aus JENA

Objekt- und Okularmikrometer

Gebrauchsanleitung

Die Bilder sind nicht in allen Einzelheiten für die Ausführung der Geräte maßgebend. Für wissenschaftliche Veröffentlichungen stellen wir Druckstöcke der Bilder oder Verkleinerungen davon – soweit sie vorhanden sind – gern zur Verfügung. Die Wiedergabe von Bildern oder Text ohne unsere Zustimmung ist nicht gestattet. Das Recht der Übersetzung ist vorbehalten.

Objekt- und Okularmikrometer

GEBRAUCHSANLEITUNG

(blank)

Mikroskopstativ L

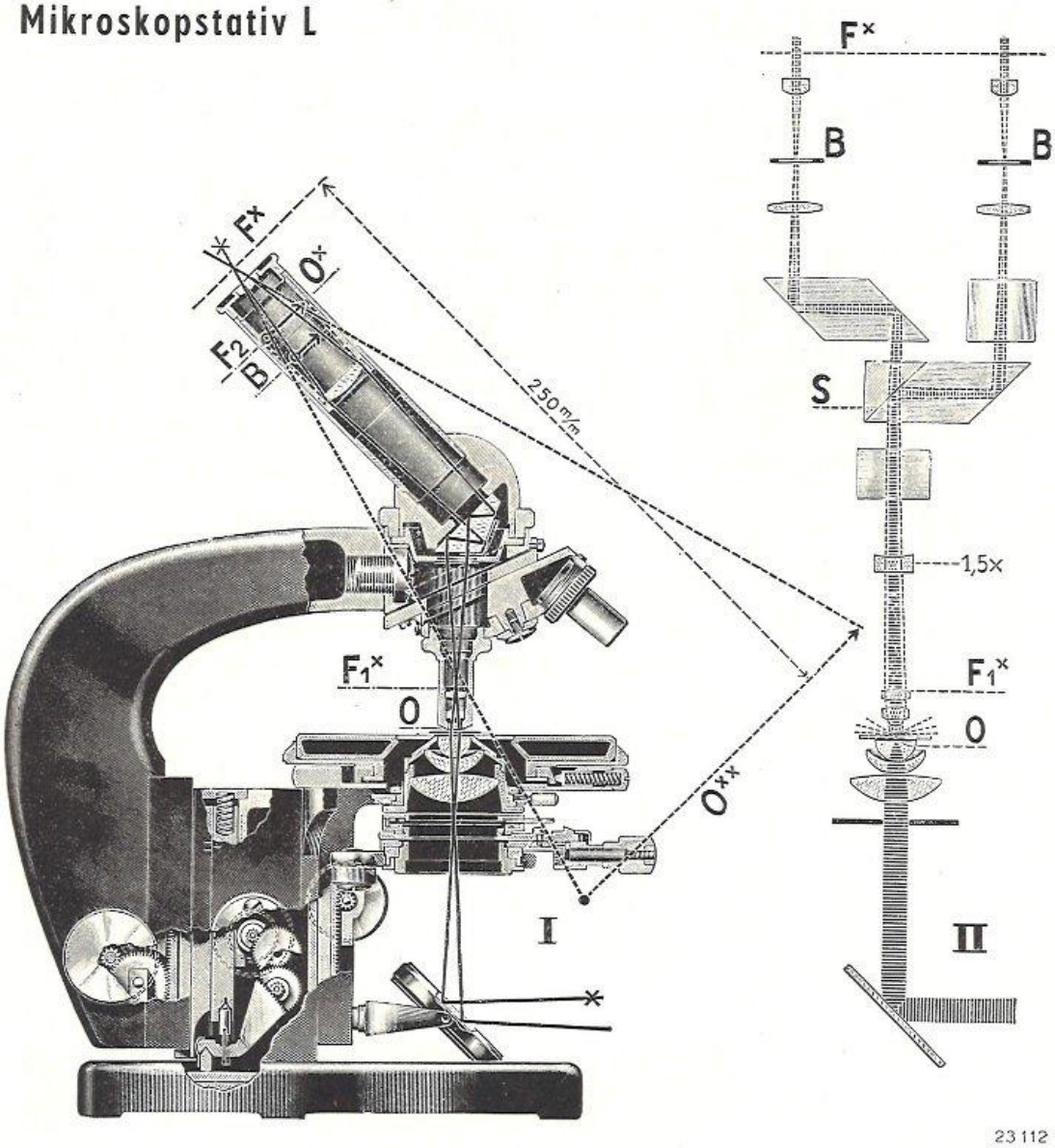


Bild 1. Strahlengang im Mikroskop L

I für die Begrenzung des Sehfeldes
II für die Abbildung eines Objektpunktes bei Benutzung des binokularen Tubus

F_1^x hintere Brennebene des Objektivs, F_2 vordere Brennebene des Okulars, F^x hintere Brennebene des ganzen Mikroskops, O Objekt, O^x reelles Zwischenbild, O^{xx} Projektion des unendlich fernen Bildes, B Okularblenden, S halbdurchlässig spiegelnde Fläche zur Aufteilung des Strahlengangs, 1,5 x = 1,5fach vergrößernde Korrektionslinse

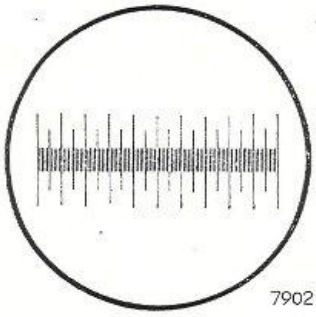
Längenmessungen mit dem Mikroskop

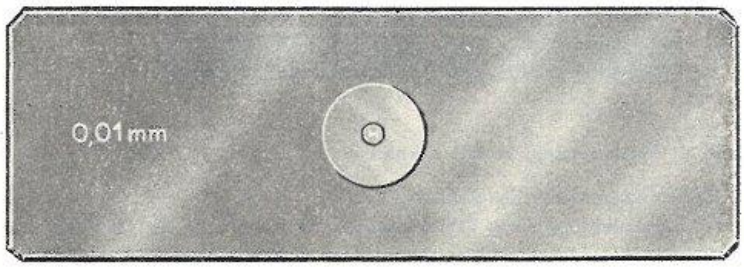
Zur Durchführung von Längenmessungen dienen unsere Objekt- und Okularmikrometer.

Die **Objektmikrometer** sind gewöhnlich wie ein mikroskopisches Präparat zwischen Objektträger und Deckglas eingeschlossen und werden wie ein solches durch das Mikroskop abgebildet und betrachtet. Der Teilungswert eines Intervalls beträgt 0,01 mm. Dieses Mikrometer dient in der Regel selbst nicht zum Ausmessen der Objekte, sondern lediglich als Normalie zum Eichen der Teilung der Okularmikrometer und zum Bestimmen der Vergrößerung des zusammengesetzten Mikroskops bei subjektivem Gebrauch oder des Abbildungsmaßstabs des zusammengesetzten oder des einfachen Mikroskops bei der Photographie.

Die **Okularmikrometer** legt man in die Blende des Okulars (B Bild 1). Sie werden deshalb nicht vom ganzen Mikroskop, sondern nur vom Okular oder – wenn sich die Blende zwischen seinen Linsen befindet – nur von den oberen Linsen (Augenlinsen) des Okulars abgebildet. Diese Mikrometer sind zum Ausmessen der Objekte bestimmt. Man mißt aber mit ihnen nicht das Objekt selbst, sondern das von ihm in der Blendenebene des Okulars entworfene Bild O^x. Um daraus die Größe des Objektes abzuleiten, ist die in Teilen des Okularmikrometers gemessene Größe des Bildes O^x mit einer Zahl – dem Mikrometerwert – zu multiplizieren. Dieser hängt von der Vergrößerung des Zwischenbildes O^x ab, also vom Objektiv und der Tubuslänge.

Benutzt man daher Okularmikrometer mit derselben Teilung für verschiedene Objektive oder Okulare, so ist der Mikrometerwert für jedes Objektiv und





Teilung 24x vergrößert

natürliche Größe

Bild 2. Objektmikrometer 1 mm, in 100 Teile geteilt

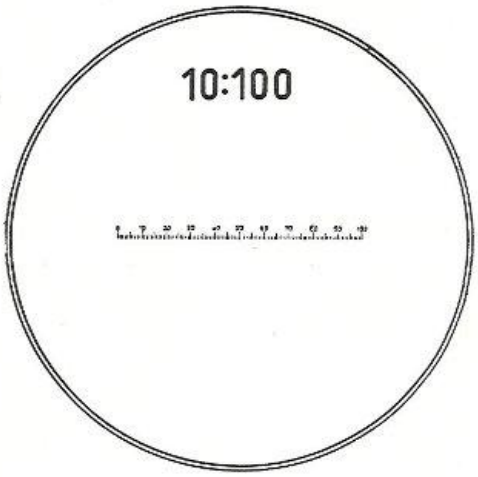
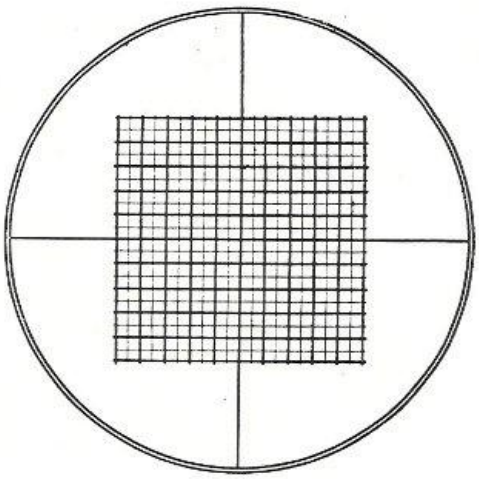


Bild 3. Okularmikrometer 10 : 100



300 505 a

Bild 4. Okularnetzmikrometer, 10 mm in 20 Teile

Okular mit dem Objektmikrometer nach dem folgend beschriebenen Verfahren besonders zu bestimmen.

Messung mit dem Okularmikrometer

Die Messungen werden mit einem Meßokular, bestehend aus einem sogenannten einstellbaren Okular mit einem eingelegten Okularmikrometer, vorgenommen. Das mit der Teilung versehene Glasplättchen (Okularmikrometer) ist so auf die Blende des Okulars zu legen, daß die Bezifferung richtig – nicht spiegelverkehrt – erscheint. Dazu schraubt man bei unseren Meßokularen (Bilder 5, 6) das Unterteil mit der Blende als oberen Abschluß heraus, legt das Mikrometer ein, schraubt beide Teile wieder zusammen und steckt das Okular in den Tubus des Mikroskops. Die Teilung soll dann dem Beobachter scharf erscheinen. Um dies zu erreichen, ist das Oberteil der Meßokulare durch ein mehrgängiges Gewinde einstellbar gemacht worden, so daß jeder Beobachter schnell die richtige Einstellung für sein Auge bewirken kann. Sie läßt sich, nachdem in den Tubus das Okular eingesetzt ist, erreichen, indem man dieses mit der einen Hand etwas anhebt und festhält, mit der anderen den oberen Rand dreht.

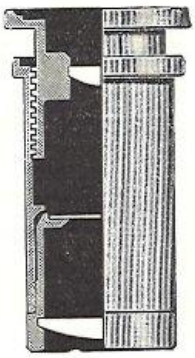
Zum **Bestimmen des Mikrometerwertes** für ein Mikroskop wird ein Objektmikrometer wie ein Präparat auf den Objekttisch gelegt und alsdann das ganze Mikroskop so eingestellt, daß die Striche des Objektmikrometers scharf zu sehen sind. Während

man nun bei der Prüfung das Auge ein wenig senkrecht zur Richtung der Teilstriche hin und her bewegt, dürfen die Striche des Okularmikrometers und die des Objektmikrometers keine scheinbare Verschiebung gegeneinander (Parallaxe) zeigen; ist das aber der Fall, so ist die Einstellung des Mikroskops zum Objektmikrometer, unter Umständen auch die Okulareinstellung, noch genauer vorzunehmen.

Ist die Einstellung einwandfrei, so wird festgestellt, wieviel Teile des Objektmikrometers einer bestimmten Anzahl von Teilen des Okularmikrometers (z. B. 5 bzw. 10, auch mehr) entsprechen. Man mißt also ein bekanntes Objektmikrometer mit dem Okularmikrometer aus und stellt daraus fest, wie groß 1 Skalenteil des Okularmikrometers ist.

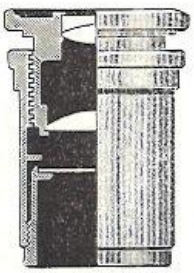
Ergibt sich z. B., daß 17 Teile des Objektmikrometers gleich 21 Teilen des Okularmikrometers sind, so ist 1 Teil des letzteren gleich 17:21 Teilen des Objektmikrometers. Beträgt nun 1 Skalenteil des Objektmikrometers 0,01 mm = 10 μ, so entspricht 1 Teil des Okularmikrometers $\frac{17 \times 10}{21}\ \mu = 8{,}1\ \mu$. Das ist in diesem Fall der Mikrometerwert.

Ist es nicht möglich, zwei Stellen im Sehfeld zu finden, an denen sich gerade die Teilstriche der beiden Mikrometer decken, so muß man für 1 Intervall des Objektmikrometers die Bruchteile schätzen. Entsprechen z. B. 25 Teile des Okularmikrometers 19,2 Teilen des Objektmikrometers, so errechnet sich daraus der Mikrometerwert zu $\frac{19{,}2 \times 10}{25}\ \mu = 7{,}7\ \mu$, wenn das Objektmikrometer in Hundertstelmillimeter geteilt ist.



28 009

Bild 5
Meßokular H 7 x
(etwa $^2/_3$ nat. Größe)



28 008

Bild 6
Meßokular O 17 x
(etwa $^2/_3$ nat. Größe)

Die Messungen führt man zweckmäßig an verschiedenen Stellen des Objektmikrometers aus und nimmt aus den einzelnen Werten das Mittel. Beim Okularmikrometer wird sowohl zum Auswerten als auch zum Messen möglichst ein mittlerer Teil benutzt. Dafür lassen sich auch bei diesem verschiedene Intervallwerte zur Eichung gebrauchen. So werden die einer einzelnen Messung anhaftenden kleinen Fehler möglichst ausgeglichen.

Weicht der gefundene Mikrometerwert von einer ganzen Zahl nur wenig nach oben oder unten ab, wie 8,1 oder 15,8 μ, so kann man im ersten Fall durch eine Verlängerung, im zweiten durch eine Verkürzung der Tubuslänge erreichen, daß der Mikrometerwert eine ganze Zahl, hier 8 oder 16 μ, wird. Voraussetzung dafür ist jedoch, daß das Mikroskop einen Ausziehtubus besitzt und sich die Tubuslänge ohne Schaden für die Bildgüte um den erforderlichen Betrag ändern läßt.

Zu beachten ist noch, daß bei Bestimmungen des Mikrometerwertes stets die Tubuslänge genau gemerkt und an Systemen mit Korrektionsfassung auch die Stellung des Korrektionsrings aufgezeichnet wird.

Diese Vorschriften finden sinngemäß Anwendung bei den **Okularnetzmikrometern** (Bild 4), bei denen das Sehfeld mit zueinander senkrechten Strichen in kleine Felder eingeteilt ist, deren Flächengröße sich aus dem Quadrat ihrer Seitenlänge ergibt. Auch diese wird in obiger Weise festgestellt.

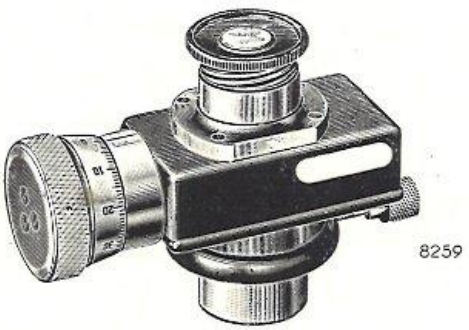
Zum **Messen des Objektes** bestimmt man nach Scharfeinstellung des mikroskopischen Bildes, wieviel Intervalle des Okularmikrometers die ausgemessene Strecke einnimmt (Bruchteile von Intervallen werden geschätzt), und multipliziert diese Zahl mit dem Mikrometerwert. So ergibt sich die Größe des Objektes (O Bild 1) in μ. Bequem ist es, das eine Ende der zu messenden Strecke mit einem geeigneten Teilstrich des Mikrometers zusammenfallen zu lassen. Um dies herbeizuführen, wird ein Kreuztisch bzw. ein Objektführer benutzt. Hat man z. B. gefunden, daß das Bild des Objektes 5,7 Intervalle des Okularmikrometers bedeckt, und beträgt der Mikrometerwert 4 μ, so ist die Größe des Objektes $5{,}7 \times 4\ \mu = 22{,}8\ \mu$.

Die durchschnittlichen Mikrometerwerte für die verschiedenen Meßokulare enthält die Tabelle am Ende der Druckschrift. Da die für Mikrometerwerte maßgebenden Faktoren – die Brennweiten der Objektive und der Okulare sowie die optische Tubuslänge – Abweichungen gewisser Grenzen aufweisen, so muß jeder Beobachter, der auf genaue Messung Wert legt, die Mikrometerwerte für sein Gerät selbst bestimmen. Hierzu ist ein Objektmikrometer erforderlich, das in Hundertstelmillimeter geteilt ist.

Messung mit dem Okularschraubenmikrometer

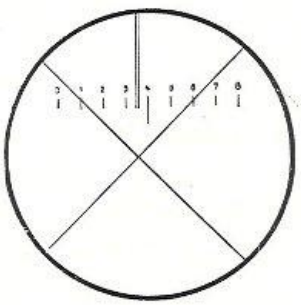
Eine außerordentliche Erleichterung tritt für die Messung ein, wenn über der eigentlichen Platte des Okularmikrometers eine verschiebbare Einstellmarke angebracht ist, die sich auf die beiden Endpunkte der auszumessenden Strecke nacheinander einstellen läßt. Diese Einrichtung ist im Okularschraubenmikrometer (Bild 7) verwirklicht.

Es besteht aus einem Okular mit der Teilungsplatte und unmittelbar darunter aus einer mittels Schraube verstellbaren Platte mit den zur Einstellung und Ablesung erforderlichen Strichmarken.



etwa 1/2 nat. Größe

Bild 7. Okularschraubenmikrometer



etwa 1/2 nat. Größe

Bild 8. Strichplatte mit Einstellmarke

Die Schraube ermöglicht eine Verschiebung der Marken um 0,01 mm, da ihre Trommel in 100 Teile geteilt ist und 1 Umdrehung der Trommel einer Bewegung der Schraube um 1 mm entspricht. Als Einstellmarke dient der Schnittpunkt eines Linienstrichkreuzes (Bild 8). Darüber ist die fest stehende Millimeterskale sichtbar, auf der gleichzeitig mit dem Strichkreuz ein Doppelstrich verschoben wird. Die Mitte des Doppelstrichs entspricht dem Schnittpunkt des Strichkreuzes.

Dieser Schnittpunkt wird zunächst auf den einen Endpunkt der zu messenden Strecke eingestellt und die Stellung abgelesen, indem man im Okular selbst die Stellung des Doppelfadens in ganzen Einheiten der Millimeterteilung bestimmt und die Hundertstel von der Trommel hinzuzählt. Nachdem durch Drehen der Trommel der Schnittpunkt des Fadenkreuzes auf den anderen Endpunkt der zu messenden Strecke eingestellt ist, liest man wiederum die Stellung des Doppelstrichs im Okular nach ganzen Einheiten ab und entnimmt dazu aus der Trommelstellung die Hundertstel.

Die Differenz der beiden Ablesungen gibt an, wie groß die Strecke in dem im Okular entworfenen Bild erscheint.

Zum Zurückführen dieses Maßes auf das Objekt selbst sind die Werte der Okularteilung (Mikrometerwert) für das betreffende Objektiv und für eine jedesmal einzuhaltende Tubuslänge (s. vorigen Abschnitt) durch Ausmessen eines Objektmikrometers zu bestimmen.

Das Okularschraubenmikrometer wird an Stelle des gewöhnlichen Okulars in den Okularstutzen des Mikroskops gesteckt. Die Augenlinse ist so einzustellen, daß beim Beobachten das Strichkreuz im Okular und die Teilung, die unmittelbar übereinander liegen, ohne Parallaxe (S. 6 oben) deutlich zu sehen sind.

Das Okularschraubenmikrometer mit Kompensations-Okular 15x ist für die Benutzung mit apochromatischen Objektiven und achromatischen Objektiven höherer Apertur als 0,65 bestimmt.

Messung mit dem Objektmikrometer

Zum Messen wird das Objektmikrometer nur mittelbar in Verbindung mit einem Zeichen- oder einem mikrophotographischen Gerät in folgender Weise benutzt: Man zeichnet oder photographiert zunächst das Objekt bei der gewünschten Vergrößerung, ersetzt dann das Präparat durch das Objektmikrometer und zeichnet oder photographiert nun dieses unter genau den gleichen Umständen, also mit genau der gleichen Vergrößerung wie vorher das Präparat. Das vergrößerte Bild der Mikrometerteilung kann auch weiterhin bei anderen, mit der gleichen Vergrößerung hergestellten Bildern wieder zum Ausmessen benutzt werden. In entsprechender Weise stellt man sich auch einen vergrößerten Maßstab für Projektionsbilder her.

Statt dessen läßt sich die nachträgliche Abbildung des Objektmikrometers auch mit einem anderen Maßstab ausmessen und so die Vergrößerung des Bildes bestimmen. Kennt man diese, so kann man das Bild unter Berücksichtigung dieses Vergrößerungswertes mit einem beliebigen Maßstab ausmessen. Alle im Bild festgestellten Maßverhältnisse werden durch die Vergrößerung dividiert und gelten dann für das Objekt selbst.

Außerdem ist aber zu beachten, daß bei einstellbaren Okularen die Stellung ihres verstellbaren Teiles, also der Augenlinse oder des Okularkopfes, die Vergrößerung beeinflußt. Bei Anwendung eines solchen Okulars hat man somit dafür zu sorgen, daß die Stellung des Okularkopfes bei den Aufnahmen des Objektes und des Mikrometers die gleiche bleibt.

Lediglich auf die Messung mit dem Objektmikrometer ist man angewiesen, wenn das Objekt allein – ohne Okular – benutzt wird. Dieser Fall kommt indessen nur bei schwachen Vergrößerungen vor, wo ein in halbe Millimeter geteilter Glasmaßstab zu benutzen ist. Wir führen einen solchen mit einer Skale von 100 mm, in 0,5 mm geteilt. Er ist so gearbeitet, daß er mit der geteilten Seite nach unten unmittelbar auf die auszumessende Fläche gelegt werden kann. Mit ihm sind daher sowohl hierzu geeignete Objekte unmittelbar als auch gezeichnete oder photographierte Objektbilder ausmeßbar. Dabei lassen sich Lupen benutzen.

Bestimmung des Abbildungsmaßstabs

Will man aus Zeichnungen oder Photogrammen des Objektmikrometers den Abbildungsmaßstab, in dem sie hergestellt worden sind, bestimmen, so mißt man auf dem Bild die Größe einer Anzahl von Intervallen des Mikrometers mit einem Maßstab und dividiert den gefundenen Wert durch die wahre Größe der Mikrometerintervalle. Messen z. B. 9 Intervalle des Bildes 45 mm und beträgt ihre wahre Größe 0,09 mm, so ist der Abbildungsmaßstab $\frac{45\ \text{mm}}{0{,}09\ \text{mm}} = 500:1$.

Mit der in den Vergrößerungstabellen für dieselbe Linsenkombination angegebenen Vergrößerungszahl oder mit der aus den Einzelvergrößerungen der Objektive und Okulare berechneten Vergrößerungszahl wird der gemessene Abbildungsmaßstab nur dann übereinstimmen, wenn der Abstand der Zeichenfläche oder der photographischen Platte vom oberen Brennpunkt des Mikroskops F^x gerade 250 mm betragen hat. Denn die üblichen Vergrößerungsangaben sind stets unter der Voraussetzung eines Bildabstandes (Bild 1) von 250 mm – der konventionellen Sehweite – gemacht. Zur Reduktion des bei einem anderen Abstand gemessenen Abbildungsmaßstabs β'_g auf 250 mm ist die Kenntnis dieses Abstandes erforderlich. Ist der Abstand $= s'$, so ist der Abbildungsmaßstab β' bei 250 mm Abstand $= \frac{250\,\beta'_g}{s'}$

Dieser Abbildungsmaßstab stimmt dann zahlenmäßig mit der subjektiven Vergrößerung Γ' des Mikroskops überein.

Werte eines Skalenteils der Okularmikrometer in den Meßokularen

in Tausendstelmillimetern (= μ), gültig für eine Tubuslänge von 160 mm von der Ansatzfläche des Objektivs bis zum oberen Tubusrand.

Da bei den Objektiven und Okularen in bezug auf ihre Vergrößerung eine gewisse Toleranz zugelassen ist, geben die beiden nachfolgenden Tabellen nur Mittelwerte an.

Wenn es sich um genaue Messungen handelt, muß daher der Beobachter den Wert der Mikrometerteile für seine Objektive und seine Okulare mit Hilfe eines Objektmikrometers besonders bestimmen. Objektive mit Korrektionsfassung geben bei verschiedener Stellung des Korrektionsrings unterschiedliche Werte für einen Mikrometerteil.

Apochromatische Objektive	Okularmikrometer 10:100*) Meßokular K 7x	Achromatische Objektive	Okularmikrometer 10:100*) Meßokulare	
			H 7x	O 12,5x u. O 17x
	μ		μ	μ
10/0,30	15	2	82	50
20/0,65	7,6	3	55	33
40/0,95	3,8	6/0,17	28	17
60/1,0 H. I.	2,5	8/0,20	21	12
60/1,4 H. I.	2,5	10/0,30	16	10
90/1,3 H. I.	1,7	20/0,40	8,2	5,0
		40/0,65	4,1	2,5
		90/1,25 H. I.	1,8	1,1

*) Für das Okularmikrometer 5:100 gelten die halben Werte der Tabelle.

VEB Carl Zeiss JENA

Vertriebsabteilung Mikroskope und medizinische Geräte
Fernsprecher: Jena 3541 · Fernschreiber: Jena 058622

Druckschriften-Nr. W 30-G491a-1

V 15/34 Ag 10/0579/58 II