

**Ziel:**

Es soll der Abbildungsstab des Objektivs, die Objektivvergrößerung und die Gesamtvergrößerung bestimmt werden. Die Längenmessung mit dem Mikroskop und die Ermittlung des Brechungsindex von festen Stoffen zeigt eine praktische Verwendung für das Mikroskop.

**Methoden:**

Die meisten Teilexperimente benützen die einfachen Abbildungsgesetzen der geometrischen Optik. Bei der Bestimmung der numerischen Apertur (Auflösungsvermögen) wird auf die Ergebnisse der Wellenoptik zurückgegriffen.

**Erläuterungen:**

Das Mikroskop ist ein optisches System, bestehend aus Objektiv und Okular, wobei diese Komponenten in der Regel als mehrlinsige Systeme aufgebaut sind. Für Längenmessungen mit dem Mikroskop braucht man die Vergrößerung des gesamten Systems. Das Auflösungsvermögen ist mit der verwendeten Lichtart gekoppelt. Je kürzer die Wellenlänge, umso grösser ist das Auflösungsvermögen. Grösseres Auflösungsvermögen als mit Lichtmikroskopen erzielt man mit dem Elektronenmikroskop.

**Theorie:**

Geometrische Optik, Optische Instrumente

**Literatur:**

Lehrbuch: Gerthsen 10.2.7

Physikalisches Praktikum: Westphal S. 128 ff., Walcher S. 144 ff.

**Geräte:**

Mikroskop Olympus

Objektive 1 : 4, 1 : 10, 1 : 40, 1 : 100

1 Okular 10x, mit Skala

1 runde Mattscheibe

1 Objektmassstab (2 mm)

1 Glasplatte als Träger

Proben für Längenmessung

Proben für Brechungsindex

Name: .....

Klasse: TC 2

Datum: .....

**Beurteilung:**

Genauigkeit der Messungen

.....

Fehlerrechnung

.....

Fehlerdiskussion

.....

Protokoll

.....

Gesamtnote

.....

**Grundlagen:**

Das Mikroskop ist eine Kombination von zwei Linsensystemen, dem Objektiv und dem Okular. Durch das Objektiv wird ein reelles und verkehrtes Bild erzeugt, welches mit dem Okular als Lupe betrachtet wird. Die Gesamtvergrößerung des Mikroskops  $M$  ist gleich dem Produkt aus dem Abbildungsmaßstab des Objektivs  $M_{obj}$  und der Lupenvergrößerung des Okulars  $V_{ok}$ . Es gilt:

$$(1) \quad M = M_{obj} V_{ok}$$

Die Gesamtvergrößerung kann durch direkten Vergleich des Bildes (z.B. des Objektmassstabs) mit der Strecke auf einem Lineal verglichen werden.

**Abbildungsmaßstab des Objektivs**

Der Abbildungsmaßstab des Objektivs ist gleich dem Verhältnis von Bildgröße  $B$  zu Gegenstandsgröße  $G$ :  $M = \frac{B}{G}$ . Mit der Beziehung  $B : G = b : g$  ( $b$  = Bildweite,  $g$  = Gegenstandsweite) und  $b = t + x$  ( $t$  = Tubuslänge,  $x$  ist für verschiedene Tubusauszüge immer gleich) ergibt sich:

$$(2) \quad M = \frac{B}{G} = \frac{b}{g} = \frac{t + x}{f} \cdot \frac{1}{t + x} = \frac{1}{f} \cdot \frac{t + x}{t + x} = \frac{1}{f} \cdot t + \frac{x}{f} - 1$$

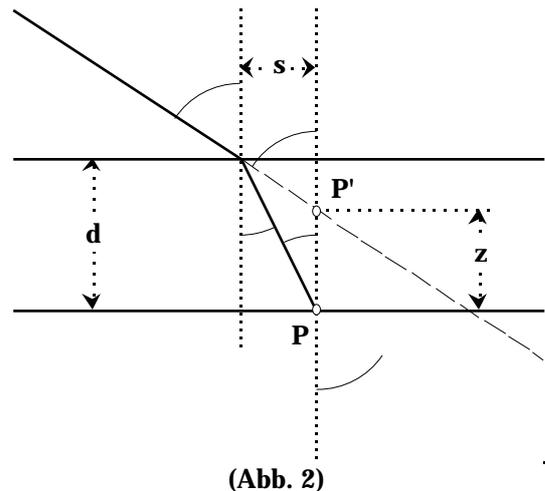
Der Abbildungsmaßstab ist eine lineare Funktion von  $t$ , der Graph ist eine Gerade mit der Steigung  $\frac{1}{f}$ . Somit kann aus der Geradensteigung auch die Brennweite  $f$  des Objektivs ermittelt werden. Die genaue Tubuslänge ist für die Bestimmung von  $f$  nicht nötig.

**Brechungsindex und Bildhebung**

Durchläuft ein Lichtstrahl eine planparallele Platte, wird er seitlich versetzt. Bei einem Lichtstrahl von einem Punkt  $P$  zum Auge führt dies zu einer scheinbaren Anhebung des Bildes (Abb. 2). Das Bild wird um die Länge  $z$  angehoben, weil der Lichtstrahl, welcher tatsächlich von  $P$  kommt, von  $P'$  zu kommen scheint. Für den Brechungsindex gilt:

$$(3) \quad n = \frac{\sin a}{\sin b} = \frac{\tan a}{\tan b} = \frac{\frac{s}{d-z}}{\frac{s}{d}} = \frac{d}{d-z}$$

Aus der Bildhebung und der Dicke einer Platte kann somit der Brechungsindex bestimmt werden.



Messmethoden und Messgeräte:

### **Objektmikrometer**

Das Objektmikrometer ist eine in eine Glasplatte geritzte  $\frac{1}{100}$  mm-Skala. Es wird zur Messung mit dem Mikroskop mitgeliefert. Das Objektmikrometer wird auf den Objektträger aufgelegt.

Genauigkeit:  $\pm 0,01$  mm

### **Okularmassstab**

Der Okularmassstab ist eine Glasplatte mit Skala, die in das Okular eingelegt wird (im 10x-Okular ist der Okularmassstab bereits eingebaut). Mit dem Objektmikrometer kann die Okularskala geeicht werden. Dann kann man mit der geeichten Skala Längenmessungen mit dem Mikroskop durchführen. Die Eichung ist vom verwendeten Objektiv abhängig.

### **Mikrometerschraube**

Mit der Mikrometerschraube kann auf  $\frac{1}{100}$  mm genau gemessen werden. Achtung: Immer mit der Rändelschraube zudrehen (Gefahr der Überlastung!).

### **Tubuslänge**

Für gewöhnliche Beobachtungen mit dem Mikroskop genügt ein fester Tubus. Für die Ermittlung der Vergrößerung des Mikroskops wird die Tubuslänge variiert. Dabei ist nur eine relative Skala nötig, die wahre Tubuslänge braucht man also nicht zu wissen. Auf dem Instrument ist der Bezugspunkt (0) auf Höhe des Okularaufsatzes.

Durchführung des Experiments:

### **Abbildungsmaßstab des Objektivs**

Auf den Objektträger wird der Objektmassstab gelegt und das Mikroskop wird scharf eingestellt. Nun wird das Okular aus dem Tubus herausgenommen, auf den Tubusrand wird eine Mattscheibe (matte Fläche nach unten) gelegt und das Mikroskop wird so eingestellt, dass auf der Mattscheibe ein scharfes Bild des Objektmassstabes entworfen wird. Dieses Bild wird mit einem Millimetermassstab (z.B. Lineal) ausgemessen. Für eine Folge von verschiedenen Tubuslängen soll der Abbildungsmaßstab des Objektivs ermittelt werden. Wird in einem Diagramm gegen die Tubuslänge  $t$  aufgezeichnet, erhält man eine Gerade, deren Steigung den Kehrwert der Objektivbrennweite ist. Bestimmen Sie aus dem Diagramm die Objektivbrennweite.

### **Längenmessung**

Mit dem Objektmikrometer wird der Okularmassstab geeicht. Dann werden die Längen in den beiliegenden Präparaten gemessen (Dicke eines Haares, Dicke von mikroskopischen Strukturen in einem IC).

### **Brechungsindex von Glas**

Auf einer dünnen Glasplatte wird ein Punkt markiert. Auf diesen Punkt wird das Mikroskop scharf eingestellt. Legt man eine durchsichtige Platte aus dem Material mit zu messendem Brechungsindex auf die dünne Glasplatte, wird der Punkt wegen der Bildhebung unscharf. Es ist der Brechungsindex der Probeplatte zu bestimmen.