungsvermögen des Mikroskops zu schließen. Was ist der Vorteil von Immersionsobjektiven?

Zur Vorbereitung:

H. Tritthart, *Medizinische Physik und Biophysik*, 2001, Schattauer GmbH Stuttgart

Kap. 8 Medizinische Optik; Kap. 8.1 Einleitung; Kap. 8.4.6 Beugung und Brechung, Dispersion, Interferenz; Kap. 8.5 Abbildung durch Linsen und Spiegel; Kap. 8.5.1 Abbildungsfehler; Kap. 8.7 Das menschliche Auge als optisches System; Kap. 8.8 Medizinische Mikroskoptechniken; Kap. 8.8.1 Numerische Apertur; Kap. 8.8.2 Auflösungsvermögen; Kap. 8.8.4 Abbe-Theorie der Bildentstehung.

W. Hellenthal, *Physik für Mediziner und Biologen*, 7. Auflage 2002, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart

Kap. 8 Optik; Kap. 8.1 Das Gebiet der Optik; Kap. 8.2.3 Brechung (Refraktion), Dispersion und Totalreflexion; Kap. 8.2.4 Strahlengang bei Prisma, Linsen und planparalleler Platten; Kap. 8.2.5 Abbildung mittels Linsen und Spiegeln; Kap. 8.2.6 Linsenfehler; Kap. 8.2.7 Optische Geräte und Systeme; Kap. 8.3.3. Beugung an einzelnen Zentren.

A. Trautwein, U. Kreibitz, E. Oberhausen, J. Hüttermann, *Physik für Mediziner, Biologen, Pharmazeuten*, 2000, Walter de Gruyter Berlin

Kap. 17 Optische Strahlung; Kap. 17.1 Einleitung; Kap. 18.2 Beugung elektromagnetischer Wellen; Kap. 18.2.1 Beugung an Spalten; Kap. 18.2.2 Das Beugungsgitter; Kap. 18.3 Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in Materie; 18.3.1 Der Brechungsindex und das Brechungsgesetz; Kap. 19 Geometrische Optik; 19.3.3 Brechung; Kap. 19.4 Abbildung mit Linsen; Kap. 19.4.1 Abbildung durch brechende Flächen; Kap. 19.4.4 Die Abbildungsgleichung für eine Linse; Kap. 19.4.5 Klassifizierung von Linsen; Kap. 19.4.6 Die Abbildungsgleichung für ein System aus zwei Linsen; Kap. 19.4.8 Konstruktion von Strahlengängen; Kap. 19.4.9 Optische Vergrößerung; Kap. 19.4.11 Abbildungsfehler; Kap. 19.5 Das Auge; Kap. 20.3 Lichtmikroskop.

Schlagworte:

- * Gegenstandsweite, Bildweite, Brennweite
- * Brechzahl
- * Linsenfehler
- * Abbildung, Vergrößerung, Strahlengang
- * Fernrohr, Mikroskop
- * Numerische Apertur, Auflösungsvermögen
- * Beugung, ABBEsche Abbildungstheorie des Mikroskops