CARL ZEISS
JENA

Zubehör für mikroskopisches Messen und Zählen

Beschreibung und Gebrauchsanleitung

Zubehör für mikroskopisches Messen und Zählen

Beschreibung und Gebrauchsanleitung

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Messen mit dem Mikroskop	3
1.1.	Definition des Messens	3
1.2.	Messungen mit den Okularmeßplatten	3
1.2.1.	Definition des Mikrometerwertes	3
1.2.2.	Vorbereiten der Messung	4
1.2.3.	Bestimmen des Mikrometerwertes	5
1.2.4.	Messung am Präparat	7
1.3.	Messungen mit dem Meßschraubenokular	7
1.4.	Streckenmessungen mit dem Kreuztisch	10
2.	Benutzung der Objektmikrometer	11
2.1.	Bestimmen der Maßstabszahl des Zwischenbildes	11
2.2.	Messung des Abbildungsmaßstabes bei mikrofotografischen Aufnahmen	12
3.	Zählen mit dem Mikroskop	13
4.	Zubehör für Messen und Zählen	14
4.1.	Objektmikrometer und Maßstäbe	14
4.1.1.	Objektmikrometer für Objektive höherer Maßstabszahl	14
4.1.2.	Objektmikrometer 70/0,5 und Glasmaßstab 100/0,5	15
4.2.	Okularplatten	16
4.2.1.	Okularmeßplatten	16
4.2.2.	Okularnetzmeßplatten	16
4.2.3.	Okular-Meß- und Zählplatte	17
4.2.4.	Okular-Strichkreuzplatte	18
4.2.5.	Okularblenden nach Ehrlich	18
4.3.	Stellbare Okulare und MF-Meßprojektive	19
4.3.1.	Stellbare Okulare für Achromate	19
4.3.2.	Stellbare Okulare für Apochromate, Planachromate und Planapochromate	20
4.3.3.	Okulare PK 12,5x (14) m stellbar und PK 12,5x (16) m stellbar	22
4.3.4.	Okular 12,5x (15) stellbar für SM XX	23
4.3.5.	MF-Meßprojektive	24
5.	Hinweise für Messen und Zählen	25
6.	Bestelliste	32

Sehr oft ist es notwendig, in einem Präparat Größenverhältnisse zu messen bzw. Teilchen zu zählen. Nachstehend stellen wir Meß- und Zählzubehör vor, das von uns für diese Zwecke hergestellt wird.

1. Messen mit dem Mikroskop

1.1. Definition des Messens

Messen ist ein zahlenmäßiges Vergleichen der zu messenden Größen, der Meßgröße, mit einer bekannten Größe gleicher Art, dem Normal.

1.2. Messungen mit den Okularmeßplatten

1.2.1. Definition des Mikrometerwertes

In mikroskopischen Bereichen ist ein direktes Vergleichen des Normals mit der Meßgröße nicht möglich, da die Struktur des Objekts vom unbewaffneten Auge nicht mehr aufgelöst werden kann. Der technische Aufwand wäre zu groß, das Normal unter mikroskopischer Beobachtung an die zu messende Präparatstelle zu bringen. Es muß deshalb nach einer Möglichkeit gesucht werden, die Objektgröße mittelbar zu messen, d. h. einen Ort zu finden, wo das Meßobjekt dem Auge groß genug dargeboten wird und außerdem mit einem Normal verglichen werden kann. Beim zusammengesetzten Mikroskop bietet sich dieser Ort direkt mit der Zwischenbildebene an. In Bild 1 sind die Verhältnisse dargestellt. Das Meßobjekt (*1* bzw. *7*) wird in die Zwischenbildebene (*9* bzw. *8*) vergrößert abgebildet. Man kann an diesen Ort ein „Ersatznormal" (*5* bzw. *8*) bringen, mit

---

Bild 1. (siehe ausklappbares Blatt)

Darstellung der Mikrometerwertbestimmung und des Meßvorganges

1 Objektmikrometer; *2* Objektiv; *3* stellbares Okular mit Vorderblende; *4* Teilung des Objektmikrometers; *5* Teilung des Okularmikrometers; *6* Mikrometerwertbestimmung: Die Teilung des Objektmikrometers wird mit der Teilung des Okularmikrometers zur Deckung gebracht; *7* Meßobjekt; *8* Meßvorgang: Das Meßobjekt wird mit der Teilung des Okularmikrometers zur Deckung gebracht; *9* Lage des Okularmikrometers auf der Feldblende des Okulars.

dem die interessierende Präparatstelle gemessen werden kann. Da nun aber das Präparat mit einer bestimmten Maßstabszahl der benutzten optischen Anordnung abgebildet wird, muß nach einer Möglichkeit gesucht werden, die wahren Größenverhältnisse im Präparat selbst bestimmen zu können. Das „Ersatznormal" in der Zwischenbildebene (*5*), meist ein Okularmikrometer (*9*), von uns als Okularmeßplatte geliefert, muß mit einem Normal (*4*), welches sich an der Stelle des Präparates (*1*) befindet und dessen Größenverhältnisse genau bekannt sind, verglichen werden (*6*).

Diesen Vergleich nennt man: Bestimmung des Mikrometerwertes.
Der Mikrometerwert sagt aus, welche Länge im Objekt einem Intervall der Teilung der Okularmeßplatte entspricht. Vor jeder Messung muß der Mikrometerwert der benutzten optischen Anordnung bekannt sein. Er ändert sich bei Wechsel des Objektivs, des Okulars, des Tubus und bei Änderung der Tubuslänge.

Werden für die Messungen konstante optische Anordnungen (d. h. Objektiv, Tubus, Tubuslänge und Okular werden nicht geändert) benutzt, so können die einmal ermittelten Mikrometerwerte immer wieder zur Messung herangezogen werden.

1.2.2. Vorbereiten der Messung

Um den Mikrometerwert bestimmen zu können, wird an Stelle des Präparates ein Objektmikrometer so auf den Objekttisch des Mikroskops gebracht, daß das Warenzeichen seitenrichtig zum Benutzer steht. Als Okular wird ein solches mit stellbarer Augenlinse verwendet (siehe unter 4.3.). In das Okular wird eine Okularmeßplatte auf die Sehfeldblende gelegt. Dazu schraubt man bei unseren stellbaren Okularen das Unterteil mit der Blende heraus, legt das Mikrometer mit der Teilung nach unten in die Blende, schraubt beide Teile zusammen und steckt das Okular in den Tubus des Mikroskops. Die stellbare Augenlinse muß so weit herausgeschraubt werden, daß die Teilung des Mikrometers unscharf erscheint. Danach dreht man die Augenlinse so weit zurück, bis die Teilung scharf erscheint. Damit wird die Akkommodation, die beim Beobachten vielfach

auftritt, weitgehend ausgeschaltet. Nun kann die Teilung des Objektmikrometers in die Sehfeldmitte gebracht und scharf eingestellt werden (siehe 6 Bild 1).

1.2.3. Bestimmen des Mikrometerwertes

Der Mikrometerwert wird wie folgt bestimmt: Man vergleicht das Bild der Teilung des in der Objektebene liegenden Objektmikrometers („Normal") mit der Teilung des Okularmikrometers („Hilfsnormal"). Decken sich y-Teile des Objektmikrometers mit y'-Teilen des Okularmikrometers, so ist der Mikrometerwert m des betreffenden Objektivs

$$m = \frac{y}{y'} \quad (1)$$

wobei für y der Teilungswert des zur Mikrometerbestimmung benutzten Objektmikrometers eingesetzt wird.

Beispiel 1:

17 Teile des Objektmikrometers decken sich mit 21 Teilen des Okularmikrometers. Ein Intervall des Objektmikrometers entspricht der Strecke von 0,01 mm (Teilungswert).

Es ist $y = 17 \cdot 0{,}01\ \text{mm}, y' = 21$

$$m = \frac{17 \cdot 0{,}01\ \text{mm}}{21} = 0{,}0081\ \text{mm}$$

$$\underline{\underline{m = 8{,}1\ \mu\text{m}}}$$

In der Praxis sollte man den Mikrometerwert nicht aus einer einzigen Messung, sondern aus einer Meßreihe bestimmen, da in die Messung Restabbildungsfehler der Optik, Beobachtungsfehler, Teilungsfehler des „Normals" usw. eingehen. Weiterhin ist es ratsam, eine möglichst große Meßstrecke zu verwenden, um die Meßfehler klein zu halten. Dabei wird es aber kaum vorkommen, daß sich die Intervalle des Objektmikrometers und des Okularmikrometers genau decken.

Um die Rechnung zu erleichtern, nimmt man ganze Intervalle des Okularmikrometers an und schätzt die Intervallzwischenwerte des Objektmikrometers. Dabei sollen die Hauptwerte der Skalen zur Deckung gebracht werden.

(Beim Arbeiten mit dem Meßschraubenokular – siehe Zif. 1.3 – arbeitet man zweckmäßigerweise mit einer festen ganzen Anzahl von Skalenteilen des Objektmikrometers und ermittelt die Teile der Okularintervalle auf der Meßschraube.)

Wird die Objektmikrometerteilung sehr groß abgebildet, so mißt man stets an der gleichen Kante der Teilungsstriche.

Es empfiehlt sich, mit einer gleichbleibenden, nicht zu kleinen Anzahl von Intervallen des Okularmikrometers, mehrere Eichmessungen in verschiedenen Abständen von der Gesichtsfeldmitte vorzunehmen.

Die sich aus der Meßreihe ergebenden Mikrometerwerte m werden nach Abschluß der Messung addiert und durch die Anzahl der Messungen geteilt. Daraus ergibt sich der durchschnittliche Skalenwert $\overline{m}$.

$$\overline{m} = \frac{1}{n}(m_1 + m_2 + \ldots m_n) = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n} m_n \qquad (2)$$

Beispiel 2:

Mit einem Objektmikrometer des Teilungswertes 0,01 mm wird zur Bestimmung des Mikrometerwerters mit 40 Intervallen der Okularmeßplatte folgende Meßreihe aufgenommen:

y' (Intervalle der Okularmeßplatte)	y · 0,01 (mm)	m_n (mm)
40	0,102	0,00255
40	0,101	0,00253
40	0,100	0,00250
40	0,100	0,00250
40	0,101	0,00253
40	0,101	0,00253
40	0,102	0,00255

$\overline{m} = \frac{1}{7} \cdot 0{,}0177 = 0{,}00253$ mm $n = 7$ $\sum m_n = 0{,}01769$

$\overline{m} = 2{,}53\ \mu m$

1.2.4. Messung am Präparat

Mit dem vorher bestimmten Mikrometerwert kann nun die interessierende Präparatstelle ausgemessen werden. Die Messung erfolgt in der Weise, daß die Anzahl der Intervalle des Okularmikrometers, die das Präparatdetail bedecken, ausgezählt (Zwischenwerte werden geschätzt) und mit dem Mikrometerwert multipliziert werden (*8* Bild 1), d. h.

$$l = n \cdot m \qquad (3)$$

l = Länge im Präparat; n = Anzahl der Intervalle; m = Mikrometerwert
Da der Mikrometerwert eine Dimension besitzt, hat l die gleiche Dimension.

Beispiel 3:

Ein zu messendes Präparatdetail hat eine Länge von 55 und eine Breite von 30 Intervallen des Okularmikrometers. Der Mikrometerwert wurde im Beispiel 2 ermittelt ($\overline{m} = 2{,}53\ \mu m$).

Die Präparatstelle hat
die Länge $l_L = 55 \cdot 2{,}53 = 139{,}15\ \mu m$
$l_L = 0{,}139\ mm$

die Breite $l_B = 30 \cdot 2{,}53 = 75{,}90\ \mu m$
$l_B = 0{,}076\ mm$

1.3. Messungen mit dem Meßschraubenokular

Bei Verwendung der Okularmikrometer tritt meistens die Unbequemlichkeit auf, daß bei der Messung die Grenzen des Präparates sich nicht mit den Teilungsintervallen des Mikrometers decken und die Zwischenwerte geschätzt werden müssen. Mit dem Okular – Schraubenmikrometer – von uns als Meßschraubenokular geliefert – (Bilder 2 und 3) werden solche Messungen vereinfacht und die Meßgenauigkeit um den Faktor 10 erhöht.

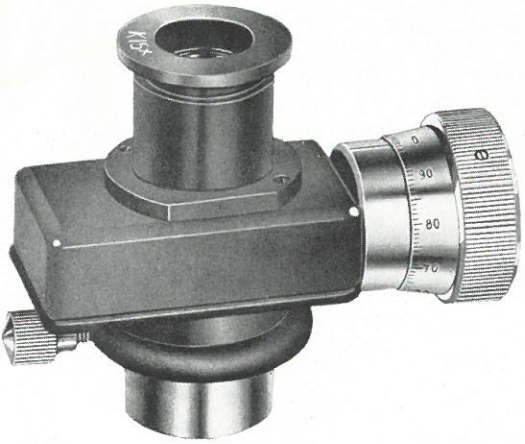


Bild 2
Meßschraubenokular – Gesamtansicht

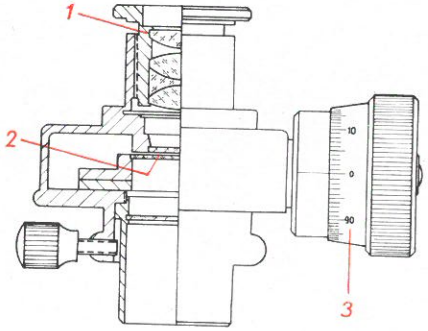


Bild 3
Meßschraubenokular – Schnittdarstellung
1 stellbare Augenlinse
2 Strichplatten
3 Meßschraube

Mit der stellbaren Augenlinse (*1* Bild 3) kann auf die Strichplatte (*2* Bild 3) fokussiert werden. Zu dieser wird durch eine seitliche Meßschraube (*3* Bild 3) eine Einstellmarke, bestehend aus Strichkreuz und Doppelstrich (Bild 4) quer zur Teilung verschoben. Die Mitte des Doppelstriches entspricht dabei dem Schnittpunkt des Strichkreuzes.

Durch diesen Aufbau kann die Meßgenauigkeit um eine Zehnerpotenz erhöht werden, d. h., der Mikrometerwert ist um eine Zehnerpotenz kleiner.

Die Skale der Strichplatte ist in Millimeter unterteilt. Auf der Trommel der Meßschraube können 0,01 mm genau abgelesen werden (Bild 4).

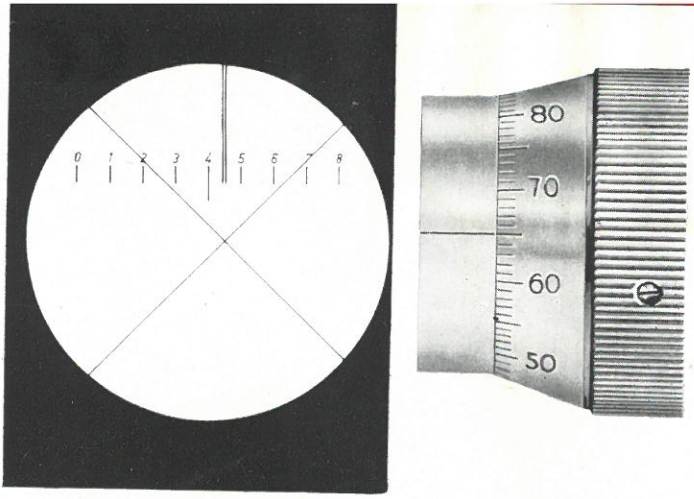


Bild 4
Gesichtsfeld des Meßschraubenokulars mit seitlicher Meßschraube

Ablesebeispiel:

Skale	4	mm
+ Trommel	0,65	mm
=	4,65	mm
bzw.	465	Intervalle

Um den Abgleich und die Korrektion unserer Mikroskopobjektive zu erhalten, ist bei Benutzung dieses Okulars ein verkürzter Tubus 23,2/91 vorzusehen, da durch den Aufbau die Zwischenbildebene im Okular höher liegt.

Die Ermittlung des Mikrometerwertes erfolgt wie unter 1.2.3. beschrieben.

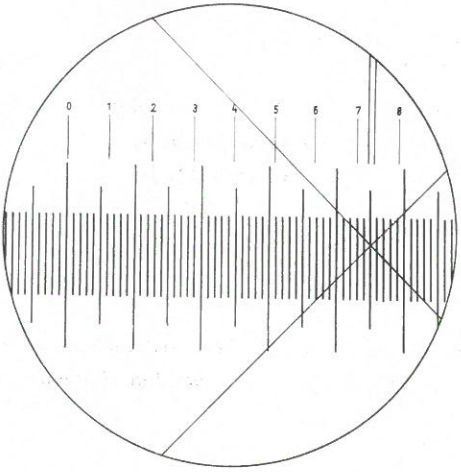


Bild 5
Gesichtsfeld des Meßschraubenokulars mit Teilung des Objektmikrometers bei Ermittlung des Mikrometerwertes

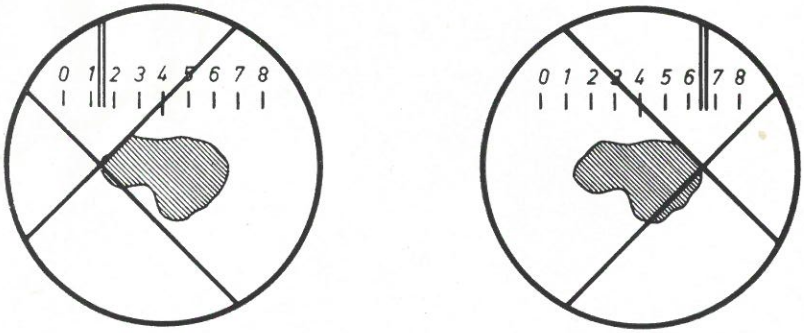


Bild 6. Messung im Präparat an den beiden Endpunkten

Die Messung am Präparat geschieht folgendermaßen:

Der Schnittpunkt des Strichkreuzes wird zunächst auf den einen Endpunkt der zu messenden Strecke eingestellt und der Wert n_1 abgelesen, indem man im Okular selbst die Stellung des Doppelstriches in ganzen Einheiten der Skale bestimmt und die Hundertstel der Trommel hinzuzählt (siehe Bild 4).

Analog dazu verfährt man am anderen Endpunkt n_2 der Meßstrecke.

Die Differenz der beiden Ablesungen ist die Größe der Meßstrecke im Zwischenbild, die mit den vorher ermittelten Mikrometerwerten multipliziert, die Größe l im Objekt ergibt.

Es ist also

$$l = (n_2 - n_1) \cdot m \qquad (4)$$

Beispiel 4:

Die in Bild 6 ermittelten Ablesungen seien $n_1 = 142$ und $n_2 = 668$, der vorher gemessene Mikrometerwert ist $m = 0{,}25\ \mu m$.

$$l = (668 - 142) \cdot 0{,}25$$

$$l = 131{,}5\ \mu m$$

1.4. Streckenmessungen mit dem Kreuztisch

Bei großflächigen Präparaten kann es leicht vorkommen, daß sie nicht mit dem Sehfeld des Mikroskopes erfaßt werden können. Mit einem Kreuztisch mit Tei-

lung kann das Präparat ausgemessen werden. Die Genauigkeit der Messung hängt von der Unterteilung des Nonius am Kreuztisch ab.

Die Messung wird wie folgt durchgeführt:
In das stellbare Okular wird eine Okular-Strich-Kreuzplatte (Bild 15) oder eine Meß- und Zählplatte (Bild 14) eingelegt. Der eine Endpunkt des Präparates wird mittels der Kreuztischtriebe unter die Strichkreuzmitte gebracht und die Koordinaten x_1 und y_1 des Kreuztisches abgelesen. Danach wird das andere Ende unter die Strichkreuzmitte geschoben und die Koordinaten x_2 und y_2 festgestellt. Die gemessene Strecke läßt sich dann nach der Beziehung

$$l = \sqrt{(x_1-x_2)^2 + (y_1-y_2)^2} \qquad (5)$$

berechnen.

2. Benutzung der Objektmikrometer

Die Objektmikrometer dienen nicht nur zur Mikrometerwertbestimmung der Okularmikrometer bzw. der Teilung des Meßschraubenokulars. Sie können auch noch wie folgt benutzt werden.

2.1. Bestimmen der Maßstabszahl des Zwischenbildes

Setzt man das in der Zwischenbildebene entworfene Bild y' ins Verhältnis zur Objektgröße y, so ergibt sich daraus die Maßstabszahl

$$M = \frac{y'}{y} \qquad (6)$$

Die Objektive für Tubuslänge 160 mm entwerfen in der Zwischenbildebene im aufgravierten Maßstab ein reelles Bild (siehe *1* und *9* Bild 1). Demgegenüber entsteht bei Objektiven für Tubuslänge ∞ das Bild, wie bei einer Lupe, im Unendlichen. Deshalb sind auch diese Objektive durch ein x-Zeichen hinter ihrer Lupenvergrößerung kenntlich gemacht. Durch eine Tubuslinse wird das Bild reell in der Zwischenbildebene entworfen.

Mit Hilfe des Objektmikrometers und eines Okularmikrometers, als Okularmeßplatte geliefert, kann der Maßstab des Zwischenbildes gemessen werden. Dabei verfährt man wie unter 1.2.3. beschrieben unter Anwendung von Formel (6).

Es muß dabei die Intervallteilung des Objektmikrometers und die des Okularmikrometers bekannt sein. Bei Bestimmung der Maßstabszahl werden – im Gegensatz zur Bestimmung des Mikrometerwertes, wo die Teilung des Okularmikrometers mit dem Objektmikrometer verglichen wird – zwei bekannte Strecken ins Verhältnis gesetzt. Die Maßstabszahl ist damit eine dimensionslose Größe, die aussagt, wieviel mal größer das Objekt in der Zwischenbildebene durch das optische System abgebildet wird.

Bei Verwendung eines Okulars mit Vorderblende (z. B. Okular PK 12,5× (16) Bilder 19 und 20 [Mitte]) und eines Tubus ohne Bildversetzungsoptik entspricht bei unseren Objektiven für 160 mm Tubuslänge die aufgravierte Maßstabszahl der gemessenen (dabei kann durch die Fertigungstoleranzen die aufgravierte gegenüber der gemessenen Maßstabszahl etwas abweichen). Für Objektive mit Tubuslänge ∞ und Verwendung einer Tubuslinse mit Faktor 1× entspricht die gemessene Vergrößerung ebenfalls mit geringen Toleranzen der aufgravierten. In allen anderen Fällen, d. h. bei abweichenden Tubusfaktoren und Okularen, in denen die Sehfeldblende zwischen Feld- und Augenlinse liegt, ergeben sich von der Gravur abweichende Maßstabszahlen.

2.2. Messung des Abbildungsmaßstabes bei mikrofotografischen Aufnahmen

Die Berechnung des Abbildungsmaßstabes in der Filmebene nach den bekannten Beziehungen führt nur zu angenäherten Werten, da die tatsächlichen Werte von

M- bzw. $V_{Objektiv}$, $M_{Projektiv}$, V_{Okular} usw. von den aufgravierten innerhalb einer Toleranz abweichen können. Auch die exakte Bestimmung der Kameralänge bei Balgenkameras bereitet Schwierigkeiten, da die dazu nötigen Systempunkte (z. B. Austrittspupille des Mikroskops) schlecht zu fixieren sind.

Die zweckmäßigere Bestimmung des Abbildungsmaßstabes, sowohl bei Lupenaufnahmen, als auch bei Aufnahmen mit dem zusammengesetzten Mikroskop, führt nur über eine Messung.

Die Messung geschieht in folgender Weise:
Mit der vorgewählten Optik und Kameralänge wird das Objektmikrometer auf der Mattscheibe der Kamera abgebildet. Auf dieser werden möglichst viele

Intervalle der abgebildeten Teilung mit dem Lineal oder besser mit einer Schiebelehre ausgemessen.

Das Maßstabsverhältnis ergibt sich dann aus dem Quotienten der gemessenen Strecke y' zur Strecke y auf dem Objektmikrometer (siehe Gleichung [6]). Dabei ist auf gleiche Maßeinheiten zu achten. Normmaßstäbe können dabei durch Änderung der Kameralänge erzielt werden.

Beispiel 5:

Mit der Schiebelehre wird auf der Mattscheibe für 6 Intervalle des Objektmikrometers eine Strecke von 30 mm gemessen. Der Teilungswert des Objektmikrometers ist 0,01 mm.

$$M = \frac{30}{6 \cdot 0{,}01}$$

$$M = 500 : 1$$

3. Zählen mit dem Mikroskop

Sollen in einem mikroskopischen Präparat Teilchen in bestimmten Flächen gezählt werden, so können unsere Okularnetzmeßplatten (Bild 12), Okularblenden nach Ehrlich (Bild 16), bzw. die Okular-Meß- und Zählplatte (Bild 14) verwendet werden. Diese Okularplatten für Zählzwecke werden wie die Okularmeßplatte in die Feldblende des Okulars gelegt. Das Okular wird in der gleichen Weise wie unter 1.2.2. beschrieben verwendet.

Auch für Zählzwecke muß die Flächengröße im Objekt bestimmt werden. Zu diesem Zweck wird der Mikrometerwert wie unter 1.2.2. und 1.2.3. bestimmt. Er entspricht dann entweder der Kantenlänge eines Quadrates oder dem Radius eines Kreisquadranten im Objekt. Aus diesem Wert läßt sich nach den bekannten geometrischen Beziehungen der Flächeninhalt der Einzelquadrate bzw. der Kreisquadranten bestimmen.

Beispiel 6:

5 Teile des Objektmikrometers decken sich mit 4 Teilen einer Okularnetzmeßplatte. Der Teilungswert des Objektmikrometers ist 0,01 mm.

$y = 5 \cdot 0{,}01$ mm $\qquad y' = 4$

m = Kantenlänge eines Quadrates im Objekt

$$m = \frac{y}{y'} = \frac{0{,}05}{4} = 0{,}0125 \text{ mm}$$

$$m = 12{,}5\ \mu m$$

Ein Einzelquadrat hat also den Flächeninhalt von $F = m^2$!

$F = 12{,}5^2$

$F = 256\ \mu m^2$

4. Zubehör für Messen und Zählen

4.1. Objektmikrometer und Maßstäbe

4.1.1. Objektmikrometer für Objektive höherer Maßstabszahl

Für Objektive höherer Maßstabszahl bzw. Vergrößerung (größer 10:1) sind die Objektmikrometer 1/0,01 bzw. 0,05″)/0,0005″) zu benutzen.

Für Durchlicht (Bild 7) ist die Teilung auf einen Glasobjektträger aufgebracht und mit einem Deckglas von 0,17 mm Dicke bedeckt. Um die Teilung leichter finden zu können, liegt sie innerhalb einer schwarzen Kreismarkierung. Sie ist

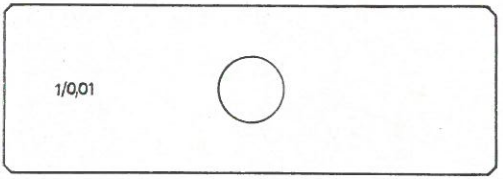


Bild 7. Objektmikrometer 1/0,01 für Durchlicht

einen Millimeter lang und in 100 Teile unterteilt, so daß ein Intervall 0,01 mm mißt (siehe 4 Bild 1).

Für Auflicht werden Objektmikrometer in Millimeter oder Zolleinheiten geliefert.

Auf einer zylinderförmigen, auf der Oberfläche geschliffenen Erhöhung eines Metallobjektträgers, befindet sich die Teilung. Das Objektmikrometer mit Millimetereinheiten hat die gleiche Teilung wie das für Durchlicht; mit Zollteilung sind 0,05") in 100 Teile aufgeteilt, so daß ein Intervall 0,0005") mißt.

4.1.2. Objektmikrometer 70/0,5 und Glasmaßstab 100/0,5

Diese beiden Maßstäbe sind für Objektive schwacher Maßstabszahl (kleiner 10:1), Lupenobjektive M und für das Stereomikroskop SM XX vorgesehen.

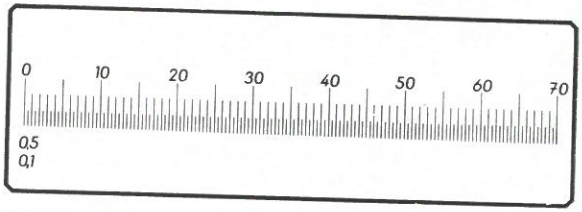


Bild 8. Objektmikrometer 70/0,5 Teilung 0,1 mm zwischen 30 und 40 mm

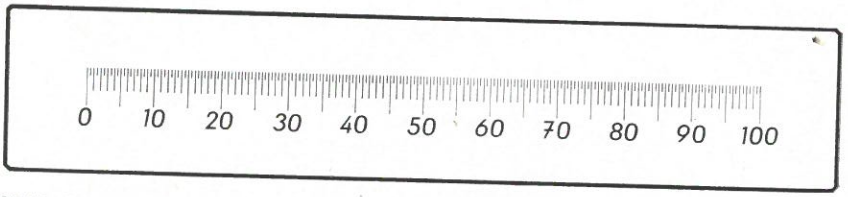


Bild 9. Glasmaßstab 100/0,5

Das Objektmikrometer 70/0,5 (Bild 8) hat eine durchgehende Teilung mit einem Teilungswert von 0,5 mm; zwischen 30 und 40 mm beträgt der Teilungswert 0,1 mm.

Die Teilung des Glasmaßstabes 100/0,5 (Bild 9) ist 100 mm lang, der Teilungswert ist 0,5 mm. Dieser Glasmaßstab kann außer zu vorgenannten Zwecken zur Bestimmung des Abbildungsmaßstabes bei mikrofotografischen Aufnahmen verwendet werden, indem er auf die Einstellscheibe der Kamera gelegt wird und die beiden Teilungen (siehe 2.2.) miteinander verglichen werden.

4.2. Okularplatten

4.2.1. Okularmeßplatten

Für die unter 1.2. beschriebenen Messungen werden als „Hilfsnormal" die Okularmikrometer, die von uns als Okularmeßplatten geliefert werden, benötigt. Die Okularmeßplatten 5:100 (5 mm in 100 Teile, Intervallabstand 0,05 mm – Bild 10) und 10:100 (10 mm in 100 Teile, Intervallabstand 0,1 mm – Bild 11) werden für die stellbaren Okulare mit Steckdurchmesser 23,2 geliefert.

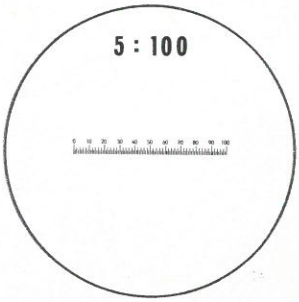


Bild 10. Okularmeßplatte 5:100



Bild 11. Okularmeßplatte 10:100

Eine Okularmeßplatte 10:100 für das Okular 12,5× (15) stellbar für SM XX wird von uns ebenfalls hergestellt.

4.2.2. Okularnetzmeßplatten

Unsere Okularnetzmeßplatten (früher Okularnetzmikrometer) sind für Zählzwecke (siehe unter 3.) vorgesehen.

Für stellbare Okulare mit Steckdurchmesser 23,2 mm werden die Okularnetzmeßplatten 400/0,5×0,5 – (Bild 12) und 25/1×1 (Bild 13) gefertigt. Bei ersterer hat das große Quadrat eine Kantenlänge von 10 mm. Es ist in 400 kleine Quadrate zu 0,5 mm Kantenlänge unterteilt. Die Platte 25/1×1 trägt ein großes Quadrat von 5 mm Kantenlänge, das in 25 Einzelquadrate mit 1 mm Kantenlänge unterteilt ist.

Für das stellbare Okular 12,5× (15) für SM XX liefern wir eine Okularnetzmeßplatte 25/1×1.

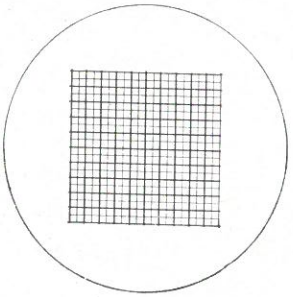


Bild 12. Okularnetzmeßplatte 400/0,5×0,5

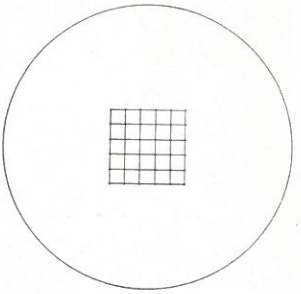


Bild 13. Okularnetzmeßplatte 25/1×1

4.2.3. Okular-Meß- und Zählplatte

Diese Platte (Bild 14) ist sowohl für Meß-, als auch für Zählzwecke geeignet. Außerdem kann mit ihrer Hilfe eine interessierende Präparatstelle in die Sehfeldmitte gebracht und Streckenmessungen mit dem Kreuztisch (siehe unter 1.4.) bei großflächigen Präparaten durchgeführt werden.

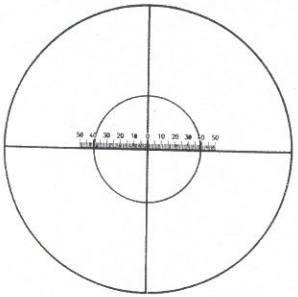


Bild 14. Okular-Meß- und Zählplatte

Ihr Aufbau ist folgendermaßen:

Auf einem Strichkreuz ist der horizontale Balken von der Mitte nach beiden Seiten in 50 Teile zu je 0,1 mm geteilt. Außerdem ist noch ein Kreis von 8 mm Durchmesser aufgebracht, so daß vier Zählquadranten entstehen.

Diese Platte wird für stellbare Okulare mit Steckdurchmesser 23,2 mm und für das Okular 12,5× (15) für SM XX gefertigt.

4.2.4. Okular-Strichkreuzplatte

Mit dieser Platte (Bild 15) kann eine interessierende Präparatstelle in die Sehfeldmitte gebracht werden. Außerdem können mit ihrer Hilfe Streckenmessungen mit dem Kreuztisch, die über das Sehfeld des Mikroskops hinausgehen (siehe unter 1.4.), durchgeführt werden.

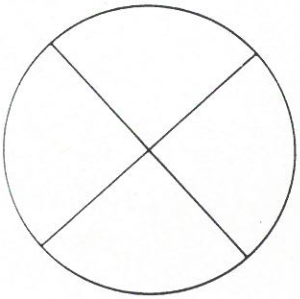


Bild 15
Okular-Strichkreuzplatte

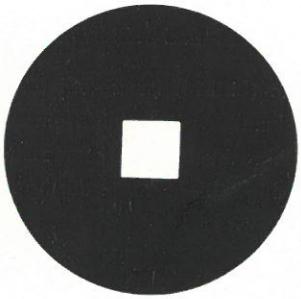


Bild 16
Okularblende nach Ehrlich,
Kantenlänge des Quadrates 4 mm
(2:1 vergrößert)

4.2.5. Okularblenden nach Ehrlich

Diese Okularblenden (Bild 16) sind opake Blenden, bei denen in der Mitte ein quadratisches Feld zur Beobachtung frei ist.

Zu einem Satz gehören sieben Stück mit den Kantenlängen 1 mm; 1,41 mm; 2 mm; 2,83 mm; 4 mm; 5,66 mm und 8 mm. Die Kantenlängen sind wie $\sqrt{1:2}$ und damit die Flächen wie 1:2 gestuft.

Sie werden für stellbare Okulare mit Steckdurchmesser 23,2 mm geliefert.

4.3. Stellbare Okulare und MF-Meßprojektive

4.3.1. Stellbare Okulare für Achromate



Bild 17
Okular A 10× (14) stellbar – Gesamtansicht

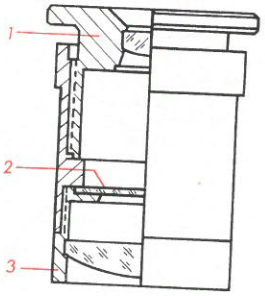


Bild 18
Okular A 10× (14) Schnittdarstellung
1 stellbare Augenlinse
2 in die Feldblende eingelegte Okularplatte
3 herausschraubbares Unterteil mit Feldlinse

Für unsere Achromatreihe haben wir das Okular A 10× (14) stellbar (Bilder 17 und 18) zur Verfügung. Das Okular ist nach dem Huygenstyp aufgebaut, d. h., die Feldblende, auf die die Okularplatte gelegt wird, liegt zwischen Feld- und stellbarer Augenlinse.

4.3.2. Stellbare Okulare für Apochromate, Planachromate und Planapochromate

Für die vorgenannten Objektive sind aus der PK-Okularreihe die Okulare PK 6,3× (19) stellbar, PK 12,5× (16) stellbar und PK 25× (7) stellbar für Meß- und Zählzwecke vorgesehen.

Das Okular PK 12,5× (16) stellbar (Bilder 19 und 20 – Mitte) ist nach dem orthoskopischen Typ aufgebaut, d. h., die Feldblende ist eine Vorderblende. Nur mit einem solchen Okular ist es möglich, die Maßstabszahl eines Objektivs bestimmen zu können (siehe unter 2.1.).



Bild 19

Okular PK 6,3× (19) stellbar (links),
Okular PK 12,5× (16) stellbar (Mitte) und
Okular PK 25× (7) stellbar (rechts)

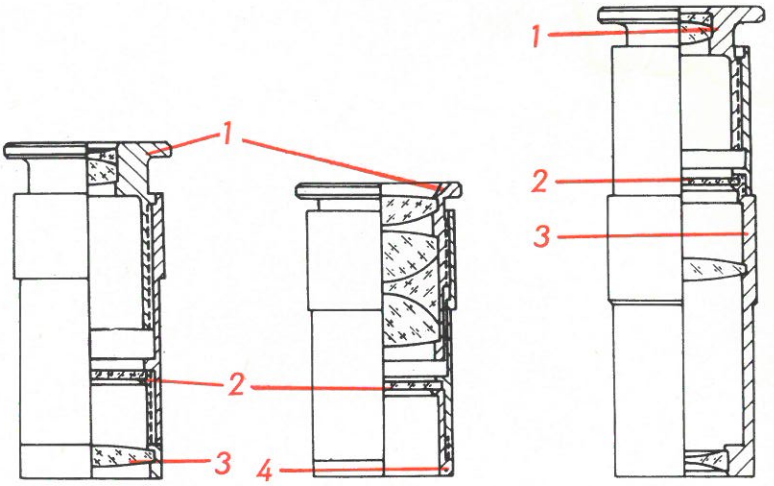


Bild 20

Okular PK 6,3× (19) stellbar (links),
Okular PK 12,5× (16) stellbar (Mitte) und
Okular PK 25× (7) stellbar (rechts)
Schnittdarstellung
1 stellbare Augenlinse;
2 in die Feldblende eingelegte Okularplatte;
3 herausschraubbares Unterteil mit Feldlinsen;
4 herausschraubbares Unterteil ohne Feldlinse (Vorderblende)

Die Okulare PK 6,3× (19) stellbar (Bilder 19 und 20 – links) und PK 25× (7) stellbar (Bilder 19 und 20 – rechts) haben eine Mittelblende, d. h., die Feldblende liegt zwischen Feld- und stellbarer Augenlinse.

4.3.3. Okular PK 12,5× (14) m stellbar und PK 12,5× (16) m stellbar

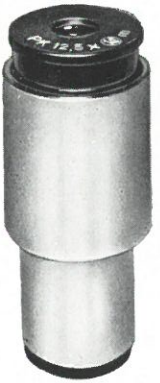


Bild 21
Okular PK 12,5× (14) m stellbar – Gesamtansicht

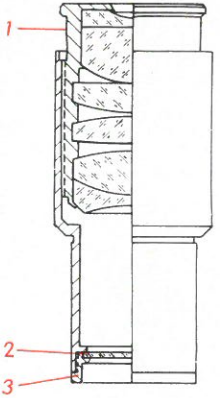


Bild 22
Okular PK 12,5× (14) m stellbar – Schnittdarstellung
1 stellbare Augenlinse
2 in die Feldblende eingelegte Okularplatte
3 herausschraubbares Unterteil

Die vorgenannten Okulare sind für das Große Universal-Forschungsmikroskop Nu und unser Großes Auflicht-Kameramikroskop NEOPHOT 2 entwickelt worden.

Durch sie wird eine hervorragende Ebnung des Gesichtsfeldes erzielt.

Für das Mikroskop Nu ist das Okular PK 12,5× (14) m stellbar (Bilder 21 und 22), für das Mikroskop NEOPHOT 2 das Okular PK 12,5× (16) m zu verwenden.

Auch hier liegt die Feldblende zwischen Feld- und stellbarer Augenlinse. Mit Hilfe der Zwischenhülsen 23,2/34 können auch die normalen stellbaren Okulare am Stereomikroskop SM XX verwendet werden.

4.3.5. MF-Meßprojektive

Bei Größenbestimmung oder Zählung von Objektdetails ist es oft von Vorteil, einen Vergleichsmaßstab bzw. ein Zählnetz in ein Mikrophotogramm mit aufzunehmen.

Bei Verwendung der Mikrophotografischen Einrichtung „MF" dienen dazu unsere MF-Meßprojektive 4:1 (Bilder 25 und 26); K 4:1 und K 8:1 (Bilder 27 und 28), die jedoch nicht stellbar sind, da sie bei konstanter Kameralänge verwendet werden.

Sollen dabei die wahren Größenverhältnisse im Objekt festgehalten werden, so ist auch in diesem Falle der Mikrometerwert zu bestimmen und für das Photogramm anzugeben.

Bei unseren Meßprojektiven wird die Okularplatte in das herausschraubbare Unterteil eingelegt und mit einem Vorschraubring geklemmt.

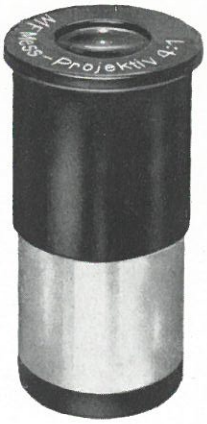


Bild 25
MF-Meßprojektiv 4:1
Gesamtansicht

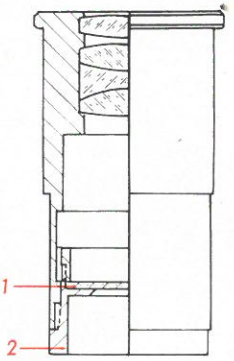


Bild 26
MF-Meßprojektiv 4:1
Schnittdarstellung
1 mit Vorschraubring geklemmte Okularplatte
2 herausschraubbares Unterteil

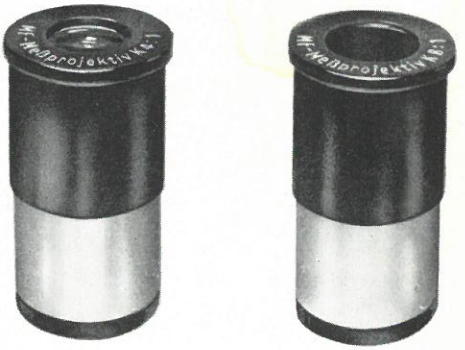


Bild 27

MF-Meßprojektive K 4:1 (links) und K 8:1 (rechts) Gesamtansicht

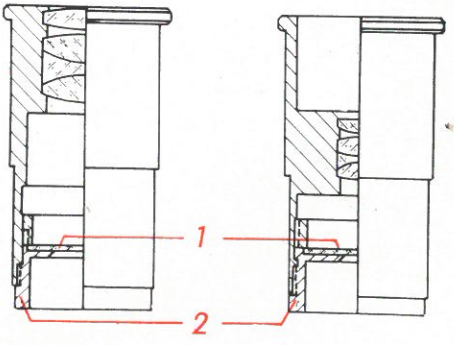


Bild 28

MF-Meßprojektive K 4:1 (links) und K 8:1 (rechts) Schnittdarstellung

1 mit Vorschraubring geklemmte Okularplatte

2 herausschraubbares Unterteil

5. Hinweise für Messen und Zählen

Vor Beginn der durchzuführenden Messung oder Zählung muß die Meßaufgabe klar sein, d. h., es muß abgeschätzt werden, wie groß die zu messenden Objektdetails sind und welches Objektfeld dabei überblickt werden soll.

Erst danach soll die Wahl der Optikkombination erfolgen, da sonst Mißerfolge nicht ausbleiben werden.

Aus dem zu messenden Objektdetail muß die Wahl der numerischen Apertur des Objektivs (Auflösungsvermögen) und die Wahl der Gesamtvergrößerung (aktuelle Auflösung) erfolgen. Dabei ist anzustreben, wegen der bequemeren Überschaubarkeit der zu messenden Präparatstelle, bei der Messung an der oberen Grenze der förderlichen Vergrößerung zu arbeiten.

Die folgenden Tabellen und graphischen Darstellungen geben Auskunft über:

Tabellen 1 bis 4:

Gesamtvergrößerung mit stellbaren Okularen, sich daraus ergebende Objektfeldgrößen und durchschnittliche Mikrometerwerte für Durchlichtobjektive (Tabellen 1, 2 und 3) und für das Stereomikroskop SM XX bei Tubusfaktor 1×.

Die angegebenen Zahlen sind nur Richtwerte; für genaue Messungen ist es ratsam, die Mikrometerwerte selbst zu bestimmen!

Für Auflichtobjektive wurden wegen der unterschiedlichen Tubusfaktoren in den einzelnen Geräten keine Tabellen aufgestellt.

Schaubild 1

Auflösungsvermögen für die numerischen Aperturen von 0,01 bis 1,4 nach $d = \frac{\lambda}{2A}$ (für $\lambda = 0{,}55\ \mu m$).

Schaubild 2

Die nach dem Vorschlag von A. GRABNER[1]) sich ergebende „aktuelle Auflösung", die allerdings nach unseren Gepflogenheiten für einen Auflösungswinkel des Auges von 4′ berechnet wurde (entspricht 1000 · Apertur).

---

[1]) siehe GRABNER, A.: Objektiv, Okular und Auge – eine Bilanz ihres Zusammenspiels beim Mikroskopieren.
Mikroskopie **10** (1955) Heft 3/4, S. 83–119.

Tabelle 1: Achromate

Okular / Objektiv	A 10× (14) stellbar	Meßschraubenokular AK 15×	
		m. Tubus 23,2/91	m. Tubus 23,2/120
3,2/0,10 160/–	32× 4,38 mm 40,8 µm	48× 3,28 mm 3,20 µm	60× 2,83 mm 2,62 µm
6,3/0,16 160/–	63× 2,22 mm 20,3 µm	94,5× 1,67 mm 1,60 µm	113,7× 1,41 mm 1,32 µm
10/0,25 160/–	100× 1,40 mm 13,1 µm	150× 1,05 mm 1,00 µm	171,5× 0,92 mm 0,88 µm
16/0,32 160/0,17	160× 0,80 mm 8,2 µm	240× 0,66 mm 0,63 µm	277,5× 0,57 mm 0,54 µm
40/0,65 160/0,17	400× 0,35 mm 3,3 µm	600× 0,26 mm 0,25 µm	675× 0,23 mm 0,22 µm
HI 100/1,25 160/0,17	1000× 0,14 mm 1,3 µm	1500× 0,11 mm 0,10 µm	1680× 0,09 mm 0,09 µm

obere Zahl: Gesamtvergrößerung bei Tubusfaktor 1×

mittlere Zahl: Objektfelddurchmesser bei Tubusfaktor 1×

untere Zahl: bei stellbaren Okularen – Mikrometerwert für Okularmeßplatte 10:100

Meßschraubenokular – Mikrometerwert für Intervall 0,01 mm

Tabelle 2: Apochromate

Okular / Objektiv	PK 6,3× (19) stellbar	PK 12,5× (16) stellbar	PK 25× (7) stellbar	Meßschraub. Ok.AK 15× m. Tubus 23,2/91	Meßschraub. Ok.AK 15× m. Tubus 23,2/120
Planapochromat 4/0,16 160/–	25× 4,75 mm 34,1 µm	50× 4,00 mm 25,2 µm	100× 1,75 mm 11,0 µm	60× 2,63 mm 2,52 µm	713× 2,21 mm 2,10 µm
Apochromat 6,3/0,20 160/–	40× 3,00 mm 21,6 µm	80× 2,50 mm 16,0 µm	160× 1,11 mm 6,9 µm	94,5× 1,67 mm 1,60 µm	108× 1,46 mm 1,39 µm
Apochromat 16/0,40 160/0,17	100× 1,19 mm 8,4 µm	200× 1,00 mm 6,3 µm	400× 0,44 mm 2,7 µm	240× 0,66 mm 0,63 µm	273× 0,57 mm 0,55 µm
Apochromat 40/0,95 160/0,17	250× 0,48 mm 3,4 µm	500× 0,40 mm 2,5 µm	1000× 0,18 mm 1,1 µm	600× 0,26 mm 0,25 µm	678× 0,23 mm 0,22 µm
Apochromat 63/0,95 160/0,17	400× 0,30 mm 2,1 µm	800× 0,25 mm 1,6 µm	1600× 0,11 mm 0,7 µm	945× 0,17 mm 0,16 µm	1070× 0,15 mm 0,14 µm
Apochromat HI 100/1,40 160/0,17	630× 0,19 mm 1,4 µm	1250× 0,16 mm 1,0 µm	2500× 0,07 mm 0,4 µm	1500× 0,11 mm 0,10 µm	1680× 0,094 mm 0,09 µm

obere Zahl: Gesamtvergrößerung bei Tubusfaktor 1×

mittlere Zahl: Objektfelddurchmesser bei Tubusfaktor 1×

untere Zahl: bei stellbaren Okularen – Mikrometerwert für Okularmeßplatte 10:100

Meßschraubenokular – für Intervall 0,01 mm

Tabelle 3: Planachromate

Okular / Objektive	PK 6,3× (19) stellbar	PK 12,5× (16) stellbar	PK 25× (7) stellbar	Meßschraub. Ok. AK 15× m. Tubus 23,2/91	Meßschraub. Ok. AK 15× m. Tubus 23,2/120
2,5/0,07 160/–	16× 7,60 mm 53,8 µm	32× 6,30 mm 40,0 µm	63× 2,80 mm 17,2 µm	37,5× 4,20 mm 4,00 µm	50× 3,15 mm 3,02 µm
4/0,11 160/–	25× 4,75 mm 34,1 µm	50× 4,60 mm 25,2 µm	100× 1,75 mm 11,0 µm	60× 2,63 mm 2,52 µm	71,3× 2,21 mm 2,10 µm
6,3/0,16 160/–	40× 3,00 mm 21,0 µm	80× 2,50 mm 15,5 µm	160× 1,11 mm 6,8 µm	94,5× 1,67 mm 1,55 µm	111,7× 1,41 mm 1,33 µm
10/0,25 160/–	63× 1,90 mm 13,4 µm	125× 1,60 mm 10,0 µm	250× 0,70 mm 4,4 µm	150× 1,05 mm 1,00 µm	176,5× 0,89 mm 0,85 µm
16/0,32 160/0,17	100× 1,19 mm 8,4 µm	200× 1,00 mm 6,3 µm	400× 0,44 mm 2,7 µm	240× 0,66 mm 0,63 µm	274× 0,57 mm 0,55 µm
40/0,65 160/0,17	250× 0,48 mm 3,3 µm	500× 0,40 mm 2,5 µm	1000× 0,18 mm 1,1 µm	600× 0,26 mm 0,25 µm	678× 0,23 mm 0,22 µm
HI 100/1,25 160/0,17	630× 0,19 mm 1,3 µm	1250× 0,16 mm 1,0 µm	2500× 0,07 mm 0,4 µm	1500× 0,11 mm 0,10 µm	1710× 0,09 mm 0,09 µm

obere Zahl: Gesamtvergrößerung bei Tubusfaktor 1×

mittlere Zahl: Objektfelddurchmesser bei Tubusfaktor 1×

untere Zahl: bei stellbaren Okularen – Mikrometerwert für Okularmeßplatte 10:100

Meßschraubenokular – für Intervall 0,01 mm

Tabelle 4: Stereomikroskop SM XX mit Okular 12,5× stellbar und Okularmeßplatte 10:100

Schaltwalzenstellung	0,63×	1,0×	1,6×	2,5×	4,0×
Vergrößerung	8×	12,5×	20×	32×	50×
Durchmesser des Objektfeldes	23,8 mm	15 mm	9,4 mm	6,0 mm	3,8 mm
Mikrometerwert für Objektmikrometer 70/0,5 f. Intervallwert 0,1 mm	117 µm	75 µm	47 µm	29 µm	19 µm

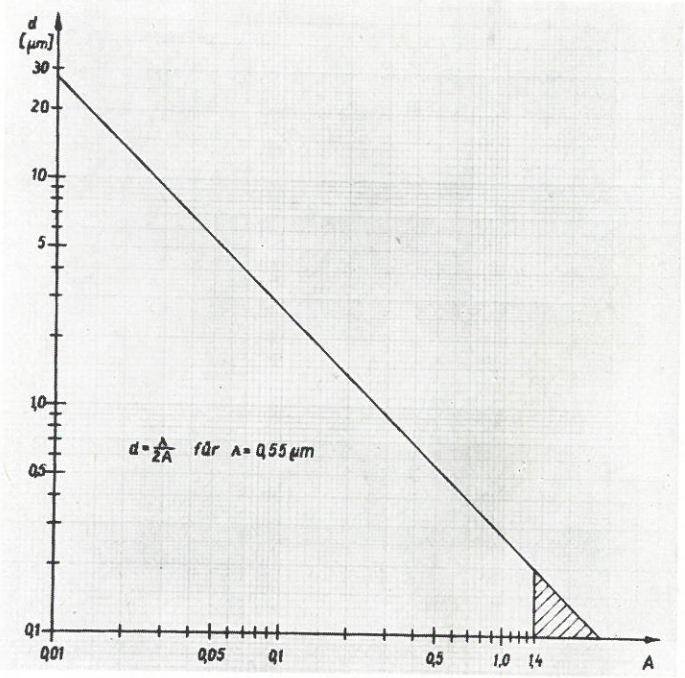
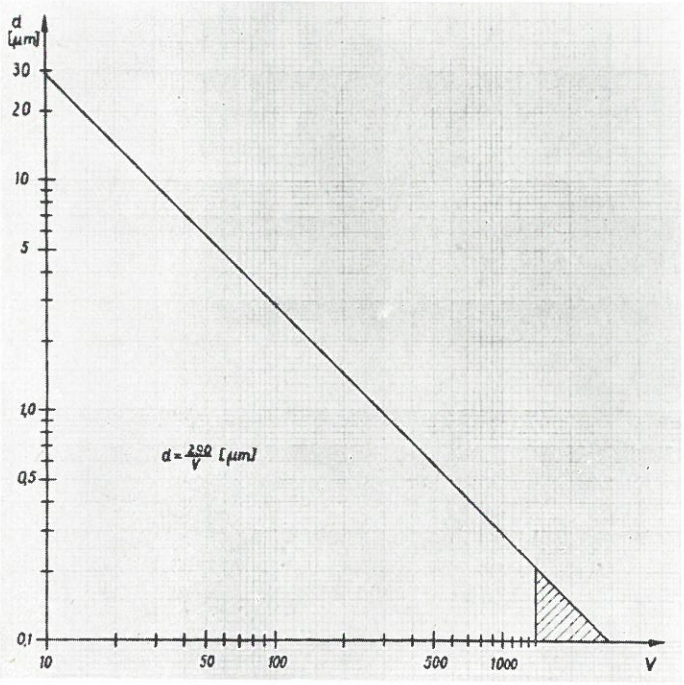


Schaubild 1:

Auflösungsvermögen für numerische Aperturen von 0,01 bis 1,4

Schaubild 2:

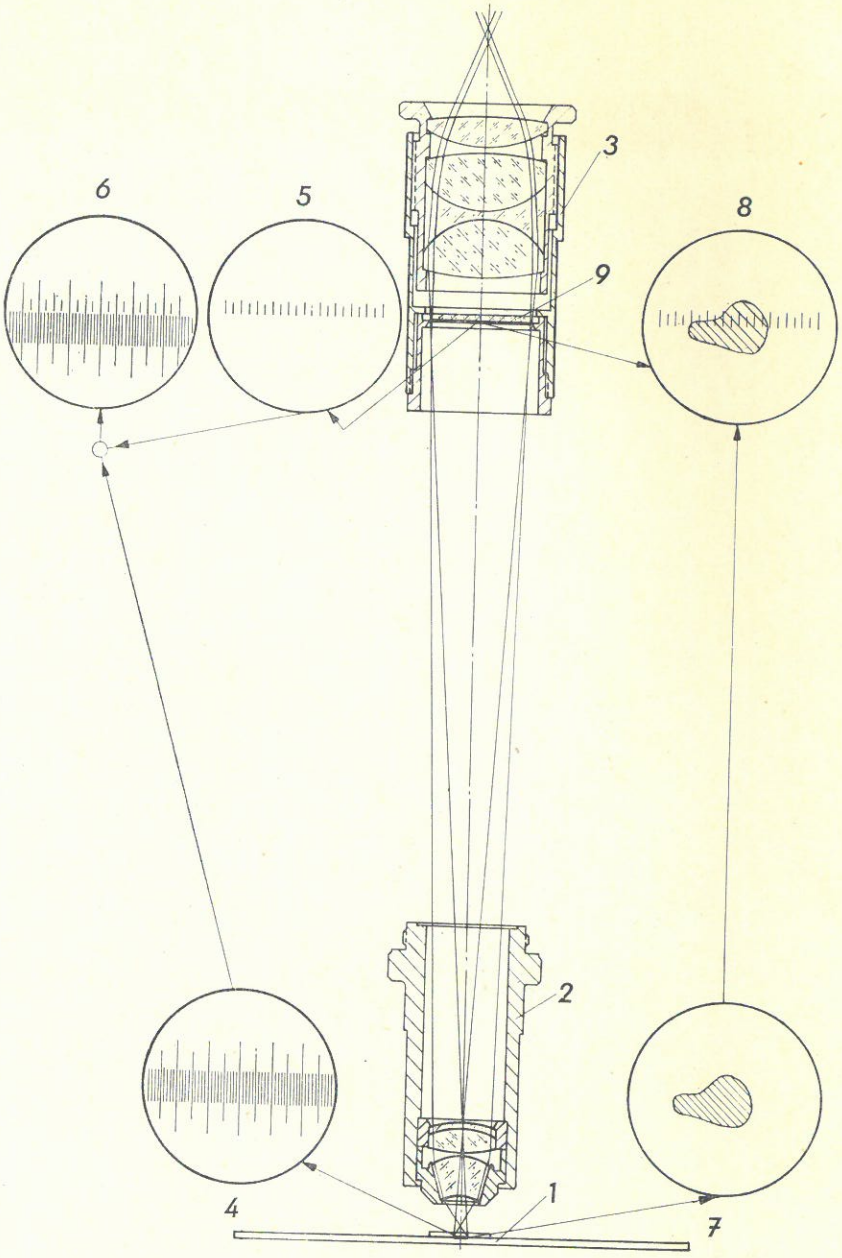
Aktuelle Auflösung für Gesamtvergrößerungen von 10- bis 1400fach für ein Auflösungsvermögen des Auges von 4'.



Bestelliste

Zubehör zum Messen und Zählen

1. Stellbare Okulare:	
Okular A 10× stellbar (o. Meßplatte)	30 31 06:001.24
Okular PK 6,3×, stellbar (o. Meßplatte)	30 33 13:001.24
Okular PK 12,5×, stellbar (o. Meßplatte)	30 33 14:001.24
Okular PK 25×, stellbar (o. Meßplatte)	30 33 15:001.24
Okular 12,5×, stellbar für SM XX (o. Meßplatte)	30 31 65 A
Meß-Projektiv 4:1 (o. Meßplatte)	30 32 38 A
Meß-Projektiv K 4:1 (o. Meßplatte)	30 32 39 A
Meß-Projektiv K 8:1 (o. Meßplatte)	30 32 40 A
2. Okular-Meß- und Strichplatten:	
Okularmeßplatte 5:100, in Behälter	30 57 10 A
Okularmeßplatte 10:100, in Behälter	30 57 10 B
Okularmeßplatte 10:100 (22∅) f. SM XX, i. Behälter	30 57 10 D
Okularnetzmeßplatte 400/0,5×0,5, i. Behälter	30 57 14
Okularnetzmeßplatte 25/1×1, in Behälter	30 57 48
Okularnetzmeßplatte 25/1×1, (22∅) f. SM XX, in Behälter	30 57 10:005.26
Okular-Meß- und Zählplatte, in Behälter	30 57 49
Okularstrichkreuzplatte, in Behälter	30 57 16
Okularblenden nach Ehrlich (1 Satz zu 7 Stück), in Behälter	30 57 36
3. Objektmikrometer:	
Objektmikrometer 1/0,01, in Behälter (f. Durchlicht)	30 57 43 F
Objektmikrometer 1/0,01, in Behälter (f. Auflicht)	30 57 43 C
Objektmikrometer 0,05″)/0,0005″), in Behälter (f. Auflicht)	30 57 43 D
Objektmikrometer 70/0,5 (Glasmaßstab)	30 57 43 H
Glasmaßstab 100/0,5	30 57 25-01
4. Meßschraubenokular AK 15, in Behälter	30 57 31


6
5
3
8
9
2
4
1
7

VEB Carl Zeiss JENA

Vertriebsabteilung Mikroskope

Fernsprecher: Jena 7042 · Fernschreiber: Jena 058 8622

Druckschriften-Nr. **30-G492-1**

V-5-1 401 Ag 21-287-65