

# Protokoll

zum  
Physikpraktikum

Versuch Nr.: 8  
Mikroskop

Gruppe Nr.: 1  
Andreas Bott (Protokollant)

Marco Schäfer

## Theoretische Grundlagen

### Das menschliche Auge:

Durch ein Linsensystem wird im menschlichen Auge das verkleinerte, umgekehrte und reelle Bild eines Gegenstandes auf der Netzhaut erzeugt. Da der Mensch verschieden weit entfernte Objekte scharf sehen will und der Abstand zwischen dem Linsensystem und der Netzhaut konstant ist, muß die Brennweite des Linsensystems verändert werden.

Wenn das Auge entspannt ist, dann ist es so eingestellt, daß es ein unendlich weit entferntes Objekt scharf auf der Netzhaut abbildet. Gegenstände, die einen sehr kleinen Abstand, also weniger als 100mm (je nach Alter der Person), zum Auge haben können nicht mehr scharf abgebildet werden. Bei einem Abstand von 250mm kann sich das Auge bequem anpassen. Diesen Abstand bezeichnet man als deutliche Sehweite  $s$ .

Wie groß ein Objekt wahrgenommen wird richtet sich nach dem Sehwinkel  $\sigma$ . Je näher ein Gegenstand ans Auge geführt wird, also je größer  $\sigma$  wird, desto größer erscheint das Bild auf der Netzhaut.

Um einen Gegenstand genauer betrachten zu können, muß man ein optisches Instrument zur Vergrößerung benutzen. Als Vergrößerung  $\Gamma$  bezeichnet man das Verhältnis des Sehwinkels mit dem optischen Instrument  $\sigma$  zum Sehwinkel ohne das optische Instrument  $\sigma_0$ :

$$\frac{\sigma}{\sigma_0}$$

Das Verhältnis zwischen der Größe des Bildes, welches durch die Vergrößerung erzeugt wurde  $B$  und der wirklichen Größe des Gegenstandes  $G$  bezeichnet man als Abbildungsmaßstab  $\beta$ :

$$\frac{B}{G}$$

### Die Lupe:

Die Funktion der Lupe wird mit Bild 8.1 erklärt. Das Auge erkennt den Gegenstand  $G1$  unter dem Sehwinkel  $\sigma_0$ . Plaziert man den Gegenstand  $G2$  innerhalb der Brennweite  $f$  der Lupe, so sieht das Auge ein virtuelles Bild  $B$  unter dem Sehwinkel  $\sigma$ .

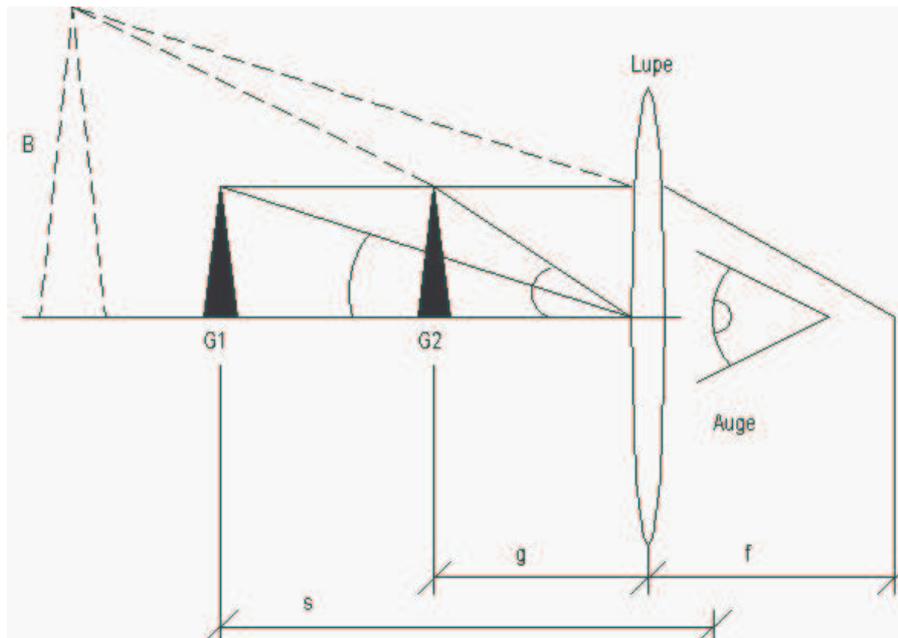


Bild 8.1

Hierbei errechnet sich die Vergrößerung wie folgt:

$$\frac{\tan \sigma}{\tan \sigma_0} = \frac{G}{g} \cdot \frac{G}{s} = \frac{s}{g}$$

Mit einer Lupe ist eine 10- bis 40fache Vergrößerung möglich. Um eine noch stärkere Vergrößerung zu erreichen benötigt man ein Mikroskop.

Das Mikroskop:

Das Mikroskop besteht im Prinzip aus zwei Linsen (Bild 8.2).

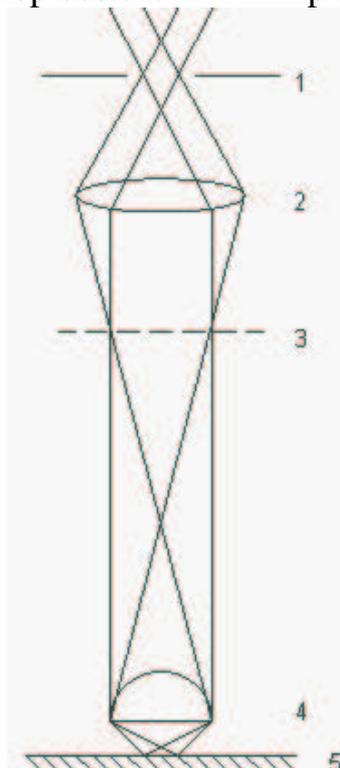


Bild 8.2

- 1 := Augenpupille
- 2 := Okular
- 3 := Zwischenbild
- 4 := Objektiv
- 5 := betrachtetes Objekt

Die dem Gegenstand zugewandte Linse bezeichnet man als *Objektiv* und die dem Auge zugewandte Linse als *Okular*.

Durch das Objektiv wird zunächst ein vergrößertes, reelles Zwischenbild erzeugt. Dieses Bild betrachtet man nun durch das Okular, welches wie eine Lupe wirkt. Die Gesamtvergrößerung  $V$  kann man nun auf verschiedene Arten ausdrücken:

\* als Verhältnis zwischen Sehwinkel mit Mikroskop  $\sigma$  und dem Sehwinkel ohne Mikroskop  $\sigma_0$ :

$$\frac{\tan\sigma}{\tan\sigma_0}$$

\* multiplikativ aus dem Abbildungsmaßstab des Objektivs  $\beta_{Ob}$  und der Vergrößerung des Okulars  $\Gamma_{Ok}$ :

$$V = \beta_{ob}\Gamma_{Ok}$$

\* multiplikativ aus der Vergrößerung des Objektivs  $\Gamma_{Ob}$  und der Vergrößerung des Okulars  $\Gamma_{Ok}$ :

$$V = \Gamma_{Ob}\Gamma_{Ok}$$

\* aus den Brennweiten des Objektivs  $f_{ob}$  und des Okulars  $f_{ok}$ , der deutlichen Sehweite  $s$  und der Tubuslänge  $t$  (Länge des Hohlkörpers, an dessen Ende sich die Linsen befinden).

$$\frac{ts}{f_{ob}f_{ok}}$$

Um das Bild scharf zu stellen verändert man den Abstand zwischen dem Gegenstand und dem Objektiv.

In der Praxis bestehen Okular und Objektiv aus Linsensystemen.

Um einen kleinen Gegenstand in allen Einzelheiten erkennbar abzubilden ist es nötig, ihn zu beleuchten. Aufgrund der Beleuchtungstechnik unterscheidet man zwei Mikroskoptypen:

1. Das Auflichtmikroskop: Hier wird das Objekt von oben her beleuchtet. Das Licht wird vom Objekt auf das Objektiv reflektiert.
2. Das Durchlichtmikroskop: Hier wird das Objekt von unten her durchleuchtet. Diese Technik benutzt man zumeist zum Betrachten von Flüssigkeiten, Objekten die in Flüssigkeiten gelöst sind oder transparenten Objekten.

Wegen der Wellenstruktur des Lichtes sind Punkte des Objektes, die weniger als etwa 350nm von einander entfernt sind nicht mehr als einzelne Punkte zu erkennen. Daher beträgt die maximale Vergrößerung 2000. Um eine noch stärkere Vergrößerung zu erreichen benötigt man ein Elektronenmikroskop.

Da das Zwischenbild immer an der gleichen Stelle entsteht ist es möglich, an dieser Stelle eine, auf ein Glas aufgebrachte, Skala zu fixieren. Diese Skala bezeichnet man als *Okularmikrometer*. Mit einer auf ein Objekt aufgebrachter Skala, von der der Abstand der Skalenteile bekannt ist, man nennt diese *Objektmikrometer*, läßt sich der Okularmikrometer wie folgt eichen:

Anzahl der Skalenteile des Objektmikrometers	:= $n_{ob}$
Anzahl der Skalenteile des Okularmikrometers für $n_{ob}$	:= $n_{ok}$
Teilstrichabstand des Objektmikrometers	:= $a$

=> Skalenkonstante  $S = \frac{n_{ob}}{n_{ok}} \cdot a$

Mit der Skalenkonstante  $S$  läßt sich die Objektgröße  $O$  ermitteln:

Anzahl der Skalenteile des Okularmikrometers für das Objekt :=  $N$

=>  $O = SN$

Die Höhe eines Objektes läßt sich dadurch bestimmen, daß man zunächst die Oberfläche des Objektes und danach die Fläche des Objektträgers scharf stellt. An der Seite des Mikroskops befindet sich eine Skala, die auf die Veränderung des Abstandes Objekt - Objektiv reagiert. An ihr kann man die Höhe des Objektes direkt ablesen.

## **Versuchsbeschreibung:**

Zu Beginn notierten wir die Vergrößerung des Okulars und der beiden Objektive um daraus die Gesamtvergrößerung zu berechnen.

Danach führten wir die Eichung des Okularmikrometers auf oben beschriebene Weise durch.

Die nachfolgenden Messungen führten wir mit dem Objektiv der Vergrößerung 20 durch.

Nun bestimmten wir wievielen Skalenteilen die Breite einer Leiterbahn eines Transputerchips entspricht, um seine Breite zu berechnen.

Mit der oben beschriebenen Methode zur Höhenbestimmung eines Objektes bestimmten wir die Tiefe eines Kratzers in der Leiterbahn.

Die Dicke eines Haares bestimmten wir einmal nach der gleichen Methode mit der wir die Breite der Leiterbahn bestimmt haben und einmal, indem wir die halbe Höhe des Haares ermittelten.

### **Meßergebnisse:**

Die Ergebnisse der Messungen sind im beigefügten Meßprotokoll aufgeführt. Mit diesen Angaben lassen sich die zu bestimmenden Dimensionen errechnen:

Für die Objektivvergrößerung 5:

$$V =$$

$$S =$$

Für die Objektivvergrößerung 20:

$$V =$$

$$S =$$

Und mit der Objektivvergrößerung 20:  
Breite einer Leiterbahn:

$$O =$$

Dicke eines Haares:

$$O =$$

Die tiefe eines Kratzers der Leiterbahn wurde direkt abgelesen = 0,005mm  
Die Höhe (= Dicke) eines Haares berechnet sich aus dem doppelten der halben Höhe also =  $2 \cdot 0,03\text{mm} = 0,06\text{mm}$

### **Fehlerbetrachtung:**

Bei diesem Versuch können, abgesehen von systematischen Fehlern, nur Ablesefehler auftreten.

Da bei der Methode der Höhenbestimmung der Wert direkt abgelesen wird, beträgt die Ungenauigkeit hier  $\Delta h = 0,005\text{mm} = 5\mu\text{m}$ .

Für das Ablesen der Skalen beträgt die Ungenauigkeit 0,1 Skalenteile also:

$$\Delta n_{ob} = 0,1$$

$$\Delta n_{ok} = 0,1$$

$$\Delta N = 0,1$$

Hieraus lassen sich die Abweichungen der anderen Werte wie folgt errechnen:

Die Abweichung eines Wertes  $\Delta W$  ergibt sich aus den Abweichungen der anderen Werte  $\Delta x$  und  $\Delta y$ :

$$\Delta W = \dots \Delta x + \dots \Delta y$$

Der Wert  $W$  einer Größe ergibt sich dann aus dem gemessenen bzw. berechneten Wert  $W_0$  und dessen Abweichung  $\Delta W$ :  $W = W_0 \pm \Delta W$ .

Für die hier durchgeführten Messungen ergeben sich folgende Abweichungen:

Für die Objektivvergrößerung 5:

$$\Delta S = \dots a \Delta n_{ob} + \dots a \Delta n_{ok} = 0,006\text{mm} = 6\mu\text{m}$$

Für die Objektivvergrößerung 20:

$$\Delta S = \dots a \Delta n_{ob} + \dots a \Delta n_{ok} = 0,0012\text{mm} = 1,2\mu\text{m}$$

Für die Breite einer Leiterbahn:

$$\Delta O = N \Delta S + S \Delta N = 0,00512\text{mm} = 5,12\mu\text{m}$$

Für die Dicke eines Haares:

$$\Delta O = N \Delta S + S \Delta N = 0,00512\text{mm} = 5,12\mu\text{m}$$