

Versuch 4 A: Brennweitenbestimmung von Linsen

• Aufgabenstellung:

1. Bestimmung der Brennweite f_s und der Brechkraft D_s einer gegebenen Sammellinse (Plankonvexlinse) in Luft.
2. Überprüfen der Beziehung: $B/G = b/g$.
3. Berechnung des Krümmungsradius der gekrümmten Linsenfläche, wenn die Brechzahl von Glas $n_G = 1,5$ gegeben ist.
4. Bestimmung der Brennweite f_z und der Brechkraft D_z einer gegebenen Zerstreuungslinse durch Kombination mit der Sammellinse.
5. Bestimmung der Brennweite f und f' für die gegebene Plankonvexlinse, wenn an der planen Linsenfläche Wasser angrenzt. Berechnung der Brechzahl n' für das Wasser aus f und f'

• Versuchsdurchführung:

Zu 1.: Ein Gegenstand (beleuchtetes Dia) wird mit einer Linse auf einen Schirm abgebildet. Abb.4.1 zeigt den Versuchsaufbau: Lampe, Kondensator (zur Bündelung des Lichts), Gegenstand, Linse und Schirm befinden sich auf einer optischen Bank.

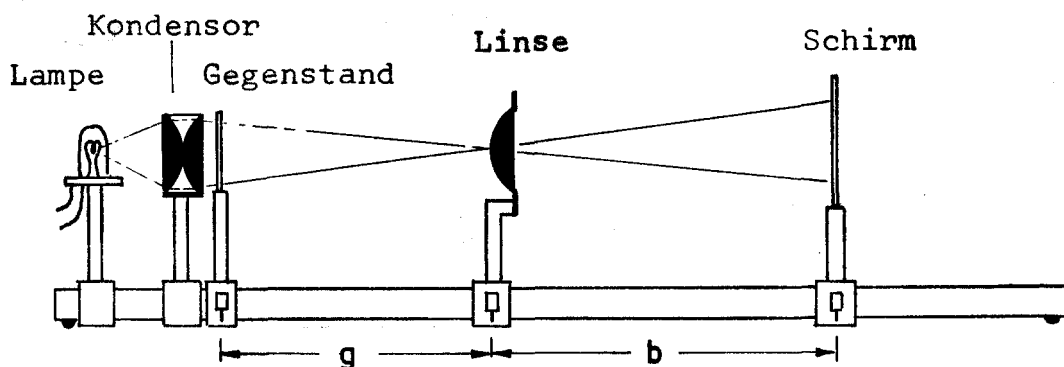


Abb. 4.1: Versuchsaufbau zu Teil A.

Das Dia soll möglichst nahe am Kondensator stehen, damit es gut ausgeleuchtet ist.

Stellen Sie nun eine feste Gegenstandsweite g ein und verschiebe den Schirm, bis das Bild auf dem Schirm scharf erscheint. Der Abstand Schirm-Linse ist dann die Bildweite b (diese Bildweitenbestimmung dreimal durchführen und den Mittelwert für b bilden). Es ist günstig, eine Gegenstandsweite zu wählen, bei der Bildgröße und Gegenstandsgröße ungefähr gleich sind. Die Brennweite f und die Brechkraft D lassen sich nach der folgenden Gleichung berechnen:

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad \text{oder} \quad \frac{1}{g} + \frac{1}{b} = D$$

Alle Messwerte und Ergebnisse in die weiter unten vorgeschlagene Wertetabelle eintragen!

Zu 2.: Stellen Sie zunächst den Schirm auf den Mittelwert von **b**. Für den Gegenstand **G** kann z.B. ein auf dem Dia befindlicher Kreisdurchmesser gewählt werden. Der Durchmesser des Kreises auf dem Bildschirm entspricht dann **B**.

Um genauere Ergebnisse zu erzielen, muss die gegebene Plankonvex-Linse als "dicke Linse" behandelt werden, d.h. es sind zwei Hauptebenen **H** und **H'** vorhanden, wobei **g** von **H** und **b** von **H'** aus zu messen sind. Für Plankonvex-Linsen gilt allgemein, dass die Hauptebene **H** mit der Tangentialebene im Scheitel der Linse identisch ist und der Abstand der Hauptebene **H'** von **H** gleich $d/3$ ist, wenn **d** die Dicke der Linse ist (s. Abb. 4.2). Die Lage von **H** ist mit der Strichmarke auf dem optischen Reiter identisch. Werden auch die **b**-Werte zunächst von dieser Marke aus gemessen, so sind sie um $d/3$ zu groß, d.h. man muss $d/3$ von den von der Strichmarke aus gemessenen **b**-Werten abziehen. Die Linsendicke **d** ist am Arbeitsplatz gegeben.

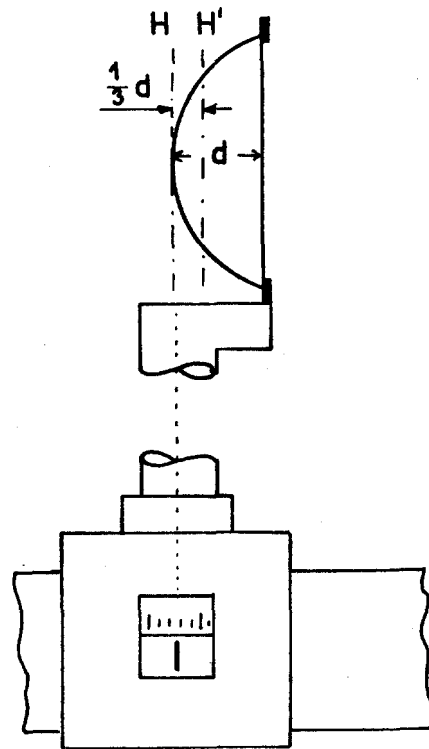
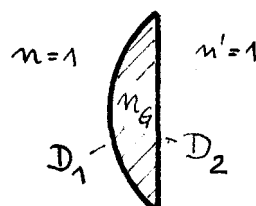


Abb. 4.2: Zur Bestimmung der Lage der Linsenhauptebene.

Zu 3.: Für die Berechnung der Brechkraft **D** einer Linse gilt: $D = D_1 + D_2$, wenn **D**₁ und **D**₂ die Einzelbrechwerte der Linsenflächen sind. Für die Plankonvex-Linse ist **D**₂ = 0, d.h. die Gesamtbrechkraft **D** ist gleich der Brechkraft **D**₁; $D = D_1$. Für **D**₁ gilt: $D_1 = (n_G - 1)/r$, also auch $D = (n_G - 1)/r$.



Zu 4.: Die Bestimmung der Brennweite einer Zerstreuungslinse kann nur so erfolgen, dass man sie mit einer Sammellinse stärkerer Brechkraft kombiniert, so dass ein Gesamtsystem mit einer positiven Brechkraft entsteht. Stecken Sie die Zerstreuungslinse auf die Sammellinse und messen Sie wieder dreimal die **b**-Werte für einen konstanten **g**-Wert. Die Kombination kann als dünnes System behandelt werden, d.h. eine **Korrektur der b-Werte ist nicht erforderlich!**

Berechnen Sie zunächst D_Z aus D_{ges} und D_S und dann f_Z aus D_Z .

Zu 5. :

An die vorhandene Plankonvex-Linse wird eine mit Wasser gefüllte Küvette angesetzt (s. Abb. 4.3), so dass ein System mit zwei verschiedenen Brennweiten f und f' entsteht. Die Rückseite der Küvette ist eine Mattscheibe und soll die Bildebene sein. Die Bildweite b hat hier also einen festen Wert, nämlich **Linsendicke plus Küvettenlänge**.

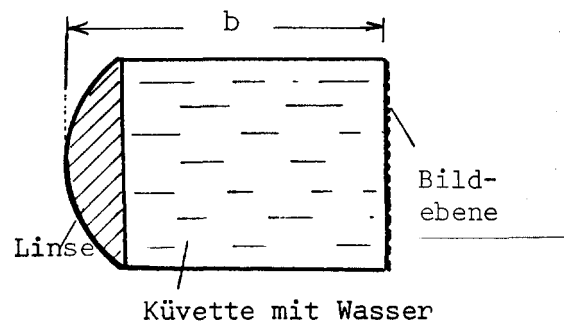


Abb. 4.3:

Um das Bild auf der Mattscheibe scharf zu stellen, muss nun der Gegenstand verschoben werden. Führen Sie wieder 3 Messungen aus.

Die Anordnung **Linse mit Küvette** weist gewisse Parallelen mit dem Auge auf: Feste Bildweite, verschiedene Brennweiten f und f' vor und hinter der Linse (Küvette entspricht Glaskörper). Für solche Linsensysteme ist folgende Gleichung gültig:

$$\frac{f}{g} + \frac{f'}{b} = 1$$

Bei bekannten (gemessenen) Werten für b und g sind aber noch zwei Unbekannte, nämlich f und f' , in der Gleichung vorhanden. Man stellt aber leicht fest, dass durch das Anfügen von Wasser an die plane Linsenfläche die vordere Brennweite f **nicht verändert wird**, da sich die Brechkraft der Linse dabei nicht ändert (warum?). Somit kann nun f' berechnet werden. Die Brechzahl n' des Wassers berechnet sich nach Gleichung:

$$\frac{f}{f'} = \frac{n}{n'}$$

• Tabelle für Messwerte und Ergebnisse

	Sammellinse	Gesamtsystem	Zerstreuungslinse	Linse mit Wasser
b_1			/	g_1
b_2				g_2
b_3				g_3
b				g
g				b
B		/	/	/
G				
B/G				
b/g				
f				
D				$f' =$
r				$n' =$

Versuch 4 B:

Mikroskop

• Aufgabenstellung:

1. Bestimmen Sie die Okularvergrößerung v_{Ok} .
2. Bestimmen Sie die Objektivvergrößerungen v_{Ob} für drei Objektive und berechnen Sie jeweils die Gesamtvergrößerung.
3. Bestimmen Sie die numerische Apertur für das stärkste Objektiv und berechnen Sie den kleinsten auflösbaren Abstand (in mm) für dieses Objektiv für gelbes Licht.

• Versuchsdurchführung:

1. Bestimmung der Okularvergrößerung:

Im Okular befindet sich hinter der Linse ein Glasplättchen, auf dem eine Skala (Länge 1 cm, 1/10 mm Teilung) aufgebracht ist. In Abb. 4.4 ist diese Skala mit M_{Ok} (= Okularmaßstab) bezeichnet.

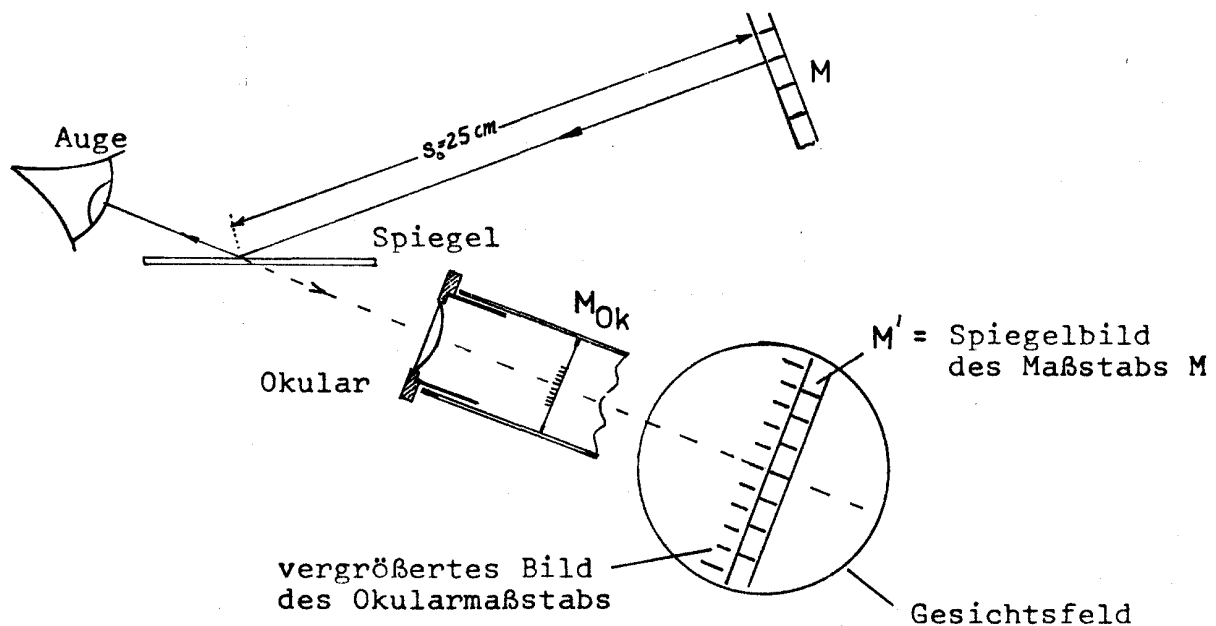


Abb.4.4: Experimentelle Anordnung zur Bestimmung der Okularvergrößerung.

Blickt man durch die Okularlinse, so sieht man ein vergrößertes Bild des Okularmaßstabes. Um die Vergrößerung festzustellen, muss man in 25 cm Entfernung einen Vergleichsmaßstab M so anbringen, dass man sowohl das Bild des Okularmaßstabes als auch den Vergleichsmaßstab gleichzeitig betrachten und dabei einen Längenvergleich durchführen kann. Erscheinen dabei a Millimeter auf dem Okularmaßstab genau so groß wie b Millimeter auf dem Vergleichsmaßstab M , so ist die Vergrößerung: $v_{Ok} = b/a$.

Der Vergleichsmaßstab wird durch Spiegelung an einem halbdurchlässig versilberten Planspiegel, der sich über der Okularlinse befindet und um eine horizontale Achse drehbar

ist, in die erforderliche Position gebracht (Abb.4.4). Ein Planspiegel bildet im Maßstab 1:1 ab. Man vergleicht also das nicht vergrößerte Spiegelbild **M'** des Vergleichsmaßstabs **M** mit dem vergrößerten Bild des Okularmaßstabs (s. "Gesichtsfeld" in Abb. 4.4). Der Maßstab **M** wird in der Entfernung $s_0 = 25 \text{ cm}$ von der Drehachse des Spiegels justiert. Bei einer Drehung des Spiegels ändert sich dann der Abstand zum Spiegel nicht.

2. Bestimmung der Objektivvergrößerung:

Man legt ein **Objektmikrometer** (das ist eine dünne Glasplatte, auf der eine Skala aufgebracht ist) auf den Objektstisch und stellt scharf. Das vom Objektiv entworfene Zwischenbild kann mit dem Okularmaßstab, der sich in der Zwischenbildebene befindet, ausgemessen werden.

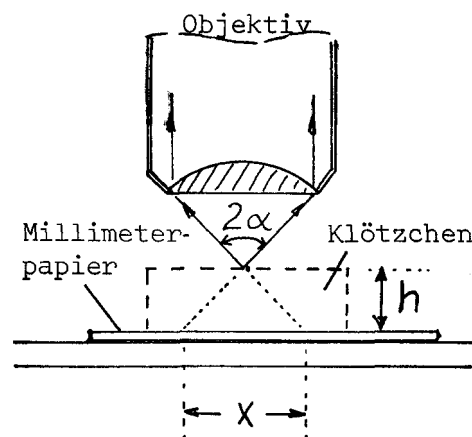
Länge des Objektmikrometers **1 mm** mit **1/100 mm** Teilung. Entsprechen **c** Millimeter auf der Okularskala **d** Millimeter auf dem Objektmikrometer, so ist: $v_{\text{ob}} = c/d$.

3. Bestimmung der numerischen Apertur:

Man legt ein Klötzchen der Dicke h (mit der Schieblehre messen!) auf den Objektstisch. Unter das Klötzchen lege man zuvor noch einen Objektträger mit Millimeterpapier. Das Mikroskop wird auf die Oberfläche des Klötzchens scharf eingestellt.

Achtung! Bei der Scharfeinstellung auf die Oberfläche des Klötzchens ist äußerste Vorsicht geboten (Bruchgefahr für den Objektträger). Lesen Sie zunächst "**Scharfeinstellen beim Mikroskop**"!

Entfernt man nun bei unveränderter Mikroskopeinstellung das Klötzchen und das Okular, so kann man, durch den Tubus blickend, auf dem Millimeterpapier einen kreisförmigen Ausschnitt mit dem Durchmesser x sehen, von dessen Berandung gerade noch Licht in das Objektiv fällt.



Die Messung von x erfolgt mittels dem auf dem Mikroskoptisch befindlichen Kreuzschlitten, der eine Maßeinteilung mit Nonius besitzt (genaue Erläuterung durch den Assistenten!). Die Höhe h des Klötzchens wird mit der Schieblehre gemessen.

Berechnen Sie aus x und h zunächst den Winkel α und daraus die numerische Apertur **A**, sowie für **gelbes Licht (600 nm)** den kleinsten auflösbaren Abstand in **Millimeter und Mikrometer**.

• **Scharfstellen beim Mikroskop**

Die Scharfeinstellung und Bildsuche beim Mikroskop wird folgendermaßen durchgeführt:

1. Okularmaßstab scharf stellen.
2. Das Objekt auf dem Mikroskoptisch in den Lichtkegel schieben. Zunächst mit einem schwachen Objektiv (großes Gesichtsfeld!) das Bild suchen, indem man den Mikroskoptisch ganz nach oben dreht und dann diesen wieder unter gleichzeitiger Beobachtung durch das Okular langsam nach unten bewegt, bis das Bild im Gesichtsfeld erscheint. Ist das Bild zu klein, so dass ein stärkeres Objektiv erforderlich ist, so schiebe man das eben eingestellte Bild zunächst genau in die **Mitte des Gesichtsfeldes** und schwenke dann erst das stärkere Objektiv in den Strahlengang. Ist das Bild dann nicht sofort sichtbar, so drehe man den Mikroskoptisch noch etwas höher, so dass das Objekt (bzw. das Deckgläschen) die **Unterseite des Objektivs gerade noch nicht berührt** und senke dann den Tisch unter Beobachtung durch das Okular wieder langsam ab. Besonders bei der Einstellung auf die Oberfläche des Klötzchen (hohes Objekt!) ist das eben beschriebene Verfahren exakt einzuhalten!