

Versuch 75: Lichtmikroskop

(durchgeführt am 02.10.2018 bei Daniel Bartle)
Ye Joon Kim, Marouan Zouari
7. Oktober 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Aufbau	4
3	Durchführung	4
4	Auswertung und Fehleranalyse	5
4.1	Bestimmung der Abbildungsmaßstab des Objektivs	5
4.2	Bestimmung der Vergrößerung des Okulars	6
4.3	Bestimmung der Vergrößerung des gesamten Mikroskops . . .	6
4.4	Bestimmung der Größe des Spalts	6
5	Diskussion der Ergebnisse	6
6	Literatur	6
7	Anhang	6

1 Einleitung

Mit einer Lupe oder einem Mikroskop können kleine Objekte oder feine Einzelheiten stark vergrößert angesehen werden. Wie groß ein Objekt aussieht, hängt von dem Sehwinkel, $\epsilon = \arctan(B/b)$ ab (Siehe Abbildung 1). Eine Lupe lenkt das Licht so ab, sodass der Sehwinkel vergrößert wird. Dadurch wird ein vergrößerndes Bild in dem Auge geschaffen. Die Vergrößerung ist definiert durch:

$$V = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} \quad (1)$$

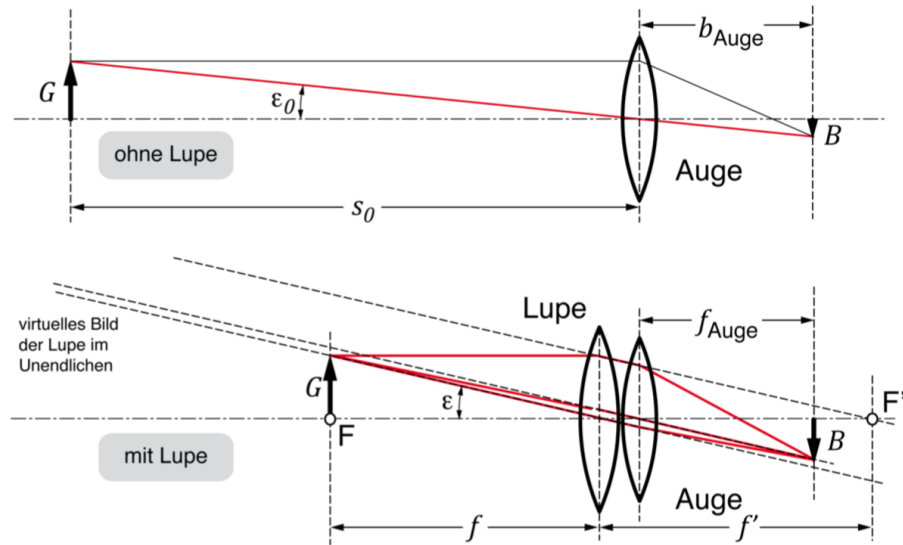


Abbildung 1: Funktionsweise einer Lupe („Versuchsanleitungen“)

Wobei ε_0 und ε jeweils der Sehwinkel ohne und mit der Lupe sind. Für sehr kleine Winkel gilt $\varepsilon \approx \tan(\varepsilon)$, und dadurch lässt sich V auch schreiben als:

$$V \approx \frac{\tan \varepsilon}{\tan \varepsilon_0} = \frac{G/f}{G/s_0} = \frac{s_0}{f} \quad (2)$$

Ein Mikroskop funktioniert ähnlich, aber es kann viel stärkere Vergrößerungen schaffen. Die zwei wichtigsten Teile eines Mikroskops sind das Objektiv und das Okular.

Das Licht von dem Objekt geht zuerst durch das Objektiv. Das Objektiv bricht das Licht so, sodass es am Brennpunkt des Okulars ein vergrößertes reelles Zwischenbild entsteht. Das Okular schickt, wie eine Lupe, das Licht in das Auge, wobei das Bild nochmals vergrößert wird (Siehe Abbildung 2). Mit nur diesen zwei Linsen können riesige Vergrößerungen geschaffen werden. Die Vergrößerung eines Mikroskops kann so geschrieben werden:

$$V_{\text{Mikroskop}} \approx \frac{\tan \epsilon}{\tan \epsilon_0} = \frac{B/f_2}{G/s_0} = \frac{B}{G} \cdot \frac{s_0}{f} = \beta_{\text{obj}} \cdot V_{\text{ok}} \quad (3)$$

Wobei B und G die jeweils Bild- und Gegenstandsgröße bezüglich des Objektives, β_{obj} der Abbildungsmaßstab des Objektives und V_{ok} die Vergrößerung des Okulars sind.

Bei echten Mikroskopen sind aber nicht nur die Vergrößerung aber auch die Beleuchtung wichtig. In diesem Versuch wird die Köhlersche Beleuchtung untersucht. Zu dem werden vier zusätzliche Bauteilen benötigt.

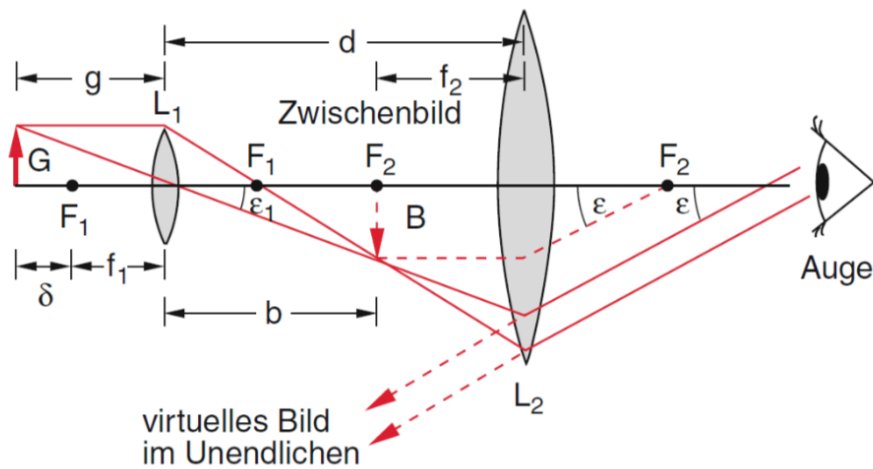


Abbildung 2: Funktionsweise eines Lichtmikroskops („Versuchsanleitungen“)

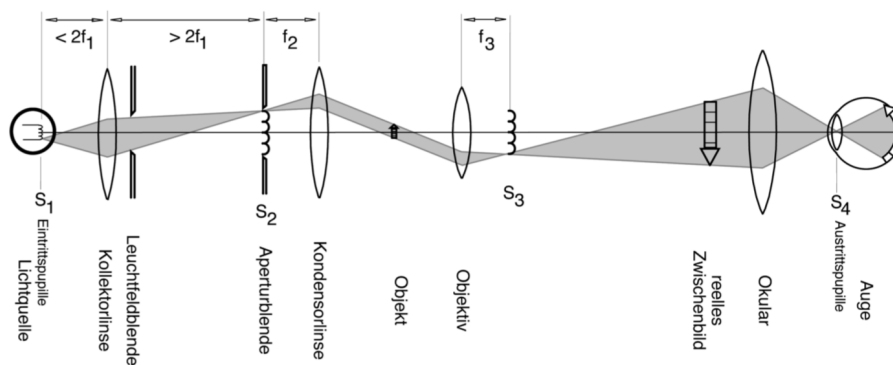


Abbildung 3: Köhlersche Beleuchtung

Die Kollektorlinse bildet die Lichtquelle vergrößert auf die dahinten stehende Leuchtfeldblende ab. Der Hebel von der Leuchtfeldblende kann verstellt werden, um die Größe der Apertur zu ändern, und dadurch kontrolliert die Blende wie groß die Abbildung auf dem Schirm ist. Daneben steht eine Aperturblende, die sich an dem Brennpunkt der dahinten stehenden Kondensorlinse befindet. Ähnlich wie die Leuchtfeldblende kann die Größe des Lochs an der Blende justiert werden, aber da die Blende sich am Brennpunkt der Kondensorlinse befindet, wird die Größe der Abbildung nicht beeinflusst, sondern nur ihre Helligkeit. Die Kondensorlinse bildet dann das Licht auf das Objektebene (Siehe Abbildung 3).

2 Aufbau

Zum Versuch wurden die in dem obigen Abschnitt erwähnten optische Apparate, eine optische Bank, ein transparenter und opaker Schirm mit ein Stück Millimeterpapier, eine beleuchtete Referenzskala und zwei Objekte (Drahtgitter und Objektmikrometer) benutzt.

3 Durchführung

Es wurden zuerst auf der optischen Bank der Schirm und Objektivlinse fixiert. Die Linse und Schirm wurden so verschoben, sodass es eine relativ scharfe vergrößerte Abbildung auf dem Schirm erzeugt wurde. Die Lichtquelle wurde justiert, sodass die Abbildung zentriert war.

Für den ersten Versuchsteil wurde ein Drahtgitter vor dem Objektiv bei Position 250mm eingesetzt. Das Objektiv wurde dann verschoben, damit eine scharfe Abbildung des Gitters entstanden war. Dann wurde eine Kollektorlinse direkt vor der Lichtquelle fixiert. Ihre Position wurde variiert und der Einfluss auf die Beleuchtung wurde beobachtet. Die Aperturblende wurde dann zwischen dem Objekt und der Kollektorlinse eingesetzt. Es wurde dann untersucht am welcher Stelle der ausgeleuchtete Bereich nicht geändert wurde, wenn die Aperturblende gedreht wurde. Eine Leuchtfeldblende wurde dann zwischen der Aperturblende und Kollektorlinse fixiert und es wurde untersucht ob die Position der Kollektorlinse einen Einfluss auf die Beleuchtung hat.

Für den zweiten Teil wurden die Bauteile ein Bisschen justiert, um das Objekt optimal abbilden zu können. Die Kollektorlinse wurde am Position 11,5 cm, die Leuchtfeldblende am Position 12,7 cm, die Aperturblende am Position 19,2 cm, die Kondensatorlinse am Position 25,0 cm, das Objekt am Position 30,7 cm, das Objektiv am Position 35,8 cm und der Schirm am Position 119,0 cm fixiert. Für das Objekt wurde der Objektmikrometer benutzt. Die Größe einer abgebildeten Skala wurde dann mit der Millimeterpapier auf dem Schirm gemessen. Danach wurde die Abstände zwischen dem Objekt und Objektiv und dem Bild und Objektiv gemessen.

Für den dritten Versuchsteil wurde das Okular 50 mm hinter dem Schirm fixiert und der Würfel direkt dahinter. Der Schirm wurde umgedreht, sodass das Millimeterpapier auf der rechten Seite des Schirms sich befand. Die Referenzskala wurde dann 120 mm hinter dem Würfel eingesetzt. Der Auge wurde 2 cm oberhalb des Würfels gebracht, und der Referenzskala wurde verschoben, sodass beide Skalen gleichzeitig sichtbar waren. Die Größe einer Skala des abgebildeten Millimeterpapiers wurde dann mit dem reflektierten Bild der Referenzskala gemessen.

Für den vierten Versuchsteil wurde der opake Schirm durch die transparente Mattscheibe ersetzt. Die Größe einer auf die Mattscheibe abgebildeten Skala wurde dann wie in dem dritten Versuchsteil mit der Referenzskala gemessen.

Für den fünften Versuchsteil wurde ein Spalt nah hinter dem Objektiv fixiert, und die Mattscheibe durch den weißen Schirm ersetzt. Der Schirm wurde so positioniert, sodass eine scharfe Abbildung des Objektmikrometers auf dem Schirm entstanden war. Die Spaltbreite wurde dann verringert, bis die abgebildeten Skalen nicht mehr voneinander unterscheidet werden konnten. Das Objekt wurde dann durch den Spalte ersetzt, und die Größe des abgebildeten Spalt wurde dann mit einem Lineal gemessen.

In dem sechsten Versuchsteil wurde das Drahtgitter als Objekt ausgewählt. Es wurde dann beobachtet, ob es Abbildungsfehler gab.

4 Auswertung und Fehleranalyse

4.1 Bestimmung der Abbildungsmaßstab des Objektivs

Der Abbildungsmaßstab ist definiert als:

$$\beta = \frac{B}{G} = \frac{b}{g}$$

Wobei B und G jeweils die Bild- und Gegenstandsgröße und b und g jeweils die Bild- und Gegenstandsweite sind. Der mit den Bild- und Gegenstandsgröße bestimmte Abbildungsmaßstab und seine Unsicherheit sind:

$$\beta = 20,0 \pm 1,4$$

und der mit den Bild- und Gegenstandsweite bestimmte Abbildungsmaßstab:

$$\beta = 15,5 \pm 0,3$$

Für die Unsicherheiten wurde die vereinfachte gaußsche Fehlerfortpflanzung für Produkte benutzt. Die Unsicherheit des Abbildungsmaßstabs ist deshalb:

$$\frac{\Delta\beta}{\beta} = \sqrt{\left(\frac{\Delta B}{B}\right)^2 + \left(\frac{\Delta G}{G}\right)^2}$$

und ebenfalls mit den Bild- und Gegenstandsweite.

4.2 Bestimmung der Vergrößerung des Okulars

Die Vergrößerung des Okulars wurde dadurch berechnet, indem die Größe der gemessenen Referenzskalen durch die tatsächliche Größe der Skalen auf dem Millimeterpapier geteilt wird. Die Vergrößerung und ihre Unsicherheit ist deshalb:

$$2 \pm 0,2$$

Die Unsicherheit wurde wiederum mit der vereinfachten gaußschen Fehlerfortpflanzung berechnet, deswegen:

$$\frac{\Delta V}{V} = \sqrt{\left(\frac{\Delta B_1}{B_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta B_2}{B_2}\right)^2}$$

wobei B_1 und B_2 jeweils die Größe der gemessenen Referenzskalen und die tatsächliche Größe der Skalen auf dem Millimeterpapier sind.

4.3 Bestimmung der Vergrößerung des gesamten Mikroskops

Die Vergrößerung des gesamten Mikroskops und ihre Unsicherheit wurden ebenso berechnet:

$$V_{\text{tot}} = 70 \pm 20$$

4.4 Bestimmung der Größe des Spalts

Die Größe eines Gegenstands lässt sich mit seiner abgebildeten Größe und dem Abbildungsmaßstab bestimmen. Nämlich:

$$G = \frac{B}{\beta}$$

Die Größe des Spalts ist deshalb:

$$s = 0,050 \pm 0,004\text{cm}$$

Die Unsicherheit wurde fast genau wie in den obigen Teilen mit der vereinfachten gaußschen Fehlerfortpflanzung berechnet. Für β wurde der erste Wert ausgewählt, da er wurde direkt und genauer gemessen.

5 Diskussion der Ergebnisse

6 Literatur

7 Anhang