

Abbildende und beleuchtende Optik des Mikroskops

Objektive, Okulare, Kondensoren



Inhaltsverzeichnis:

Abbildende Optik

Unmittelbares Sehen	5
Lupe und Mikroskop	6
Vergrößerungsvermögen	
Lupenvergrößerung und Abbildungsmaßstab	8
Anschlußmaße	
Mechanische und optische Anschlußmaße	9
Auflösungsvermögen	
Numerische Apertur	11
Laterales Auflösungsvermögen	13
Sehfeld und Objektfeld	
Größe des Sehfeldes, Größe des Objektfeldes, Tubuslinsensysteme	16
Bildfehler und ihre Korrektur	
Sphärische Aberration	17
Chromatische Längsaberration	18
Chromatische Vergrößerungsdifferenz	19
Astigmatismus und Bildfeldwölbung	20
Koma und Verzeichnung	21
Einfluß des Deckglases, Korrektionsfassung	22
Leitz-Objektive	
Achromate, Fluoritsysteme	23
Apochromate	24
Plan-Apochromate PI Apo	25
Planobjektive NPI, Mikro-Spiegelobjektive und Spiegelkondensoren	26
Leitz-Okulare	
Huygens, PERIPLAN®	27
PERIPLAN GF, GW	29
Verstellbare Augenlinsen, Brillenträger-Okulare	30

Beleuchtungsoptik

Kondensoren für Hellfeld	32
Funktion von Leuchtfeld- und Aperturblende	34
Kondensoren für Dunkelfeld	35
Auflicht-Illuminatoren	36
Pflege der Optik	37
Technische Zeichenerklärung	39

Tabellenwerk

I. Objektive für Durchlicht

Standardobjektive, Achromate, Fluorite und Apochromate 45 mm Abgleichlänge	42
Fluoritsysteme	43
Apochromate	44
Planachromate NPI	45
Planobjektive PI	46
Plan-Apochromate PI Apo	47
Spezialobjektive für Hell- und Dunkelfeld	48
Phaco-Objektive	49
Phasenkontrast-Planachromate NPI	50
Phasenkontrast Plan-Apochromate	51
Phasenkontrast-Objektive PV	52
Spezialobjektive für Fluoreszenz	53
Spezial-Immersionen für Fluoreszenz und Hellfeld	54
Phasenkontrast-Spezial-Immersionen hoher Apertur	55
Wasserimmersionen	56
Spannungsfreie Achromate P für Polarisation 37 mm	57
Spannungsfreie Achromate P für Polarisation 45 mm	58
Spannungsfreie Planachromate NPI P und PI P für Polarisation	59
Planachromate NPI-Interferenzkontrast T (Durchlicht)	60
Achromate für Pol-Interferenz	61

Objektive für Heiztisch 350	62	Brillenträger-Okulare PERIPLAN, GF, GW	94
Objektive für Heiztisch 1350	64	Photookulare (Negativokulare)	95
Objektive für photographische Schichten	65	Okulare für Polarisierung	96
Spiegelobjektive und Kondensoren	66	Mikroprojektions-Okulare	97
Objektive für Universal-Drehtische	67	Schraubenmikrometer-Okulare	98
Objektive mit langem Arbeitsabstand	69	Zeigerokulare	99
		Okular nach Wright, Hilfsmikroskop	100
II. Objektive für Auflicht		IV. Kondensoren	
ULTROPAK-Objektive	71	Hellfeld-Kondensoren, Reihe 600	102
Auflichtobjektive Hellfeld für Metall	73	Trockenkondensoren	102
Auflichtobjektive Phaco für Metall	74	Immersionskondensoren	102
Auflichtobjektive Hell/Dunkelfeld HD für Metall	75	Kondensoren mit großem Arbeitsabstand	103
Planobjektive Auflicht-Hellfeld und polarisiertes Licht für Metall	76	Phasenkontrastkondensoren, Reihe 400	104
Planobjektive Auflicht-Dunkelfeld für Metall	77	Pol-Kondensoren, Reihe 700	105
Planobjektive Auflicht-Phasenkontrast für Metall	78	Anpassungslinsen zu den Systemkondensoren 600, 400 und 700	107
Strahlungsresistente Objektive R für Metall	79	Dunkelfeldkondensoren	108
Spannungsfreie Auflichtobjektive für Polarisierung	80	Sonderkondensoren	109
Spannungsfreie Immersionen mit Kristallplättchen	81	Korrektions-Pol-Kondensoren	111
Objektive für Pol-Interferenzkontrast	82	V. Strichplatten	112
Spannungsfreie Planachromate NPI P und Immersionssysteme	83	VI. Tabelle der Normvergrößerungen	118
Ergänzungen mit Wollaston-Prismen für Interferenz- kontrast R	84		
Immersionskontrast-Planachromate für Auflicht	85		
Objektive für Heiztisch 1750	86		
Objektive Phaco für Heiztisch 1750 und 1350	87		
Objektive für Mikro- und Makrophotographie	88		
III. Okulare			
Ergänzungen	89		
Huygens	90		
PERIPLAN	91		
PERIPLAN GF	92		
PERIPLAN GW	93		

Strahlengang im Großfeldmikroskop ORTHOPLAN®

S = Lichtquelle

S' = Bild der Lichtquelle in der Aperturblende des Kondensors

S'' = 2. Bild der Lichtquelle in der Austrittspupille des Objektivs

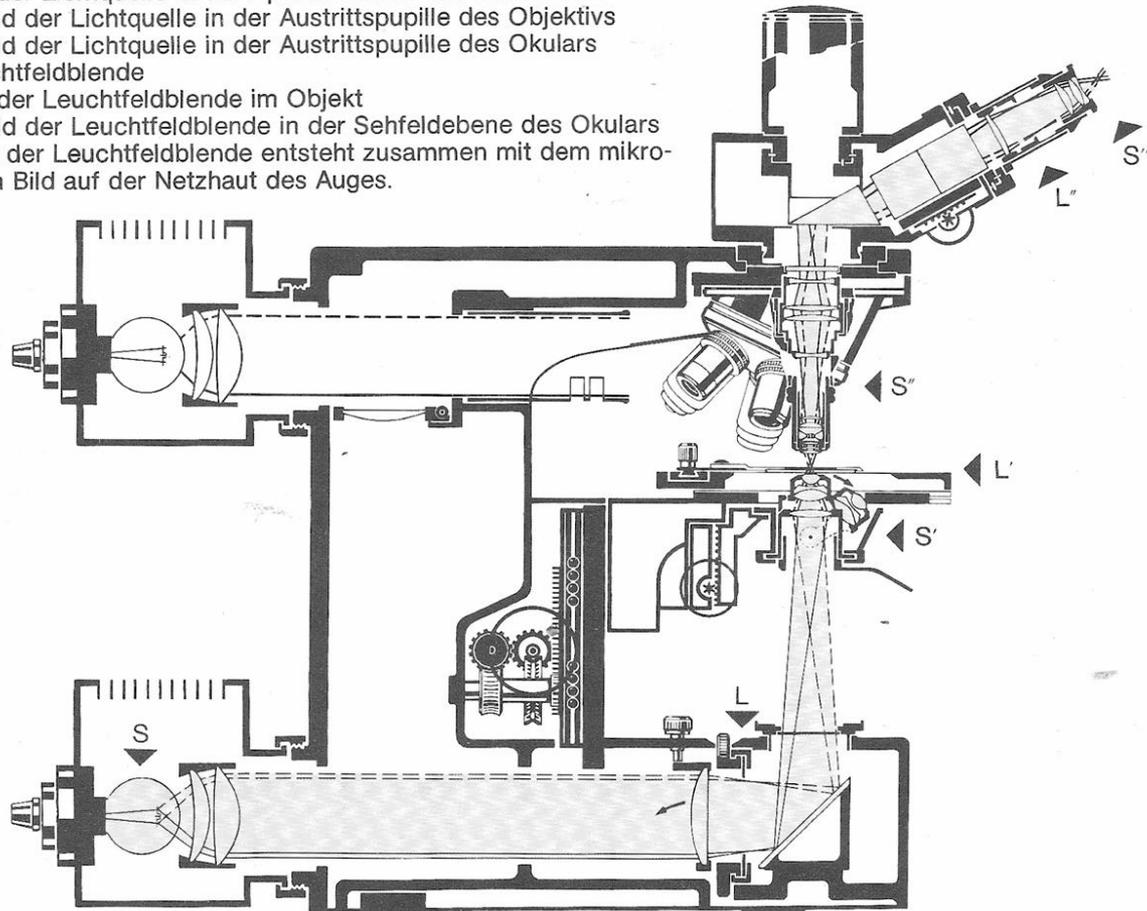
S''' = 3. Bild der Lichtquelle in der Austrittspupille des Okulars

L = Leuchtfeldblende

L' = Bild der Leuchtfeldblende im Objekt

L'' = 2. Bild der Leuchtfeldblende in der Sehfeldebene des Okulars

Das 3. Bild der Leuchtfeldblende entsteht zusammen mit dem mikroskopischen Bild auf der Netzhaut des Auges.



26177 - 512

Abbildende Optik des Mikroskops

Unmittelbares Sehen

Richten wir unser Auge auf einen Gegenstand, so wird dieser nach den Gesetzen der geometrischen Optik auf die Netzhaut des Auges abgebildet. Größe und Entfernung bestimmen hierbei die Größe des Netzhautbildes und damit den Sehwinkel*, unter dem das Auge den Gegenstand wahrnimmt. Ist der Gegenstand sehr klein oder weit entfernt, so wird auch der Sehwinkel sehr klein. Unterhalb eines bestimmten physiologischen Grenzwinkels, der bei guter Beleuchtung etwa $1'$ beträgt, kann aber das Auge Einzelheiten im Objekt oder auch das Objekt selbst nicht mehr wahrnehmen. Diese physiologische Grenzgröße ist durch Anordnung und Abstand der Sehelemente auf der Netzhaut bedingt. Wenn man also unter diesem Grenzwinkel liegende Strukturen deutlich oder erkennbar machen will, bleibt nur der Weg, den Sehwinkel zu vergrößern. Leider verbietet die begrenzte Akkommodationsfähigkeit des Auges, einen kleinen Gegenstand beliebig nahe zu bringen und ihn dann immer noch scharf zu sehen. Vom normalen Auge werden nämlich mit Hilfe seines Akkommodationsapparates Gegenstände von Unendlich bis etwa nur 200 mm scharf gesehen. Diese kürzeste Entfernung, bei der die Augenlinse ihre stärkste Wölbung annimmt, wird als Nahpunkt bezeichnet. In der Optik wird die durchschnittliche Nahpunktentfernung von 250 mm als Bezugssehweite definiert. Sie ist die Standardentfernung für die Berechnung der Vergrößerung oder der Brennweite von Lupen und Okularen.

* Im strengsten Sinne versteht man unter Sehwinkel den individuell wahrgenommenen Winkel. Er muß nicht immer mit dem objektiven geometrischen „Gesichtswinkel“ identisch sein, da er netzhautbedingt ist und somit durch physiologische Änderungen der Netzhaut beeinflusst werden kann. Im allgemeinen versteht man jedoch unter beiden Ausdrücken das gleiche.

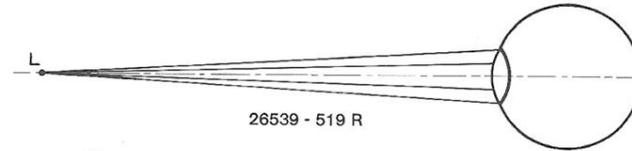


Abb. 2

Unmittelbares Sehen

Wir sehen einen Gegenstand, im einfachsten Fall einen leuchtenden Punkt L, unmittelbar, wenn die von ihm ausgehenden Strahlen ohne Änderung ihrer Richtung in unser Auge fallen. Der Sinneseindruck beruht auf dem Einfall divergierender Strahlen in unser Auge.

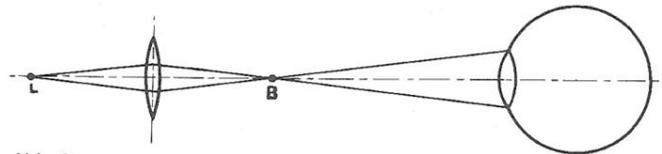


Abb. 3

Reelles Bild

Auch in diesem Fall ist lediglich der Verlauf der Strahlen in unser Auge maßgebend. Wir sehen den Gegenstand also dort, von wo aus die Strahlen zu divergieren scheinen. Man nennt den betreffenden Punkt B im Raum ein reelles Bild. Ein reelles Bild kann man auf einem Schirm auffangen.

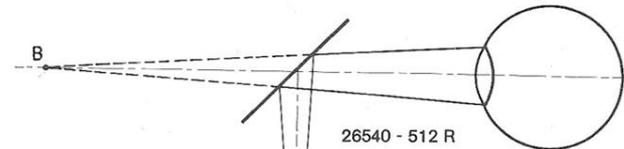


Abb. 4

Virtuelles Bild

Es kann aber auch sein, daß der Divergenzpunkt B der Strahlen nur ein scheinbarer ist. In unserem Fall der Abbildung an einem ebenen Spiegel schneiden sich

die Strahlen in ihren rückwärtigen Verlängerungen. In diesem Fall liegt ein virtuelles Bild vor. Ein solches Bild kann man nicht auf einem Schirm auffangen, weil in dem geometrischen Schnittpunkt B sich die Strahlen gar nicht vereinigen.

Lupe und Mikroskop

Zu einer Steigerung der Vergrößerung sind also optische Instrumente unerlässlich. Das bekannteste und einfachste Hilfsmittel ist die Lupe, deren Gebrauch streng genommen voraussetzt, daß das Objekt sich in ihrem vorderen Brennpunkt befindet. Dann gilt für die Vergrößerung die bekannte Lupenformel

$$V = \frac{250 \text{ mm}}{f \text{ mm}} \quad \text{bzw.} \quad f = \frac{250 \text{ mm}}{V}$$

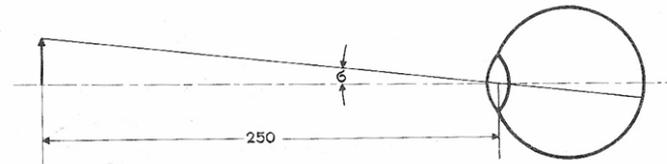
In der Praxis werden aber insbesondere die schwachvergrößernden Lupen nicht so exakt benutzt; man verwendet sie als „Vergrößerungsglas“, wodurch sich ihre Vergrößerung bis zum Wert

$$V = \frac{250}{f} + 1$$

verändern kann.

Die den Lupen aufgravierten Vergrößerungszahlen beziehen sich stets auf die zuerst genannte Anwendungsart, weil nur diese eine eindeutige, nicht von der jeweiligen subjektiven Benutzung abhängige Angabe zuläßt.

Zur Verbesserung des (virtuellen) Bildes baut man Lupen oft aus zwei- oder dreifach verkitteten Linsen. Trotzdem sind ihrer Verwendung verhältnismäßig enge Grenzen gezogen. Wie aus der Formel hervorgeht, muß die Brennweite um so kürzer werden, je stärker die Vergrößerung sein soll. Kurzbrennweitige Linsen sind jedoch stark gekrümmt und klein, außerdem treten im praktischen Gebrauch Schwierigkeiten wie kleiner Abstand „Objekt – Lupe – Auge“ und unzureichende Beleuchtung auf. Es bietet sich deshalb als vernünftige Lösung an, die Vergrößerung zweistufig und mit zusammengesetzten, gut korrigierbaren Linsensystemen zu erreichen. Das Instrument, das dieser Konzeption entspricht, ist das Mikroskop.

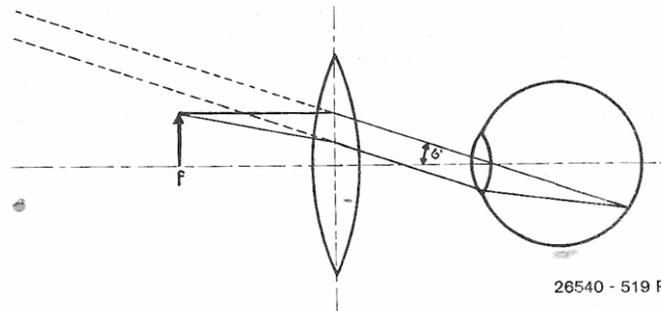


26540 - 519 R

Abb. 5

Direktes Sehen

Der Gegenstand befindet sich in Bezugssehweite. Das Auge sieht ihn unter dem Sehwinkel σ .



26540 - 519 R

Abb. 6

Okular

Der Gegenstand befindet sich im vorderen Brennpunkt des Okulars. Es entsteht ein virtuelles Bild im Unendlichen. Von dort scheinen auch die Strahlen unter dem für das Auge vergrößerten Sehwinkel σ' zu kommen. Nur die daraus folgende Vergrößerung des Netzhautbildes ist für das Auge von Bedeutung. Das im Unendlichen liegende Bild mit der Linearvergrößerung „Unendlich“ ist für die Ermittlung der Vergrößerung bedeutungslos.

Auch das Mikroskop hat die Aufgabe, ein sehr kleines Objekt dem Auge unter stark vergrößertem Sehwinkel darzubieten. Optischer Mittelpunkt ist hierbei das Objektiv. Es entwirft in der ersten Abbildungsstufe ein vergrößertes, reelles Bild des Objektes, von dessen Qualität die Gesamtleistung des Instrumentes entscheidend abhängt. Einzelheiten, die das in einem bestimmten Abstand von der Objektebene erzeugte Bild nicht enthält, können später mit keinem Mittel sichtbar gemacht werden. Das vom Objektiv erzeugte umgekehrte, reelle Luftbild wird, da es sich sozusagen um ein „Zwischenergebnis“ handelt, auch Zwischenbild genannt. Es kann auch ohne Okular auf einer kleinen Mattscheibe im Tubus oder durch Betrachtung aus 250 mm Entfernung gesehen werden.

In der zweiten Abbildungsstufe wird das Zwischenbild durch das Okular betrachtet. Dabei wirkt das Okular exakt als Lupe. Das in der Austrittspupille des Okulars befindliche Auge sieht also von dem Objekt ein nochmals vergrößertes Bild, das nun virtuell und wie das Zwischenbild umgekehrt ist.

Wir wollen nun nacheinander Vergrößerungsvermögen, Auflösungsvermögen, Sehfeld und Bildgüte eines Mikroskops behandeln. Das sind die Faktoren, die den Benutzer an der abbildenden Optik des Mikroskops – dazu rechnet man Objektive, Okulare und Tubuslinsensysteme – am meisten interessieren.

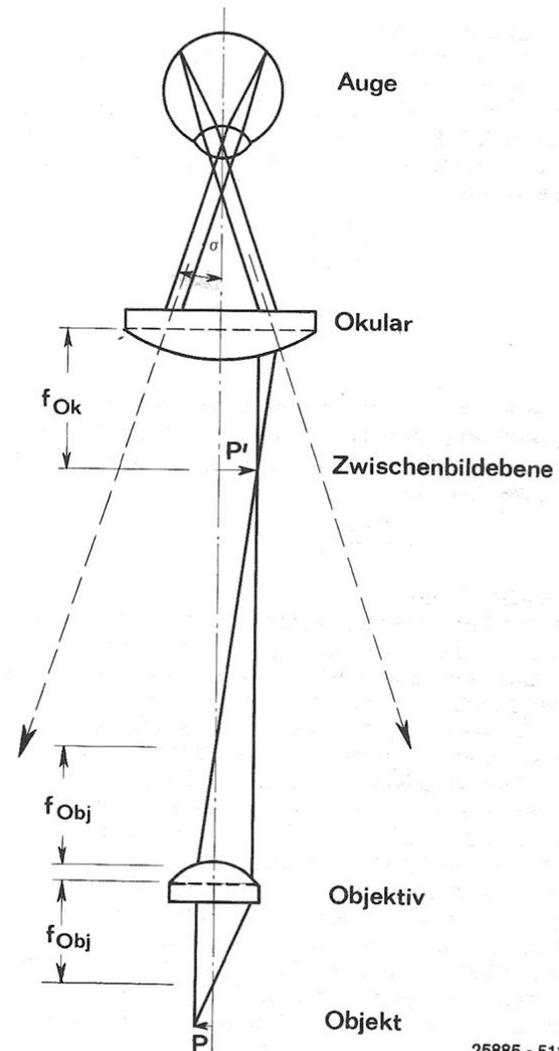


Abb. 7

Strahlengang im Mikroskop (schematisch)

Das Objektiv erzeugt von dem Gegenstand P ein vergrößertes, reelles, höhen- und seitenverkehrtes Bild im Maßstab 5:1. Durch das nachfolgende Okular 8 x erscheint dieses Zwischenbild um weitere 8 x vergrößert. Der Beobachter sieht das Bild also so, als ob er den $5 \times 8 = 40$ fach vergrößerten Gegenstand aus 250 mm Entfernung ohne Instrument betrachten würde. Die Zeichnung ist bezüglich der Vergrößerung nicht maßstabgetreu.

Vergrößerungsvermögen

Lupenvergrößerung und Abbildungsmaßstab

Es ist wichtig, sich darüber klar zu werden, daß das dem allgemeinen Sprachgebrauch entnommene Wort „Vergrößerung“ sowohl für Lupenvergrößerung als auch für Abbildungsmaßstab verwandt wird. Daher ist es gut, wenn man in der Mikroskopie diese beiden Begriffe auseinanderhält. Unter der Lupenvergrößerung versteht man das Verhältnis des Seh winkels, unter dem das mit der Lupe betrachtete Objekt dem Auge erscheint, zu dem Winkel*, unter dem es einem 250 mm entfernten Auge ohne Lupe erscheinen würde. So ist die Lupenvergrößerung eines Okulars oder eines für unendliche Bildweite berechneten Objektivs

$$V = \frac{250 \text{ mm}}{\text{Brennweite Objektiv oder Okular in mm}}$$

(Die Lupenvergrößerung ist also eine dimensionslose Zahl, man schreibt z. B. $V = 6,3x$).

Der Abbildungsmaßstab, Vergrößerungsmaßstab oder kurz Maßstab M ist, wie dies z. B. aus der Kartographie bekannt ist, das Verhältnis einer Strecke im Bild zu der entsprechenden Strecke im Objekt. Dieser Ausdruck wird also immer dann gebraucht, wenn man ein reelles, auf einer Mattscheibe auffangbares Bild mit dem zugehörigen Objekt vergleicht. So kann die vergrößerte Abbildung eines Objektes z. B. den Abbildungsmaßstab $M = 3:1$ oder die verkleinerte Abbildung den Maßstab $1:3$ haben.

Es ist nun leicht einzusehen, daß ein Objekt, welches zunächst im Maßstab $5:1$ vergrößert abgebildet und dann mit einer 8mal vergrößernden Lupe angesehen wird, dem Auge im ganzen $5 \times 8 = 40x$ vergrößert erscheint.

Für die Gesamtvergrößerung eines Mikroskops ergibt sich also:

(Lupen-)Vergrößerung des Mikroskops = Maßstab des vom Objektiv erzeugten Bildes \times Lupenvergrößerung des Okulars.

Handelt es sich um ein Mikroskop mit eingebautem Tubuslinsensystem, so muß auch dessen Faktor berücksichtigt werden. In diesem Fall gilt für die Vergrößerung des Mikroskops

$$V_{\text{Mikroskop}} = M_{\text{Objektiv}} \times V_{\text{Okular}} \times \text{Tubusfaktor}$$

Die entsprechenden Werte sind auf den Objektiven, Okularen und Tubuslinsen graviert.

Da das Verhältnis der Sehwinkel mit und ohne Instrument gleich dem Verhältnis der Netzhautbilder ist, so spricht man hier auch von einer subjektiven Vergrößerung. Weitergehend und besonders für den speziellen Fall der Mikrophotographie und Mikroprojektion unterrichtet unsere Druckschrift „Aufbau und Funktion des Mikroskops“.

* Exakt des Tangens dieser Winkel.

Anschlußmaße

Mechanische und optische Anschlußmaße

Je nach Feinheit des Objektdetails greift man schon bei der einfachen Lupe zu verschiedenen starken Vergrößerungen, d. h. zu Lupen verschiedener Brennweite. Beim Übergang zum zusammengesetzten Mikroskop, also bei der Aufteilung der Gesamtvergrößerung in Objektiv- und Okularvergrößerung, möchte man die Vergrößerung noch weit stärker variieren. Dem Vergrößerungswechsel durch Austausch von Okularen sind jedoch relativ enge Grenzen gesetzt. Schon aus diesem Grunde ist es notwendig, für den Gesamtvergrößerungsbereich des Mikroskopes eine Reihe von Objektiven zu entwickeln, ganz abgesehen davon, daß die Anforderungen an Auflösung und Bildgüte in den verschiedenen Vergrößerungsbereichen nur durch eine entsprechend abgestufte Objektivserie zu erfüllen sind. Diese Objektive werden dann bei modernen Stativen an einem Objektivrevolver benutzt, der den schnellen Wechsel zwischen den einzelnen Objektiven ermöglicht. Für die praktische Arbeit ist es unerlässlich, daß die Scharfeinstellung des Bildes erhalten bleibt, wenn Objektive oder Okulare gewechselt werden. Objektive und Okulare müssen also am Mikroskop abgeglichen sein.

Um diese Forderung zu erfüllen, muß der Abstand „Objekt – Zwischenbild“ für jeden Abbildungsmaßstab konstant sein und außerdem das Zwischenbild stets an der gleichen Stelle im Tubus liegen. Durch entsprechende Wahl der Objektivbrennweiten lassen sich diese Bedingungen realisieren. Aus der aus praktischen Gründen vorgegebenen mechanischen Tubuslänge – das ist die Länge „Anschraubfläche Objektiv bis oberer Tubusrand“, die bei LEITZ-Durchlichtstativen 170 mm beträgt – folgt nun zwangsläufig auch eine konstante Entfernung „Anschraubfläche – Objekt.“ Diese wird als Abgleichlänge bezeichnet. Sie beträgt bei unseren älteren Durchlichtobjektiven 37 mm.

Infolge des großen Aufwandes an Linsen für die Bildfeld-ebnung lassen sich Planobjektive nicht in diese Länge einfügen. Sie sind einheitlich auf 45 mm abgestimmt. Diese

größere Abgleichlänge gestattet auch den Bau sehr schwach vergrößernder Objektive, die am Revolver abgeglichen sind.

Natürlich muß auch beim Wechsel des Okulars das Bild scharf bleiben. Die Okularbrennebene muß also mit der Zwischenbildebene des Objektivs zusammenfallen. Den Abstand „Okularauflage – Zwischenbildebene“ bezeichnet man als Zwischenbildweite des Okulars. Er beträgt bei unseren Okularen 18 mm.

Das Einhalten dieser Daten ist wichtig, da neben der Bildleistung vor allem der Schärfenabgleich beeinflusst wird, wenn Objektive und Okulare benutzt werden, die nicht aufeinander oder nicht zum Mikroskop abgestimmt sind. An geraden monokularen Tuben ist diese Länge leicht nachmeßbar. Bei den anderen Tuben muß jedoch die Veränderung des Lichtweges durch Umlenkprismen etc. berücksichtigt werden.

* Bei bedeckten Objekten reicht die Abgleichlänge bis zu dem durch die Objektbedeckung angehobenem Bild.

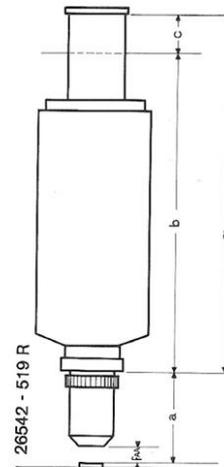


Abb. 8
Mechanische und optische Anschlußmaße
 m = mechanische Tubuslänge
 a = Abgleichlänge*
 b = Bildweite des Objektivs
 c = Zwischenbildweite des Okulars

Objekt ohne
Deckglas

In neuerer Zeit sind Objektivreihen für Tubuslänge „Unendlich“ entwickelt worden. Diese Systeme entwerfen zunächst kein reelles Zwischenbild im Tubus, sondern ein Bild im Unendlichen. Erst in Verbindung mit einem im Stativ fest eingebauten Tubuslinsensystem entsteht das reelle Zwischenbild, ebenfalls wieder 18 mm unter dem Tubusrand. Bei diesen Objektiven bezieht sich die Vergrößerungsangabe stets auf die Verwendung einer Tubuslinse von 250 mm Brennweite. Ist aus konstruktiven Gründen eine Tubuslinse anderer Brennweite erforderlich, z. B. 320 oder 200 mm, so ändert man nicht die Vergrößerungsangabe für das Objektiv sondern man gibt diesem Tubus den Faktor 1,25x bzw. 0,8x. Weiteres über Tubuslinsen siehe S. 16.

Im Gegensatz zu den Objektiven mit reellem Abbildungsmaßstab spricht man bei Unendlich-Objektiven von „Lupevergrößerung“ in Anlehnung an die Lupenformel, die hier exakt zutrifft. In der Gravierung drückt sich dies durch das Zeichen x aus, z. B. 50x statt 50:1.

Normreihen

Während früher Objektiv- und Okularvergrößerungen ohne ausgesprochene Systematik gewählt wurden, normiert man seit geraumer Zeit die Vergrößerungszahlen. Es wird dabei der Bereich zwischen zwei 10er-Potenzen, also z. B. zwischen 1 und 10 oder 10 und 100, aber auch zwischen 0,1 und 1 bei Tubuslinsen, in 10 gleiche Schritte in Form einer geometrischen Reihe aufgeteilt. Daraus ergibt sich von Stufe zu Stufe der abgerundete Faktor 1,25 und folgende Normreihen:

								0,63	0,8	1
1	1,25	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10
10	12,5	16	20	25	32	40	50	63	80	100
100	125	160	200	250	320	400	500	630	800	1000

Jede Normvergrößerung eines Objektivs, multipliziert mit der Normvergrößerung des Okulars und eventuell auch eines Tubuslinsensystems, ergibt als Gesamtvergrößerung wieder eine Normzahl. Kleine Differenzen, wie z. B. $8 \times 80 \approx 630$ statt 640, sind eine Folge der Abrundung.

Auflösungsvermögen des Mikroskops

Numerische Apertur

Für die Leistung eines Mikroskops ist in erster Linie das Objektiv verantwortlich. Die Fähigkeit eines Mikroskops, feinste Einzelheiten noch getrennt abzubilden, sie also aufzulösen, hängt jedoch nicht von dem Abbildungsmaßstab des Objektivs, sondern nur von seiner „numerischen Apertur“ ab. Wegen der Wichtigkeit dieses Begriffes, oft auch einfach nur als „Apertur“ gebraucht, sei auf ihn etwas ausführlicher eingegangen.

Unter numerischer Apertur A verstehen wir das Produkt

$$A = n \cdot \sin \alpha$$

Dabei ist α der Winkel, den der äußerste, vom Objektiv gerade noch aufgenommene Strahl oder dessen gedachte Verlängerung mit der optischen Achse bildet, und n der Brechungsindex des optischen Mediums (z. B. Luft, Immersionsöl, Deckglas), in dem dieser Strahl zwischen Objekt und Frontlinse verläuft. Aus den folgenden drei schematischen Zeichnungen geht hervor, welche Apertur-Höchstwerte überhaupt erreicht werden können.

Von einem Objektpunkt an der Unterseite des Deckglases geht Licht in den verschiedensten Richtungen aus. Befindet sich, wie in der Abbildung 9 angenommen, zwischen Deckglas und Frontlinse Luft (Brechungsindex $n = 1$), so können nach dem Brechungsgesetz nur die Strahlen an der Oberseite des Deckglases in den Luftzwischenraum übertreten, die im Glas nicht total reflektiert werden, d. h. innerhalb des Grenzwinkels der Totalreflexion – hier $41,5^\circ$ verlaufen.

Diesem Grenzwinkel würde in Luft ein sogenannter „streifender Austritt“, d. h. also 90° entsprechen. Nach der eingangs angegebenen Formel ergäbe das den Wert 1 als theoretischen Höchstbetrag der numerischen Apertur für Trockensysteme. Es ist dabei leicht einzusehen, daß es unmöglich ist, diesen Winkel vollständig auszunutzen, denn dann müßte ja die Frontlinse ohne Abstand mit der Deckglasoberfläche zusammenfallen.

Wirklich aufgenommen wird infolge des notwendigen Ab-

standes zwischen Deckglas und Objektiv und wegen der begrenzten Größe der Frontlinse nur ein Winkel von höchstens 72° , woraus für diese Objektivgattung sich eine praktisch erreichbare Maximalapertur von 0,95 ergibt.

In Abbildung 10 ist eine Wasserimmersion dargestellt. Der Grenzwinkel der Totalreflexion liegt hier erst bei $61,5^\circ$, wodurch die theoretische Begrenzung der numerischen Apertur auf 1,33 gehoben wird. Die gleichen technischen Bedingungen, die wir im vorhergehenden Absatz kennenlernten, beschränken aber den ausnutzbaren Winkel in Wasser auf $64,5^\circ$ und somit die numerische Apertur praktisch auf 1,20 ($1,33 \times 0,905 = 1,20$).

Schließlich zeigt Abbildung 11 den Strahlenverlauf einer Ölimmersion. Da die Brechzahlen von Immersionsöl (n_o 1,518) und Deckglas (n_g 1,525) fast gleich sind, würde nahezu alles Licht, das in einem Winkel bis 90° gegen die optische Achse verläuft, in die Frontlinse gelangen, wenn man letztere nur groß genug machen könnte. Die kurzen Brennweiten der starken Immersionsobjektive bewirken jedoch, daß die Frontlinsen nur einen Durchmesser von ungefähr 1 mm haben, und so können sie trotz geringem Arbeitsabstand im äußersten Fall einen Winkel von $67,5^\circ$ erfassen, was einer oberen Grenze der numerischen Apertur von 1,40 entspricht ($1,518 \times 0,92 = 1,40$).

Die drei soeben beschriebenen Grenzfälle der praktisch erzielbaren Aperturen sind in den Abbildungen durch die etwas stärker ausgezogenen Strahlen hervorgehoben. Zwischen Deckglas und dem Objektiv verlaufen sie ungefähr unter der gleichen Neigung. Im Deckglas dagegen gehört zu denselben Strahlen bei einer Ölimmersion ein wesentlich größerer Winkel (67°) als bei einer Wasserimmersion (53°) oder gar bei einem Trockensystem (39°).

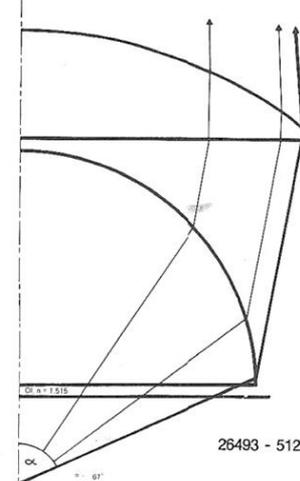
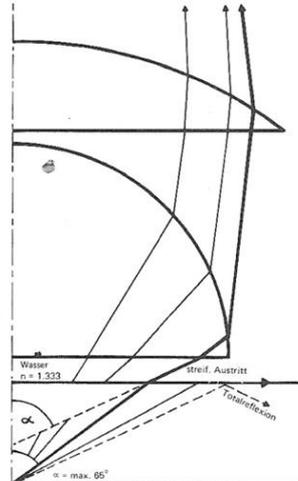
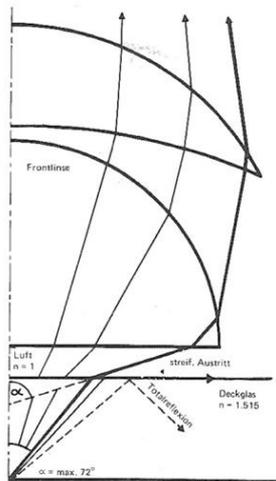
Diese Betrachtungsweise zeigt besonders anschaulich, wie die numerische Apertur und somit das Auflösungsvermögen der Objektive direkt mit dem Strahlenkegel wächst, der vom Objekt ausgehend die Möglichkeit hat, schließlich in das Objektiv zu gelangen.

Es gibt in jeder Gruppe Objektive, die nicht die mögliche Höchstapertur aufweisen. Sie sind aber deshalb gegenüber den Spitzenobjektiven nicht zweitrangig; sie sind sinnvoll und notwendig, wenn es sich um Beobachtungen handelt, bei denen man mit verhältnismäßig niedrigen Mikroskopvergrößerungen arbeitet. Eine zu hohe numerische Apertur würde in diesem Falle nicht ausgenutzt werden.

Abb. 9-11

Schematische Darstellung der Aperturwerte

9 eines Trockensystems
10 einer Wasserimmersion
11 einer Ölimmersion



26493 - 512 R

Laterales Auflösungsvermögen

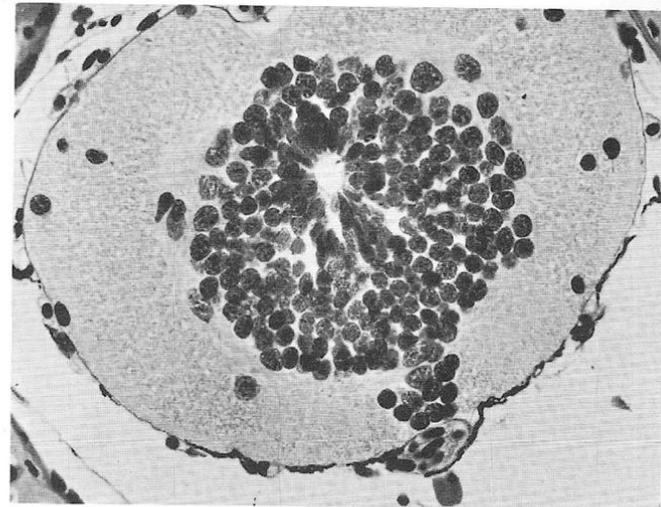
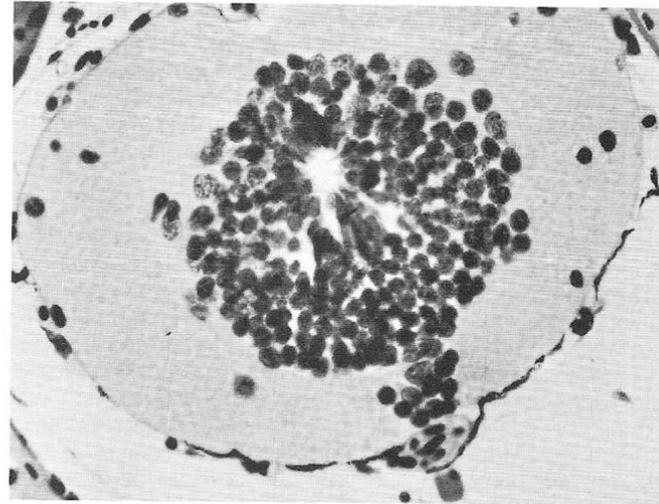
Eine bestimmte Gesamtvergrößerung läßt sich entweder mit einem Objektiv geringer Eigenvergrößerung und starkem Okular oder umgekehrt auch mit einem Objektiv hoher Eigenvergrößerung und schwachem Okular erzielen. Beide Bilder werden grundsätzlich jedoch verschieden aussehen und zwar wird das letztere wesentlich feinere Einzelheiten zeigen als das erste.

Der Grund liegt darin, daß die starken Objektive im allgemeinen höhere Aperturen haben als die schwachen, und daß es von der Höhe der angewandten Objektivapertur abhängt, welche Feinstrukturen erkennbar sind.

Das Vermögen eines Objectives, zwei nahe beieinander liegende Objektpunkte noch getrennt sichtbar zu machen, nennt man sein Auflösungsvermögen, und zwar spricht man vom lateralen Auflösungsvermögen, wenn es sich um Punkte handelt, die in der Objektebene nebeneinander liegen. Als Grenze des Auflösungsvermögens gibt man den kleinsten Abstand an, in dem zwei Punkte noch getrennt abgebildet werden. Ein Auflösungsvermögen von $1\ \mu\text{m}$ bedeutet also, daß zwei punktförmige Teilchen im Abstand von $1\ \mu\text{m}$ noch als zwei Punkte erkannt werden können, während sie bei einem Abstand von z. B. $0,8\ \mu\text{m}$ nur als ein einziger Punkt erscheinen würden.

Dies wird sofort klar, wenn man folgendes bedenkt: Auch ein sphärisch und chromatisch vollendet korrigiertes Objektiv bildet einen Punkt des Objektes nicht wieder als Punkt ab, sondern jedem Objektpunkt in der Einstellebene des Mikroskopes ist als Bild ein kleines Lichtscheibchen zugeordnet, das als Beugungsscheibchen bezeichnet wird.

Abb. 12
Zwei Aufnahmen mit verschiedener Objektiv/Okular-Kombination, jedoch bei gleicher Endvergrößerung.
oben: Objektiv 10/0.25 Okular 25x
unten: Objektiv 25/0.50 Okular 10x
Man erkennt, daß das Objektiv höherer Apertur wesentlich feinere Details auflöst. (Abb. unten)



Dieser Sachverhalt liegt in der Wellennatur des Lichtes begründet. Wenn wir uns das Beugungsscheibchen in das Objekt zurückprojiziert denken, d. h., uns seine Größe in Ausmaßen vom Objektdetail denken, so ist sein Durchmesser bei voller Beleuchtungsapertur

$$d = 1,22 \frac{\lambda}{A}$$

wobei λ die Wellenlänge des Lichtes, A die numerische Apertur des Objektivs bedeutet, während 1,22 ein theoretisch begründeter Faktor ist. Das Beugungsscheibchen ist noch von lichtschwächeren Beugungsringen umgeben, die aber infolge ihrer sehr geringen Lichtstärke nur bei Dunkelfeldbeleuchtung in Erscheinung treten. Die Größe dieses objektseitig gemessenen scheinbaren Beugungsscheibchens ist offensichtlich für das Auflösungsvermögen maßgeblich. Wenn zwei Objektpunkte so liegen, daß ihre Beugungsscheibchen sich gerade berühren, können sie sicher als deutlich voneinander getrennt beobachtet werden. Man wird die beiden Objektpunkte auch dann noch als getrennte Punkte ansprechen können, wenn sich ihre Beugungsscheibchen teilweise überdecken und interferieren.

Das Unterscheidungsvermögen hängt aber auch noch von der Fähigkeit unseres Auges ab, Unterschiede der Form und Helligkeit zu erkennen. Wenn wir das alles in Betracht ziehen, kann für das Auflösungsvermögen geschrieben werden:

$$\delta = z \frac{\lambda}{A}$$

wobei z einen Faktor bedeutet, der diese Gegebenheiten berücksichtigt und zumeist erheblich kleiner als 1 angenommen werden kann. Man sieht daraus, daß bei Verwendung einer bestimmten Lichtart (λ) das Auflösungsvermögen nur durch Erhöhen der Apertur gesteigert werden kann.

Abbildung 13 gibt die ungefähren Werte des Auflösungsvermögens in μm (für $\lambda = 550 \text{ nm}$) in Abhängigkeit von der Apertur.

Man erkennt, daß das mit dem Mikroskop erreichbare Auflösungsvermögen bei Verwendung einer starken Ölimmersion im besten Falle ungefähr eine halbe Lichtwellenlänge beträgt. Durch die Verwendung von kurzwelligem Licht, z. B. durch Einschalten eines Blaufilters in den Strahlengang, könnte man schon im sichtbaren Bereich des Spektrums das Auflösungsvermögen erhöhen. Das optimale Leistungsvermögen eines Objektivs tritt aber nur dann in vollem Maße in Erscheinung, wenn der Korrektionszustand entsprechend einwandfrei ist.

In einem besonderen Grenzfall, der speziell von Abbe bei der Entwicklung seiner Theorie bevorzugt worden ist, erhält die Frage nach der Leistungsgrenze des Mikroskops eine etwas andere Beantwortung. Besitzt das Objekt eine periodische Struktur, z. B. ein Gitter, und wendet man zur Beleuchtung Strahlenbündel von sehr geringer Öffnung (nahezu parallelstrahliges Licht) an, so läßt sich zeigen, daß eine sich periodisch wiederholende Struktureigenschaft des Objektes im Bild gerade noch gesehen wird, wenn ihre Periodenlänge $d = \frac{\lambda}{A}$ bei gerader, $d = \frac{\lambda}{2A}$ bei äußerst schiefer Beleuchtung ist.

Kommen wir jetzt auf die Fragestellung eingangs dieses Abschnittes zurück, so erkennen wir, daß es zur Darstellung mikroskopischer Details nicht allein darauf ankommt, irgendwie eine bestimmte Vergrößerung zu realisieren, sondern zunächst darauf, die Apertur des Objektivs so zu wählen, daß ein bestimmtes Auflösungsvermögen garantiert wird. Hierauf ist die zusätzliche Okularvergrößerung so zu wählen, daß alles von dem Objektiv vermöge seiner Apertur aufgelöste Detail dem Auge bequem erkennbar wird. Das ist der Fall, wenn die Gesamtvergrößerung zwischen dem 500fachen und 1000fachen der angewandten

Objektivapertur liegt. Über diesen Bereich erstreckt sich die sogenannte förderliche Vergrößerung. Gesamtvergrößerungen, die diese Grenze merklich überschreiten, erbringen keinen Gewinn an sichtbaren Details, während Gesamtvergrößerungen, die unter dieser Grenze bleiben, die Leistungsfähigkeit des Objektivs nicht voll ausnutzen.

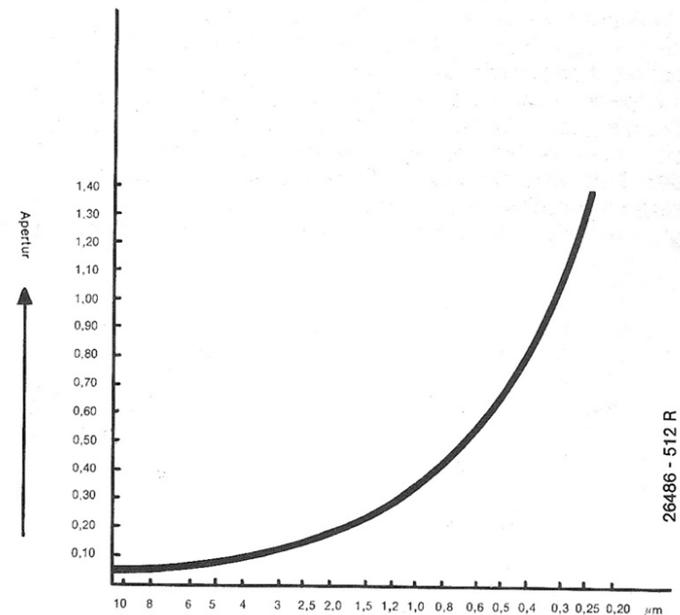


Abb. 13
Auflösungsvermögen in μm für grünes Licht ($\lambda = 550 \text{ nm}$) in Abhängigkeit von der Apertur.

Sehfeld und Objektfeld

Größe des Sehfeldes

Während das Auflösungsvermögen ausschließlich von der Güte des Objektivs bestimmt wird, hängt die Größe des Sehfeldes vom Okular ab. Wir erinnern uns: das Objektiv entwirft ein umgekehrtes, reelles Zwischenbild im Maßstab der Objektivvergrößerung. Dieses Bild liegt 18 mm unter dem Tubusrand. Es leuchtet nun ein, daß bei den üblichen Tuben mit einem Innendurchmesser von 23,2 mm die Größe des Zwischenbildes beschränkt ist.

Von Bauart, Korrektionszustand und Brennweite des Okulars hängt es ab, wieviel von dem Zwischenbild tatsächlich erfaßt wird. Günstigstenfalls sind es 18, max. 19 mm. Dieser wirklich erfaßte Durchmesser des Zwischenbildes, gemessen in mm, wird durch die Sehfeldzahl des Okulars ausgedrückt.

Aus Sehfeldzahl und Okularbrennweite ergibt sich der Bildwinkel σ , unter dem der Beobachter das mikroskopische Bild sieht. Ist S die Sehfeldzahl, dann gilt für den halben Bildwinkel $\frac{\sigma}{2}$

$$\tan \frac{\sigma}{2} = \frac{S}{2f}$$

Ein Beispiel:

$$\text{Okular GW } 6,3x, S = 28, f = \frac{250}{6,3} \approx 40 \text{ mm}$$

$$\tan \frac{\sigma}{2} = \frac{28}{2 \cdot 40} = 0,35 \quad \sigma \approx 38^\circ$$

Bei unseren Huygensokularen liegt der Bildwinkel σ durchschnittlich um 30° , bei PERIPLAN-Okularen etwa bei 35° , während er bei LEITZ-Großfeldokularen bis auf 50° ansteigt. Die Bildwinkel der einzelnen Okulare sind in den entsprechenden Tabellen angegeben.

Größe des Objektfeldes

Dividiert man die Sehfeldzahl durch die Vergrößerung des Objektivs und durch den Tubusfaktor, so erhält man das überblickbare Feld im Präparat, das Objektfeld. Für ein

Okular mit der Sehfeldzahl 28, ein Objektiv 10:1 und Tubusfaktor 1x läßt sich somit errechnen:

$$\text{Überschaubares Objektfeld} = \frac{28}{10 \cdot 1} = 2,8 \text{ mm}$$

Tubuslinsensysteme

Binokulartuben oder andere konstruktive Erfordernisse zwingen den Konstrukteur oft, von der vorgeschriebenen mechanischen Tubuslänge abzugehen. Um bei den schwachen Objektiven den Abgleich zu wahren, bzw. bei den starken die Abbildungsgüte nicht zu mindern, wird in diesen Fällen das Zwischenbild durch ein Tubuslinsensystem verlagert. Das Objektiv wird also in der für seine optimale Leistung vorgesehenen Weise benutzt und die Bildverlagerung erst nachträglich durch ein ebenfalls hochkorrigiertes optisches System vorgenommen. Je nach den angestrebten konstruktiven und abbildungstechnischen Vorteilen werden Tubuslinsensysteme mit den Faktoren 0,8x, 1x oder 1,25x verwendet. Der Tubusfaktor 1,25x entspricht einer Steigerung des Abbildungsmaßstabes um 25%. Systeme mit dem Faktor 0,8x werden manchmal benutzt, um das überblickbare Objektfeld zu erweitern, doch geschieht dies auf Kosten des Abbildungsmaßstabes.

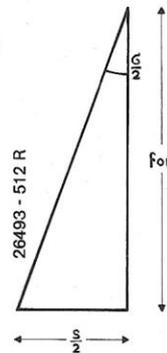


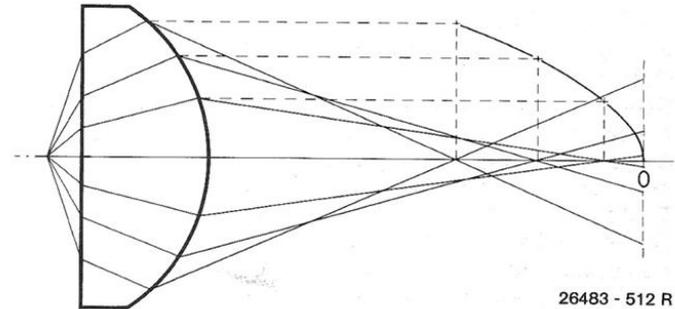
Abb. 14
Beispiel für ein Okular GW 6,3x,
 f_{0k} = Brennweite des Okulars (40 mm)
S = Sehfeldzwang (28)
 σ = Bildwinkel (38°)

Bildfehler und ihre Korrektion

Die optimale Leistung eines optischen Systems wird nur bei entsprechend hohem Korrektionszustand erreicht. Diese Voraussetzung muß um so strenger erfüllt sein, je weiter die beleuchteten Strahlenkegel geöffnet sind, d. h. je höher die Beleuchtungsapertur ist. Leider ist es schon theoretisch nicht möglich, optische Systeme zu bauen, die absolut frei von Fehlern sind. Die sehr komplizierte Verknüpfung der auftretenden Abbildungsfehler läßt diesen Idealfall einfach nicht zu. Fast immer werden von Korrektionsmaßnahmen eines bestimmten Fehlers andere im negativen Sinne mitbetroffen. Mit Hilfe der modernen Korrektionsmittel gelingt es aber – und dies ist entscheidend – die störenden Bildfehler bis unter die Grenze der Wahrnehmbarkeit zu verringern. Solche Objektive sind aber aufwendig und dementsprechend teuer. Man läßt deshalb Restfehler bestehen und unterscheidet gewisse Korrektionstypen.

Sphärische Aberration

Schickt man monochromatisches, d. h. einfarbiges Licht durch eine einfache Sammellinse, so erkennt man, daß die von einem Objektpunkt herrührenden Strahlen sich nicht wieder in einem Punkte schneiden. Die verschiedenen Strahlen eines Bündels besitzen also je nach Durchstoßhöhe unterschiedliche Schnittweiten. Wie Abbildung 15 zeigt, wird das Licht an den Randpartien stärker gebrochen als in der Nähe der optischen Achse. Diesen von der Kugelgestalt der Linsenflächen herrührenden Fehler bezeichnet man als Kugelgestaltsfehler oder sphärische Aberration. Er wird um so größer, je größer die Öffnung der Linse im Verhältnis zu ihrer Brennweite ist. Man spricht deshalb auch vom Öffnungsfehler eines Objektivs. Völlig beseitigen läßt er sich mit sphärischen Flächen nicht. Hingegen kann man ihn mit Linsenkombinationen, bestehend aus Sammell- und Zerstreuungslinsen weitgehend korrigieren, Abb. 16.

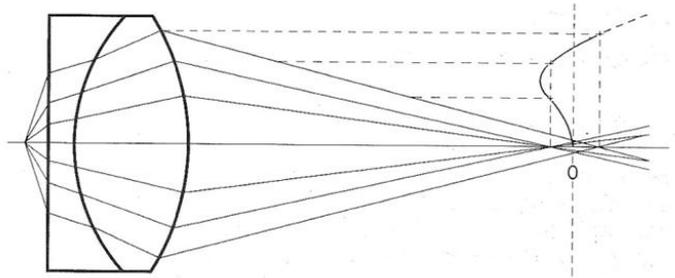


26483 - 512 R

Abb. 15

Sphärische Aberration für drei verschiedene Durchstoßhöhen bei monochromatischem Licht.

O ist der Schnittpunkt eines achsennahen Strahles (paraxialer Strahl) mit der optischen Achse. Ermittelt man für mehrere Durchstoßhöhen die dazugehörigen Schnittweiten und zeichnet diese in ein Koordinatensystem, dessen senkrechte Achse durch O geht, so erhält man eine Reihe von Punkten, die auf einer parabelähnlichen Kurve liegen. Aus dieser Kurve kann man sofort ablesen, wie groß die sphärische Aberration für jede beliebige Durchstoßhöhe ist.



26483 - 512 R

Abb. 16

Korrektur der sphärischen Aberration durch eine Linsenkombination, bestehend aus Sammell- und Zerstreuungslinse.

Die Gestalt der Kurve hat sich gegenüber Abb. 15 sehr verändert. Bei gleichen Durchstoßhöhen sind die Schnittweitendifferenzen kleiner geworden.

Chromatische Längsaberration

Bei der visuellen Beobachtung benutzt der Mikroskopiker jedoch nicht monochromatisches, sondern weißes Licht, das aus allen Wellenlängen von 400-800 nm zusammengesetzt ist. Fällt dieses durch eine Linse, so wird es in seine einzelnen Farben zerlegt (Dispersion). Rotes Licht wird beim Durchgang am wenigsten, violettes am meisten gebrochen. Um diesen Fehler zu korrigieren, kombiniert man Linsen aus Gläsern unterschiedlicher Brechzahl und Dispersion.

Bestimmt man jetzt für 4 Farben die Schnittweitendifferenzen für einige Durchstoßhöhen und stellt sie graphisch zusammen, so erhält man 4 Kurven, die die Farbkorrektur eines optischen Systems widerspiegeln. (Abbildung 17.) In der Praxis benutzt man dafür die Wellenlängen $\lambda = 656$ nm rot, 546 nm grün, 486 nm blau, 405 nm violett, weil sich für diese oder sehr dicht benachbarte Fraunhofersche Linien die optischen Daten der Gläser leicht und sicher mit modernen Spektrallampen bestimmen lassen. Ziel der optischen Rechnung ist es, durch geeignete Linsenkombinationen mit Gläsern unterschiedlicher Lichtbrechung die Schnittweiten für zwei oder drei Farben zusammenzulegen. (Abbildung 18.)

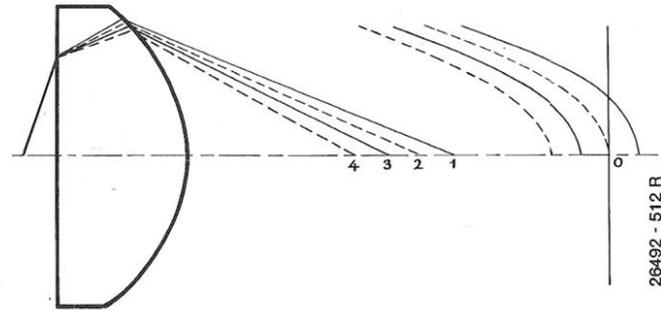


Abb. 17

Darstellung der chromatischen Aberration für vier verschiedene Spektralfarben. Infolge der Dispersion wird der weiße Lichtstrahl in Strahlen verschiedener Wellenlänge aufgefächert. Dementsprechend erhält man auch für jede Spektralfarbe eine gesonderte Kurve. Bei der Konstruktion dieser Kurven ist ähnlich Abb. 15 verfahren worden.

Es bedeuten:

- Linie 1 = rotes Licht
- gestrichelte Linie 2 = grünes Licht
- Linie 3 = blaues Licht
- gestrichelte Linie 4 = violettes Licht

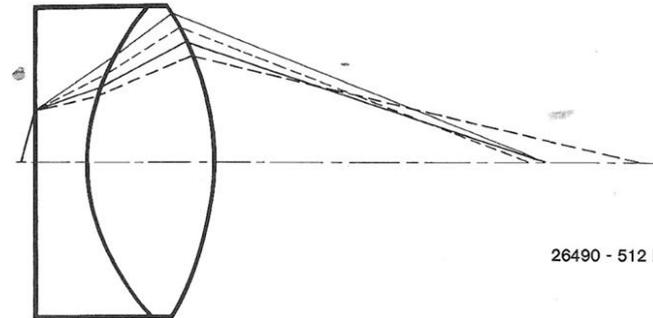


Abb. 18

Korrektur der chromatischen Aberration durch eine Linsencombination.

Chromatische Vergrößerungsdifferenz

Neben den im vorherigen Abschnitt behandelten Farblängsfehlern treten auch Farbfehler quer zur optischen Achse auf, die um so größer werden, je weiter der Bildpunkt von der optischen Achse entfernt ist. Abbildung 19 veranschaulicht diese chromatische Vergrößerungsdifferenz, die man auch als Farbquerfehler bezeichnet. Wie man sieht, liegen die Zwischenbilder zwar in der gleichen Ebene, jedoch ist das blaue Bild größer als das rote. Dem Auge würde also trotz völlig beseitigter Längsaberration kein farbreines, sondern ein von schwachen Farbsäumen umgebenes Bild geboten. Beseitigt wird der Farbquerfehler zweckmäßigerweise durch verkittete Linsen im Okular. Grundsätzlich sind alle modernen LEITZ-Objektive mit der gleichen Farbvergrößerungsdifferenz gerechnet, so daß jedes LEITZ-Okular vom PERIPLAN-Typ optimal benutzt werden kann.

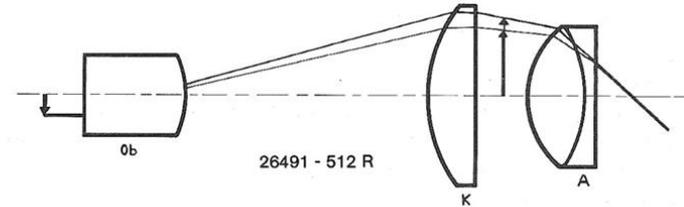


Abb. 19

Korrektur des Farbvergrößerungsfehlers durch ein PERIPLAN-Okular. Das Objektiv entwirft farbige Zwischenbilder in gleicher Entfernung, doch verschieden groß. Bei Verwendung von PERIPLAN-Okularen wird das rote Bild stärker vergrößert und der Farbvergrößerungsfehler damit kompensiert. Das Mikroskop-Objektiv ist in der Abbildung ganz links nur schematisch angedeutet.

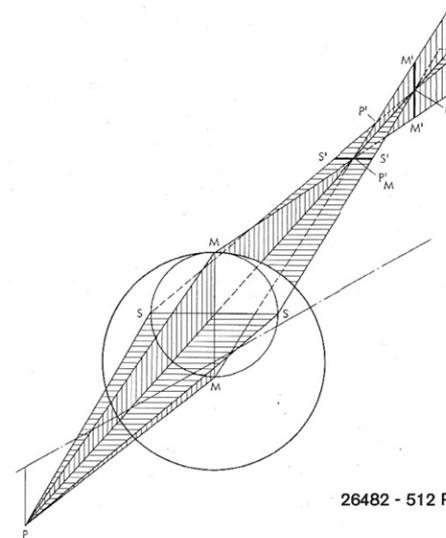
Ob = Objektiv
K = Feldlinse
A = Augenlinse

Innerhalb des Okulars bedeuten:
Großer Pfeil = Blaues Bild
Kleinerer Pfeil = Rotes Bild

Astigmatismus und Bildfeldwölbung

Wenn man einen seitlich der optischen Achse liegenden Punkt eines ebenen Objektes durch ein optisches System abbildet, dann ist bei unbefangener Betrachtungsweise zu erwarten, daß diesem Objektpunkt wieder ein Punkt in der Bildebene zugeordnet ist. In Wirklichkeit entstehen bei einem nicht astigmatisch korrigierten Objektiv zwei Bildpunkte in verschiedener Entfernung von der eigentlichen Bildebene. Dieser Fehler wird um so stärker, je weiter der Objektpunkt von der optischen Achse entfernt ist. Folglich entstehen von einem ebenen Objekt zwei verschieden stark gekrümmte Bildflächen. Mit einem solchen System läßt sich nach dem Bildrand hin keine eindeutig scharfe Abbildung erzielen. Dieser Bildfehler wird als Astigmatismus = nichtpunktförmige Abbildung bezeichnet. Durch geeignete Korrektionsmaßnahmen läßt sich erreichen, daß beide Bildflächen eine gemeinsame Krümmung erhalten. Damit ist zwar der Astigmatismus behoben, das Bild bleibt jedoch weiter gekrümmt. Diese Bildfeldwölbung läßt sich mit dem üblichen Aufbau der Mikroskopobjektive nicht beheben. Der Krümmungsradius der Bildfläche entspricht ungefähr der Brennweite des Objektivs. So ist es verständlich, daß der Fehler besonders bei den starken Objektiven stört.

Bis zu einem gewissen Grade kann die Bildfeldwölbung durch Okulare ausgeglichen werden. Vor allem in der Mikrophotographie wird dieses Verfahren praktiziert. Man benutzt hierfür Negativ-Okulare, die die Bildfeldwölbung von Objektiven mittlerer und hoher Vergrößerung aufheben. Da dieses Verfahren andere Nachteile hat und außerdem Negativ-Okulare nicht für visuelle Zwecke verwendbar sind, erweist es sich als zweckmäßig, die Bildfeldwölbung am Ort ihrer Entstehung zu beseitigen, nämlich im Objektiv selbst. Näheres im Abschnitt Planobjektive.



26482 - 512 R

Abb. 20

Astigmatismus

Bisher wurden Strahlen betrachtet, die nur in der zweidimensionalen Zeichenebene verliefen. Für diese Strahlengänge besteht stets Symmetrie. In einem dreidimensionalen, räumlichen Bündel dagegen, wie es Abb. 20 darstellt, werden die Strahlen in zwei zueinander senkrechten Schnitten – in der Zeichnung entsprechend schraffiert – unterschiedlich gebrochen, weil die wirksamen Krümmungsradien in beiden Richtungen verschieden sind. (Ein kreisförmiges Bündel entartet nach Durchgang durch eine solche Linse zu einem elliptischen Strahlenbündel.) Somit entstehen für die beiden Bündelanteile zwei an sich deutlich ausgeprägte Bildpunkte in verschiedenen Ebenen, die aber durch die unvollkommene Vereinigung der übrigen Strahlen des gesamten räumlichen Bündels zu leicht unscharfen Linien verbreitert sein können. Die Brechung des Hauptstrahls wurde nicht dargestellt.

- SS = Sagittalschnitt, (entspricht dem Breitenkreis einer Kugel)
MM = Meridionalschnitt (entspricht dem Längskreis, Meridian, einer Kugel).
S'-S', M'-M' = Bildpunkte, die zu Bildlinien entartet sind.
P'_M P'_S = Zusammengehörige Bildpunkte.

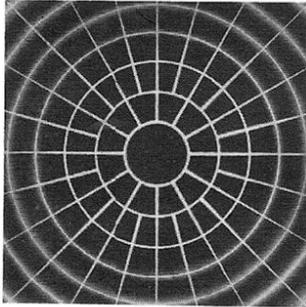


Abb. 21

26484 - 512 R

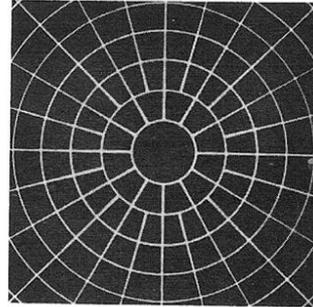


Abb. 22

26485 - 512 R

Abb. 21

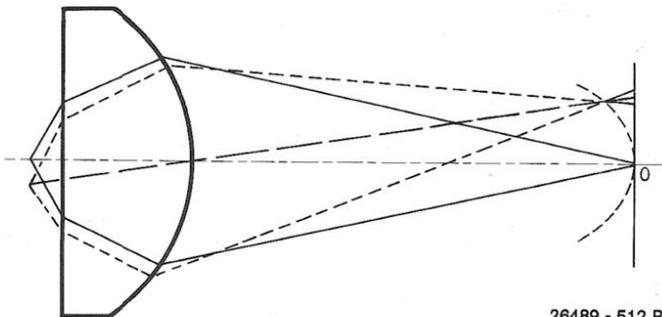
Abbildung eines Systems aus konzentrischen Kreisen und Radialen durch eine astigmatische Linse. Man erkennt außerhalb der Bildmitte die zunehmende Unschärfe der Kreise.

Fokussiert wurde auf $M'-M'$ in Abb. 20.

Wenn auf $S'-S'$ in Abb. 20 fokussiert wird, sind dort die Kreise scharf, dafür aber die Radialen unscharf.

Abb. 22

Dasselbe Objekt, jedoch mit astigmatisch korrigierter und ebener Optik abgebildet.



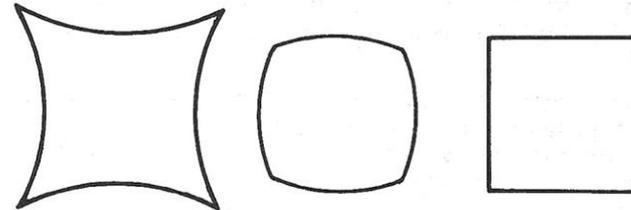
26489 - 512 R

Koma und Verzeichnung

An unkorrigierten Linsen treten zwei weitere Bildfehler auf, die sich nach dem Rande des Bildfeldes hin bemerkbar machen: die Koma und die Verzeichnung.

Unter dem Komafehler versteht man die unsymmetrische sphärische Aberration der schiefen Bündel. Er äußert sich in Form von kometenähnlich verwischten Bildpunkten. Leitz-Objektive sind frei von diesem Fehler.

Bei der Verzeichnung ist der Abbildungsmaßstab nicht über das ganze Bild konstant, er nimmt zum Rand hin zu oder ab. Als Folge davon wird z. B. ein Quadrat kissen- oder tonnenförmig abgebildet. Man spricht deshalb auch von kissen- oder tonnenförmiger Verzeichnung. Ihre völlige Beseitigung lohnt sich nur bei Meßobjektiven.



26494 - 512 R

Abb. 24

Schematische Darstellung der kissen- und tonnenförmigen Verzeichnung eines quadratischen Objektes.

Abb. 23

Wenn nur der Astigmatismus korrigiert ist, bleibt der Fehler der Bildfeldwölbung bestehen. Abb. 23 zeigt die verbleibende Bildfeldwölbung, wobei zur vereinfachten Darstellung nur der Meridionalschnitt gezeichnet ist.

Einfluß des Deckglases, Korrekptionsfassung

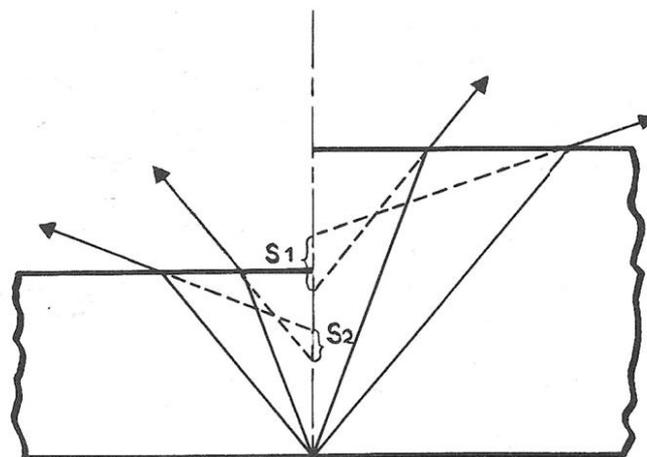
Die Wirkung des Deckglases wird deutlich bei Objektiven mit einer Apertur über 0,4. Da sie sich als sphärische Überkorrektur bemerkbar macht, muß sie durch Unterkorrektur im Objektiv ausgeglichen werden. Allerdings setzt dies voraus, daß die Deckglasdicke stets konstant ist. Man hat sich daher auf eine Dicke von 0,17 mm festgelegt. Ein Deckglas von 0,17 mm Dicke ist also Bestandteil des abbildenden Systems. Die erforderliche Genauigkeit der Deckglasdicke nimmt bei Trockensystemen mit steigender Apertur zu.

Diese Überlegungen gelten für den Fall, daß das Objekt unmittelbar an die Unterseite des Deckglases angrenzt. In der Regel wird sich aber zwischen Objekt und Deckglas noch eine Schicht Einbettungsmedium befinden, die so wirkt, als wäre ein dickeres Deckglas benutzt. Aus diesem Grunde, und weil in vielen Fällen die Deckglasdicke überhaupt nicht bekannt ist, versieht man Trockensysteme hoher Apertur mit Korrekptionsfassungen, die im Bereich von 0,12 bis 0,22 mm Abweichungen von der Normaldicke auszugleichen erlauben. Die Korrekptionsfassung besitzt einen Rändelring mit Teilungen, entsprechend der Deckglasdicke in Intervallen von 1/100 mm.

Immersionsobjektive, insbesondere Ölimmersionen, sind in bezug auf Bildqualität nicht so empfindlich gegen Deckglasabweichungen, da Dickenunterschiede im Glas weitgehend durch eine entsprechende Veränderung der Ölschicht ausgeglichen werden. Zu dicke Deckgläser können jedoch infolge der kleinen Arbeitsabstände ein Scharfstellen unmöglich machen. Hier hilft dann nur ein Wechsel des Deckglases. Bei unserem Plan-Immersionen-Objektiv ist der Arbeitsabstand in jedem Fall groß genug.

Schwache Objektive sind mit Deckglas und Ohne verwendbar, in unseren Tabellen mit DO bezeichnet.

Objektive für Auflicht sind in der Regel ohne Deckglas gerechnet. Ihre Verwendung mit Deckglas hätte ähnlich nachteilige Auswirkungen wie das Weglassen bei deckglas-korrigierten Objektiven.



26537 - 519 R

Abb. 25

Durch falsche Deckglasdicke verursachte Änderung des Strahlenganges. Das Deckglas ist optisch einer Planparallel-Platte gleichzusetzen, die bekanntlich eine um so größere Strahlenablenkung bewirkt, je mehr die Strahlen von der Senkrechten abweichen. Bei der nicht maßstabgerechten aber winkelgetreuen Abbildung (linke Seite) scheinen die von dem gleichen Objektpunkt ausgehenden Strahlen nach dem Verlassen des Deckglases aus zwei verschiedenen Punkten mit dem Abstand s_2 zu kommen. Bei dem zu dicken Deckglas dagegen (rechte Seite) ist dieser Abstand s_1 . Da $s_2 \neq s_1$ ist, verursacht das dickere Deckglas einen Schnittweitenfehler und beeinflusst so die Bildqualität.

LEITZ-Objektive

Im allgemeinen werden Mikroskop-Objektive nach ihrem Korrektionszustand klassifiziert, wobei zunächst einmal die Korrektion des Farbfehlers in den Vordergrund tritt. Natürlich wird mit steigender Farbkorrektion auch der Aufwand an Mitteln größer, so daß die Einteilung in

Achromate,
Fluoritsysteme oder Halbapochromate,
Apochromate

auch einer Unterscheidung nach Preisklassen gleichkommt. Für Phasenkontrastuntersuchungen, Beobachtungen im polarisierten Licht oder im Auflicht wurden spezielle Objektive entwickelt. Grundsätzlich gilt aber auch bei diesen Objektiven die beschriebene Einstufung. Einzelheiten sind bei den jeweiligen Objektiven behandelt.

Achromate

Achromate sind Objektive, bei denen man die Schnittweiten von zwei Farben zusammenlegt. Man benutzt hier die Farben Rot und Blau. Achromate sind also im Bereich des

Farbempfindlichkeitsmaximums des menschlichen Auges gut korrigiert, sie sind deshalb für visuelle Beobachtungen gut verwendbar. Für Mikro-Aufnahmen auf Schwarz-Weiß-Filmen ist ein Grünfilter angezeigt, wodurch insbesondere das photographisch wirksame, aber nicht vollständig in die Korrektion einbezogene Violett ausgefiltert wird. Natürlich sind Achromate auch für Farbaufnahmen geeignet, insbesondere bei Aufnahmen mit normalen Anforderungen an Auflösung und Kontrast. Die auftretende Farbverschiebung kann in vielen Fällen belanglos sein.

Fluoritsysteme oder Halbapochromate

Es ist offensichtlich, daß die Chromasie eines optischen Systems nicht vollständig behoben ist, wenn der Farbfehler nur für zwei Farben beseitigt wird. Für den Rest der nichtvereinigten Farben bleibt eine geringe Chromasie bestehen. Dieser Rest wird als sekundäres Spektrum bezeichnet. Er tritt z. B. als eine Verminderung der Farbkontraste bei der visuellen Beobachtung in Erscheinung. Die Beseitigung des sekundären Spektrums ist aber allein mit Flint- und Krongläsern, wie sie bei den Achromaten verwendet werden, nicht möglich. Das gelingt erst, wenn man das Kronglas durch Flußspat oder flußspatähnliche Materialien ganz oder teilweise ersetzt.

Ein Schritt in dieser Richtung sind unsere Fluoritsysteme. Diese Objektive besitzen annähernd die gleiche Linsenzahl wie Achromate, ein Teil der Linsen ist jedoch aus Flußspat. Das sekundäre Spektrum ist hier zwar noch nicht ganz beseitigt, es tritt jedoch weit weniger als bei Achromaten in Erscheinung. Die Apertur kann infolge der besseren Korrektionsmöglichkeit bereits erheblich gesteigert werden; das mikroskopische Bild ist also wesentlich heller und besser aufgelöst.

Fluoritsysteme sind also besonders geeignet für die Mikrophotographie. Für Farbaufnahmen sind sie bei gehobenen Anforderungen an Kontrast und Auflösung in der Bildmitte empfehlenswert.

Apochromate

Bei diesen Objektiven ist eine völlige Vereinigung für drei Spektralfarben erreicht. Das sekundäre Spektrum ist damit restlos behoben, das noch verbleibende tertiäre ist für die Praxis bedeutungslos.

Wie weit es mit modernen Korrektionsmitteln gelingt, den chromatischen Restfehler zu beseitigen, zeigen Abbildungen 26 und 27. Diese Abbildungen repräsentieren die Korrektionskurven eines Achromaten und Apochromaten. Wie man deutlich sieht, haben die Korrektionskurven für Rot, Grün und Blau bei dem Achromaten annähernd den gleichen Verlauf. Violett ist jedoch noch nicht vollständig in die Korrektion einbezogen. Alle Kurven sind zudem noch leicht gekrümmt. Bei der Darstellung des Apochromaten erkennt man die größere Apertur und den fast geradlinigen Verlauf aller Korrektionskurven. Erst bei annähernd voller Apertur sind die Korrektionskurven gekrümmt. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Kurven, um den Restfehler überhaupt deutlich zu machen, etwa 5000- bis 10000-fach vergrößert aufgezeichnet sind.

Die Gesamtbilddefinition eines Apochromaten ist daher bestechend; Schärfe, Kontrast und Auflösung sind optimal. Apochromate sind demzufolge die Objektive der Wahl für Forschungsaufgaben, bei denen es auf das Erkennen allerfeinster Strukturelemente ankommt. Hervorragend geeignet sind sie selbstverständlich auch für die Farb-Mikrophotographie mit hohen Beleuchtungsaperturen. Natürlich bedingen die hohen Material- und Fabrikationskosten einen höheren Preis. Wer jedoch einmal kritisch die Leistung beider Systeme vergleicht, wird den Apochromaten in der optischen Ausstattung seines Mikroskops nicht missen wollen.

Bei Untersuchungen, die in Verbindung mit aggressiven Lösungs- oder Fixiermitteln, wie Essigsäure etc. durchgeführt werden, sollte man hochkorrigierte Objektive möglichst nicht verwenden.

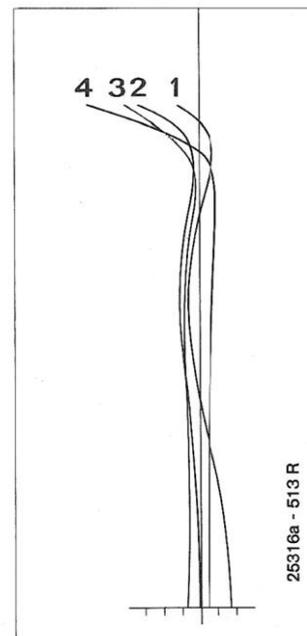
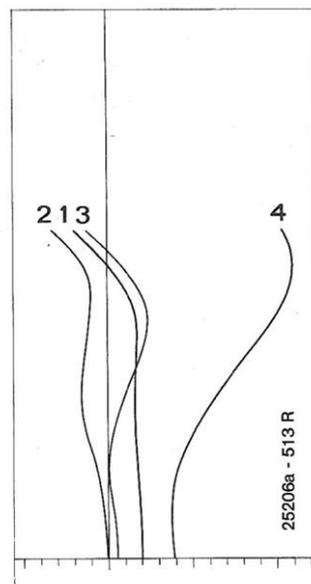


Abb. 26 und 27

Korrektionskurven eines Achromaten und Apochromaten für die Spektralfarben 656 nm (rot) 1, 546 nm (grün) 2, 486 nm (blau) 3, 405 nm (violett) 4.

Horizontale Achse: Schnittweitendifferenzen.

Vertikale Achse: Durchstoßhöhen von der optischen Achse bis zur vollen Apertur.

Plan-Apochromate PI Apo

Solange der Mikroskopiker sein Instrument nur für visuelle Zwecke benötigt, wird er die bei konventionellen Systemen auftretende Bildfeldwölbung hinnehmen. Er hat ja stets die Freiheit, durch Nachstellen mit dem Feintrieb jeden beliebigen Punkt des Sehfeldes hinreichend scharf zu fokussieren. Anders in der Mikrophotographie. Hier wird von einer einzigen Aufnahme Schärfe über das ganze Sehfeld verlangt. Mit zunehmender Bedeutung der mikrophotographischen Dokumentation wurde also auch die Beseitigung der Bildfeldwölbung vorrangig.

Dies gelingt durch Einführung geeignet geformter Negativlinsen wie z. B. dicker Menisken sammelnder Wirkung. Auf diese Weise lassen sich auch die Sehfelder starker Systeme ebnen. Selbstverständlich ist der Aufwand an Korrektionsmitteln für ein großes Feld sehr viel höher als bei den bisher üblichen Systemen. Dennoch werden von LEITZ nur solche Objektive als Planobjektive klassifiziert, die ein Feld von 28 mm \varnothing im Zwischenbild geebnet abbilden. Alle LEITZ-Planobjektive PI entsprechen dieser Forderung.

Natürlich wird man auch bei Planobjektiven eine hohe Farbkorrektur anstreben. Leider wirken jedoch fast alle für die Bildfeldebnung brauchbaren Mittel der apochromatischen Korrektur des Objektivs entgegen. Man ist daher gezwungen, den zur Apochromatisierung von Objektiven bekannten Flußspat für eine möglichst große Anzahl von Linsen zu verwenden. Bedenkt man dabei, daß bei starken, nichtgeebneten Objektiven Astigmatismus und Asymmetriefehler in der Bildfeldwölbung untergehen und deshalb nur beschränkt korrigiert werden müssen, dann sieht man leicht ein, daß bei geebneten Bildern ein hoher zusätzlicher Aufwand an Linsen notwendig ist. Dies ist aber unumgänglich, da gerade für höchste Ansprüche eine apochromatische Korrektur unerlässlich ist.

LEITZ-Plan-Apochromate sind an allen unseren Stativen verwendbar. Ihre Domäne ist die Mikrophotographie; hier

sind sie allen anderen Objektiven überlegen. Die hervorragende Qualität unserer Planobjektive sowohl visuell als auch mikrophotographisch wird allerdings erst mit unserem Großfeldmikroskop ORTHOPLAN voll genutzt, das sowohl beleuchtungs- als auch abbildungsseitig von vornherein für die Großfeld-Mikroskopie konzipiert ist.

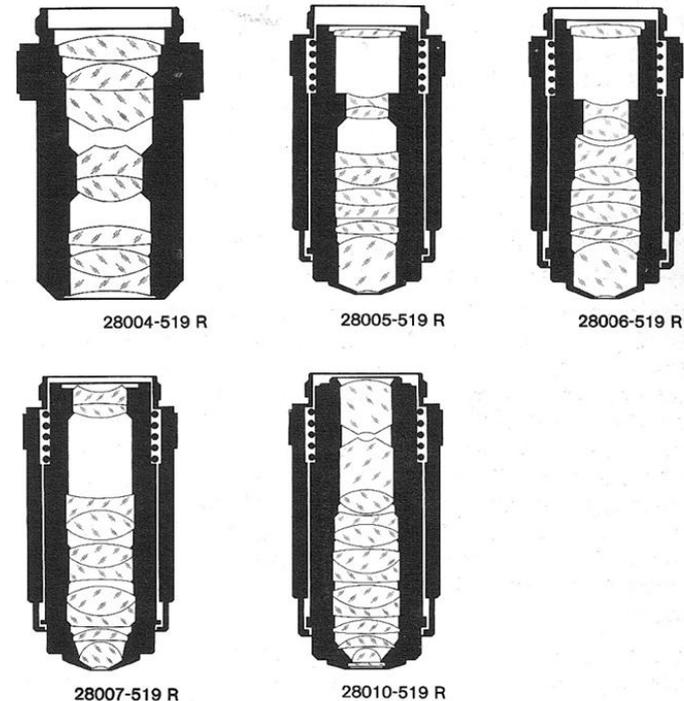


Abb. 28
LEITZ-Planobjektive mit Querschnitten.
Das Objektiv PI Apo ÖI 100/1.32 hat 12 Linsen.

Planobjektive NPI

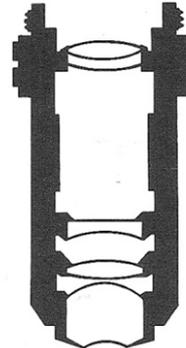
Bei den Stativen mit Normaltuben (23,2 mm) ist oft eine so weitgehende Ebnung wie bei unseren Planobjektiven PI nicht erforderlich. Hierfür haben wir unsere Planobjektive NPI entwickelt. Es sind Planachromate, bei denen der Aufwand an Korrekturmitteln nicht so hoch getrieben wurde. Sie sind entsprechend preisgünstiger und demzufolge die Objektive der Wahl bei Routineuntersuchungen oder mikrophotographischer Dokumentation vorwiegend auf Schwarz-Weiß-Filmen.

LEITZ-Planobjektive NPI stehen jedoch nicht nur für Beobachtungen im Hellfeld-Durchlicht zur Verfügung. Bei der Wichtigkeit der Bildfeldebhnung sind auch Planachromate für die Phasenkontrast- und Polarisationsmikroskopie entwickelt worden.

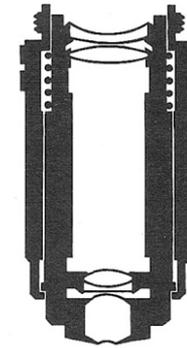
Mikro-Spiegelobjektive und Spiegelkondensoren

LEITZ-Mikro-Spiegelobjektive und Mikro-Spiegelkondensoren aus Quarzglas sind eine Weiterentwicklung des Schwarzschild'schen Spiegelsystems. Man kann sie zur mikroskopischen Abbildung im sichtbaren und im ultravioletten Spektralbereich des Lichtes etwa von 220 bis 700 nm gebrauchen, ohne beim Wechsel des Spektralbereichs nachfokussieren zu müssen.

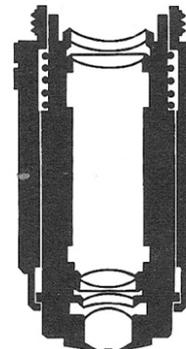
Unter Verwendung teildurchlässiger und undurchlässiger Spiegelschichten ließ sich die zentrale Abschattung weiter vermindern, als das bisher bei Mikro-Spiegelobjektiven mit sphärischen Spiegeln möglich war. Nur so konnten die hervorragenden Abbildungseigenschaften der konzentrischen Schwarzschild-Systeme zum Bau von Spiegelobjektiven mit großem Gesichtsfeld ausgenutzt werden, die zusätzlich auch den Objekt-Kontrast getreu wiedergeben. Darauf kommt es insbesondere bei der Absorptionsmessung kleinster Strukturen in der Mikro-Spektralphotometrie an.



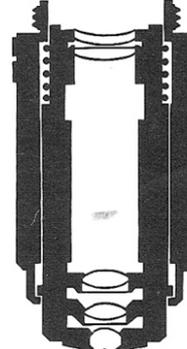
26356 - 519 R



26353 - 519 R



26360 - 519 R



26359 - 519 R

Abb. 29-32
Querschnitte von 4 Planobjektiven NPI.

LEITZ-Okulare

Das Objektiv erzeugt ein umgekehrtes, reelles Zwischenbild im Maßstab seiner Vergrößerung. Da die Zwischenbildebene des Objektivs mit der Brennebene des Okulars zusammenfällt, projiziert das Okular das Bild ins Unendliche. Es kann daher mit einem auf Unendlich akkommodierten Auge, das sich in der Austrittspupille des Okulars befindet, betrachtet werden. Jedem einzelnen Objektpunkt entspricht dabei ein schmales, in sich paralleles Bündel, das vom Auge auf der Netzhaut zum Bild dieses Objektpunktes vereinigt wird.

Prinzipiell könnte man eine einteilige Sammellinse als Okular benutzen. Wie jedoch leicht ersichtlich, würden bei Verwendung einer solchen Okularform Linsendurchmesser und Abstand der Austrittspupille übermäßig groß werden. Zweckmäßiger ist daher eine Aufteilung des Okulars in zwei Linsen. Bei einem solchen Okulartyp werden die nach dem Bildrand hin auseinanderstrebenden schiefen Bündel von der ersten Linse, der Feldlinse, zusammengefaßt und auf die Augenlinse gerichtet. Dadurch können die Linsendurchmesser in praktisch brauchbaren Abmessungen gehalten werden und die Austrittspupille rückt auf einen für die Beobachtung günstigen Abstand an das Okular heran.

Abbildung 33 zeigt den Strahlenverlauf in einem solchen Okular. Die vom Objektiv kommenden schiefen Bündel fallen zunächst (gestrichelt) in die Ebene BB. Sie werden jedoch vorher von der Feldlinse K (auch Kollektivlinse genannt) umgelenkt und in der Ebene B'B' zu einem geringfügig verkleinerten Bild B' zusammengeführt. Das Zwischenbild B wird also durch die Feldlinse in die Ebene B'B' verlegt. Die nachfolgende Augenlinse A, der nun erst die eigentliche Aufgabe als Lupe zukommt, ist in ihrer Vergrößerungswirkung so bemessen, daß sie zusammen mit der schwachen Verkleinerung durch die Feldlinse die Nennvergrößerung des Okulars herstellt.

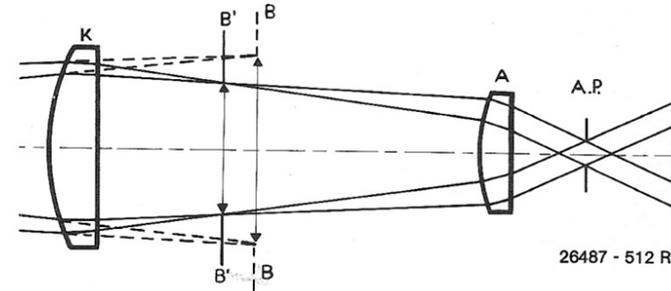


Abb. 33

Strahlenverlauf im Huygens-Okular

K = Kollektiv- oder Feldlinse

A = Augenlinse

AP = Austrittspupille

B'B' = Zwischenbildebene nach Einwirkung der Feldlinse

BB = Zwischenbildebene ohne Einwirkung der Feldlinse

Huygens-Okulare

Diese einfachste Form des Okulars geht auf Huygens zurück. Es ist aus zwei Plankonvexlinsen aufgebaut, deren Einzelbrennweiten und Linsenabstände so abgestimmt sind, daß die Okulare in Verbindung mit schwachen und mittleren Achromaten ein von Farbsäumen freies Sehfeld ergeben. Bei starken Achromaten kann jedoch mit diesen einfachen Okularen keine vollbefriedigende Gesamtleistung erwartet werden. Ganz ungeeignet sind sie für Fluoritsysteme, Apochromate und Planobjektive, die, wie im Abschnitt PERIPLAN-Okulare näher erläutert wird, besonders korrigierte Okulare fordern.

Äußerlich sind Huygens-Okulare daran kenntlich, daß sie außer dem Firmennamen und der Vergrößerungsangabe keine weitere Benennung tragen.

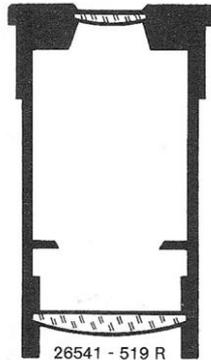


Abb. 34
Schnitt durch ein Huygens-Okular.

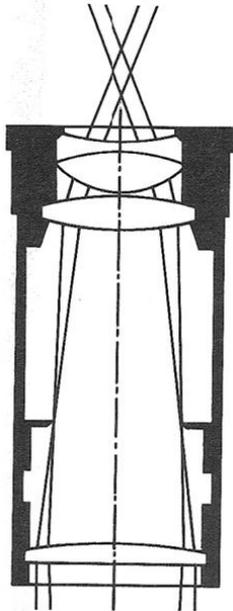
PERIPLAN-Okulare

Es ist leicht einzusehen, daß man mit einem nur aus zwei Linsen bestehenden Okular Restfehler eines Objektivs kaum korrigieren kann. Für höhere Ansprüche verwendet man daher Okulare mit Gliedern aus mehreren Linsen. Mit solchen Okularen, die wir als PERIPLAN-Okulare bezeichnen, wird der besonders zum Rand auftretende Farbvergrößerungsfehler korrigiert und dem Auge ein über das ganze Feld farbsaumfreies Bild geboten. Das gilt sowohl für alle Apochromate und Fluoritsysteme als auch für die starken Achromate. Aus diesen Eigenschaften ergibt sich ihre Verwendung:

Mit stärkeren Achromaten **sollten** PERIPLAN-Okulare, mit Fluorit-Objektiven, Apochromaten und Planobjektiven **müssen** sie benutzt werden.

PERIPLAN-Großfeldokulare GF

Eine Weiterentwicklung in Richtung größerer Felder stellen unsere PERIPLAN-Großfeldokulare dar. Während das PERIPLAN-Okular 10x ein Feld von 15,2 mm erfaßt, erreicht man mit dem entsprechenden PERIPLAN-Großfeldokular 18 mm. Die Zunahme um rund 20% im Durchmesser bringt in der Fläche gut 40% und somit ein entsprechendes Mehr an Bildinhalt. Der Durchmesser des mikroskopischen Bildes erscheint dann dem Auge $10 \times 15,2 = 152$ mm bzw. $10 \times 18 = 180$ mm groß. In dieser Größe kann das Bild auch auf einer Mattscheibe in 250 mm Entfernung aufgefangen werden. Bei den GF-Okularen 16x und 25x steigen die Bilddurchmesser sogar auf 240 bzw. 250 mm. Wie ihre Bezeichnung besagt, sind sie hinsichtlich ihrer Korrektur vom PERIPLAN-Typ, so daß sie mit denselben Objektiven kombiniert werden können.



25582 - 513 R

PERIPLAN-Großfeldokulare GW, 30 mm Ø

Wie schon auf Seite 16 erläutert wurde, beträgt der größtmögliche nutzbare Durchmesser des Zwischenbildes in einem Normaltubus etwa 18 mm. Okulare mit größeren Sehfeldzahlen bedingen daher weitere Tuben. Wir haben deshalb Großfeldtuben 30 mm Ø für GW-Okulare mit Sehfeldzahlen bis 28 entwickelt. Das ist die obere Grenze, die noch ohne Anstrengung überblickt werden kann. Mit dem GW-Okular 6,3x, Sehfeldzahl 28, beträgt der Durchmesser des mikroskopischen Bildes $6,3 \times 28 = 176$ mm, bei GW 8x mit Sehfeldzahl 28 sind es $8 \times 28 = 224$ mm. Bei stärkeren Okularen muß man die Sehfeldzahl weiter reduzieren, um den Bildwinkel auf einen für das Auge vernünftigen Wert zu beschränken.

Ihrer Korrektur nach gehören die GW-Okulare zum PERIPLAN-Typ. Sie können jedoch nur mit Planobjektiven benutzt werden, weil die Feldkorrektur der konventionellen Objektive für diese übergroßen Sehfeldzahlen nicht mehr ausreicht.

Die Anschaffung eines Mikroskops mit weitem Tubus (ORTHOPLAN) schließt die Verwendungsmöglichkeit von GF-Okularen konventionellen Durchmessers nicht aus, da für letztere ein Einsatzstück vorgesehen ist.

Abb. 35 und 36

Querschnitte und Strahlenverlauf: links im GF-Okular, rechts im GW-Okular. Man erkennt deutlich, daß im GW-Typ ein wesentlich größeres Zwischenbild Platz findet.

Okulare mit verstellbaren Augenlinsen

Für mikrographische Aufnahmen mit Kameras ohne Einstellfernrohr sind Okulare mit verstellbaren Augenlinsen und Strichplatte unerlässlich. Auf der Strichplatte, die in der Brennebene des Okulares liegt, sind neben der Formatbegrenzung kleine Doppelkreise markiert. Der Benutzer verstellt die Augenlinse, bis er die Doppelkreise scharf sieht. Er akkomodiert, wie man sagt, sein Auge auf die Doppelkreise und somit auf die Brennebene des Okulars. Beim Scharfstellen des mikroskopischen Bildes wird dann zwangsläufig das Zwischenbild exakt in die Brennebene des Okulares gelegt. Es ist damit auch zwangsläufig in der Filmebene der Kleinbildkamera scharf, wenn ein Phototubus mit selbsttätigem Augenausgleich benutzt wird.

Ihrer Korrektur nach können Okulare mit verstellbaren Augenlinsen vom PERIPLAN-Typ oder vom Huygens-Typ sein. Kennzeichen: M für verstellbare Augenlinse und Strichplattenfassung.

Brillenträger-Okulare

Bekanntlich schneiden sich in der Austrittspupille eines Okulars alle aus dem Mikroskop austretenden Büschel. An diese Stelle muß auch die Augenpupille des Beobachters gebracht werden, wenn er das gesamte Sehfeld vollständig übersehen will. Je weiter die Augenpupille vom Ort der Austrittspupille entfernt ist, desto mehr geht von den schiefen Büscheln der Randpartien des mikroskopischen Bildes verloren. In der Abbildung 37 ist diese unzureichende Strahlenbescheidung und ihre Auswirkung auf das überblickbare Feld dargestellt.

Ohne besondere Konstruktionsmaßnahmen rückt mit steigender Okularvergrößerung die Austrittspupille immer näher an die Augenlinse heran. Aber selbst bei schwachen Okularen ist der Abstand der Austrittspupille von der letzten Linsenfläche mit etwa 10 mm für Brillenträger noch zu klein. Bereits bevor er seine Augenpupille an den Ort der Austrittspupille bringen kann, stößt er mit dem Brillenglas auf die oberste Linse des Okulares, so daß der Brillenträger meist nur einen kleinen Ausschnitt des Bildes überschauen kann. Das Absetzen der Brille ist zwar ein Behelf, der aber auch versagt, wenn die Fehlsichtigkeit nicht mehr mit sphärischen Brillengläsern korrigiert werden kann, wie dies z. B. bei Astigmatismus des Auges der Fall ist.

Es besteht also der berechtigte Wunsch nach Okularen, deren Pupillenlage auch das Mikroskopieren mit Brille gestattet. Hierfür wurden eine Reihe von Brillenträger-Okularen 23,2 mm und 30 mm \varnothing entwickelt. Ihre Pupillenabstände betragen ca. 20 mm. Natürlich bedingt dies, wie Abbildung 38 zeigt, neben einem Mehraufwand an Linsen auch eine wesentlich größere Augenlinse. Dieser Mehraufwand wird aber sicher wettgemacht durch den Vorteil, die Brille nicht mehr als störend oder nachteilig beim Mikroskopieren zu empfinden.

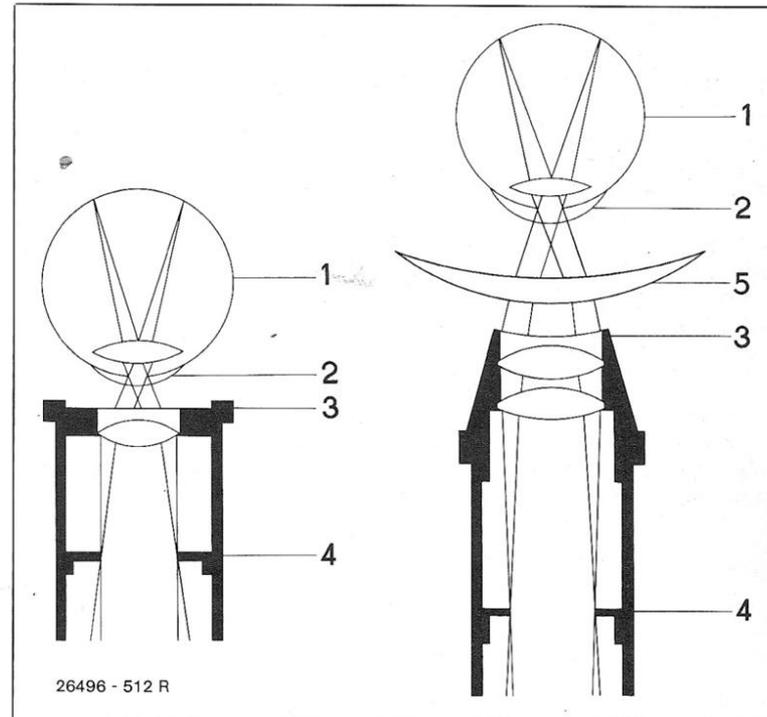
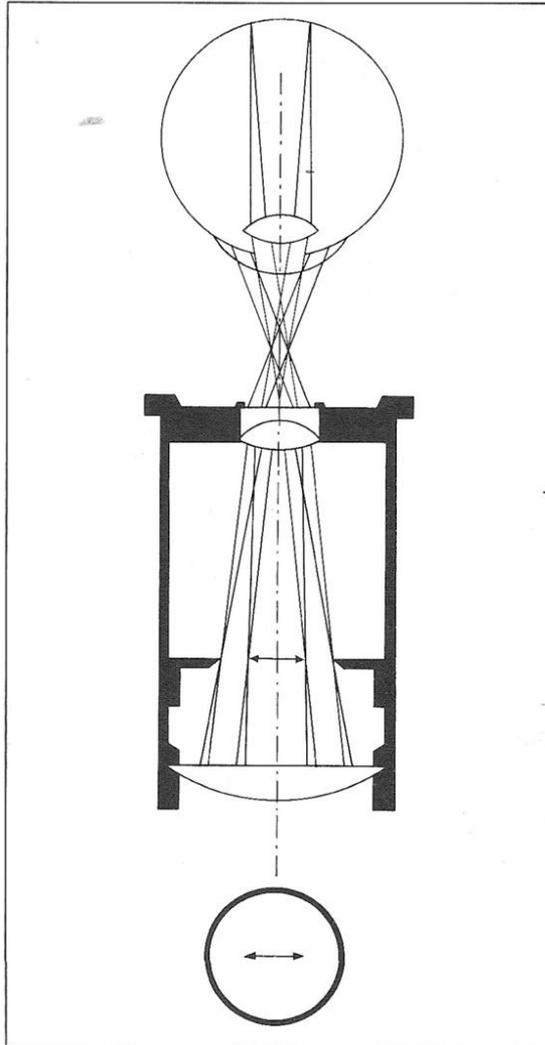


Abb. 38

Vergleich der Pupillenlage bei PERIPLAN-Okular 10 x und Brillenträger-Okular PERIPLAN 10 x  (stark schematisiert)

Links:

- 1 Auge
- 2 Austrittspupille
- 3 Linsenscheitel
- 4 Okularblende

Rechts:

- 1 Auge
- 2 Austrittspupille
- 3 Linsenscheitel
- 4 Okularblende
- 5 Brille

Abb. 37

Infolge zu großer Entfernung des Auges vom Okular gelangt nur ein Teil der Bündel (ausgezogene Strahlen) ins Auge. Reduziertes Feld durch Pfeil markiert.

Beleuchtungsoptik

Kondensoren für Hellfeld

Bildschärfe und allgemeiner Bildcharakter werden von der Mikroskopbeleuchtung in ausschlaggebender Weise beeinflusst. Eine sorgfältige und dem Präparat entsprechende Beleuchtungseinstellung gehört zu den Grundvoraussetzungen für eine einwandfreie mikroskopische Abbildung. An eine Mikroskopbeleuchtung sind folgende Anforderungen zu stellen:

- I. Die Beleuchtung muß dem Mikroskop den Strahlenquerschnitt zuführen, den die jeweilige Objektiv-Okular-Kombination benötigt. a) Sehfeld und b) Austrittspupille des Objektivs müssen also vollständig und gleichmäßig ausgeleuchtet werden können.
- II. Die Beleuchtung muß die Möglichkeit geben, diesen Strahlenquerschnitt
 - a) sowohl im Objekt als auch
 - b) in der hinteren Brennebene des Objektivs beliebig und unabhängig voneinander zu verändern.

Nun sind aber die Anforderungen, die die einzelnen Objektiv-Okular-Kombinationen an die Beleuchtung stellen, sehr unterschiedlich. Es sollen einmal die relativ großen Felder der schwach vergrößernden Objektive ausgeleuchtet und zum anderen die Apertur des Beleuchtungslichtes der Apertur des Objektivs angepaßt werden können. Diese sehr unterschiedlichen Verhältnisse sind möglichst von einem einzigen Kondensator zu überbrücken.

Vom Kondensator sind daher folgende Voraussetzungen zu erfüllen:

- a) er muß den für die schwächsten Objektive erforderlichen vollen Strahlenquerschnitt abgeben können.

Für stärkere Objektive besteht dann allerdings ein nicht vollwertbarer Überschuß, der sich sogar durch Minderung der Kontraste, Erzeugung von Reflexen und überflüssige Erwärmung des Präparates schädlich auswirken kann. Infolgedessen muß der Strahlungsquer-

schnitt auf das jeweils verwertbare und förderliche Maß reduziert werden können. Dies wird durch die im Beleuchtungsstrahlengang angebrachte Leuchtfeldblende erreicht. Das Bild dieser Blende begrenzt die Strahlen im Präparat. Wird diese Blende geschlossen, so ist sie im Mikroskop als Sehfeld- bzw. Leuchtfeldblende sichtbar. Damit sind I a und II a erfüllt.

- b) Die Apertur muß – wenigstens theoretisch – im Grenzfall so groß sein wie die des stärksten Objektivs.

Hier besteht dann für die schwächeren Systeme ein Überschuß. Eine zweite Blende, die Aperturblende, hat demnach den Strahlenquerschnitt auch für die Austrittspupille auf das erforderliche Maß zu begrenzen. Ihr Bild ist bei zugezogener Blende nach Herausnehmen des Okulars als kreisförmige Begrenzung des von Licht erfüllten Teiles der Objektivhinterlinse zu sehen. Damit sind I b und II b erfüllt.

Für die meisten Untersuchungen benötigt man jedoch nicht die dem verwendeten Objektiv entsprechende Kondensorapertur. Höchstem Auflösungsvermögen steht fast immer ein Mangel an Kontrast entgegen, so daß bei voller Beleuchtungsapertur die theoretische Auflösung des Objektivs selten genutzt wird. In der Praxis zeigt es sich, daß deshalb eine Kondensorapertur von 0.90 auch für Immersionssysteme in vielen Fällen ausreicht. Kondensoren dieser Apertur können mit vergleichsweise größerer Schnittweite ohne einen sehr hohen Aufwand korrigiert werden. Auch entfällt bei diesen Kondensoren das oft lästige Immersieren zwischen Kondensor und Objektträgerunterseite.

Im oberen Bereich der Beleuchtungsaperturen wird allerdings das Bild der Leuchtfeldblende nicht frei von Farbsäumen sein. Dies stört in den meisten Fällen kaum, da ein etwas weiteres Öffnen der Leuchtfeldblende über den Sehfeldrand hinaus den Kontrast nicht merklich beeinträchtigt.

Wenn es um das Erkennen allerfeinster Strukturen geht, wird ein Kondensor entsprechend hoher Apertur und Korrektur erforderlich sein. Hier stehen in unseren achromatisch-aplanatischen Kondensoren Beleuchtungssysteme zur Verfügung, die auch höchsten Ansprüchen in der Mikrophotographie genügen. Die sphärische und chromatische Korrektur dieses Kondensortyps ist ausgezeichnet.

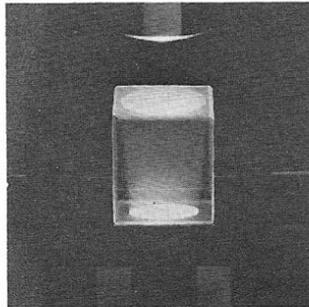
Weitere Kondensorköpfe mit großen Arbeitsabständen sind für Untersuchungen in Gewebekulturkammern, für sehr dicke Objekte, für die Intravitalmikroskopie oder für Arbeiten mit dem Mikromanipulator lieferbar. Die Leuchtfeldblende wird hierbei in einer Entfernung, die dem Arbeitsabstand entspricht, oberhalb der Tischfläche abgebildet. Einzelheiten siehe Tabellen.

Alle LEITZ-Hellfeldkondensoren der Reihe 600 sind Systemkondensoren, die aus einem einheitlichen Unterteil und austauschbaren Kondensorköpfen bestehen. Für Beleuchtungsaperturen unter 0.25 wird einfach der Kondensorkopf ausgeklappt. Bei mikrophotographischen Aufnahmen ist dabei noch empfehlenswert, den Kondensor abzusenken, bis die Leuchtfeldblende wieder scharf ist.

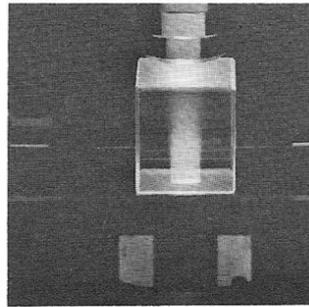
Die meisten unserer Kondensoren sind in Schlittenführung horizontal wechselbar und durch Zahntrieb in der Höhe verstellbar. Die Leuchtfeldblende ist am Fuß des Stativs eingebaut. Zum Zentrieren des Leuchtfeldblendenbildes besitzen unsere Systemkondensoren Zentriervorrichtungen, die ein horizontales Verschieben des Kondensors ermöglichen.

Bei den einfachsten Ausführungen unserer Kursmikroskope wird der Kondensor in eine zylindrische Hülse geschoben, die fest unter dem Mikroskoptisch sitzt.

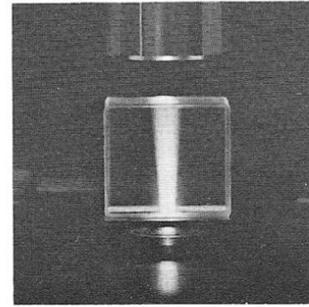
Funktion von Leuchtfeldblende und Aperturblende.



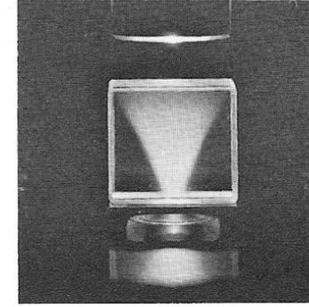
17462 - 512 R



17463 - 512 R



17464 - 512 R



17465 - 512 R

Abb. 39 und 40

Die Abbildungen zeigen, wie man mit Öffnen und Schließen der Leuchtfeldblende den Strahlenquerschnitt in der Objektebene verändern kann.
Links: Voller Strahlenquerschnitt für die schwächsten Objektive (große Leuchtfläche in der Objektebene).

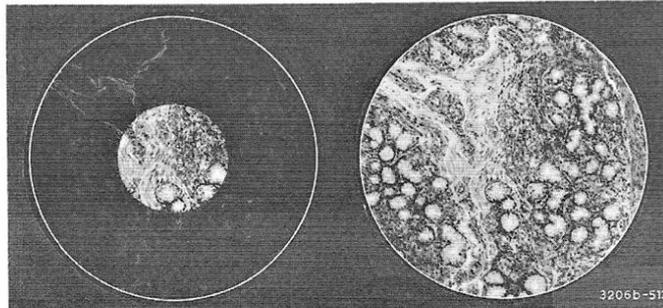
Rechts: Reduzierter Strahlenquerschnitt für starkes Objektiv (kleine Leuchtfläche in der Objektebene).

Abb. 43 und 44

Durch Öffnen und Schließen der Aperturblende kann man den Strahlenquerschnitt in der hinteren Brennebene (Austrittspupille des Objektivs) verändern.

Links: Kleine Beleuchtungsapertur für ein Objektiv niedriger Apertur (Schlanker Strahlenkegel).

Rechts: Große Beleuchtungsapertur für ein Objektiv hoher Apertur (Weit geöffneter Strahlenkegel).



3205b-513

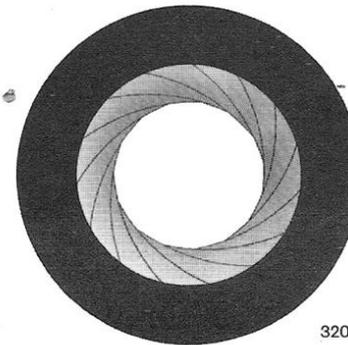
Abb. 41 und 42

Die Leuchtfeldblende im Sehfeld des Mikroskops.

Links: Zentriert und geschlossen.

Rechts: Bis über den Rand des Sehfeldes geöffnet.

3206 - 514 R



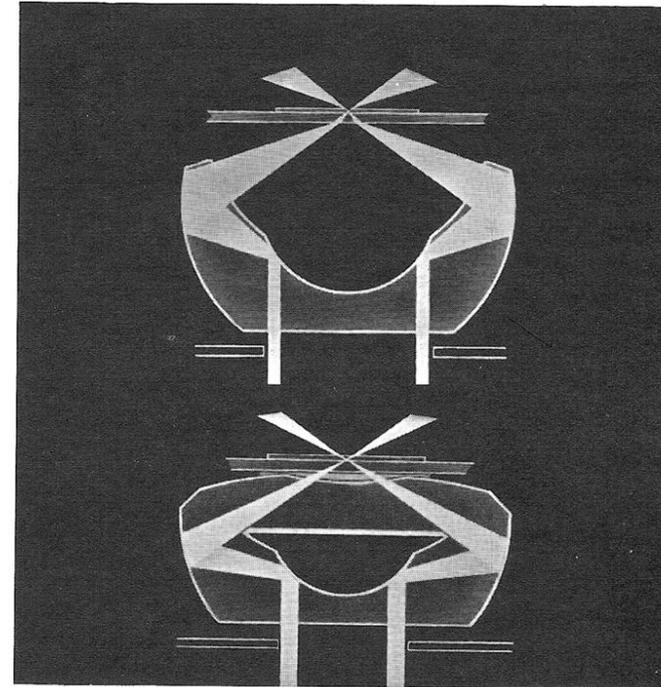
3205 - 513 R

Abb. 45

Die Aperturblende kann in der hinteren Brennebene des Objektivs durch ein Hilfsmikroskop beobachtet werden.

Kondensoren für Dunkelfeld

Bei der Dunkelfeldmikroskopie trägt nur das am Objekt **gebeugte** Licht zur Bildentstehung bei. Das ungebeugte, direkte Licht fällt nicht in das Objektiv; präparatfreie Stellen sind also im Sehfeld des Mikroskops dunkel. Die Objekte erscheinen demzufolge hell auf dunklem Untergrund. In der Praxis beleuchtet man das Objekt hohlkegelartig mit einem Dunkelfeldkondensor, dessen innere Apertur (Grenzapertur) größer ist als die des benutzten Objektivs. Die innere Grenzapertur wird beim Dunkelfeldkondensor stets angegeben, z. B. D 0.80 oder D 1.20. Benutzt man Objektive mit höheren Aperturen, so müssen Einhängelenden oder Objektive mit Irisblenden verwendet werden. Die Dunkelfeldbeobachtung ist vorzugsweise für sehr kleine und dünne Objekte geeignet, die dann gut auf dem dunklen Untergrund sichtbar sind. Von ausgedehnten Objekten wird dagegen meist nur der Rand und nicht die Innenstruktur wiedergegeben. Bei dicken Objekten verursachen Details, die außerhalb der Schärfenebene liegen, helle, unscharfe Stellen im Bild, die den Kontrast stark herabsetzen.



5864 - 513 R

Abb. 46
Strahlengang im Dunkelfeld
a) Trocken-Dunkelfeldkondensator
b) Immersions-Dunkelfeldkondensator

Kondensoren für Phasenkontrast, Polarisation und Fluoreszenz

Diese Kondensoren sind auf Seite 104 beschrieben. Dort sind auch die technischen Daten aufgeführt.

Auflicht-Illuminatoren

Bei Arbeiten im Auflicht muß in den meisten Fällen das von der Lichtquelle kommende Licht umgelenkt und auf das Präparat gerichtet werden. Die optischen Bauteile, die dies bewirken, werden Opakilluminatoren genannt. Je nach Bauart wird das Beleuchtungslicht z. B. durch konzentrische, um das Objektiv liegende Ringspiegel und Kondensoren dem Objekt zugeführt (ULTROPAK-Dunkelfeld-Illuminator) oder direkt durch das Objektiv. Im letzteren Fall sind Objektiv und Kondensor identisch (z. B. Fluoreszenz-Auflichtilluminator nach Ploem).

Zu unserem Programm gehören:

ULTROPAK-Dunkelfeldilluminator Objektive S. 71

Opakilluminatoren für metallographische

Arbeiten mit:

Achromaten oder Fluoriten	Objektive S. 73
Planobjektiven	Objektive S. 76
Hell-Dunkelfeld-Spezialobjektiven	Objektive S. 75, 77, 79
Phasenkontrastobjektiven	Objektive S. 74, 78
Polarisations-Opakilluminatoren	Objektive S. 80, 81, 83, 85
Fluoreszenz-Auflichtilluminator nach Ploem.	Objektive S. 53-55

Die einzelnen von Stativ und Untersuchungsverfahren abhängigen Opakilluminatoren sind in den Druckschriften der jeweiligen Stative beschrieben.

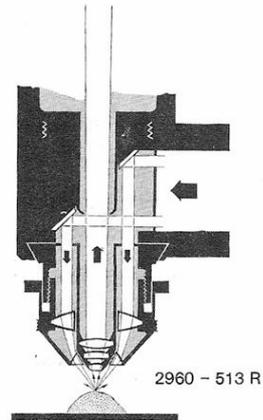


Abb. 47
Strahlengang im Dunkelfeld-Auflichtilluminator ULTROPAK®

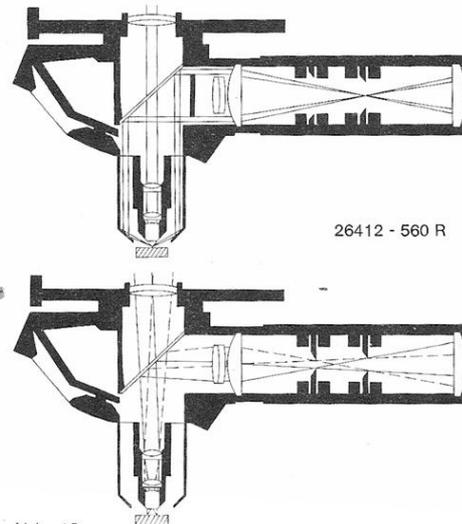


Abb. 48
Strahlengang im Opakilluminator für die Metallmikroskopie
a) im Hellfeld
b) im Dunkelfeld.

Pflege der Optik

Die optischen Teile des Mikroskops sind peinlichst sauberzuhalten. Die Außenflächen der mikroskopischen Optik tragen Schichten etwa von Glashärte. Alle diese Schichten sind jedoch sehr dünn. Dementsprechend vorsichtig ist bei der Reinigung zu verfahren.

Objektive dürfen beim Reinigen nicht auseinandergeschraubt werden. Zeigen sich Schäden im Inneren der Optik, so ist diese zur Instandsetzung in das Werk einzuschicken.

Optik	Reinigung
Außenflächen von Objektiven, Okularen, Kondensoren	<p>Staub: Mit weichem, trockenem Haarpinsel entfernen.</p> <p>Fingerabdrücke: Sofort mit angefeuchtetem Leinenläppchen oder Lederlappen entfernen; notfalls Benzin verwenden.</p> <p>Festsitzender Schmutz: Mit angefeuchtetem, feinem Leinenläppchen oder Lederlappen; falls mit Wasser erfolglos, kann Xylol oder Benzin verwendet werden. Niemals jedoch Alkohol!</p>
Außenfläche der Frontlinsen bei Planobjektiven	Die Außenflächen der Frontlinsen vieler Planobjektive sind nach innen gewölbt. Sie werden vorteilhaft mittels eines mit Watte umwickelten Holzstäbchens gereinigt. Auch hier kann bei stärkerer Verschmutzung Wasser, Xylol oder Benzin benutzt werden.
Ölimmersionen	<p>Sofort nach Gebrauch reinigen: Öl mit Fließpapier oder Leinenläppchen abtupfen. Restlichen Ölfilm mit einem xylolangefeuchteten Leinenlappen entfernen. Abschließende Reinigung gegebenenfalls mit Benzinläppchen. Nie Alkohol oder Spiritus verwenden!</p>

Sonderfälle

a) Aggressive Substanzen wie Essigsäure etc.

Nach Möglichkeit sollte man auf dem Objektisch des Mikroskops nicht mit aggressiven Chemikalien arbeiten. Auch wenn die Objekte durch ein Deckglas abgedeckt sind, befindet sich das Objektiv in einem ständigen Dampfstrom der aggressiven Substanz. Bei längerer Einwirkung kann so die Frontlinse angeätzt und die optische Qualität erheblich gemindert werden. Man verwende also lieber ein anderes Fixiermittel etc.

b) Fluorwasserstoffsäure

Dieses in der Metallographie häufig benutzte Ätzmittel stellt eine erhebliche Gefahr für die Optik dar, da sich besonders in porösen Materialien kleine, aber sehr schädliche Fluorwasserstoffsäure-Konzentrationen ansammeln, die jedoch mit nachfolgender Methode rasch und sicher zu entfernen sind:

Geätztes Präparat eine Stunde in eine mit Ammonium-Pentaborat gesättigte Lösung einlegen. Danach gut abspülen und trocknen. Damit ist das Objekt für die metallographische Untersuchung vorbereitet.

Ammonium-Pentaborat hat sich bei zahlreichen metallischen, keramischen, metallähnlichen und Halbleiterpräparaten, bei denen eine Ätzung mit Fluorwasserstoffsäure erforderlich ist, als verträglich erwiesen.

Man stellt die Lösung her, indem man 9,8 g Ammonium-Pentaborat in 100 ml destilliertem Wasser löst. Diese Lösung ist 0,36 molar und gesättigt.

Technische Zeichenerklärung

Gravierung oder Bezeichnung	Bedeutung
A	Apertur
AP	Austrittspupille
Apo	Apochromat
D	Objektiv mit Deckglas verwenden
DO	Objektiv mit oder ohne Deckglas benutzen
fAA	freier Arbeitsabstand
Fl	Fluoritsystem, Halbapochromat, neuerdings meist ohne Linsen aus Fluorit.
GF	Großfeldokular 23,2 mm
Glyz.	Glyzerinimmersion
GW	Großfeldokular 30 mm Ø
H	Heiztischobjektiv
HD	Auflicht-Objektiv Hell-Dunkelfeld
Iris	Objektiv mit Irisblende
L	Objektiv mit relativ langem Arbeitsabstand
M (bei Okularen)	Okular mit verstellbarer Augenlinse
M	Abbildungsmaßstab
N	Negativ-Okular
NPI	Planobjektiv für Normalfeld
n	Brechungsindex
O	Objektiv ohne Deckglas verwenden
Öl und schwarzer Ring	Ölimmersion

Gravierung oder
Bezeichnung

Bedeutung

P	spannungsfreies Objektiv oder Okular
(P)	bedingt spannungsfrei
PERIPLAN	Okular-PERIPLAN®
Phaco	Phasenkontrast Zernike
PI	Planobjektiv für 28 mm Feld
Pv	Phasenkontrast Heine
Q	Quarzglas
R	Strahlenresistentes Objektiv
S	Sehfeldzahl
UM (UMK)	Objektiv für Universaldrehtische
UO	Ultropak-Objektiv
V	Vergrößerung (Lupenvergrößerung)
W	Wasserimmersion

I. LEITZ-Objektive für Durchlicht

Standardobjektive Achromate, Fluorite und Apochromate

170/0,17/45 mm**

Objektivart	Gravierung: Abbildungsmaßstab/Apertur		Freier Arbeits- abstand mm*	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrekt- tion ¹⁾	Okular- typ ³⁾	Bestell-Nr.
Trockensysteme	4	0.12	24	32	DO	P	519 292
	10	0.25	6,8	17	DO	P	519 293
	25	0.50	0,44	7,2	D	P	519 301
	40	0.65	0,42	4,6	D	P	519 419
Apo	40	0.95 Korr.			D ²⁾	P	519 306
Fl	63	0.85	0,14	3,0	D!	P	519 342
Ölimmersionen	Öl 100	1.30	0,10	1,9	D	P	519 295

Zeichenerklärung

¹⁾D: Mit Deckglas D = 0,17 mm (Deckglasdicke auf $\pm 0,05$ mm genau einhalten)
O: ohne Deckglas, DO: mit und ohne Deckglas zu verwenden.

D!: Deckglasdicke 0,17 mm auf $\pm 0,01$ mm genau einhalten oder bei Korrek-
tionsfassung diese genau auf die tatsächliche Deckglasdicke einstellen!

²⁾Diese Objektive sind mit veränderlicher Korrektionsfassung ausgerüstet. Die
Bildschärfe bleibt bei Betätigung der Korrektion nahezu erhalten. Ideale Mög-
lichkeit bester Einstellung bei unbekannter Deckglasdicke.

³⁾H = Huygens-Okular, P = PERIPLAN-Okular bzw. Großfeld-Okular verwenden.

Diese Ziffern sind, soweit nicht ausdrücklich anders vermerkt, für das ganze Ta-
bellenwerk verbindlich.

* Unter freiem Arbeitsabstand versteht man den Abstand: Unterkante Objektiv-
fassung bis Oberseite Deckglas (0,17 mm) bzw. Oberseite Objekt bei unbedeck-
ten Präparaten.

** Tubuslänge/Deckglasdicke/Abgleichlänge mm

Objektive mit 45 mm und 37 mm Abgleichlänge können am Revolver
kombiniert werden, wenn man letztere mit je einem 8 mm langen Zwi-
schenstück, Bestell-Nr. 519 164, anschraubt.



20385-519 R

Fluoritsysteme

170/0,17/37 mm**
Ausnahme FI 40, Best.-Nr. 519 238: 170/0/37 mm

Objektivart	Gravierung: Abbildungsmaßstab/Apertur		Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrekt- ion ¹⁾	Okular- typ ³⁾	Bestell-Nr.
Fluorit- Trockensysteme	FI 40	0.85	0,28	4,3	D!	P	519 025
	FI 40	0.85	0,28	4,3	O	P	519 238
Fluorit- Ölimmersionen	FI Öl 54	0.95	0,17	3,4	D O	P	519 027
	FI Öl 95	1.32	0,12	2,0	D	P	519 026
	Iris FI Öl 95	1.32 u. 1.10	0,12	2,0	D	P	519 046



17010 - 519 R

Apochromate

170/0,17/37 mm

Objektivart	Gravierung:		Freier Arbeitsabstand mm	Brennweite mm	Deckglas-Korrektion ¹⁾	Okular-typ ³⁾	Bestell-Nr.
	Abbildungsmaßstab/Apertur						
Apochromatische Trockensysteme	Apo 12,5	0.30	2,3	13	D O	P	519 009
	Apo 25	0.65	0,76	7,4	D	P	519 007
	Apo 40	0.95	0,09	4,6	D! ²⁾	P	519 038*
	Apo 63	0.95	0,09	3,0	D! ²⁾	P	519 039*
Apochromatische Ölimmersionen	Apo Öl 90	1.32	0,09	2,0	D	P	519 008
	Apo Öl 90	1.40	0,03	2,0	D	P	519 010

* mit Korrekationsfassung



17002 - 519 R

Planachromate NPI

170/0,17/45 mm

Objektivart	Gravierung:		Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrek- tion ¹⁾	Okular- typ ²⁾	Bestell-Nr.
	Abbildungsmaßstab/Apertur						
Planachromate NPI	NPI 6,3	0.20	2,0	24	D O	P	519 245
	NPI 10	0.25	0,53	16	D O	P	519 263
	NPI 16	0.40	0,50	11	D	P	519 246
	NPI 25	0.50	0,38	7,0	D	P	519 247
	NPI 40	0.65	0,15	4,5	D	P	519 248
	NPI Öl 100	1.30	0,26	1,7	D	P	519 249



17009 - 519 R

Planobjektive PI Achromate und Fluorite

170/0,17/45 mm

Ausnahme PI 1 : 65,6 mm

Objektivart	Gravierung:		Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrek- tion ¹⁾	Okular- typ ³⁾	Bestell-Nr.
	Abbildungsmaßstab/Apertur						
Planobjektive PI	PI 1 mit Iris	0.04	30	33	D O	P	519 050*
	PI 2,5	0.08	11	56	D O	P	519 049
	PI FI 4	0.14	14	40	D O	P	519 176
	PI FI 10	0.30	6,9	18	D O	P	519 175
	PI 16	0.40	1,26	10,9	D O	P	519 243
	PI 25	0.50	0,65	7,2	D	P	519 163
	PI 40	0.65	0,28	4,3	D	P	519 161

* mit zugehörigem Kondensator



20386-519 R

Diese Objektive sind für Okulare bis Sehfeldzahl 28 gebnet. Ihre volle Bildleistung wird erst bei Mikroskopen mit weitem Tubus (30 mm Ø) und in Verbindung mit GW-Okularen genutzt. Plan-Apochromate siehe nächste Seite.

Plan-Apochromate PI Apo

170/0,17/45 mm

Objektivart	Gravierung:		Freier Arbeitsabstand mm	Brennweite mm	Deckglas-korrektion ¹⁾	Okulartyp ³⁾	Bestell-Nr.
	Abbildungsmaßstab/Apertur						
Plan-Apochromate	PI Apo 6.3	0.20	9.2	27.8	DO	P	519 386
	PI Apo 16	0.40	1.2	10.5	DO	P	519 299
	PI Apo 25	0.65	0.65	7.2	D	P	519 387
	PI Apo 40	0.75	0.44	4.0	D!	P	519 244
	PI Apo Öl 100	1.32	0.24	2.4	D	P	519 160
	PI Apo Öl 100	1.32	0.25	1.8	D	P	519 383

Plan-Apochromate stellen das Optimum hinsichtlich Bildfeldebnung und Farbkorrektion dar. Sie sind die Objektiv der Wahl für das Großfeldmikroskop ORTHOPLAN.



20793-519 R



20387-519 R

Spezialobjektive mit eingebauter Irisblende für Hellfeld und Dunkelfeld

170/0,17/37 mm

Objektivart	Gravierung: Abbildungsmaßstab/Apertur	Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrekt- ion ¹⁾	Okular- typ ²⁾	Bestell-Nr.
Fluorit-Ölimmersion für Kondensor D 1.20	Iris FI Öl 95 1.32 u. 1.10	0,12	2,0	D	P	519 046

Einhängeblenden für mittlere und starke Objektive zum Herabsetzen der Objektivapertur

1. für Objektive mit 37 mm Abgleichlänge
 - a) zur Verwendung
mit Trocken-Dunkelfeldkondensor D 0.80

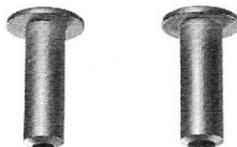
für Objektiv 63/0.85	513 210
für Objektiv FI 40/0.85	513 211
für Objektiv FI Öl 54/0.95	513 212
für Objektiv Apo 40/0.95	513 213
für Objektiv Apo 63/0.95	513 214
 - b) zur Verwendung
mit Immersions-Dunkelfeldkondensor D 1.20 – 1.40

für Objektiv Öl 100/1.30	513 069
für Objektiv Apo Öl 90/1.32	513 215
für Objektiv FI Öl 95/1.32	513 069
2. für Objektive mit 45 mm Abgleichlänge
 - a) zur Verwendung
mit Immersions-Dunkelfeldkondensor
D 1.20–1.40

	45 mm Abgleich- länge
für Objektiv Öl 100/1.30	513 362



20787-519 R



17014 - 513 R

Phasenkontrast-Objektive Phaco zum Zernike-Kondensor

170/0,17/45 mm

Ausnahme FI Öl 70: 170/0,17/37 mm

Objektivart	Gravierung: Abbildungsmaßstab/Apertur	Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrek- tion ¹⁾	Okular- typ ³⁾	Bestell-Nr.	
Trockensysteme	Phaco 1 10	0,25	6,8	17	D O	P	519 165
	Phaco 2 25	0,50	0,44	7,1	D	P	519 236
	Phaco 2 40	0,65	0,42	4,6	D	P	519 420
Ölimmersion	Phaco 3 FI Öl 70	1,15	0,16	2,6	D O	P	519 278*)
	Phaco 3 Öl 100	1,30	0,11	1,9	D	P	519 167

* für Mikrospektrographie;
mit Objektivzwischenstück 519 164 auch mit Phaco-Objektiven 170/0,17/45 mm zu verwenden.

Phaco 1 bedeutet z. B.: Objektiv muß mit Stellung 1 des Ringblendenrevolvers am Kondensor benutzt werden.



16977 - 519 R

Phasenkontrast-Planachromate Phaco NPI zum Zernike-Kondensor

170/0,17/45 mm

Objektivart	Gravierung: Abbildungsmaßstab/Apertur	Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrekt- ion ¹⁾	Okular- typ ³⁾	Bestell-Nr.
Phasenkontrast- Planachromate NPI	Phaco 1 NPI 10 0.25	0,53	16	D O	P	519 250
	Phaco 1 NPI 16 0.40	0,50	11	D	P	519 251
	Phaco 2 NPI 25 0.50	0,38	7,0	D	P	519 252
	Phaco 2 NPI 40 0.65	0,15	4,5	D	P	519 253
	Phaco 3 NPI Öl 100 1.30	0,26	1,7	D	P	519 385



17001 - 519 R

Phasenkontrast Plan-Apochromate Phaco PI Apo

170/0,17/45 mm

Objektivart	Gravierung Abbildungsmaßstab/Apertur	Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrekt- ion ¹⁾	Okular- typ ³⁾	Bestell-Nr.	
Phasenkontrast Plan-Apochromate	Phaco-1 PI Apo 16	0.40	1.2	10.5	DO	P	519 300
	Phaco 2 PI Apo 25	0.65	0.65	7.2	D	P	519 389
	Phaco 2 PI Apo 40	0.75	0.51	4.0	DI	P	519 390
	Phaco 3 PI Apo Öl 100	1.32	0.25	1.8	D	P	519 349



20389-519 R

Phasenkontrast-Objektive Pv zum Heine-Kondensor

170/0,17/37 mm

* Ausnahmen 170/0,17/38,5 mm

Objektivart	Gravierung: Abbildungsmaßstab/Apertur	Freier Arbeitsabstand mm	Brennweite mm	Deckglas-Korrektion ¹⁾	Okulartyp ²⁾	Bestell-Nr.	Ausführung mit Absorption 75 ± 5% 88 ± 2% 88 ± 2% siehe Anmerkung			
							n	h	-h	
Trockensysteme	Pv 10	0.25	5,4	16	D O	P	519 149	n	h	-
	Pv 25	0.50	0,72	7,1	D	P (H)	519 150	n	h	-h
Immersionsansatz zu	Pv 10	0.25	0,3				519 153*			
Trockensysteme mit langem Arbeitsabstand	Pv Apo L 40	0.70	0,33	4,5	D ! 2	P	519 151**	n	h	-h
	Pv Apo L 63	0.70	0,25	2,9	D ! 2	P	519 155**	n	h	-h
Glyzerinimmersion	Pv Glyc 50	1.00	0,13	3,6	Quarz 0,18	P	519 276	nur für Mikrospektrograph		
Ölimmersion	Pv Fl Öl 70	1.15	0,17	2,6	D O	P	519 154*	n	h	-h
	Pv Apo Öl 90	1.15	0,09	2,0	D O	P	519 152	n	h	-
	Pv Apo Öl 90	1.32	0,09	2,0	D O	P	519 158*	n	h	-
Wasserimmersion	Pv WE 80	1.00	0,03	2,3	O	P	519 215	n	h	-

** mit Korrektionsfassung

Anmerkung:

Wenn nicht anders gewünscht, liefern wir Objektive für positiven Phasenkontrast (Kennzeichen „n“). Auf Wunsch können jedoch die Objektive 10/0.25 bis Pv Fl Öl 70/1.15 für verstärkten positiven Phasenkontrast (Kennzeichen „h“) und die Objektive Pv 25 bis Pv Fl Öl 70 für verstärkten negativen Phasenkontrast (Kennzeichen „-h“) geliefert werden.



20789-519 R

Spezialobjektive für Fluoreszenz

170/0/37 mm

Objektivart	Gravierung: Abbildungsmaßstab/Apertur		Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrekt- tion ¹⁾	Okular- typ ²⁾	Bestell-Nr.
Apochromate	Apo 25 Fluoreszenz	0.65	0,76 ³⁾	7,4	O	P	519 040
Fluorit- systeme	Fl 40 Fluoreszenz	0.85	0,33	4,3	O	P	519 011
	Fl Öl 95 Fluoreszenz	1.32	0,12	2,0	O	P	519 012

Diese Objektive sind für Ausstrichpräparate ohne Deckglas entwickelt. Sie sind mit einem vorgefaßten Deckglas aus VG 5 ausgestattet.



17008 - 519 R

Spezial-Immersionsobjektive hoher Apertur für Fluoreszenz und Hellfeld

170/0,17/45 mm

Objektivart	Gravierung:		Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- korrek- tion ¹⁾	Okular- typ ³⁾	Bestell-Nr.
	Abbildungsmaßstab/Apertur						
Achromatische Immersionen	W 25	0.60	1.57	7.1	D	P	519 380
	W 50	1.00	0.68	3.7	D	P	519 376
	W 100	1.20	0.18	1.7	D!	P	519 392
	Öl 10	0.45	0.39	16	D	P	519 433
	Öl 25	0.75	0.39	7.1	D	P	519 430

W = Wasser

Diese achromatischen Immersionen haben eine besonders hohe Apertur. Sie sind daher vorteilhaft für Arbeiten mit dem Fluoreszenz-Aufflichtilluminator oder im Hellfeld geeignet.



20390-519 R

Phasenkontrast-Spezial-Immersionsobjektive hoher Apertur (auch für Fluoreszenz)

170/0,17/45 mm

Objektivart	Gravierung:		Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrek- tion ¹⁾	Okular- typ ²⁾	Bestell-Nr.
	Abbildungsmaßstab/Apertur						
Achromatische Immersionen für Phasenkontrast- Fluoreszenz	Phaco 3 ³⁾ W 100	1.20	0.18	1.75	D!	P	519 427
	Phaco 2 Öl 10	0.45	0.39	16	D	P	519 431
	Phaco 2 Öl 25	0.75	0.37	7.1	D	P	519 432

W = Wasser

Phaco 3: Mit Stellung 3 des Ringblendenrevolvers am Kondensator verwenden.



20391-519 R

Diese Spezial-Immersionen hoher Apertur sind für Phasenkontrast-Fluoreszenz insbesondere in Verbindung mit dem Fluoreszenz-Auflicht-Illuminator gedacht. Sie sind mit Wasser bzw. Öl verwendbar.

Wasserimmersionsobjektive

170/0/45 mm

Objektivart	Gravierung: Abbildungsmaßstab/Apertur	Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrekt- ion ¹⁾	Okular- typ ²⁾	Bestell-Nr.	
Achromatische Wasserimmersionen	SW 25	0.60	1.67	7.1	O	P	519 381
	SW 50	1.00	0.75	3.7	O	P	519 426
	SW 100	1.20	0.22	1.7	O	P	519 429
Achromatische Wasserimmersionen für Phasenkontrast	Phaco 3 SW 100	1.20	0.22	1.7	O	P	519 428

Diese Objektive können mit allen Durchlicht-Mikroskopen benutzt werden. Sie sind für Lebenduntersuchungen etc. in Wasser bis 6% Na Cl-Gehalt bestimmt. Die Fassung der Objektive ist besonders schlank gehalten. Objektivkopfdurchmesser 12 mm.



20392-519 R

Objektive mit langem Arbeitsabstand Durchlicht

170/-/45 mm

Objektivart	Gravierung:		Freier Arbeitsabstand mm*)	Brennweite mm	Deckglas-Korrektion ¹⁾	Okulartyp ³⁾	Bestell-Nr.
	Abbildungsmaßstab/Apertur						
Achromatische Trockenobjektive L	L 10 Iris	0.22	16		DO**)	P	519 438
	L 25 Iris	0.22	15		DO**)	P	519 439
	L 20 Iris	0.32	6.7		DO	P	519 434
	L 32 Iris	0.40	6.5		DO	P	519 435
Achromatische Trockenobjektive L für Phasenkontrast	Phaco 1	0.32	6.7		DO	P	519 436
	L 20						
	Phaco 1 L 32	0.40	6.4		DO	P	519 437

*) nicht exakt

**) Diese Objektive können auch zur Untersuchung in Laborgefäßen benutzt werden.



20396-519 R

Spannungsfreie Achromate und Fluorit-Systeme für Polarisationsmikroskope

170/0,17/45 mm

Ausnahme: PI 1 65.6 mm

Objektivart	Gravierung: Abbildungsmaßstab/Apertur	Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrek- tion ¹⁾	Okular- typ ³⁾	Bestell-Nr.	
Planachromate	PI (P) 1	0.04	30	33	DO	P	559 065*
	PI P 2.5	0.08	11	56	DO	P	559 071
Achromatische Trockensysteme	P 4	0.12	24	32	DO	P	559 079
	P 10	0.25	6.8	17	DO	P	559 054
	P 25	0.50	0.44	7.2	D	P	559 055
	P 40	0.65	0.42	4.6	D	P	559 110
Fluorit-Trocken- systeme	FI P 63	0.85	0.15	2.9	DI	P	559 097
Achromatische Ölimmersionen	P Öl 100	1.30	0.11	1.9	D	P	559 057

(P) bedingt spannungsfrei

* Objektiv mit Irisblende; einschließlich Großfeldkondensator



20395-519 R

Die spannungsfrei gefaßten Objektive für die Polarisationsmikroskopie sind durch die zusätzliche Gravierung P gekennzeichnet. Um sie dauernd spannungsfrei zu erhalten, sind sie vor starken Stößen und Temperaturschwankungen zu schützen.

Zur Verfügung stehen spannungsfreie Achromate konventioneller Bauart 45 mm Abgleichlänge und spannungsfreie Planachromate NPI. Letztere sind über das ganze Sehfeld frei von Bildfeldwölbung, so daß diese Objektive hervorragend für mikrophotographische Zwecke oder Messungen verwendbar sind.

Die Objektive werden entweder in Verbindung mit einem Objektivrevolver mit Einzelzentrierung für jedes Objektiv oder mit Objektiv-Zentrierzange benutzt.

Spannungsfreie Planachromate NPI P und PI P für Polarisationsmikroskope

170/0,17/45 mm

Ausnahme PI 1:65,6 mm

Objektivart	Gravierung:		Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrekt- ion ¹⁾	Okular- typ ²⁾	Bestell-Nr.
	Abbildungsmaßstab/Apertur						
Plan- achromate PI P	PI (P) 1	0.04	30	33	D O	P	559 065*
	PI P 2.5	0.08	11	56	D O	P	559 071
Planachromate NPI P	NPI P 6.3	0.20	2,0	24	D O	P	559 058
	NPI P 16	0.40	0,50	11	D	P	559 059
	NPI P 25	0.50	0,38	7,0	D	P	559 060
	NPI P 40	0.65	0,15	4,5	D	P	559 061
	NPI P Öl 100	1.30	0,26	1,7	D	P	559 062

* Objektiv mit Irisblende, einschließlich Großfeldkondensator

(P) bedingt spannungsfrei



17001 - 519 R

Planachromate NPI Interferenzkontrast T (Durchlicht)

170/0,17/45 mm

Objektivart	Gravierung: Abbildungsmaßstab/Apertur	Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrekt- ion ¹⁾	Okular- typ ³⁾	Bestell-Nr.
Planachromate NPI Interferenzkon- trast T	Interf.-Kontrast T NPI P 25 0.50	0.38	6.9	D	P	Werden nur mit Konden- sor und fest montiert am Revolver ge- liefert, Best- Nr. für die komplette Einrichtung:
	Interf.-Kontrast T NPI P 40 0.65	0.15	4.5	D	P	
	Interf.-Kontrast T NPI P ÖI 100 1.30	0.25	1.7	D	P	
für Polarisations- mikroskope	DIALUX-POL, LABORLUX-POL					553 206
	ORTHOLUX-POL, PANPHOT-POL					553 207
	ORTHOLUX-2 Pol – MK und BK					553 271
	ORTHOPLAN-POL					553 208
für biologische Mikroskope	LABORLUX®					553 209
	DIALUX®					553 266
	DIASERT®					553 306
	ORTHOLUX® und PANPHOT®					553 210
	ORTHOLUX II ORTHOPLAN					553 265 553 211
für Pol-Mikroskope und biologische Mikroskope mit Kondensor- Vorpolarisator	ORTHOPLAN-POL					553 272
	ORTHOPLAN					553 273
	ORTHOLUX 2 Pol – MK und BK					553 274
	ORTHOLUX 2 DIALUX					553 275 553 276

Die Interferenzkontrast-Einrichtung besteht aus dem Spezialkondensator, dem Objektivrevolver für das jeweilige Mikroskop und den Spezialobjektiven, die am Objektivrevolver abgestimmt und fest angeschraubt sind.

Bei den Ausrüstungen im letzten Absatz (Best.-Nr. 553 272 bis 553 276) ist der Kondensator durch einen vorgeschalteten Vorpolarisator auch für starke Lichtquellen (Gasentladungslampe) geeignet.

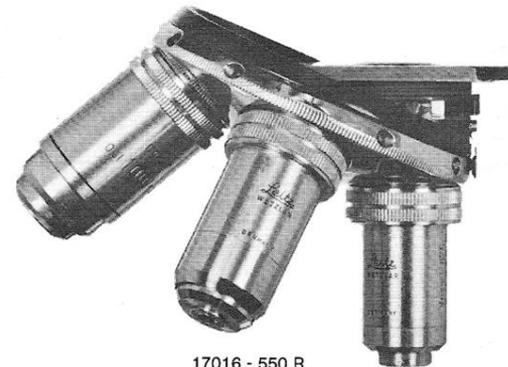
Achromate Pol-Interferenz

170/0,17/45 mm

Objektivart	Gravierung: Abbildungsmaßstab/Apertur	Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Abstand-Meß- strahl-Vergleichs- strahl im Objekt- feld mm	Deckglas- Korrek- tion ¹⁾	Okular- typ ²⁾	Bestell-Nr.
Achromate	Pol-Interf. 16-	0,35	5,3	11	0,25	D O P	Komplette Einrichtung mit Revolver: für DIALUX-Pol und LABORLUX-Pol 553 154 ORTHOLUX-Pol 553 155 PANPHOT-Pol 553 164 ORTHOLUX 2-Pol- MK und BK 553 268 ORTHOPLAN-Pol 553 156
Pol-Interferenz	Pol-Interf. 40	0,65	0,70	4,7	0,1	D P	
	Pol-Interf. Öl 100	1,20	0,16	1,7	0,04	D P	

Die Best.-Nr. beinhalten die kompletten Ausrüstungen.

In Kombination mit der Pol-Interferenzeinrichtung wird jedes größere Polarisationsstativ zu einem hochwertigen Interferenzmikroskop für Durchlicht. Als Objektive werden drei fest in einem zentrierbaren Revolver sitzende Achromate verwendet. Den Frontlinsen der Objektive sind Kristallplättchen vorgefaßt, die den Meß- und Vergleichsstrahl wieder vereinigen. Unter dem Drehtisch mit Schieber und Strahlenteilerplättchen befindet sich der Interferenzkondensator.



17016 - 550 R

Objektive für Heiztisch 350 – Durchlicht und Auflicht

	Durchlicht	Auflicht
6/0.18 } 10/0.25 }	170/Q 1,80/37 mm	215/Q 1,80/ca. 37 mm
UM	170/Q 1,80/45,5 mm	215/Q 1,80/ca. 45 mm

Objektivart	Gravierung: Apertur	Freier Objekt- abstand*		Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korre- ktion	Okular- typ ³⁾	Bestell-Nr. f. norm. Arb.	Bestell-Nr. f. pol. Licht	
		Abb.-M./ Apertur	Abb.-M./ Apertur							
		im Durchlicht	im Auflicht							
Heiztisch	6 0.18	6/0.18	18	7,9/0.14	17	23	Q 1,80/0	H	519 001	559 044**
Objektive	10 0.25	10/0.25	6,0	13/0.19	5,6	16	Q 1,80/0	H	519 293	559 054
	UM 20 0.33	13/0.29	15	17/0.22	15	12	Q 1,80/0	P	559 004	
	UM 32 0.30	19/0.26	16	25/0.20	15	8,2	Q 1,80/0	P	559 005	

* siehe S. 64

** Mit Objektivzwischenstück 519 164 verwenden.



17006 - 519 R

Zu unserem Heiztisch 350 werden je nach Stativ zwei Objektivreihen angeboten. Beide Reihen bestehen aus Achromaten mit langen Arbeitsabständen. Die Objektive der Tabelle S. 62 sind für Stative mit 170 mm bzw. 215 mm mechanische Tubuslänge, die von S. 63 für Tubuslinsensysteme unendlich bestimmt. Wie aus der Spalte „Deckglas-korrektion“ ersichtlich, kann bei sämtlichen Heiztischobjektiven eine Quarzglasscheibe 1,8 mm Dicke verwendet werden. Der „freie Arbeitsabstand“ zählt von Unterkante Objektivfassung bis Oberseite Objekt unter Einschluß der Quarzglasplatte. Werden die Objektive ohne diese Quarzglasplatte benutzt, so verringert sich der Arbeitsabstand um 0,57 mm.

Sämtliche Objektive sind sowohl für Durchlicht als auch bei Verwendung eines Opakilluminators für Auflicht geeignet.

Für Durchlicht eignen sich ferner die Objektive L mit langem Arbeitsabstand, siehe Seite 69.

Objektive für Heiztisch 1350 – Durchlicht und Auflicht

$\left. \begin{array}{l} 5x \\ 10x \\ H \end{array} \right\} \infty / Q 1,80/45 \text{ mm} \quad \left. \begin{array}{l} L 20x \\ L 32x \end{array} \right\} \infty / O/45 \text{ mm}$

	Gravierung: Lupenvergrößerung/Apertur	Freier Objekt- abstand mm*	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrekt- tion	Okular- typ ³⁾	Bestell-Nr.	
Heiztisch- Objektive	5x	0.09	13	50	Q 1,80/0	P	569 049
	10x	0.18	14	25	Q 1,80/0	P	569 050
	H 20x	0.40	8,3	12	Q 1,80	P	569 001
	H 32x	0.60	5,7	8,0	Q 1,80	P	569 002
	L 20x	0.40	6,6	12	D O ¹⁾	P	569 003
	L 32x	0.60	4,0	8,0	O ¹⁾	P	569 004

* Bei den L-Objektiven von Unterkante Objektivfassung bis Objekt, bei den übrigen Objektiven noch unter Einschluß einer Quarzglasabdeckplatte von 1,80 mm.



17005 - 519 R

Für den Heiztisch 1350 stehen bei den schwachen Vergrößerungen Achromate zur Verfügung, wie sie auch bei unseren Metallmikroskopen benutzt werden. Die stärkeren Systeme sind Spezial-Heiztisch-Objektive der Baureihe H oder L. Bei der Baureihe H ist eine Quarzglasplatte von 1,8 mm Dicke in die Rechnung einbezogen. Alle Objektive sind für Durchlicht und Auflicht geeignet. Objektive für Phasenkontrast-Auflicht, siehe Seite 77.

Objektive für photographische Schichten

170/0/37 mm

**Ausnahme: KS 45/0.65 mit Deckglas 0,17 verwenden

Objektivart	Gravierung:		verwendbar für Schichtdicke	fAA in Öl bzw. Luft max.	Brenn- weite mm	Okular- typ ³⁾	Bestell-Nr.
	Abbildungsmaßstab/Apertur						
Achromate	KS 45**	0.65	0 – 750 μm	500 μm	4,1	P(H)	519 042

fAA = freier Arbeitsabstand

Die hier beschriebenen Objektive entsprechen den besonderen Anforderungen bei der Ausmessung photographischer Schichten; sie sind eigens dafür berechnet. Es wurde großer Wert auf die Entwicklung von Systemen mit hoher Apertur und großem Arbeitsabstand bei geeigneter Vergrößerung gelegt.

Die Verwendung von Ölimmersionen ist bei Messungen mit Objektiven hoher Apertur an dicken Schichten notwendig, weil sich der Korrektionszustand eines Trockenobjektivs zu stark mit der jeweils eingestellten Tiefe im Objekt ändert.



20791-519 R

Spiegelobjektive und Kondensoren

Objektivart	Gravierung: Abbildungsmaßstab/Apertur	Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrek- tion ¹⁾	Ab- schattungs- faktor	Flächen- Abschattung in %	Bestell-Nr.
Trockenobjektiv	Q 170 0.50	2,1	2,5	Q 0,18	0,1/0,5	5	520 108
Immersionsobjektive	Q Glyc. 300 0.85	0,4	1,35	Q 0,18	0,18/0,85	5	520 109
	Q Glyc. 300 S 0.85	0,4	1,35	Q 0,18	0,18/0,85	5	520 110
Immersions-Kondensor*)	Q Glyc. 0.60	1)	1,45		0,2/0,6	12	520 112
Immersions-Kondensor	Q Glyc. 0.40	1)	1,45		0,2/0,4	25	520 111

* Auch als Trockenkondensor verwendbar.

1) Quarzglas-Objekttträger 0,5 mm



8976 - 52 R

LEITZ-Spiegelobjektive lassen sich im gesamten ultravioletten und sichtbaren Bereich von 220 bis 700 nm verwenden. Sie sind mit Objekttägern aus Quarzglas der Dicke 0,5 mm und Deckgläsern aus Quarzglas 0,18 mm zu benutzen. Als Immersionsmittel wird Glyzerin mit der Brechzahl $n_D = 1,4400$, entsprechend einem Wassergehalt von etwa 10%, empfohlen.

Objektive für Universal-Drehtische

170/-/45,4 mm für UM
170/-/37 mm für UMK

Bezeichnung und Apertur	Best.-Nr.	mit Segmentpaar "D"	Radius	Bestell-Nr. (Segment)	Abbildungsmaßstab	Apertur	Brennweite mm	Deckglas-Korr. ¹⁾	Okular-typ ³⁾	Arbeitsabstand mm	
UM 5/0.10	559 002	ohne	-	-	3,2	0.07	34	DO	H	14	
		1.554	13,5	553 051	5	0.10					1,40
		1.516	13,5	553 010	4,9	0.10					
		1.649	13,5	553 011	5,3	0.11					
UM 10/0.22	559 003	ohne	-	-	6,4	0.15	23	DO	H	14	
		1.554	13,5	553 051	10	0.22					1,40
		1.516	13,5	553 010	9,8	0.21					
		1.649	13,5	553 011	11	0.23					
UM 20/0.33	559 004	ohne	-	-	13	0.22	12	DO	P	14	
		1.554	13,5	553 051	20	0.33					1,40
		1.516	13,5	553 010	19,5	0.32					
		1.649	13,5	553 011	21	0.35					
UM 32/0.30	559 005	ohne	-	-	20	0.20	8,2	DO	P	15	
		1.554	13,5	553 051	32	0.30					1,40
		1.516	13,5	553 010	31	0.29					
		1.649	13,5	553 011	34	0.32					
UMK 32/0.60	559 016	ohne	-	-	20	0.40	8,5	DO	P	6,3	
		1.554	5,73	553 056	32	0.60					0,56
		1.516	5,73	553 057	31	0.59					
		1.649	5,73	553 058	34	0.64					
UMK 50/0.60	559 040	ohne	-	-	32	0.40	5,1	DO	P	6,1	
		1.554	5,73	553 056	50	0.60					0,41
		1.516	5,73	553 057	49	0.59					
		1.649	5,73	553 058	53	0.64					

Einstellobjektiv 559 041

Die Spezialobjektive UM sind für die Verwendung am Universal-Drehtisch bestimmt. Sie werden in Verbindung mit einem Polarisations-Mikroskop benutzt. Alle UM-Objektive sind mit Irisblende ausgerüstet. Die Objektive UM 20 und 30 erfordern einen Zusatzkondensator, sie lassen sich vorteilhaft für die Messung von kristallographischen Bezugsrich-

tungen verwenden. Objektive UMK werden benötigt, wenn ein U-Tisch zu einem U-Tischkonoskop ergänzt werden soll. Die auf den Objektiven angegebenen Werte Maßstab/Apertur gelten für die Segmente 1,554. Werden UM-Objektive ohne Segmente benutzt, so läßt sich mit Vorteil ihr großer Arbeitsabstand ausnutzen.

Bei Verwendung mit Segment zählt der Arbeitsabstand von Frontlinse Objektiv bis Segment.



17011 - 519 R

II. LEITZ-Objektive für Auflicht

ULTROPAK[®]-Objektive für Auflicht-Dunkelfeld

185/0/35 mm

Ausnahmen: UO 4 = 45 mm, UO 6,5 = 41 mm

Objektivart	Gravierung:		Freier Arbeitsabstand mm	Brennweite mm	Deckglas-Korrektion ¹⁾	Okulartyp ³⁾	Bestell-Nr.
	Abbildungsmaßstab/Apertur						
ULTROPAK-Trockenobjektive mit Ring-Kondensor	UO 4	0.10	13	34	D O	P	513 182
	UO 6,5	0.18	16	25	D O	H	513 004
	UO 11	0.25	5,6	16	D O	H	513 005
	UO 22	0.45	2,0	9,3	D O	H	513 006
	UO 32	0.55	0,92	6,0	O	P	513 119
	UO 42	0.60	0,65	4,6	O	P	513 241
ULTROPAK-Immersionsojektive mit Ringkondensor	UO W 55	0.80	0,59	3,6	O	P	513 008
	UO FI Öl 60	0.85	0,30	3,5	D O	P	513 010

Zubehör zum ULTROPAK siehe Seite 72

W = Wasserimmersion

Die UO-Objektive sind für eine Tubuslänge von 185 mm gerechnet. Sie werden am ULTROPAK-Illuminator mit einem eigenen Tubuslinsensystem benutzt. Alle Objektive sind für die Verwendung ohne Deckglas korrigiert, jedoch können die meisten auch mit Deckglas benutzt werden.



17027 - 519 R

Spezial-ULTROPAK-Objektive mit langem Arbeitsabstand

185/0/nicht abgeglichen

Objektivart	Gravierung: Abbildungsmaßstab/Apertur	Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrek- tion ¹⁾	Okular- typ ³⁾	Bestell-Nr.
Achromate	Sp UO 1.5/L110 0.02	108	69	D O	H	500 973
mit	Sp UO 2/L90 0.03	88	61	D O	H	500 972
Ringkondensator	Sp UO 3/L60 0.04	62	47	D O	H	500 971
Achromat ohne Ringkondensator	UO 1.5/L 110 0.04	108	69	DO	H	580 550*

Zubehör zum ULTROPAK

Reliefkondensator für die Objektive UO 4, 6.5, 11-50						513 147
Verlängerungsstücke mit Rohrblende für Objektive		UO 4				513 306
		UO 6.5				513 148
		UO 11-50				513 149
Immersionsansatz für Objektiv		UO 4				513 294
		UO 6.5				513 015
		UO 11				513 016
Eintauchkappen EZ 23-100						513 017
Spiegelkondensator für Objektive UO 22 bis 60						513 013

* für Erhitzungsmikroskop

Auflicht-Hellfeldobjektive für Metallmikroskope

∞/0/45 mm

Objektivart	Gravierung:		Freier Arbeitsabstand mm	Brennweite mm	Deckglas-Korrektion ¹⁾	Okulartyp ²⁾	Bestell-Nr.
	Lupenvergrößerung/Apertur						
Achromatische Trockensysteme	5x	0.09	12	50	D O	P	569 049
	10x	0.18	13	25	D O	P	569 050
	20x	0.35	1,0	12	D O	P	569 051
Fluorit-Systeme	Fl 50x	0.85	0,26	5,0	O	P	569 052
	Fl 50x	0.85	0,28	5,0	D	P	569 085*
	Fl 100x	0.95	0,09	2,5	O	P	569 053
Fluorit-Ölimmersion	Fl Öl 100x	1.36	0,26	2,5	O	P	569 046

* mit Deckglas verwenden z. B. für LEITZ-Durchlicht-Interferenzmikroskop.

Mit den LEITZ-Auflichtobjektiven für die Metallmikroskopie lassen sich die in der Metallographie eingeführten Vergrößerungsnormen 50x, 100x, 200x, 500x und 1000x erreichen. Ihrem Korrektionszustand nach sind es Achromate bzw. Fluoritsysteme. Sie sind für den Gebrauch ohne Deckglas korrigiert. Als Okulare werden für visuelle Zwecke PERIPLAN-Okulare, für mikrophotographische Aufnahmen Negativokulare benutzt.



17032 - 519 R

Auflicht-Phasenkontrastobjektive für Metallmikroskope

∞ /0/45 mm

Objektivart	Gravierung:		Freier Arbeitsabstand mm	Brennweite mm	Deckglas-korrektion ¹⁾	Okular-typ ³⁾	Bestell-Nr.
	Lupenvergrößerung/Apertur						
Achromatische Trockensysteme Phaco	Phaco 5x	0.09	12	50	D O	P	569 019
	Phaco 10x	0.18	13	25	D O	P	569 020
	Phaco 20x	0.35	1,0	12	D O	P	569 021
Fluoritsysteme Phaco	Phaco FI 50x	0.85	0,26	5,0	O	P	569 022
	Phaco FI 100x	0.95	0,09	2,5	O	P	569 047



17031 - 519 R

Auflicht-Hellfeld/Dunkelfeldobjektive HD für Metallmikroskope

∞ /0/42 mm, Spezialgewinde M 30 x 0.75

Objektivart	Gravierung:		Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- korrek- tion ¹⁾	Okular- typ ²⁾	Bestell-Nr.
	Lupenvergrößerung/Apertur						
Achromate	HD 10x	0.18	7,0	25	D O	P	569 074
	HD 20x	0.35	1,1	13	D O	P	569 075
	HD FI 50x	0.75	0,26	5,0	O	P	569 076

Diese Objektive sind nicht mit Normalgewinde, sondern mit Gewinde M 30 x 0.75 versehen. Sie sind für Untersuchungen im Auflicht-Hellfeld und Auflicht-Dunkelfeld in Verbindung mit dem HD-Opakilluminator verwendbar. Für die Dunkelfeld-Beleuchtung ist ein Ringspiegelsystem eingebaut. Die beiden Objektive 10x und 20x haben die gleichen Aperturen wie die Hellfeld-Objektive gleicher Vergrößerung, während beim Objektiv 50x die Apertur auf 0,75 beschränkt wurde, um Platz für die Dunkelfeld-Beleuchtung zu schaffen. Am HD-Opakilluminator können auch die Auflicht-Hellfeldobjektive von S. 73, die Planobjektive von S. 76 und die D PI Objektive von S. 77 benutzt werden. Für die Objektive von S. 73 und 76 sind Zwischenringe 563 115 erforderlich.



17064 - 519 R

Planobjektive für Metallmikroskope

Auflicht-Hellfeld und polarisiertes Licht (orientierend)

∞/0/45 mm

Objektivart	Gravierung:		Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrek- tion ¹⁾	Okular- typ ³⁾	ohne Zentrierring Bestell-Nr.	mit Zentrierring Bestell-Nr.
	Lupenvergrößerung /	Apertur						
Achromate	PI R 2x	0.04	18	125	D O	P	569 094 *	
	PI 3.2x	0.06	12	78	D O	P	569 007	569 025
	PI 8x	0.18	13	32	D O	P	569 008	569 026
	PI Öl 8x	0.18	0,14	32	D O	P	569 014	569 040
	PI 16x	0.30	7,0	16	D O	P	569 068	569 069
	PI Öl 16x	0.30	0,21	16	D O	P	569 015	569 041
	PI 32x	0.50	0,43	7,9	O	P	569 090	569 093
	PI 80x	0.95	0,08	3,1	O	P	569 073	569 029
	PI 160x	0.95	0,08	1,6	O	P	569 012	569 030
Apochromate	PI Apo Öl 160x	1.40	0,27	1,6	O	P	569 013	569 031

* nur in Verbindung mit Pol-Opakilluminator.

Zentrierring extra, Bestell-Nr. 562 028.



17029 - 519 R

Diese Planobjektive sind für Okulare bis Sehfeldzahl 28 voll geebnet. Sie werden daher vorzugsweise an Metallmikroskopen mit weiten Tuben und in Verbindung mit GW-Okularen eingesetzt, z. B. MM6, METALLOPLAN®. Sie sind für Untersuchungen im Hellfeld und orientierende Beobachtungen im polarisierten Licht geeignet.

Planobjektive für Metallmikroskope Auflicht-Dunkelfeld und (Hellfeld)

∞/0/42 mm, Spezialgewinde M 30 x 0,75

Objektivart	Gravierung:		Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrek- tion ¹⁾	Okular- typ ³⁾	ohne	ohne	mit
	Lupenvergrößerung/Apertur						Zentrierring ohne Blende Bestell-Nr.	Zentrierring mit Blende Bestell-Nr.	
Achromate	PI 16x D	- 0.30	6,9*	16	D O	P	569 115	569 082	569 054
	PI 32x D	0.50	2,0*	7,8	D O	P	569 116	569 083	569 038
	PI 80x D	0.75	0,16	3,2	O	P	569 117	569 084	569 070

* von Frontkante Spiegelkondensor bis Objekt.

Zentrierring extra, Bestell-Nr. 562 029

Diese Objektive können am Metallmikroskop MM 6 ohne Zentrierring in der Ausführung ohne Blende, am METALLOPLAN ohne Zentrierring in der Ausführung mit Blende und am MM 5 mit Zentrierring benutzt werden. Sie sind für Okulare bis Sehfeldzahl 28 voll geebnet. Auch am METALLUX 2 sind sie zu verwenden, wobei aber keine Normvergrößerungen erreicht werden.

Die beiden schwachen Dunkelfeld-Objektive sind vollwertig auch für Hellfeld-Untersuchungen geeignet. Das starke Dunkelfeld-Objektiv besitzt eine niedrigere Apertur als das Hellfeld-Objektiv, es läßt sich jedoch ebenfalls im Hellfeld verwenden. Bei hohen Anforderungen ist das Auflicht-Hellfeldobjektiv PI 80 x/0.95 empfehlenswerter.



17028 - 519 R

Planobjektive für Metallmikroskope

Auflicht-Phasenkontrast

∞/0/45 mm

Objektivart	Gravierung: Lupenvergrößerung	/ Apertur	Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrek- tion 1)	Okular- typ 3)	ohne Zentrierring Bestell-Nr.	mit Zentrierring Bestell-Nr.
Achromate	Phaco PI 8x	0.18	14	31	D O	P	569 077	569 032
	Phaco PI 32x	0.50	2,4	7,8	D O	P	569 078	569 033
	Phaco PI 80x	0.95	0,08	3,1	O	P	569 091	569 034
	Phaco PI 160x	0.95	0,08	1,6	O	P	569 092	569 035
Apochromate	Phaco PI Apo Öl 160x	1.40	0,27	1,6	O	P	569 081	569 036



17023 - 519 R

Phasenkontrast-Objektive sind bedingt auch im Hellfeld zu gebrauchen. Bei hohen Ansprüchen empfiehlt sich die Verwendung unserer Plan-Hellfeld-Objektive.
Diese Objektive sind nur an den Metallmikroskopen MM 5 px und MM 6 verwendbar.

Strahlungsresistente Objektive R für Metallmikroskope

PI R und R

$\infty/0/45$ mm

Ausnahme: PI R 2x = 63 mm

HDR

$\infty/0/42$ mm

Spezialgewinde M 30 x 0,75

Objektivart	Gravierung: Lupenvergrößerung / Apertur	Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrekt- ion 1)	Okular- typ 3)	Bestell-Nr.	
Achromate für Hellfeld	PI R 2x	0.04	18	125	D O	P	569 094
	R 5x	0.09	11,5	49	D O	P	569 103
	R 10x	0.18	14	25	D O	P	569 086
	R 20x	0.35	1,4	12,5	D O	P	569 087
	R 50x	0.75	0,41	5,0	O	P	569 088
Achromate für Hellfeld und Dunkelfeld	HDR 10x	0,18	14	25	D O	P	569 106
	HDR 20x	0,35	1,4	12,5	D O	P	569 105
	HDR 50x	0,75	0,4	5,0	O	P	569 104

Unsere strahlungsresistenten Objektive R 10x, 20x, 50x sind unter Verwendung spezieller Glassorten für den Einsatz in heißen Zellen entwickelt. Es sind Achromate mit einheitlicher Abgleichlänge für die Benutzung am Revolver des Opakilluminators. Sie sind mit GF-Okularen und Reduzierhülse zu verwenden. Das Objektiv PI R 2x ist ein achromatisches strahlungsresistentes Planobjektiv mit vorgefaßtem Kristallplättchen. Es wird zwischen zwei gekreuzten Polarisatoren am Pol-Opak benutzt. Man erhält so ein reflexfreies Bild. Das Objektiv ist so kurz, daß es mit den anderen Objektiven am gleichen Revolver verwendbar ist.

Die HDR-Objektive sind für Auflicht-Hellfeld und Dunkelfeld mit dem HD-Opakilluminator verwendbar. Für die Dunkelfeldbeleuchtung ist ein Ringspiegelsystem eingebaut.



17034 - 519 R

Spannungsfreie Objektive für Polarisationsmikroskope

Auflicht

Achromate: 215/0/nicht abgeglichen

Fluorite: 215/0/14 mm

Objektivart	Gravierung:		Freier Arbeitsabstand mm	Brennweite mm	Deckglas-Korrektion 1)	Okulartyp 3)	Bestell-Nr.
	Abb.-Maßstab	/ Apertur					
Achromate	P 6.3	0.20	21	30	D O	P	559 051
	P 8	0.18	16	23	D O	H	559 015
	P 16	0.40	3,3	13	D O	H	559 008
	P 44	0.65	0,53	4,5	O	P	559 033
	P Öl+W 12,5	0.25	0,26	16	D O	H	559 010
	P Öl+W 25	0.65	0,38	8,1	D O	P	559 011
Fluoritsysteme	(P) FI 45	0.85	0,33	4,4	O	P	559 009
	(P) FI Öl 60	0.95	0,33	3,4	D O	P	559 012
	(P) FI Öl 80	1.30	0,33	2,5	D O	P	559 013
	(P) FI Öl 105	1.32	0,27	2,0	D O	P	559 014

Die mit (P) gekennzeichneten Objektive sind ausgesucht, aber nicht völlig spannungsfrei.



17033 - 519 R

Spannungsfreie Objektive für Auflicht werden am Polarisations-Opakilluminator in Verbindung mit der Objektiv-Zentrierzange benutzt. Die Immersionssysteme ergeben hierbei gegenüber Trockenobjektiven ein reflexfreies und damit kontrastreicherer Bild. Siehe auch Seite 81.

Immersionkontrast-Objektive

Auflicht

215/0/nicht abgeglichen

Objektivart	Gravierung Abb.-Maßstab	/ Apertur	Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- korrektur 1)	Okular- typ 3)	Abgleich- länge länge mm	Bestell-Nr.
Immersionssysteme mit Kristallplättchen	P Öl 8	0.18	0.25	23	D O	H	37	559 075
	P Öl 16	0.40	0.25	13.2	D O	H	26	559 076
Immersionssysteme für Methylenjodid mit Kristallplättchen	P Meth.-Jodid 8	0.18	0.10	23	D O	H	37	559 077
	P Meth.-Jodid 16	0.40	0.10	13.2	D O	H	26	559 078

Diese für Öl bzw. Methylenjodid gerechneten Immersionssysteme haben ein vorgefaßtes Kristallplättchen zur Reflexminderung. Der Kontrast ist daher besonders hoch. Verwendung am Polarisations-Opakilluminator, vorzugsweise für Untersuchungen mineralogischer Objekte.



20397-519 R

Pol-Interferenzkontrast-Objektive nach Françon

215/0/44,9 bis 45,5 mm

Objektivart	Gravierung: Abbildungsmaßstab/Apertur	Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrekt- ion ¹⁾	Okular- typ ³⁾	Bestell-Nr.	
Achromate für ORTHOLUX-POL LABORLUX-POL DIALUX-POL PANPHOT-POL	Pol- Interf.- Kontrast 8 16 25	0.15 0.22 0.20	2,6 3 3,2	23 12 8,2	D O D O D O	H P P	559 066 559 067 559 068
für ORTHOPLAN-POL*	8 16 25	0.15 0.22 0.20	2,6 3 3,2	23 12,3 8,2	D O D O D O	H P P	559 072 559 073 559 074

* Nur als Nachrüstung lieferbar,
wenn Pol-Opakilluminator vorhanden.



16988 - 550 R

Für Auflichtbeobachtungen im Interferenzkontrast wurden drei achromatische Objektive entwickelt, die mit einem Zentriering fest verbunden sind. Der Interferenzkontrast wird durch zwei verkittete Quarzplättchen erzeugt, die durch einen Rändelring am Objektiv gekippt werden können. Ein weiterer Rändelring bedient die Aperturblende. Die Objektive eignen sich nur für Beobachtungen im Interferenzkontrast, nicht jedoch für Messungen.

Spannungsfreie Planachromate NPI P und Immersionssysteme für Auflicht-Polarisationsmikroskope

$\infty/0/30$ mm

Ausnahme: NPI P 5x: 40 mm

Objektivart	Gravierung:		Freier Arbeits- abstand mm*)	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrek- tion ¹⁾	Okular- typ ¹⁾	Bestell-Nr.	
	Lupenvergrößerung / Apertur							
Planachromate NPI P Auflicht	NPI P 5x	0.09	12	50	D O	P	559 080	559 115
	NPI P 10x	0.20	14	25	D O	P	559 109	559 116
	NPI P 20x	0.40	0.90	12.7	D O	P	559 111	559 117
	NPI P 50x	0.85	0.38	5.0	O	P	559 085	559 118
	NPI P 100x	0.90	0.10	2.5	O	P	559 112	559 119
Immersionssysteme Auflicht	Öl P 20x	0.40	0.46	12.5	D O	P	559 083	559 126
	Öl P 32x	0.65	0.30	7.8	D O	P	559 084	559 127
	Öl P 50x	0.85	0.35	5.0	D O	P	559 086	559 128
	Öl P 125x	1.30	0.28	2.0	O	P	559 087	559 120

für stationäre Metall-
mikroskope der MM-Reihe. Für
MM6 mit Zentrierung 562 028.
für Pol-Mikroskope der
neuen Reihe.



20398-519 R

Diese Objektive sind für Auflichtuntersuchungen im polarisierten Licht und Hellfeld geeignet. Sie können sämtlich mittels der auf S. 84 genannten Ergänzungen für Interferenzkontrast R (Auflicht) benutzt werden.

Ergänzungen mit Wollaston-Prismen für Interferenzkontrast R

(passend zu den Objektiven Seite 83)

Für Objektiv	Zwischenstück 15 mm mit Wollaston-Prisma für Revolver Bestell-Nr.	Zwischenstück 15 mm mit Wollaston-Prisma für Zentrierzange Bestell-Nr.	Objektivträger 15 mm mit Wollaston-Prisma für Helffeld-Opak zum MM5 Bestell-Nr.
NPI P 5x	553 238	553 243	553 251
NPI P 10x	553 296	553 292	553 294
NPI P 20x	553 240	553 245	553 253
NPI P 50x	553 241	553 246	553 254
NPI P 100x	553 295	553 291	553 293
ÖI P 125x	553 242	553 247	553 255

Zwischenringe 10 mm für Auflichteinrichtungen zum HM-POL und zum SM-LUX-POL. Bestell-Nr. 553 303



20792-519 R



19979-519 R

Immersionskontrast-Planachromate für Auflicht

Pos 1 + 2 $\infty/0/40$ mm
ab Pos. 3 $\infty/0/30$ mm

Objektivart	Gravierung: Lupevergrößerung / Apertur	Freier Arbeits- abstand mm	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrekt- ion ¹⁾	Okular- typ ²⁾	Bestell-Nr.
Planachromate NPI	Immèrs.-Kontr. NPI Öl 5x 0.09	0.35	50	O	P	559 088
	Immèrs.-Kontr. NPI Meth.-Jodid 5x 0.09	0.37	50	O	P	559 092
Planachromate NPI	Immèrs.-Kontr. NPI Öl 10x 0.20	0.20	25	O	P	559 089
	Immèrs.-Kontr. NPI Meth.-Jodid 10x 0.20	0.22	25	O	P	559 093
	Immèrs.-Kontr. NPI Öl 20x 0.40	0.23	12.5	O	P	559 090
	Immèrs.-Kontr. NPI Meth.-Jodid 20x 0.40	0.37	12.5	O	P	559 094
	Immèrs.-Kontr. NPI Öl 50x 0.65	0.22	5.0	O	P	559 091
	Immèrs.-Kontr. NPI Meth.-Jodid 50x 0.65	0.25	5.0	O	P	559 095

Zwischenring 10 mm für Abgleich Bestell-Nr. 559 081



20794-519 R



20795-519 R

Diese Immersionsobjektive enthalten ein drehbares Kristallplättchen. Damit läßt sich optimaler Kontrast erzielen. Sie eignen sich hervorragend für lichtdurchlässige mineralogische Objekte und sind für den Gebrauch am Polarisations-Opakilluminator bestimmt, können aber in Verbindung mit gekreuzten Polarisatoren auch am Metall-Opakilluminator benutzt werden.

Objektive für Heiztisch 1750 – Auflicht

5x }
 10x } ∞/Q 1,80/45 mm
 H 20 und 32x }
 L 20x } ∞/0/45 mm
 L 32x }

Objektivart	Gravierung:		Freier Objekt- abstand mm*	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrek- tion ¹⁾	Okular- typ ³⁾	Bestell-Nr.
	Lupenvergrößerung / Apertur						
Achromate	NPI 5x	0.09	13	50	Q 1,80/0	P	569 049
	10x	0.18	14	25	Q 1,80/0	P	569 050
	H 20x	0.40	8,3	12	Q 1,80	P	569 001
	H 32x	0.60	5,7	8,0	Q 1,80	P	569 002
	L 20x	0.40	6,5	12	DO	P	569 003
	L 32x	0.60	3,9	8,0	O	P	569 004

* Von Unterkante Objektivfassung bis Objekt unter Einschluß einer Quarzglasabdeckplatte von 1,8 mm. L-Objektive ohne Quarzglasplatte.



Diese Objektive sind die gleichen wie auf S. 64 beschrieben. Sie werden am Heiztisch 1750 im Auflicht mit dem Opakilluminator benutzt.

Objektive für Heiztische 1750 und 1350 – Auflicht-Phasenkontrast

∞/Q 1,80/45 mm

Objektivart	Gravierung: Lupenvergrößerung / Apertur		Freier Objekt- abstand mm*	Brenn- weite mm	Deckglas- Korrek- tion ¹⁾	Okular- typ ²⁾	Bestell-Nr.
Achromate	Phaco 5x	0.09	13	50	Q 1,80/0	P	569 019
	Phaco 10x	0.18	14	25	Q 1,80/0	P	569 020
	Phaco H 20x	0.40	8,3	12	Q 1,80	P	569 005
	Phaco H 32x	0.60	5,7	8,0	Q 1,80	P	569 006
	Phaco L 20x	0.40	7,7	12,5	D O	P	569 112
	Phaco L 32x	0.60	4,3	7,8	O	P	569 114

* siehe Seite 86

Diese Objektive werden zum Heiztisch 1350 und 1750 mit dem Phasenkontrast-Opakilluminator benutzt. Mech. Tubuslänge, Deckglaskorrektur und Abgleichlänge entsprechen Tabelle S. 86.

Objektive zum Heiztisch 1350, Auflicht-Hellfeld siehe S. 64.



17025 - 519 R

Objektive für Mikro- und Makrophotographie

Gravierung	Brennweite mm	Apertur	Für Bildweite ∞ relative Öffnung	Erreichbare Abb.-Maßstäbe für 9x12 cm-Kamera mit Spiegelkasten von	bis	Bestell-Nr.
SUMMARON® 28 mm mit Ring	28	0.09	1:5.6	10 :1	22 :1	549 001
PHOTAR® 120/5.6*	120	0.09	1:5.6	1.2:1	3 :1	549 022
PHOTAR 80/4.5*	80	0.11	1:4.5	2.5:1	6.5:1	549 021
PHOTAR 50/2.8*	50	0.18	1:2.8	4.5:1	12 :1	549 020
PHOTAR 50/4**	50	0.12	1:4	4.5:1	12 :1	549 019
PHOTAR 25/2.5**	25	0.20	1:2.5	10 :1	25 :1	549 018
PHOTAR 12.5/1.9*	12.5	0.27	1:1.9	22 :1	55 :1	549 017

* Gewinde: 40 mm Ø

** Mikro-Objektivgewinde



18560-519 R

III. LEITZ-Okulare

Reduzierhülsen für Okulare 23,2 mm Ø in Tuben 30 mm;
für Pol-Stative älterer Bauart

Bestell-Nr. einzeln 552 053

Reduzierhülsen für Okulare 23,2 mm Ø in Tuben 30 mm;
für MM6, MM5, ORTHOPLAN und METALLOPLAN.

Bestell-Nr. einzeln 513 122 Paar 513 256

Huygens-Okulare

Ø 23,2 mm

Bezeichnung	Lupen- vergrößerung	Brennweite mm	Sehfeld- zahl	Bildwinkel	Bestell-Nr. Einzel	2. Okular zum Paar	Paar
H 6,3x	6,3x	40	18	26°	519 180	519 180	519 181
10x	10x	25	14	31°	519 221	519 221	519 222

Zusätzlich: Paar Augenmuscheln aus Weichgummi Bestell-Nr. 511 054



17142 - 519 R



17789 - 519 R

M = Okular mit verstellbarer Augenlinse und Strichplattenfassung
Z = Zeiger, beweglich

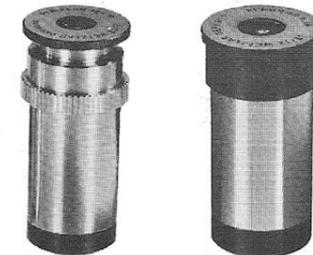
PERIPLAN®-OKULARE

Ø 23,2 mm

Bezeichnung	Lupen- vergrößerung	Brenn- weite mm	Sehfeld- zahl	Bildwinkel	Bestell-Nr. Einzel	2. Okular zum Paar	Paar
6,3x	6,3x	40	18	26°	519 185	519 185	519 186
6,3xM	6,3x	40	18	26°	519 188	519 188	519 187
10xM	10x	25	15	33°	519 170	519 170	519 035
10x°	10x	25	16	35°	519 335	519 335	519 336
10x°Z	10x	25	16	35°	519 341	-	-
NF 10x	10x	25	18	40°	519 319	519 319	519 318
NF 10xM	10x	25	18	40°	519 320	519 319	519 327
NF 10xM	10x	25	18	40°	519 320	519 320	519 328
NF 10xZ	10x	25	18	40°	519 321	-	-
12,5x	12,5x	20	14	39°	519 367	519 367	519 368
25xB	25x	10	8	43°	519 198	519 198	519 218

Zusätzlich: Paar Augenmuscheln aus Weichgummi 511 054

M = Okular mit verstellbarer Augenlinse und Strichplattenfassung
Z = Zeiger, fest



17790 - 519 R

PERIPLAN-Großfeld-Okulare GF

Ø 23,2 mm

Bezeichnung	Lupen- vergrößerung	Brenn- weite mm	Sehfeld- zahl	Bildwinkel	Bestell-Nr. Einzel	2. Okular zum Paar	Paar
GF 10x	10x	25	18	40°	519 137	519 137	519 142
GF 10x M	10x	25	18	40°	519 126	519 137	519 127
GF 10x M	10x	25	18	40°	519 126	519 126	519 281
GF 10x M 20 Punkte	10x	25	18	40°	519 312		
GF 10x M 10 Punkte	10x	25	18	40°	519 313		
GF 12,5x	12,5x	20	18	48°	519 051	519 051	519 053
GF 12,5x M	12,5x	20	18	48°	519 055	519 051	519 056
GF 16x	16x	16	15	52°	519 369	519 369	519 370
GF 25x	25x	10	10	53°	519 140	519 140	519 144
GF 25x M	25x	10	10	53°	519 141	519 140	519 130

M = Okular mit verstellbarer Augenlinse und Strichplattenfassung



17704



20402-519 R

PERIPLAN-Großfeld-Okulare GW

Ø 30 mm

Bezeichnung	Lupen- vergrößerung	Brenn- weite mm	Sehfeld- zahl	Bildwinkel	Bestell-Nr. Einzel	2. Okular zum Paar	Paar
GW 6,3x	6,3x	40	28	39°	519 398	519 398	519 397
GW 8x M	8x	31	28	48°	519 400	519 400	519 399
GW 8x M (20 Punkte)	8x	31	28	48°	519 393		
GW 8x M (10 Punkte)					519 394		
GW 10x	10x	25	24	51°	519 133	519 133	519 174
GW 10x M	10x	25	24	51°	519 234	519 234	519 235
GW 10x MF (für ORTHOMAT W)	10x	25	24	51°	519 344	519 234	519 345

M = Okular mit verstellbarer Augenlinse und Strichplattenfassung

MF = Okular mit verstellbarer Augenlinse und Einstellstrichplatte für Photographie

Strichplatten siehe Seite 112

Zusätzlich: Paar Augenmuscheln 511 251



20370-519 R

Brillenträger-Okulare

PERIPLAN GF, und PERIPLAN-GW,

Ø 23,2 mm

Ø 30 mm

Bezeichnung	Lupen- vergrößerung	Brenn- weite mm	Sehfeld- zahl	Bildwinkel	Bestell-Nr. Einzel	2. Okular zum Paar	Paar
PERIPLAN							
8x 	8x	31	18	33°	519 377	519 377	519 378
10x 	10x	25	15	34°	519 135	519 135	519 136
10x M 	10x	25	15	34°	519 134	519 135	519 125
GF 12,5x 	12,5x	20			519 411	519 411	519 412
PERIPLAN-GW							
GW 6,3x 	6,3x	40	28	38°	519 291	519 291	519 290
GW 8x 	8x	31	24	42°	519 441	519 441	519 443
GW 8x M 	8x	31	24	42°	519 442	519 442	519 445
GW 8x M 	8x	31	24	42°	519 442	519 441	519 444
für Mikrophotographie							
GW 10x 	10x	25	22	47°	519 261	519 261	519 262

M = Okular mit verstellbarer Augenlinse und Strichplattenfassung



20413-519 R

Photo-Okulare (Negativokulare)

Bezeichnung	Lupen- vergrößerung	Brennweite mm	Sehfeld- zahl	Bildwinkel	Bestell-Nr. Einzel
N 6,3x m	6,3x	-40	20	28°	569 023
N 6,3x h	6,3x	-40	20	28°	569 024
N 8x h	8x				MNIID

m = für Objektive bis mittlere Eigenvergrößerung
h = für Objektive mit hoher Eigenvergrößerung



17187 - 519 R

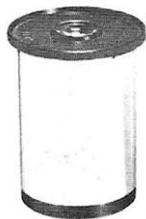
Okulare für Polarisationsmikroskope

Ø 30 mm bzw. 23,2 mm

Bezeichnung	Typ	Ø mm	Strichplatte	Brennweite mm	Sehfeldzahl	Bildwinkel	Bestell-Nr.		
							Einzel	2. Okular zum Paar	Paar
P 6,3x M	H	30	zum Einlegen von Strichplatten	41	21	29°	559 001		
P 8x ☉	H	30	Fadenkreuz	31	19	35°	559 006		
P 10x M	P	23,2	für 20 Punkte Strichplatte	25	14	31°	519 170	519 170	519 035
H 6,3x ☉	H	23,2	Fadenkreuz	40	18	26°	559 049	519 180	559 050
GF 10x ☉	P	23,2	Fadenkreuz	25	18	40°	559 034	519 137*	559 035
GF 10x ☉	P	23,2	Fadenkreuz	25	18	40°	559 034	519 126	559 070
GF 10x M	P	23,2	zur Aufnahme der nachfolgenden Strichplatten:	25	18	40°	519 126	519 126	519 281
GF 10x M	P	23,2	10 mm = 100 Teile		18	40°	519 126	519 137	519 127
			20 Punkte		519 905				
			Strickkreuz		519 921	für Okular P 10x M			
					519 904				

Diese Okulare sind sämtlich mit verstellbarer Augenlinse ausgerüstet

* ohne Strichplatte



17277 - 519 R

Mikroprojektions-Okulare

Ø 23,2 mm

Bezeichnung	Lupenvergrößerung	Brennweite mm	Sehfeldzahl	Bestell-Nr. Einzel
Proj. 1x	1x	249	22	592 026
Proj. 1,25x	1,25x	200	22	592 025
Proj. 1,6x	1,6x	155	22	592 024
Proj. 2x	2x	125	22	592 028
Proj. 2,5x sbj	2,5x	100	22	592 023
Proj. 3,2x sbj	3,2x	79	22	592 022
Proj. 4x sbj	4x	63	22	592 021
Proj. 5x sbj	5x	50	22	592 020

Mikroprojektions-Okulare sind Okulare großer Brennweite zum Projizieren des mikroskopischen Bildes. Sie sind bei einheitlicher Sehfeldzahl so abgestuft, daß für die in Betracht kommenden Projektionsentfernungen der günstigste Bilddurchmesser erreicht wird.

Soweit sie nicht in obiger Tabelle mit der Zusatzbezeichnung sbj. = subjektiv versehen wurden, sind sie für visuelle Zwecke nicht brauchbar.



20400-519 R

Schraubenmikrometer-Okulare

Für alle Mikroskoptuben:

16x metrische Teilung

16x Zollteilung

16x für monochromatisches Licht

Best.-Nr.

500 932

500 933

500 938

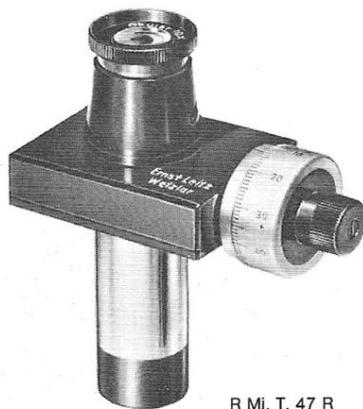
Nicht für Binokulartuben der neuen Baureihe: Bestell-Nr.

12.5x metrische Teilung

12.5x Zollteilung

519 061

519 990

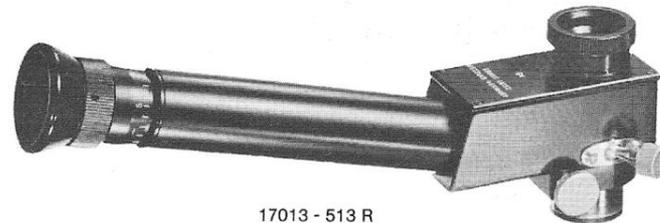


Mit dem Schraubenmikrometer-Okular $V = 12,5x$ oder $V = 16x$ läßt sich eine weit größere Meßgenauigkeit erreichen als mit den üblichen Okularen. Es wird anstelle des normalen Okulars in den Tubus eingesetzt. Im Okular befindet sich eine exakte Teilung mit 12 Intervallen von je 0,5 mm Länge, auf die der Benutzer fokussieren kann. Durch Drehen der seitlichen Mikrometerschraube läßt sich eine Meßlinie über den gesamten Bereich der Teilung führen. Die Trommel der Mikrometerschraube ist in 100 Teile geteilt. Eine Umdrehung der Trommel entspricht 1 Intervall der Okularteilung, ein Trommelstrich also demnach 1/100-Intervall.

Zeigerokulare

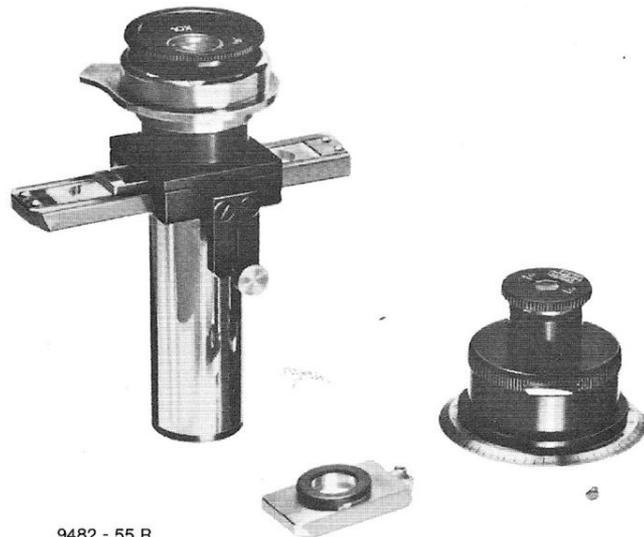
Bezeichnung	Lupen- vergrößerung	Brennweite mm	Sehfeld- zahl	Bildwinkel	Bestell-Nr. Einzel
PERIPLAN-Okular 10x ^o mit Zeiger fest	10x	25	16	35 ^o	519 341
Zeigerdoppelokular H 6x	6x	42	14	26 ^o	519 048
PERIPLAN GF 10x mit Zeiger, fest	10x	25	18	40 ^o	519 329
PERIPLAN NF 10x mit Zeiger, fest	10x	25	18	40 ^o	519 321

Bei dem Okular 519 054 ist ein Zeiger in die Bildebene eingebaut, der sich an jeden Ort des mikroskopischen Sehfeldes bringen läßt. Das Zeigerdoppelokular besitzt zwei Einblickmöglichkeiten – davon eine als Fernrohr mit Schrägeinblick –, so daß es also als Diskussionsokular für zwei Beobachter geeignet ist.



17013 - 513 R

Okular nach Wright



9482 - 55 R

Dieses Okular ist mit Sehfeld-Irisblende und verstellbarer Augenlinse ausgerüstet. Es wird in Verbindung mit dem Aufsatzanalysator und einem geraden Tubus verwendet. In die Zwischenbildebene können Kompensationskeile, Halbschattenplatten und Halbschattenkeile gebracht werden. Bestell-Nr. 553 015

Für die neue Stativreihe sind erforderlich:

Tubusaufsatz 552 157

Aufsatzanalysator mit 360° Teilung, auf 1° ablesbar 553 001

Hilfsmikroskop

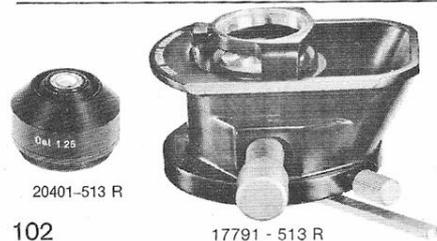
Das Einstellfernrohr wird anstelle des Okulars in den Tubus geschoben. Es erlaubt das Beobachten der vergrößerten Austrittspupille des Objektivs und das Bild der Aperturblende. Erforderlich ist es zum Justieren der Ringblenden des Phasenkontrastkondensors, sofern keine einschaltbare Bertrandlinse vorhanden ist. Bestell-Nr. 513 352.

Wird unter der gleichen Bestellnummer auch als Einstellfernrohr zum ORTHOMAT W angeboten.

IV. LEITZ-Kondensoren

I Hellfeld-Kondensorsystem 600

Kondensor- Nummer	Bezeichnung	Apertur	Schnittweite über Objekttisch	Brennweite (mm)	Ausleuchtung der Objektive		Bestell-Nr.
					in Feld	und in Apertur	
Trockenkondensoren							
600	Kondensor- unterteil	0.25	25 mm	35	ab 2.5 für schwache	bis 0.25 Apertur Objektive	512 081
001	Kopf 0.90 As						512 420
601	asphä- rischer Kondensor	0.90	1.2 mm Glas	10	ab 2.5 fürachr. korrigierte	bis 1.30 Apertur Objektive bei abgeblendeter Beleuchtungsapertur	512 085
002	Kopf Achr. 0.90						512 083
602	achro- matischer Kondensor	0.90	1.2 mm Glas	10	ab 2.5 für hochkorrigierte	bis 1.32 Apertur Objektive, besonders für Mikrophotographie	512 086
Immersionskondensoren							
010	Kopf Öl 1.25						512 352
610	einfacher Immersionskondensor	1.25	1.2 mm Glas*	7.9	ab 2.5 fürachr. korrigierte	bis 1.30 Apertur Immersionen bei hoher Beleuchtungsapertur	512 351
003	Kopf Apl Öl 1.25						512 084
603	aplana- tischer Immersionskondensor	1.25	1.2 mm Glas*	8.1	ab 2.5 für hochkorrigierte	bis 1.32 Apertur Immersionen bei hoher Beleuchtungsapertur	512 087



Kondensor- Nummer	Bezeichnung	Apertur	Schnittweite über Objektisch	Brennweite (mm)	Ausleuchtung der Objektive		Bestell-Nr.
					in Feld	und in Apertur	
009	Kopf Achr. Öl 1.40						513 305
609	achromati- scher Immersions- kondensator 1.40	1.40	1.2 mm Glas*	8.0	ab 2.5	bis 1.40 Apertur für höchstkorrigierte Immersionen bei höchsten Auflösungsansprüchen	
Kondensoren für großen Arbeitsabstand							
005	Kopf Achr. 0.70/L4						513 183
605	Kondensator 0.70		4 mm Glas	13	ab 10:1	bis 1.1 Apertur für alle Objektive, mit Spezial-Küvetten und -Objekträgern	512 311
006	Kopf 0.60/L11						513 184
606	Kondensator 0.60		11 mm, davon 6 mm Glas	17	ab 6.3:1	bis 0.90 Apertur für alle Trockenobjektive, mit Spezialküvetten	512 312
007	Kopf 0.45/L20						513 185
607	Kondensator 0.45		20 mm, davon 6 mm Glas	20	ab 6.3:1	bis 0.70 Apertur für Objektive bis zu mittleren Vergrößerungen, mit Spezialküvetten	512 313

Anpassungslinsen für die jeweiligen Stative siehe IV.

Einzelne Kondensorköpfe

Kondensorkopf Nr.	Gravierung	Bestell-Nr.
001	0.90 As	512 082
002	Achr. 0.90	512 083
003	Apl. Öl 1.25	512 084
005	Achr. 0.70/L4	513 183
006	0.60/L11	513 184
007	0.45/L20	513 185
009	Achr. Öl 1.40	513 305
010	Oel 1.25	512 352*

Unsere zentrierbaren Systemkondensoren der Reihe 600 bestehen aus einem einheitlichen Unterteil Nr. 600 mit Beleuchtungslinse, dem Kondensator für schwache Vergrößerungen, und Aperturblende für den Gesamtkondensator, sowie auswechselbaren Kondensorköpfen verschiedener Korrektur, Schnittweite und Apertur. Der Kondensorkopf ist ausklappbar. Die Kondensoren sind in Schlittenwechslung horizontal wechselbar und durch Zahntrieb in der Höhe zu verstellen. Sie sind für eine im Stativ eingebaute Leuchtfeldblende gerechnet.

* nicht abgestimmt.

Beim Anheben des Kondensators über die Leuchtfeldblenden-Scharfstellung hebt der Kondensorkopf die Objektträger vom Tisch an.

II Phasenkontrast-Kondensorsystem 400 nach Zernike

Kondensor- Nummer	Bezeichnung	Apertur	Schnittweite über Objekttisch	Brennweite (mm)	Verwendung	Bestell-Nr.
402a	achromatischer Phasenkontrast- Kondensor Unterteil 400a und Kopf 002	0.90	1.2 mm Glas	10	Hellfeld mit Objektiven 2.5:1 – 100:1 Phasenkontrast mit den Objektiven für Ringblende 1, 2, 3 Dunkelfeld mit Ringblende 3 für Objektive 10:1 – 40/0.65	513 140
403c	aplanatischer Immersionskondensor Unterteil 400c und Kopf 003	1.25	1.2 mm Glas*	8.1	Phasenkontrast mit Objektiven für Ringblende 2 und 3	513 194
405e	achromatischer Kondensor, Unterteil 400e und Kopf 005	0.70	4 mm Glas	13	Phasenkontrast mit allen Phaco- Objektiven für Ringblende 1, 2 und 3	513 186
406f	Kondensor, Unterteil 400f und Kopf 006	0.60	11 mm davon 6 mm Glas	17	Phasenkontrast mit Objektiven für Ringblende 1 und 2	513 196
407g	Kondensor, Unterteil 400g und Kopf 007	0.45	20 mm davon 6 mm Glas	20	Phasenkontrast mit Objektiven für Ringblende 1 und 2	513 198

Anpassungslinsen für die jeweiligen Mikroskope siehe IV.

* nicht abgestimmt. Siehe S. 103

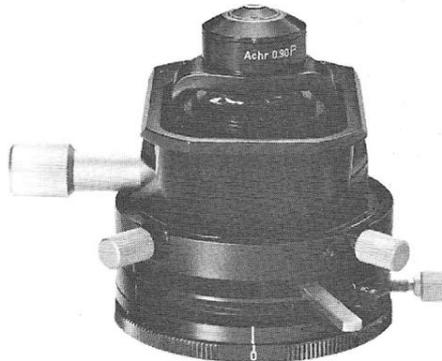


Auch diese Kondensoren bestehen aus einem Unterteil mit Aperturblende für Hellfeldbeobachtung und dem ausklappbaren Kondensorkopf, der auswechselbar ist. Das Unterteil enthält einen Ringblendenrevolver mit einer Reihe von Ringblenden. Die Anordnung der Ringblenden ist spezifisch für den jeweiligen Verwendungszweck. Alle Ringblenden sind einzeln mit Steckschlüssel zentrierbar. Zur Zentrierung des Leuchtfeldblendenbildes besitzt der Kondensoren zwei Zentrierschrauben.

Die Kondensoren sind für eine im Stativ eingebaute Leuchtfeldblende gerechnet.

III Polarisations-Kondensorsystem 700

Kondensor- Nummer	Bezeichnung	Apertur	Brennweite (mm)	Beleuchtung	Bestell-Nr.
700f	Kondensorunterteil mit Filterpolarisator	0.25	35	alle Glühlampen	552 078
702f	achromatischer Kondensor, Unterteil 700f und Kopf 002P	0.90	10	alle Glühlampen	552 076
700fv	Kondensorunterteil mit Filter- und Vorpolarisator	0.25	35	alle Lampen	552 177
702fv	achromatischer Kondensor, Unterteil 700fv und Kopf 002P	0.90	10	alle Lampen	552 178
700p	Kondensorunterteil mit Prismenpolarisator	0.25	35	alle Lampen besonders für Projektion, da heller als 700fv	552 169
702p	achromatischer Kondensor, Unterteil 700p und Kopf 002P	0.90	10	alle Lampen besonders für Projektion, da heller als 700fv	552 170



Einzelne Kondensorköpfe

Kondensor- Nummer	Bezeichnung	Apertur	Brennweite (mm)	Ausleuchtung der Objektive in Feld und in Apertur	Bestell-Nr.
011 P	0.90 P	0.90	7.3	für achromatisch korrigierte Objektive bis 0.85 Apertur	in Vorbe- reitung
002 P	Achr. 0.90 P	0.90	10	für hochkorrigierte Objektive	552 079
004 P	Öl 1.33 P	1.33	7.3	für alle Immersionsobjektive über 1.0 Apertur	552 128
	Zusatzkondensorkopf UT 0.35	0.35	40	für U-Tischorthoskopie (großes Segment)	553 139
	Zusatzkondensorkopf UT K 0.60	0.60	30	für U-Tischkonoskopie (kleines Seg- ment) am DIALUX-POL, ORTHOLUX 2-POL und ORTHOPLAN-POL	553 140

Anpassungslinsen für die jeweiligen Mikroskope siehe IV.

Unsere Polarisationskondensoren der Reihe 700 bestehen aus dem jeweiligen Unterteil und dem achromatischen Kondensorkopf 002P, der gegen den Kopf 004 P Öl, A 1.33, ausgetauscht werden kann. Allen Unterteilen ist gemeinsam: Beleuchtungslinse für schwache Objektive, Aperturblende für den Gesamtkondensator, Zentriervorrichtung sowie die Schlittenwechslung. Unterschiedlich sind dagegen die ausschwenkbaren Polarisatoren. Je nach Verwendungszweck sind Folien mit Vorpolarisator oder Prismen-Polarisatoren eingebaut. Alle Linsen sind spannungsfrei gefaßt.

Die Kondensoren sind für eine im Stativ eingebaute Leuchtfeldblende gerechnet.

Nach Einsetzen eines speziellen $\lambda/4$ -Plättchens in den dafür vorgesehenen Schlitz des Kondensators kann der Kondensator auch für Messungen im zirkularpolarisierten Licht benutzt werden.

IV Anpassungslinsen zu den Systemkondensoren 600, 400 und 700

Nr.	Bestell-Nr.	Verwendung	Kondensoren mit Anpassungslinse, Bestell-Nr.						
K1	512 140	SM-LUX, LABORLUX	601 K1	602 K1	603 K1	605 K1	606 K1	607 K1	610 K1
			512 137	512 138	512 165	512 314	512 315	512 316	512 399
				402a K1	403c K1	405e K1	406f K1	407g K1	
				513 156	513 195	513 187	513 197	513 199	
K2	552 080	LABORLUX-POL DIALUX-POL		702f K2					
				552 077					
K3	512 413	LABORLUX 2	601 K3						
			512 414						
K4	512 400	für ORTHOPLAN erforderlich, für ORTHOLUX 2 und DIALUX empfehlenswert		602 K4					
				512 401					
K5	553 141	U-Tisch beim DIALUX-POL und LABORLUX-POL							

Die Systemkondensoren sind für einen bestimmten Abstand Leuchtfeldblende-Objektstisch gerechnet. Deshalb muß für einige Mikroskope, bei denen dieser Abstand kleiner ist, eine Anpassungslinse in den Kondensor eingesteckt werden. Bei der Linse K4 zum ORTHOPLAN wird nicht der Abstand angepaßt, sondern das Leuchtfeld wird zur besseren Feldausleuchtung vergrößert.



20383-513 R

V Dunkelfeldkondensoren

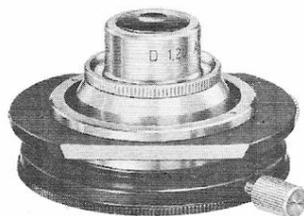
Kondensator Nr.	Bezeichnung	Aperturbereich	Brennweite	Verwendung	Bestell-Nr.
88	D 0.80 Schlittenwechslung	0.80-0.95	11	für Objektive unter 0.70 Apertur oder abblendbare Objektive Vergrößerung ab 10:1	513 350
85	D 0.80 Hülsenwechslung	0.80-0.95	11	wie vor	513 145
86	D 1.20-1.40	1.20-1.40		für Objektive unter 1.10 Apertur oder abblendbare Objektive Vergrößerung ab 40:1	513 355

Immersion-Dunkelfeldkondensator D 1.20

Dieser Kondensator ist vornehmlich für Arbeiten mit Ölimmersion bei hohen Vergrößerungen bestimmt. Seine innere Grenzapertur beträgt 1,20. Immersionssysteme mit höherer Apertur als 1.10 müssen, sofern sie keine Irisblende besitzen, mit Einhängenblenden s. S. 48 versehen werden. Der Kondensator ist mit Zentriervorrichtung ausgestattet.

Trocken-Dunkelfeldkondensator D 0.80

Dieser Kondensator ist für Trocken-Objektive mittlerer Vergrößerung geeignet. Die innere Grenzapertur beträgt 0.80. Bei Objektiven mit einer höheren Apertur als 0.70 sind Einhängenblenden oder Objektive mit eingebauter Irisblende zu verwenden. Als Zubehör wird eine in den Kondensator einzulegende Blende geliefert, die jedoch nicht die untere Grenzapertur ändert, sondern lediglich Streulicht abfängt. Der Trocken-Dunkelfeldkondensator ist mit Zentriervorrichtung und wahlweise mit Schlittenwechslung oder Hülsenwechslung lieferbar.



10170 - 513 R



10170 - 513 R

VI Sonderkondensoren

a) Hellfel

Kondensator Nr.	Bezeichnung	Apertur	Brennweite	Verwendung	Bestell- Nr.
65	einlinsiger Kondensator, Hülsenwechslung	0.65	18	für schwache und mittlere Achromate	512 020
66	zweilinsiger Kondensator, Hülsenwechslung	1.20	10	für alle Achromate einschließlich Immersion	512 021
69	dreilinsiger Kondensator, lange Hülsenwechslung	1.20		nur HM-LUX	512 423
72r	dreilinsiger Kondensator, Schlittenwechslung	1.40	7.2	vornehmlich für Fluoreszenz	512 024
ohne	Großfeldkondensator, Hülsen- und Schlittenwechslung	0.30	53	für schwache Objektive, besonders für P11/0.04	512 234
	Übersichtskondensator zum DIAVERT				520 379

b) Phasenkontrast

Kondensornr.	Bezeichnung	Apertur	Brennweite	Verwendung	Bestell-Nr.
64	Phasenkontrastkondensornach Heine, Schlittenwechslung; bei Immersionskappe	0.25- 0.75 0.50- 1.40		für sehr dünne Objekte, nur mit Pv-Objektiven, Seite 52, kontinuierlicher Übergang von Phasenkontrast, Hellfeld und Dunkelfeld	513 125

c) Polarisation

500p	fünflinsiger Kondensormit Leuchtfeld- und Aperturblende	0.85		DIALUX-POL, DIALUX-POL SB, Prismenpolarisator	552 017
500pz	wie vor	0.85		DIALUX-POL, DIALUX-POL SB, Prismenpolarisator mit austretendem Strahl	552 019
580f	wie vor	0.85		ORTHOLUX-POL, Filterpolarisator	552 020
580p	wie vor	0.85		ORTHOLUX-POL, Prismenpolarisator	552 021
580pz	wie vor	0.85		ORTHOLUX-POL, Prismenpolarisator mit austretendem Strahl	552 022
	Kondensorkopf	1.32		passend zu allen Kondensoren 500 und 580	552 025
	Zusatzkondensorkopf	0.35		für Kondensoren 500 oder 580 zur orthoskopischen Beobachtung am U-Tisch	553 006
	Zusatzkondensoren	0.60		für U-Tischkonoskopie mit großem Segment, Spezialkondensoren mit Polarisator der Kondensoren 500 oder 580	553 059

Korrektions-Pol-Kondensator

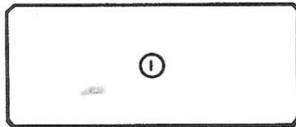
Mit diesem Kondensator kann man die Aufhellung des Sehfeldes bei gekreuzten Polarisatoren, hervorgerufen durch das abbildende Objektiv, um einen erheblichen Anteil reduzieren. Der Kondensator besteht aus dem Korrektions-Polarisator und einem Kondensator der Reihe 500. Hierzu sind Objektive mit 45 mm Abgleichlänge erforderlich.

Bestell-Nr. 553 171

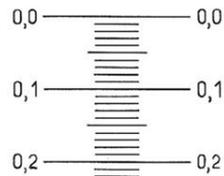


15844 - 550 R

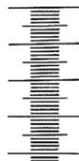
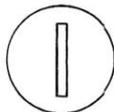
V. Objektmikrometer und Strichplatten



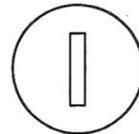
Objektmikrometer mit Teilung 1 mm = 100 Teile,
Best.-Nr. 513 107



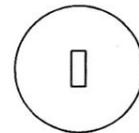
Objektmikrometer mit Teilung
und beidseitiger Bezifferung
2 mm = 200 Teile,
Best.-Nr. 513 106



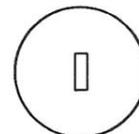
Strichplatte mit Teilung 10 mm = 200 Teile,
Durchmesser 17,5 mm
Best.-Nr. 519 907



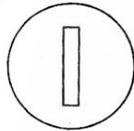
Strichplatte mit Teilung und Bezifferung
10 mm = 100 Teile,
Durchmesser 17,5 mm
Best.-Nr. 519 905



Strichplatte mit Teilung und Bezifferung
10 mm = 100 Teile,
Durchmesser 24 mm
Best.-Nr. 519 920



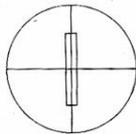
Strichplatte mit Teilung 5 mm = 100 Teile,
Durchmesser 17,5 mm
Best.-Nr. 519 906



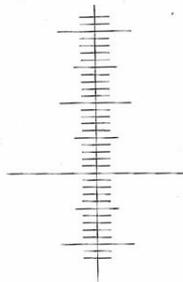
Ret.-Nr. 26392-519

Strichplatte mit Teilung 0,4" = 40 Teile,
Durchmesser 17,5 mm
Best.-Nr. 519 932

LEITZ 519932

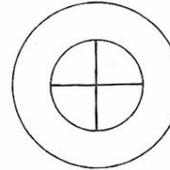


Strichplatte mit Strichkreuz und Teilung
10 mm = 10 Teile,
Durchmesser 17,5 mm
Best.-Nr. 519 910



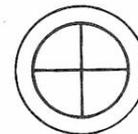
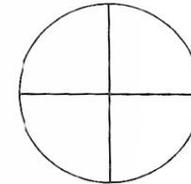
Ret.-Nr. 26388-519

Strichplatte mit Strichkreuz,
Durchmesser 17,5 mm, Best.-Nr. 519 904
Durchmesser 24 mm, Best.-Nr. 511 139



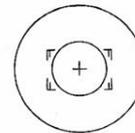
Ret.-Nr. 26383-519

Strichplatte für Snyder-Graff-Methode,
Durchmesser 24 mm, mit Okular GW 8 x M
zu benutzen
Best.-Nr. 569 901



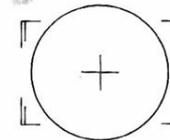
Ret.-Nr. 26407-519

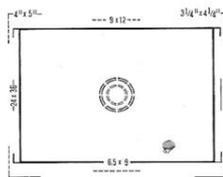
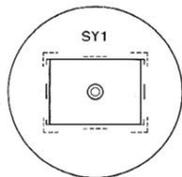
Strichplatte
für Snyder-Graff-Methode, Durchmesser 17,5 mm
Nur für PERIPLAN-Okular 10 x M
Best.-Nr. 569 902



Ret.-Nr. 26384-519

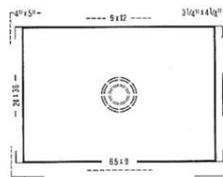
Strichplatte mit Formatbegrenzung,
Durchmesser 17,5 mm
Best.-Nr. 569 900





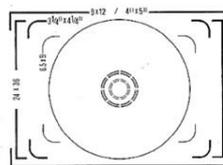
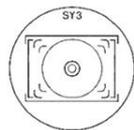
27936-519R

Strichplatte SY 1
 (für Mikrophotographie) mit Formatbegrenzung
 Mit PERIPLAN-Okular GW 8x MF
 Best.-Nr. 519 316



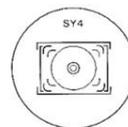
27937-519R

Strichplatte SY 2
 (für Mikrophotographie) mit Formatbegrenzung.
 Mit PERIPLAN-Großfeld-Okular GF 12.5x MF.
 Best.-Nr. 519 465



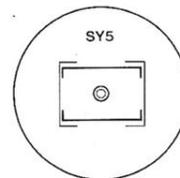
27938-519R

Strichplatte SY 3
 (für Mikrophotographie) mit Formatbegrenzung.
 Mit PERIPLAN-Großfeld-Okular GF 12.5x MF
 Best.-Nr. 519 468



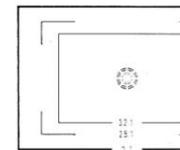
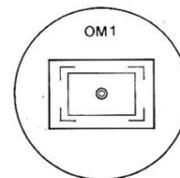
27939-

Strichplatte SY 4
 (für Mikrophotographie) mit Formatbegrenzung.
 Mit PERIPLAN-Großfeld-Okular GF 12.5x MF.
 Best.-Nr. 519 469



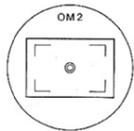
27940-

Strichplatte SY 5
 (für Mikrophotographie) mit Formatbegrenzung
 Mit Okular W 16x MF Best.-Nr. 511 347



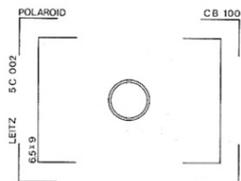
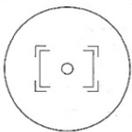
27941-

Strichplatte OM 1
 (für ORTHOMAT W) mit Formatbegrenzung
 Mit PERIPLAN-Okular GW 10x MF Best.-Nr. 519



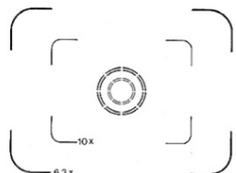
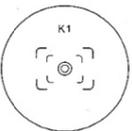
27942-519R

Strichplatte OM 2
(für ORTHOMAT W)
mit Formatbegrenzung
Mit PERIPLAN-Großfeld-Okular GF 12.5x MF
Best.-Nr. 519 467



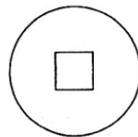
27944-519R

Strichplatte
(für Mikrophotographie)
mit Formatbegrenzung
Mit PERIPLAN-Großfeld-Okular GF 12.5x MF
Best.-Nr. 519 466

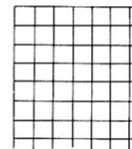


27943-519R

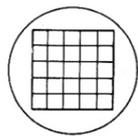
Strichplatte K 1
(für Mikro-Kino)
mit Formatbegrenzung
Mit PERIPLAN-Großfeld-Okular GF 12.5x MF
Best.-Nr. 519 470



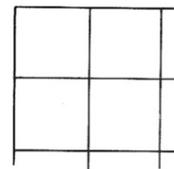
Ret.-Nr. 26382-519



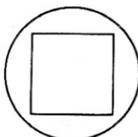
Strichplatte mit Netzteilung 5 x 5 mm;
Teilung: 5 mm = 10 Teile, Durchmesser 17,5 mm
Best.-Nr. 519 903



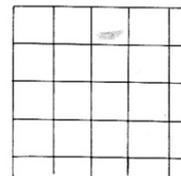
Ret.-Nr. 26399-519



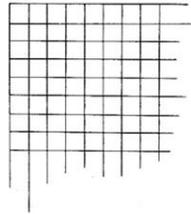
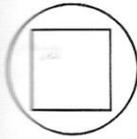
Strichplatte mit Netzteilung 10 x 10 mm;
Teilung: 10 mm = 5 Teile, Durchmesser 17,5 mm
Best.-Nr. 519 902



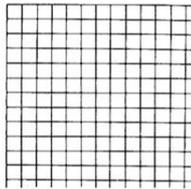
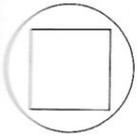
Ret.-Nr. 26381-519



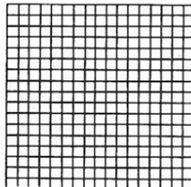
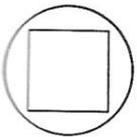
Strichplatte mit Netzteilung 10 x 10 mm;
Teilung: 10 mm = 10 Teile, Durchmesser 17,5 mm
Best.-Nr. 519 901



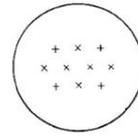
Strichplatte mit Netzteilung 10 x 10 mm;
Teilung: 10 mm = 20 Teile, Durchmesser 17,5 mm
Best.-Nr. 519 900



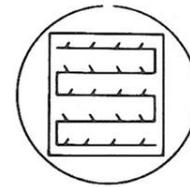
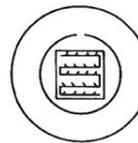
Strichplatte mit Netzteilung 10 x 10 mm;
Teilung: 10 mm = 50 Teile, Durchmesser 17,5 mm
Best.-Nr. 519 914



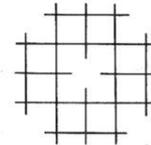
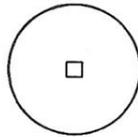
Strichplatte mit Netzteilung 10 x 10 mm;
Teilung: 10 mm = 133 Teile, Durchmesser 17,5 mm
Best.-Nr. 519 912



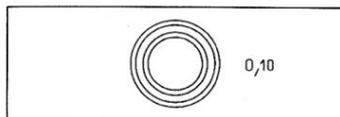
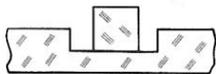
Strichplatte für 10-Punkte-Okular,
Durchmesser 17,5 mm
Mit PERIPLAN-Okular GF 10 x M benutzen.
Best.-Nr. 519 922



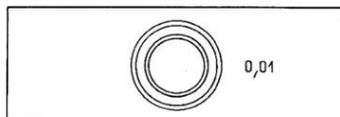
Strichplatte für 20-Punkte-Okular nach Blaschke,
Durchmesser 17,5 mm
Mit PERIPLAN-Okular GF 10 x M zu benutzen.
Best.-Nr. 519 929



Strichplatte zum 20-Punkte-Okular.
Nur zu verwenden mit:
PERIPLAN-Okular 10 x M, Objektiv 25/0.65 P,
Bino-Tubus 1,25 x,
Durchmesser 17,5 mm
Best.-Nr. 519 921



Kulturkammer für Phasenkontrast.
0.1 mm tiefe Ringe.
Best.-Nr. 513 128



Kulturkammer für Phasenkontrast.
0.01 mm tiefe Ringe.
Best.-Nr. 513 129

VI Tabelle der Normvergrößerungen

	1	1.25	1.6	2	2.5	3.2	4	5	6.3	8	10
1	1	1.25	1.6	2	2.5	3.2	4	5	6.3	8	10
1.25	1.25	1.6	2	2.5	3.2	4	5	6.3	8	10	12.5
1.6	1.6	2	2.5	3.2	4	5	6.3	8	10	12.5	16
2	2	2.5	3.2	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20
2.5	2.5	3.2	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25
3.2	3.2	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	32
4	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	32	40
5	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25	32	40	50
6.3	6.3	8	10	12.5	16	20	25	32	40	50	63
8	8	10	12.5	16	20	25	32	40	50	63	80
10	10	12.5	16	20	25	32	40	50	63	80	100

Neuentwicklungen in der Mikroskop-Optik (Objektive, Okulare, Tubuslinsen) entsprechen, von Sonderkonstruktionen abgesehen, in ihren Abbildungsmaßstäben und Vergrößerungen den Werten aus der Norm-Reihe. Dies ist eine geometrische Reihe mit dem Faktor $\sqrt[10]{10} = 1.258926\dots$

(abgerundet = 1.25). Sie hat den Vorteil, daß Normvergrößerung mal Normvergrößerung wieder eine Normvergrößerung ergibt und daß obenstehende Tabelle nun für alle möglichen Optik-Kombinationen gilt. Da sich die Normzahlen in gleicher Weise nach oben und unten fortsetzen, braucht nur jeweils das Komma an die zutreffende Stelle gesetzt zu werden. Auch die Änderung der Gesamtvergrößerung durch eine Tubuslinse ist aus der Tabelle sofort abzulesen: Bei Tubusfaktor 0.8 x gilt das Produkt links oder darüber, bei Tubusfaktor 1.25 x das Produkt rechts oder darunter.

Scheinbare Unstimmigkeiten (z. B. $80 \times 8 = 630$ oder $4 \times 32 = 125$) rühren von den Abrundungen her.

Eine Objektiv- oder Okularserie muß nicht sämtliche Werte der Normreihe umfassen.

Bei Verwendung genormter Optik entstehen bei Mikrophotographie und Mikroprojektion ebenfalls Abbildungsmaßstäbe nach Normwerten, wenn die Balgenauszüge bzw. die Projektionsentfernungen auch nach Normzahlen bemessen sind, also z. B. Balgenlänge 25 cm, 40 cm, 63 cm oder Projektionsentfernung 3,2 m, 6,3 m, 10 m.



ERNST LEITZ GMBH D-6330 WETZLAR

Liste 512-99 a

Printed in W.-Germany

VI/73/CX/g.