

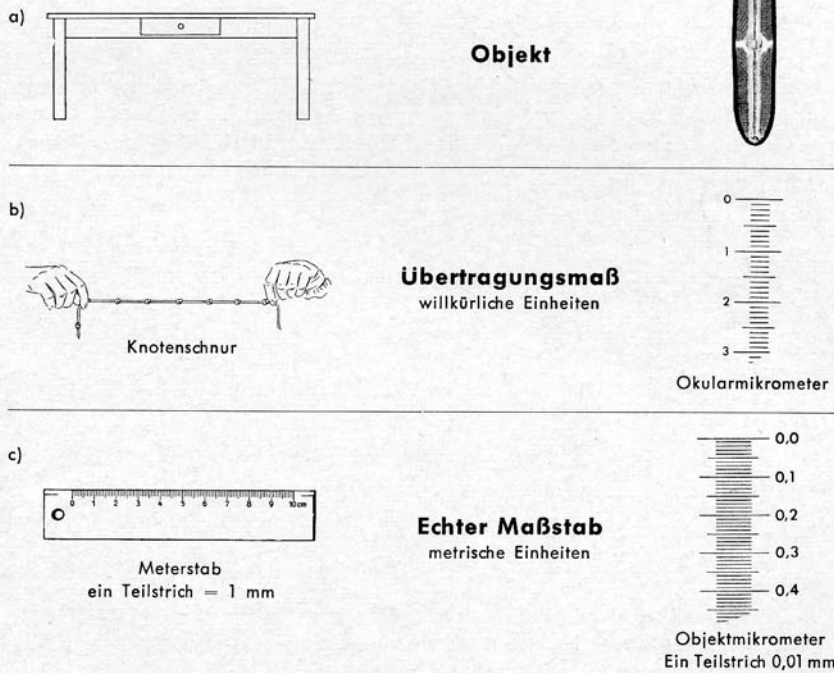


## Längenmessungen unter dem Mikroskop

### Objekt- und Okularmikrometer

1 Das Prinzip jeder Längenmessung ist das Anlegen und Abtragen eines Maßstabs.

Bild 1.



Wenn es nicht möglich ist, den echten Maßstab unmittelbar an das zu messende Objekt (Bild 1a) anzulegen, so bedienen wir uns eines Übertragungsmaßes (Bild 1b), das wir anschließend am echten Maßstab (Bild 1c) abtragen. Dieses Übertragungsmaß – mit willkürlichen Einheiten – ist bei der mikroskopischen Längenmessung das Okularmikrometer; der echte Maßstab – mit metrischen Einheiten, meist solchen von 1/100 mm – ist das Objektmikrometer.

Das Wesentliche der Längenmessung bei der mikroskopischen Betrachtung ist also dies: Gleichzeitig mit dem Objekt erscheint die Teilung des Okularmikrometers scharf im Bild. Die Anzahl der Teilstriche, die das Bild des Objektes einnimmt, wird abgelesen. Anstatt auf das Objekt wird dann auf das Objektmikrometer eingestellt und die ermittelte Anzahl Teilstriche des Okularmikrometers auf diesem echten Maßstab abgetragen.

- 2 Wollen wir ein Fadenkreuz, einen Zeiger oder eine Meßteilung zugleich mit dem mikroskopischen Bild scharf sehen, so ist es nicht gleichgültig, an welchen Ort des Strahlenganges wir diese Teilung bringen. Beim Zusammengesetzten Mikroskop, d. h. einem Mikroskop, das aus zwei optischen Systemen – Objektiv und Okular – zusammengesetzt ist, entwirft das Objekt ja ein reelles, also auffangbares Bild im Okular. Dieses Zwischenbild wird dann mit dem Okular, wie mit einer Lupe, vergrößert betrachtet. Dort, wo im Okular das erwähnte Zwischenbild entsteht, ist der einzige Ort, wo eine in den Strahlengang gebrachte Teilung mit dem Bild des Objektes gleichzeitig scharf gesehen wird.

Ein Meßokular ist nun ein Okular, in dem anstelle der Gesichtsfeldblende ein Plättchen B (Bild 2) mit einer Teilung angebracht ist, das man Okularmikrometer nennt. Kennzeichnend für dieses Okular ist, daß die Augenlinse A (Bild 2) für jedes Auge eigens auf das Okularmikrometer eingestellt werden kann.

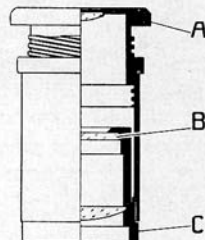


Bild 2

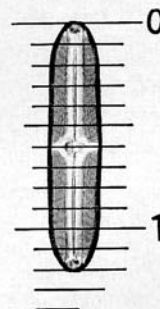


Bild 3

Außerordentlich wichtig ist es, darauf hinzuweisen, daß man **mit dem Okularmikrometer** im eigentlichen Sinne nicht messen kann, sondern **nur eine bestimmte Länge vom Objekt auf einen echten Maßstab überträgt**. Ein echter Maßstab kann ein Okularmikrometer ja deshalb niemals sein, weil sich mit jedem Objektivwechsel die Vergrößerung des Zwischenbildes wesentlich ändert.

Der **echte** Maßstab, den wir nicht unmittelbar an das Objekt anlegen können, ist das **Objektmikrometer**. Es enthält eine mikroskopisch feine Teilung und ist für Untersuchungen im durchfallenden Licht wie ein Präparat mit einem Deckglas abgedeckt.

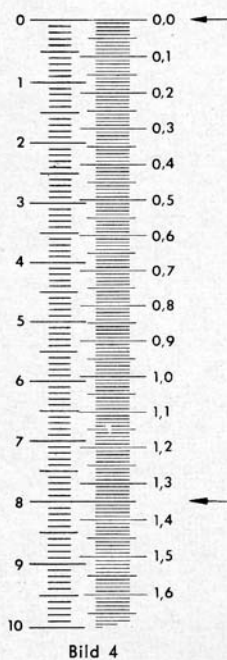
Bild 3 zeigt unser Objekt eingestellt. Wir lesen eine Längenausdehnung von 12 Teilstrichen ab. Nachdem wir das Objekt gegen ein Objektmikrometer ausgetauscht haben, stellen wir fest, daß diesen 12 Teilstrichen  $0,34 \text{ mm} = 340 \mu$  entsprechen.

- 3 Das ständige Austauschen der zu messenden Objekte gegen den Maßstab des Objektmikrometers kann vermieden werden, wenn wir unser Übertragungsmaß, das **Okularmikrometer**, ein für alle Mal **eichen**.

Wenn z. B. bei dem oben verwendeten Objektiv 12 Intervalle  $= 340 \mu$  entsprechen, dann mißt ein Intervall  $= 28,3 \mu$ . **Dieser Wert für ein Intervall des Okularmikrometers heißt Mikrometerwert.** Nach Bestimmung des Mikrometerwertes brauchen wir bei allen folgenden Messungen nur mit der Anzahl an Teilstrichen zu multiplizieren, die die zu messende Länge einnimmt.

Der Mikrometerwert muß für jedes Objektiv gesondert bestimmt werden. Er gilt nur für das zur Eichung benutzte Okular und Okularmikrometer. Er ändert sich mit der Tubuslänge. Bei Verwendung des binokularen Tubus müssen die Okularstutzen also stets auf den gleichen Wert eingestellt sein.

Das Okularmikrometer wird folgendermaßen geeicht:



1. Meßokular gegen eine helle Fläche richten und mit verstellbarer Augenlinse A (Bild 2) auf die Teilung des Okularmikrometers scharf stellen. Dazu Augenlinse stets einwärts drehen bis die Teilung gerade scharf erscheint, um Akkommodation des Auges zu verhindern.
2. Meßokular in den Tubus einsetzen; gegebenenfalls Tubusauszug notieren.
3. Mikroskop auf das Objektmikrometer einstellen.
4. Okular so drehen, daß die Teilungen von Objekt- und Okularmikrometer ganz dicht und parallel nebeneinander erscheinen (Bild 4).
5. Feststellen, welche Anzahl von Intervallen der einen Teilung mit der der anderen gleiche Länge hat.
6. Beide Teilungen in Beziehung setzen; z. B. in Bild 4 entsprechen 80 Teilstriche  $1350 \mu$ .

Ein Teilstrich entspricht  $\frac{1350}{80} = 16,9 \mu$ .

Liegt der Mikrometerwert dicht über oder unter einer runden Zahl, so kann man ihn bei Mikroskopen mit Ausziehtubus durch kleine Änderungen des Tubusauszugs auf diesen Wert abrunden. Allerdings muß diese neue Tubuslänge bei allen Messungen eingehalten werden.

#### **4 Längenmessung bei Mikroprojektion und Mikrophotographie**

In diesen beiden Fällen wird das reelle Zwischenbild, welches wir sonst mit dem Okular betrachten, auf den Bildschirm oder die Mattscheibe projiziert. Es ist daher weit bequemer, das Übertragungsmaß nicht in die Ebene des Zwischenbildes ins Okular zu bringen, sondern dieses Maß an das weit größere, projizierte mikroskopische Bild auf dem Schirm bzw. der Mattscheibe anzulegen. Ein Okularmikrometer wird also nicht benötigt. Das Objekt wird projiziert und die Längenbegrenzung durch zwei Striche markiert (Übertragungsmaß). Wenn man anschließend das Präparat gegen das Objektmikrometer austauscht, kann man leicht feststellen, wieviel Intervalle ( $=1/100$  mm) zwischen diesen beiden Marken liegen und erhält auf diese Weise die Länge des Objekts.

#### **5 Bestimmung des Abbildungsmaßstabes einer mikrophotographischen Einrichtung**

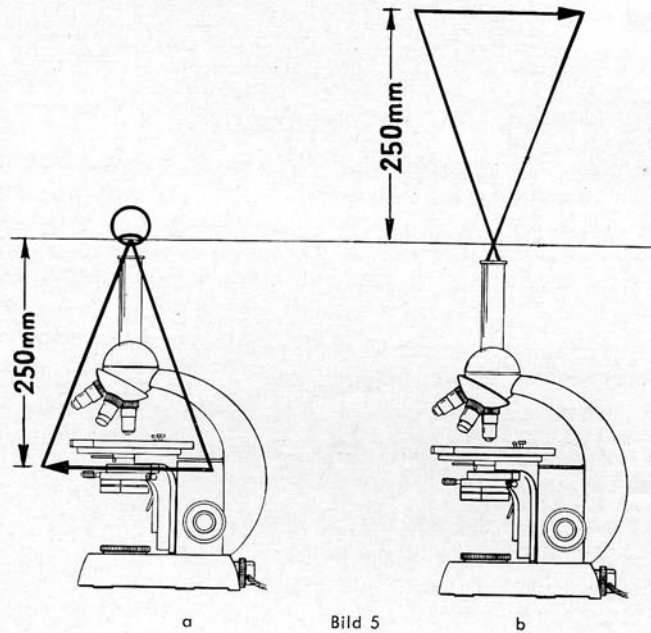
Der Abbildungsmaßstab einer Mikroaufnahme ist das Verhältnis von Bildgröße zu Objektgröße. Zur Bestimmung legt man ein Objektmikrometer unter das Mikroskop und mißt das vergrößerte Bild des Mikrometers auf der Mattscheibe der Kamera oder auf dem Film aus.

Beispiel: Die Teilung von 1 mm erscheint auf der Mattscheibe in einer Länge von 95 mm. Der Abbildungsmaßstab ist dann 95:1.

#### **6 Bestimmung der Vergrößerung eines Zusammengesetzten Mikroskopes**

Die Vergrößerung eines Zusammengesetzten Mikroskops ist gleich dem Produkt der Einzelvergrößerungen von Objektiv und Okular. Sind beide Einzelvergrößerungen oder eine von beiden nicht bekannt, so kann man mit Hilfe eines Objektmikrometers die Vergrößerung bestimmen. Bei der Definition der Vergrößerung eines Mikroskops ist vereinbarungsgemäß das Bild maßgebend, welches in 250 mm Abstand vom hinteren Brennpunkt des Okulars entsteht. Bei der visuellen Betrachtung liegt das scheinbare Bild 250 mm **unter** diesem Punkt (Bild 5 a). Kommt das Bild durch Projektion 250 mm **über** dem Okular zustande (Bild 5 b), so hat es die gleiche Größe wie das Bild bei subjektiver Beobachtung im Gerät. Die Größe des Bildes vom Objekt, 250 mm über dem Okular gemessen und mit der Größe des Objektes selbst in Beziehung gesetzt, gibt die Vergrößerung des Mikroskops an.

Beispiel: 1 mm der Teilung des Objektmikrometers wird auf dem 250 mm vom Okular entfernten Bildschirm in einer Größe von 300 mm wiedergegeben. Das Mikroskop vergrößert dann 300  $\times$ .



Aus dem oben Gesagten folgt, daß eine Mikro-Kamera mit einer Länge von 25 cm den Kamera-Faktor 1 hat. Für eine Kameralänge von 12,5 cm gilt entsprechend der Faktor  $\frac{1}{2}$  usw. Bei veränderlichem Kamera-Auszug  $n$  (mm) ist also der **Abbildungsmaßstab** einer mikrophotographischen Apparatur

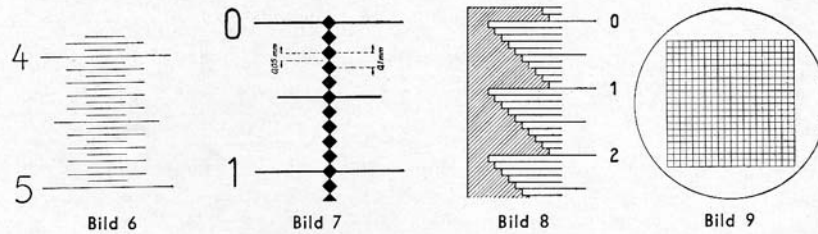
$$= \text{Objektivvergrößerung} \times \text{Okularvergrößerung} \times \frac{n}{250}$$

Anmerkung:

Will man das Einstellokular nicht als Meßokular benutzen, so kann man das Okularmikrometer leicht daraus entfernen. Dazu wird Teil C (Bild 2) herausgeschraubt und das Okularmikrometer entfernt bzw. bei der in Bild 2 wiedergegebenen Ausführung gegen die mitgelieferte Gesichtsfeldblende ausgetauscht.

Die Einstellokulare zum Stereo-Mikroskop und zum Mikroskop STATIV „W“ sind bei eingelegtem Okularmikrometer auf den roten – ohne Okularmikrometer auf den schwarzen Strich einzustellen.





Dehnen sich die Messungen über einen längeren Zeitraum aus oder weisen die Objekte selbst feine Strichstrukturen auf, so empfehlen wir, an den Mikroskopen STANDARD und STANDARD JUNIOR Kontrast- (Bild 7) bzw. Strichkontrast-Mikrometer (Bild 8) zu verwenden anstelle der feingeteilten Okularmikrometer. Die in Bild 8 schraffierte Fläche ist 5-10% lichtdurchlässig.

## 7 Zusammenstellung

### 7.1 Objektivmikrometer

für Mikroskop STATIV „W“, STANDARD und STANDARD JUNIOR:

Objektivmikrometer 5 +  $\frac{100}{100}$  mm für Durchlicht, positiv, in Behälter . . . . .

Objektivmikrometer 5 +  $\frac{100}{100}$  mm für Auflicht in Behälter . . . . .

für Stereo-Mikroskop:

Objektivmikrometer 30 mm im Behälter . . . . .

### 7.2 Okulare mit einstellbarer Augenlinse

für Mikroskop STATIV „W“:

Einstellokular K 8× . . . . .

Einstellokular K 12,5× . . . . .

für Mikroskop STANDARD und STANDARD JUNIOR:

einstellbares Huygens-Okular 8× (Bild 2) . . . . .

einstellbares Huygens-Okular 12,5× . . . . .

für Messungen besonders zu empfehlen, da es ein vorteilhaft geebnetes Gesichtsfeld bietet:

Einstellbares Kompensations-Planokular KPI 12,5× . . . . .

für Stereo-Mikroskop:

Einstellokular 10× . . . . .

Einstellokular 20× . . . . .

Bestell-Nr.	Bestellwort
49 40 20	Z U U A R
49 40 22	Z U U E E
44 37 01	Z J U V Y
44 11 20	Z J E Y A
44 11 21	Z J G I I
45 25 02	O K O B U
45 25 04	V E A B U
45 25 34	V O N E B
44 11 25	Z I O U J
44 11 26	Z J X O U

### 7.3 Okularmikrometer

für Mikroskop *STATIV „W“*:

Okularmikrometer 8 mm, in 80 Teile geteilt, in Schraubfassung (zum E.-Okular K 8×) . . . .

Okularmikrometer 5 mm, in 50 Teile geteilt, in Schraubfassung (zum E.-Okular K 12,5×) . . . .

Okularnetzmikrometer (6 mm<sup>2</sup>) mit Feldern von 0,4 mm Seitenlänge, in Schraubfassung . . . .

Okularstrichkreuz im Quadrat, in Schraubfassung

für Mikroskop *STANDARD und STANDARD JUNIOR*:

Okularmikrometer 10 mm, in 100 Teile geteilt, in Fassung, mit Behälter (Strukturbeispiel Bild 1b) .

Okularmikrometer 5 mm, in 100 Teile geteilt, in Fassung, mit Behälter (Strukturbeispiel Bild 6) . .

Kontrastmikrometer 10mm, in 100/200 Teile geteilt, in Fassung, mit Behälter (Strukturbeispiel Bild 7)

Strichkontrastmikrometer 10 mm, in 100 Teile geteilt, in Fassung, mit Behälter (Strukturbeispiel Bild 8) . . . . .

Okularnetzmikrometer 10 × 10 mm, geteilt, mit Feldern 0,5mm Seitenlänge, in Fassung, in Behälter (Bild 9) . . . . .

für *Stereo-Mikroskop*:

Okularmikrometer 12 mm, in 120 Teile geteilt, in Schraubfassung (zum Einstellokular 10×). . . .

Okularmikrometer 8 mm, in 80 Teile geteilt, in Schraubfassung (zum Einstellokular 20×) . . . .

Okularnetzmikrometer 6 × 6 mm, mit Feldern von 0,5 mm Seitenlänge, in Schraubfassung . .

Okularstrichkreuz in Schraubfassung . . . . .

### 7.4 Tubus für Messungen

für Mikroskop *STATIV „W“*:

monokularer Schrätgtubus, ausziehbar . . . . .

für Mikroskop *STANDARD und STANDARD JUNIOR*:

monokularer Schrätgtubus mit Auszug . . . . .

Bestell-Nr.	Bestellwort
44 19 10	Z J O R I
44 19 11	Z J O U R
44 19 14	Z J O V E
44 19 17	Z J O Y B
45 47 11	V E A D I
45 47 10	V E A C O
45 47 12	V E A G A
45 47 13	V E B A C
45 47 14	V E A F E
44 19 20	Z I E T V
44 19 21	Z J Y P U
44 19 24	Z I Y A Y
44 19 27	Z J L I U
44 31 01	Z J P A I
45 41 03	V O R E R