

ANFÄNGERPRAKTIKUM DER FAKULTÄT FÜR PHYSIK,  
UNIVERSITÄT GÖTTINGEN

---

# Versuch Nr. 18 Mikroskop

## Protokoll

---

Praktikant: Michael Lohmann  
Felix Kurtz  
E-Mail: m.lohmann@stud.uni-goettingen.de  
felix.kurtz@stud.uni-goettingen.de  
Betreuer: Phillip Bastian  
Versuchsdatum: 04.03.2015

Testat:
---------

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Theorie</b>	<b>3</b>
2.1	Strahlenoptik . . . . .	3
2.2	Auflösungsvermögen . . . . .	3
2.3	Linsen . . . . .	4
2.4	Das Mikroskop . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Durchführung</b>	<b>4</b>
3.1	Teil A . . . . .	4
3.2	Teil B . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Auswertung</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>6</b>
5.1	Teil A . . . . .	6
5.2	Teil B . . . . .	6
	<b>Literatur</b>	<b>6</b>

## 1 Einleitung

Eine der wichtigsten Erfindungen für die Medizin war das Mikroskop. Damit konnten erstmals Bakterien als Ursache für Krankheiten entdeckt werden. Aber auch in zahlreichen anderen Fachbereichen, wie den Materialwissenschaften diente es der genaueren Untersuchung der Materie. Um diese immer genauer zu untersuchen, benötigte man immer genauere Mikroskope. Allerdings setzt die Physik hier Grenzen des machbaren (von der Umgehung des Abbeschen Beugungslimits durch Stefan Hell einmal abgesehen). Diese Grenzen sollen hier untersucht werden.

[lp1]

## 2 Theorie

### 2.1 Strahlenoptik

Die zentrale Formel der Strahlenoptik ist das SNELLIUSSche Brechungsgesetz:

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2 . \quad (1)$$

Es beschreibt, in welchem Winkel  $\alpha_2$  Licht, welches von einem Medium mit Brechungsindex  $n_1$  in ein zweites mit  $n_2$  unter dem Winkel  $\alpha_1$  eintritt, sich fortbewegt.

### 2.2 Auflösungsvermögen

Werden die zu beobachteten Objekte kleiner, so kann man nicht mehr mit Strahlenoptik rechnen, da diese als Näherung der MAXWELL-Gleichungen zu ungenau werden. Stattdessen muss man die Beugung mit einberechnen. Sie besagt, dass bei jeder Abbildung Fehler entstehen, so dass ein Punkt nicht in einen Punkt abgebildet werden kann, sondern „verschmiert“ wird. Zwei dicht beieinanderliegende Punkte werden so unter Umständen in einen großen „Kleck“ abgebildet, aus dem man nicht erkennen kann, ob er aus einem oder zwei Objekten besteht. Das RAYLEIGH-Kriterium bestimmt, ob diese noch trennbar sind. Dies wäre der Fall, falls das Hauptmaximum des ersten Bildes mindestens so weit entfernt ist vom Hauptmaximum des zweiten Bildes, wie dessen erstes Minimum. Die kleinste Winkelauflösung beträgt daher:

$$\sin \delta_{\min} = 1.22 \frac{\lambda}{b} \quad (2)$$

mit der Apertur  $b$  (einer charakteristischen Größe des optischen Systems, wie z.B. Durchmesser der Linse oder des Spaltes) und der Wellenlänge  $\lambda$ .

## 2.3 Linsen

Eine Linse ist das wohl wichtigste optische Bauteil. Sie besteht aus einem speziell geschliffenen Glas, dessen Seiten jeweils entweder konvex oder konkav sind. Generell kann man Linsen in zwei Gruppen einteilen:

- *Sammellinsen*, welche zwei konvexe Oberflächen haben und parallel einfallendes Licht auf einen Fokuspunkt (hinter der Linse) bündeln und
- *Streulinsen*, welche mit zwei konkaven Oberflächen versehen sind und das parallele Licht so streuen, als ob es von dem Brennpunkt (hier vor der Linse) ausgehen würde.

Eine Lupe besitzt die Vergrößerung  $V = s_0/f$ , wobei  $f$  die Brennweite der Linse und  $s_0 \approx 25\text{cm}$  die Entfernung ist, in der ein Mensch gerade noch scharf sehen kann. Dies

## 2.4 Das Mikroskop

Ein Mikroskop besteht aus zwei Sammellinsen, wobei die erste ein reelles Zwischenbild erzeugt, welches dann von der zweiten wie mit einer Lupe vergrößert wird. Die Vergrößerung, welche von einem Mikroskop erzeugt wird, ist daraus resultierend das Produkt der einzelnen Vergrößerungen. Die Vergrößerung des Okulars

# 3 Durchführung

Der Versuch besteht aus zwei Teilen.

## 3.1 Teil A

Im ersten wird ein Motic-Mikroskop vermessen, wobei jeder Schritt drei mal wiederholt wird. Zunächst wird die Gesamtvergrößerung bestimmt, in dem das Objektmikrometer auf dem Objektisch befestigt und das Mikroskop darauf fokussiert wird. Der Vergleichsmaßstab, welcher auf der Höhe des Objektisches parallel zu dem Objektmikrometer steht, wird nun mit dem Auge welches nicht durch das Okular guckt beobachtet. Diese Bilder kommen zur Überlagerung und so kann die Größe der Markierungen bestimmt werden. Falls hierbei Probleme entstehen muss man zunächst mit dem Auge durch das Okular gucken, bis man etwas sieht. Danach kann man blinzeln und die Augen entspannt lassen. Bei der Wiederholung der Versuche ist natürlich immer darauf zu achten, dass sie erneut richtig fokussiert werden.

	$V$	$V_{\text{Obj.}}$
10-fach	$98.4 \pm 0.7$	$9.44 \pm 0.07$
40-fach	$365 \pm 3$	$40.8 \pm 0.3$

**Tabelle 1:** Die Vergrößerungen des Mikroskops

100, 2	408, 8	97.0, 2	368, 8	8.6, 0.2	35.2, 0.8	12.9, 0.2	52.8, 0.8
101, 3	412, 8	95, 2	348, 5	8.6, 0.2	34.9, 0.5	13.5, 0.3	52.0, 0.7
102, 2	(310, 10)	100, 2	360, 10	8.4, 0.1	35.2, 0.8	13.4, 0.4	54, 2
		95, 2	351, 5				

**Tabelle 2:** i+Caption text+j

## 3.2 Teil B

Anschließend wird das Bild durch den Tubus mit dem Objektiv scharf eingestellt und die zweite Öffnung mit einem Objektiv mit verschiebbarem Mattscheibenokular bestückt. Diese wird nun (bei verdunkeltem Raum) so verschoben, dass das Zwischenbild scharf auf ihr zu erkennen ist. Dann wird mit einem Messschieber die Größe des abgebildeten Zwischenbildes bestimmt. Dieses wird ebenfalls dreifach je für das 10-fache und das 40-fache Okular wiederholt, wobei der Objektstisch stets auf der selben Höhe bleibt.

Der zweite Teil verwendet den Aufbau aus Abb. ???. Hierbei wird vor der Lampe mit dem Rotlichtfilter der Glasmaßstab so aufgestellt, dass dieser scharf durch das Objektiv abgebildet wird. Dann wird zwischen Objektiv und Glasscheibe ein Einfachspalt gestellt, dessen Breite variabel einstellbar ist. Wird dieser immer mehr geschlossen, so wird das Bild erkennbar unschärfer. Es ist nun die Öffnung des Spaltes zu suchen, bei der gerade so die kleinen Skalenteile nichtmehr unterscheidbar sind. Dies erfordert etwas Übung, da der Punkt gesucht wird, bei dem die komplette Skala zu einem Grauschleier wird. Nun wird die Entfernung zwischen Glasmaßstab und Einfachspalt gemessen.

Anschließend muss die Breite des Spaltes bestimmt werden. Hierfür nimmt man den Maßstab aus der Schiene und bewegt den Schpalt so weit vom Okular fort, dass dieser scharf erkennbar ist. Dann wird der eine Rand des Spaltes durch das Objektiv fixiert und die Position notiert. Selbiges wird mit dem anderen Rand getan, so dass die Differenz den Durchmesser ergibt.

## 4 Auswertung

i++j

## 5 Diskussion

### 5.1 Teil A

Bei der Messung des 40-fachen Objektives wurde offensichtlich ein Messwert falsch aufgezeichnet. Es ergeben sich Vergrößerungen von 408, 412 und 310. Augenscheinlich wurde bei einer kleinen Skala von 4 Skalenteilen statt 8.2cm der Wert 6.2cm aufgeschrieben. Ansonsten ergäbe der letzte Wert eine 410-fache Vergrößerung, welche wesentlich plausibler ist.

### 5.2 Teil B

Der zweite Teil der Versuchsdurchführung lässt mehr Interpretationsspielraum. Die Bestimmung der Breite des Spaltes war insofern herausfordernd, als dass das Gehäuse schräg war, wodurch nur eine Seite des Spaltes scharfzustellen war. Des weiteren hatte unser Objektiv kein Fadenkreuz, so dass wir ein Staubkorn darin als Fixpunkt nehmen mussten.

## Literatur

[lp1] *Lehrportal der Universität Göttingen*. <https://lp.uni-goettingen.de/get/text/4277>.