

MI - Mikroskop

Blockpraktikum Frühjahr 2005

Alexander Seizinger, Tobias Müller
Assistent Gunnar Ritt

Tübingen, den 1. November 2005

1 Einführung

Ziel dieses Versuches ist es, sich mit Aufbau und Funktionsweise eines Mikroskops vertraut zu machen.

2 Theoretische Grundlagen

Ein Gegenstand erscheint umso größer, je näher er dem Auge kommt. Ein Maß für die Größe ist hierbei der Winkel ϵ , unter dem die Strahlen auf das Auge fallen. Ab einer gewissen Distanz (festgelegt als $l_0 = 25\text{cm}$ mit zugehörigem Winkel ϵ_0) erreicht man hier allerdings aufgrund der maximalen Brechung des Auges die Grenze, oberhalb der keine weitere Vergrößerung mehr möglich ist. Abhilfe können hier Lupe und Mikroskop schaffen.

2.1 Vergrößerung

Als Vergrößerung V definiert man:

$$V := \frac{\tan \epsilon}{\tan \epsilon_0}$$

2.2 Lupe

Bei einer Lupe handelt es sich um eine konvexe Linse sehr kurzer Brennweite f . Rückt sie das imaginäre Bild des Gegenstandes ins unendliche (das Auge ist in diesem Zustand also entspannt) so gilt für den Einfallswinkel ϵ :

$$\tan \epsilon = \frac{G}{f_{Lupe}}$$

und damit

$$V = \frac{l_0}{f_{Lupe}}$$

Noch weitere Vergrößerung kann man erhalten, indem man die Auge und Lupe näher an den Gegenstand bewegt:

$$V = \frac{l_0}{f_{Lupe}} + 1$$

Da l_0 konstant ist bleibt nur, die Brennweite möglichst zu verringern. Auch dem sind aber Grenzen gesetzt, Lupen vergrößern maximal um den Faktor 20 - 30.

2.3 Mikroskop

Für noch weitere Vergrößerung verwendet man ein Mikroskop. Dieses ist aus zwei konvexen Linsen aufgebaut. Der Brennpunkt der ersten, dem Objektiv, befindet nahe dem Gegenstand, was ein großes Bild produziert. Von der zweiten Linse, dem Okular, laufen die nun parallelen Strahlen unter dem Winkel ϵ ins Auge des Betrachters. Durch projektive Geometrie lässt sich zeigen, dass für den Vergrößerungsfaktor V gilt:

$$V = \frac{t}{f_1} \cdot \frac{l_0}{f_2}$$

2.4 Auflösungsvermögen

Auch ein Mikroskop kann jedoch nicht beliebig vergrößern. Seien P_1 und P_2 zwei Punkte, deren Abstand a betrage. Durch die Wellennatur des Lichts und die damit verbundenen Interferenz- und Beugungseffekte am Spalt der Breite d wird die Vergrößerung limitiert. Unabhängig ob man von selbstleuchtenden oder beleuchteten Punkten ausgeht erhält man ähnliche Formeln. Für den Aperturwinkel ϑ gilt:

$$\vartheta = \frac{d}{2g}$$

wobei g den Abstand zwischen Objektiv und Gegenstand bezeichnet. Nach Helmholtz gilt für den minimalen Abstand der beiden Punkte und damit das maximale Auflösungsvermögen:

$$a_{min} = 1,22 \cdot \frac{\lambda}{2\vartheta}$$

3 Versuchsdurchführung

3.1 Vergrößerung abschätzen

Zuerst bestimmten wir die Vergrößerung des Mikroskops näherungsweise durch Abschätzen, indem zwei verschiedene Längenskalen (eine unter dem Mikroskop, die andere mit bloßem Auge) miteinander verglichen wurden.

3.2 Eichung des Okulars

Im nächsten Abschnitt ging es um die Eichung des Okularmikrometers für die folgenden Versuche. Hierzu wurde das Objektmikrometer als Bezugsskala genommen.

3.3 Bestimmung der Apertur

Nachdem das Mikroskop auf die Oberfläche einer metallenen Lochblende scharf gestellt wurde, maßen wir für 5 verschiedene Höheneinstellungen des Kondensors die zugehörige Skalenbreite.

3.4 Untersuchung von Spalttrümmern

Mit Hilfe der vorher geeichten Skala maßen wir unter dem Mikroskop die Länge verschiedener Spalttrümmerspuren.

4 Auswertung

4.1 Vergrößerung

Objektiv	gelb	blau	blau	gelb
Okular	10fach	10fach	6fach	6fach
Strecke mit Mikroskop [mm]	$\frac{5}{100}$	$\frac{5}{100}$	$\frac{5}{100}$	$\frac{5}{100}$
Strecke ohne Mikroskop [mm]	3	10	6	1,5
Vergrößerung Mikroskop	60	200	120	30
Vergrößerung Objektiv	10	33,3	20	20

Der Fehler dieser Messwerte ist relativ groß, was man auch schnell, sieht da die Vergrößerung für 2 verschiedene Objektive gleich ist.

4.2 Aperturwinkel

Für den Aperturwinkel α gilt:

$$\alpha = \arctan \frac{m}{2h}$$

Für die maximale Auflösung gilt dann nach der Helmholtzschen Theorie:

$$d_{min} = \frac{1,22\lambda}{2m}$$

Mit unserem Messwerte erhalten wir einen Aperturwinkel

$$\alpha = 0,198 \pm 0,002$$

Daraus folgt (mit Hilfe der Gausschen Fehlerfortpflanzung) für die maximale Auflösung des Mikroskops bei einer mittleren Wellenlänge $\lambda = 500\text{nm}$:

$$d_{min} = 1,54\mu\text{m} \pm 16,2\text{nm}$$

4.3 Spalttrümmer

Mit unserem Messwerte erhalten wir eine mittlere Spalttrümmerlänge von

$$l = 104\mu\text{m} \pm 31\mu\text{m}$$

Unter der Berücksichtigung das diese aber in einem Winkel von 20° in das Medium eingedrungen sind, ist ihre wirkliche Länge

$$l = 111\mu\text{m} \pm 33\mu\text{m}$$

Mit Hilfe der Energie-Reichweite-Beziehung (und der Gausschen Fehlerfortpflanzung) lässt sich nun ihre Energie zu

$$E = \sqrt{\frac{R^3}{a_{Folie}^3}} = 1386\text{MeV} \pm 620\text{MeV} = 2,2 \cdot 10^{-10}\text{J}, 9 \pm \cdot 10^{-11}\text{J}$$

berechnen. Mit $E = \frac{1}{2}mv^2$ läßt sich nun die Geschwindigkeit ermitteln:

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = 4,63 \cdot 10^7\text{m/s} \pm 1,03 \cdot 10^7\text{m/s}$$

Wir verzichten hier auf eine relativistische Rechnung, da die gemessenen Längen ziemlich ungenau sind und der Fehler vermutlich größer wäre, als die relativistischen Effekte. Die Geschwindigkeiten würden mit relativistischer Betrachtung etwas kleiner ausfallen.