

**REICHERT**  
WIEN

**GEBRAUCHS-  
ANWEISUNG  
FÜR  
REICHERT-  
MIKROSKOPE**

Mikro 587 d

# Für den Anfänger

## **Der Arbeitsraum**

Feuchtigkeit oder gar Dämpfe von Chemikalien können den feinen Mechanismus des Mikroskops beschädigen. Man mikroskopiert daher stets nur in trockenen Räumen, möglichst fern von chemischen Laboratorien. Überdies soll das Arbeitszimmer frei von Erschütterungen sein, da diese bei der Beobachtung stören.

## **Der Arbeitsplatz**

Dieser soll am besten nahe einem großen, hellen, womöglich nach Norden gerichteten Fenster gesucht werden. Das Fenster soll möglichst große Scheiben haben und es soll durch dasselbe viel freier Himmel sichtbar sein. Es ist aber ungünstig, wenn man das Mikroskop so aufstellt, daß das Auge beim Aufblicken vom Instrument gerade ins helle Fenster schaut und so geblendet wird. Das Mikroskop wird daher wohl zweckmäßig nahe dem Fenster aufgestellt, jedoch so, daß man dieses zur Seite hat, während man vor sich eine dunkle Wand oder dergleichen sieht.

Das Verhältnis der Höhe von Arbeitstisch und Stuhl ist von wesentlicher Bedeutung. Ihre Höhen müssen zueinander so abgestimmt sein, daß man in bequemer, ungewohnter Körperhaltung auch in das aufrecht stehende Mikroskop schauen kann. Ein zu hoher Tisch bedingt eine unnatürliche Vorbeugung des Kopfes, ein zu niedriger eine krumme Körperhaltung.

## **Das Auflegen des Präparates**

Das Präparat wird mit dem Deckglas nach oben so auf den Objektstisch gelegt, daß sich das zu untersuchende Objekt gerade in der optischen Achse des Mikroskops befindet. Für die erste, nur der Übersicht dienende Untersuchung wird der Objektträger nicht mit den Präparatklemmen festgehalten, damit er leicht frei verschoben werden kann.

## **Die erste Einstellung**

Zur ersten Orientierung im Präparat verwendet man immer ein möglichst schwaches Objektiv und ein schwaches Okular. Man schaltet zuerst das Objektiv am Revolver in seine Gebrauchsstellung und senkt dann den Tubus mit dem Grobtrieb so weit, daß das Objektiv das Deckglas fast berührt. Nun blickt man in das Mikroskop und hebt den Tubus langsam so weit nach oben, bis das mikroskopische Bild sichtbar wird. Die Feineinstellung erfolgt dann mit der Mikrometerschraube in der Weise, daß man den Tubus wiederum, jetzt aber ganz langsam und sachte, senkt, bis das Bild seine höchste Schärfe zeigt.

## **Die Einstellung der Beleuchtung**

Der Spiegel wird so gedreht, daß das ganze Gesichtsfeld gleichmäßig und hell erleuchtet erscheint. Wenn ein Kondensator vorhanden ist, wird dieser etwas unter seinen oberen Anschlag gesenkt.

## Die stärkeren Okulare

Glaubt man mit dem zuerst eingeschalteten schwachen Objektiv und dem schwachen Okular alle Einzelheiten des Präparates sicher erfaßt zu haben, so wechselt man das Okular gegen ein stärkeres aus. Dadurch werden wohl keine neuen Details aufgelöst, infolge der stärkeren Gesamtvergrößerung gelangen aber kleinste Einzelheiten, die vorher übersehen wurden, oft erst jetzt zur Beobachtung.

## Die stärkeren Objektive

Will man dann zu einem stärkeren Objektiv übergehen, so muß man die zu untersuchende Stelle des Präparates in die Mitte des Gesichtsfeldes bringen, denn mit steigender Vergrößerung des Objektivs sinkt der Durchmesser des Gesichtsfeldes. Der Wechsel vom schwachen zum starken Objektiv erfolgt einfach durch Umschaltung des Objektivrevolvers, ohne dabei erst den Tubus durch den Grobtrieb zu heben. Dabei ist allerdings Voraussetzung, daß jedes Objektiv sich in der für dasselbe bestimmten Bohrung des Revolvers befindet und die richtige mechanische Tubuslänge von 160 mm eingehalten wird. Alle mit einem Mikroskop mitgelieferten Objektive sind untereinander so abgeglichen<sup>1)</sup>, daß die bloße Umschaltung des Revolvers genügt, um mit jedem Objektiv sofort ein wenigstens in groben Zügen eingestelltes Bild zu erhalten, welches zu seiner Scharfstellung eine nur geringe Befähigung des Feintriebes erfordert. Hat man allerdings Präparate mit sehr dickem Lackring zu untersuchen, so ist es gut, wenn man sich beim Umschalten auf ein starkes Objektiv durch einen Blick von der Seite her davon überzeugt, ob nicht das Objektiv beim Umschalten an den weit vorstehenden Lackring anstößt.

## Vom richtigen Schauen

Der Konstruktion und Berechnung der Mikroskopoptik liegt die Annahme zugrunde, daß das vom Objektiv erzeugte reelle vergrößerte Bild nach dessen Umformung durch die Feldlinse des Okulars in der vorderen Brennebene der als Lupe wirkenden Augenlinse des Okulars entstehen soll. Daraus ergibt sich, daß jedes einem Bildpunkt zugehörige Lichtbündel das Okular parallel gerichtet verlassen und das Mikroskop ein unendlich großes und unendlich fernes Bild liefern soll. Eine diesen Bedingungen streng entsprechende Einstellung erfolgt, wenn man in das Mikroskop mit auf Unendlich akkommodiertem Auge schaut. Der Normalsichtige erreicht das leicht, wenn er knapp vorher durch das Fenster einen fernen Gegenstand scharf betrachtet. Sehr viele Menschen allerdings sind nicht imstande, die Akkommodation auf Unendlich auch beim Schauen in das Mikroskop zu bewahren oder können als Kurzsichtige ihr Auge überhaupt nicht auf Unendlich einstellen. Solche Beobachter nähern durch Befähigung des Feintriebes das Objektiv des Mikroskops unwillkürlich etwas mehr dem Präparat. Dieses befindet sich dann nicht mehr, so wie es die strenge Theorie verlangt, genau in der vorderen Brennebene des Gesamtsystems (Objektiv + Okular), sondern es liegt dann bereits näher als dessen vorderer Brennebene, es entsteht also ein virtuelles Bild in endlicher Entfernung.

Normalsichtige und weitsichtige Menschen mikroskopieren mit unbewaffnetem Auge. Stark Kurzsichtige müssen sich einer Brille bedienen, welche allerdings unter Umständen die notwendige Annäherung des Auges an das Okular behindert. Um eine vorzeitige Ermüdung des Auges zu vermeiden, ist es notwendig, beim Mikroskopieren dauernd beide Augen offen zu halten. Man gewöhnt sich nach kurzer Zeit sehr gut,

<sup>1)</sup> Eine Ausnahme davon bilden die schwachen Objektive

mit dem unbeschäftigten Auge derart ins Leere zu schauen, daß von diesem Auge aufgenommene Lichteindrücke nicht störend wirken. Ebenso wichtig wie das Offenhalten beider Augen ist es, daß man abwechselnd mit beiden mikroskopiert. Anfänglich zeigt wohl meist eines der Augen — gewöhnlich das linke — eine gewisse Ungeschicklichkeit, die sich in einem schweren Finden des richtigen Platzes über dem Okular äußert; nach einiger Übung kann aber wohl jeder so weit kommen, daß er gleich gut mit dem linken wie mit dem rechten Auge arbeiten kann.

### Mechanik und Optik eines Reichert-Mikroskops

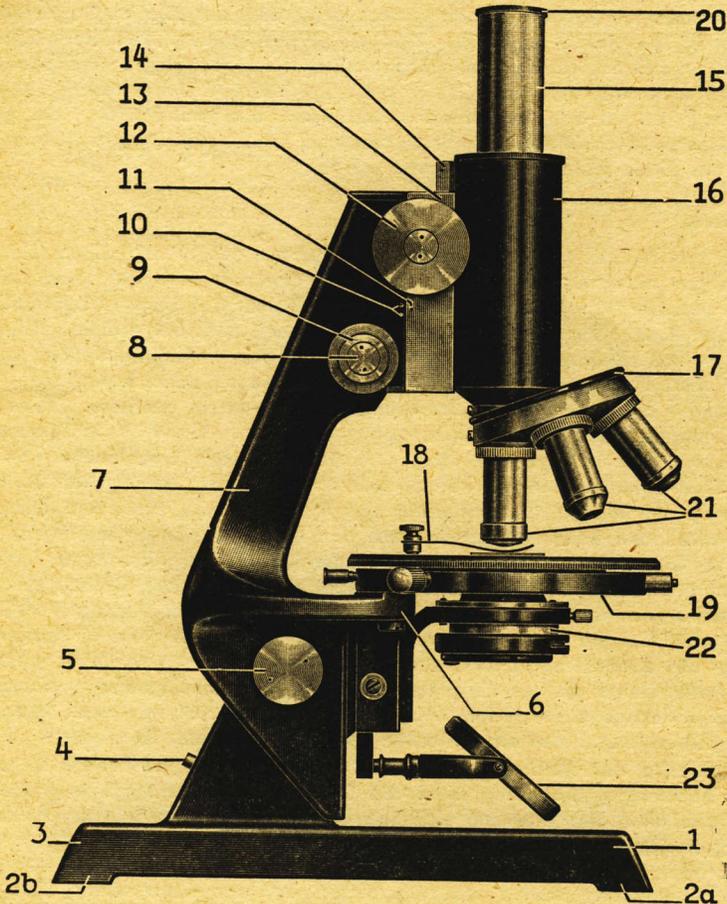


Abb. 1

**Fuß [1—4]:** 1 Schenkel des Fußes. 2 a und 2 b. Füßchen zur Dreipunktaufstellung. 3 Sporn des Fußes. 4 Anschlag für den gekippten Obertheil. **Obertheil [5—13]:** 5 Kippung. 6 Tischträger. 7 Handhabe. 8 Triebkopf des Feintriebes („Mikrometerschraube“). 9 Teiltrommel an 8. 10 Grenzpunkte des Feintriebes. 11 Zeigerpunkt des Feintriebes. 12 Triebbad des Grobtriebes („Zahntrieb“). 13 Schlittenstück. **Tubus [14—17]:** 14 Zahnstange des Grobtriebes. 15 Tubusstützen. 16 Tubus. 17 Objektivrevolver. **Tisch [18, 19]:** 18 Präparatklappen. 19 Objektisch. **Optik [20—23]:** 20 Okular. 21 Objektive. 22 Beleuchtungsapparat. 23 Spiegel.

# Vergrößerung und Auflösung

## Die Vergrößerung

Die tatsächliche Entfernung und Größe des im Mikroskop gesehenen virtuellen Bildes ist von der jeweiligen Akkommodation des Auges des Beobachters abhängig. Bei Einstellung des Auges auf „Unendlich“ ist das Bild unendlich groß und in unendlicher Entfernung (analog einer Betrachtung des Sternenhimmels), während bei Einstellung des Auges auf den Nahpunkt das Bild sich in etwa 25 cm Entfernung befindet und nur wenige Zentimeter groß ist (analog der Betrachtung eines Bildes in einem Buch). Da es aber nicht auf die tatsächliche Größe und Entfernung des betrachteten Bildes ankommt, sondern einzig nur auf den Winkel, unter dem das Bild im Gegensatz zum Ding erscheint, bezeichnet man jene Zahl als „**Vergrößerung**“, welche angibt, um wievielfach das mikroskopische Bild größer erscheint als das Objekt erschiene, wenn sich dieses in einer Entfernung von 25 cm vom Auge befände. Der Ausdruck „100-fache Vergrößerung“ besagt also, daß das mikroskopische Bild eines z. B. 1 mm großen Gegenstandes so erscheint, als ob der Gegenstand nicht 1 mm, sondern 100 mm groß wäre und aus 25 cm Entfernung betrachtet würde.

## Die Auflösung

Damit, daß das Mikroskop die betrachteten Dinge nur größer erscheinen läßt, wäre aber noch gar nichts erreicht, denn sinngemäß erwartet man, daß man bei entsprechend stärkerer Vergrößerung auf den betrachteten Objekten auch Einzelheiten unterscheiden kann, welche sonst wegen ihrer Kleinheit auch bei größtmöglicher Annäherung an das unbewaffnete Auge nicht erkannt werden könnten. Man verlangt von einem Mikroskop — wie von jedem vergrößernden optischen Instrument — nicht nur Vergrößerung, sondern auch „**Auflösung**“. Bis zu einem gewissen Grade steigt das Auflösungsvermögen des Mikroskops proportional seiner Vergrößerung an. Kann man mit freiem Auge bei einiger Anstrengung noch Einzelheiten von etwa 0,2 mm Größe unterscheiden, so gelingt bei 10facher Vergrößerung die Auflösung von 0,02 mm, bei 20facher Vergrößerung von 0,01 mm usw. Würde die Entstehung des mikroskopischen Bildes nur streng nach den Gesetzen der geometrischen Optik erfolgen, so könnte man allerdings durch immer höhere Vergrößerungen tatsächlich immer feinere Einzelheiten auflösen, ohne dabei an eine andere Grenze zu stoßen, als die jeweils nach dem Stande der Technik erreichbare Vergrößerung. In Wirklichkeit spielt aber bei der Entstehung des mikroskopischen Bildes das in der Wellenbewegung des Lichtes begründete Phänomen der Lichtbeugung eine ausschlaggebende Rolle. Daher gibt es für jede Mikroskopoptik einen gewissen Grenzpunkt, über welchen hinaus eine weitere Auflösung feiner Einzelheiten auch dann nicht mehr möglich ist, wenn man die Vergrößerung weiter steigert. Ist dieser Punkt, den man die „**Grenze des Auflösungsvermögens**“ nennt, erreicht, so kann eine weitere Erhöhung der Vergrößerung nur mehr die Details unter einem größeren Gesichtswinkel zeigen, ohne aber auch nur eine Spur neuer Einzelheiten auflösen zu können. Daraus ergibt sich der Satz:

Die Anwendung starker Vergrößerungen hat nur dann einen Sinn, wenn gleichzeitig das Mikroskop ein entsprechend hohes Auflösungsvermögen besitzt. Übermäßig starke Vergrößerungen können vielleicht auf den Nichtfachmann Eindruck machen, sind aber für die Leistungsfähigkeit des Instrumentes wertlos!

# Die Optik des Mikroskops

## A. Die abbildende Optik

Die Optik des Mikroskops teilt sich in zwei Gruppen, die **Beleuchtungs-Optik** und die **Abbildungs-Optik**. Die Beleuchtungs-Optik, der sogenannte „Beleuchtungs-Apparat“, besteht aus dem Spiegel und dem Kondensator, die Abbildungs-Optik aus Objektiv und Okular.

### Die Objektive

Die Mikroskopobjektive sind sogenannte „korrigierte Linsensysteme“, bei welchen die Abbildungsfehler einfacher Linsen weitgehend behoben sind, was durch die Anwendung bestimmter Glassorten und durch die auf sorgfältigster Berechnung aufgebaute Gestaltung jeder einzelnen Linse ermöglicht wird.

### Die Achromat-Objektive

Die Mehrzahl der verwendeten Mikroskopobjektive sind Achromat-Objektive. Da diese verhältnismäßig einfach gebaut und daher nicht teuer sind, bilden sie sozusagen die Standardausrüstung des Mikroskops.

### Die Fluorit-Objektive

Diese Objektive liefern auch unter schwierigeren Bedingungen und auch am Rande des Gesichtsfeldes ein farbenreineres Bild als die Achromate. Da sie andererseits doch nicht wesentlich kostspieliger sind, so werden die Fluorit-Objektive gerne zu Arbeiten im Dunkelfeld und zur Beobachtung interzellulärer Einzelheiten verwendet.

### Trocken-Objektive

Diesem Typus gehören alle schwachen und mittelstarken Mikroskopobjektive an. Wenn ein Objektiv nicht ausdrücklich als „Immersion“ bezeichnet ist, so handelt es sich immer um ein Trocken-Objektiv.

### Ölimmersions-Objektive

Die Ölimmersions-Objektive vereinigen in sich stärkste Vergrößerung (bis 150:1) und höchstes Auflösungsvermögen (Numerische Apertur bis 1,40). Wegen ihrer mit wenigen Ausnahmen hohen Eigenvergrößerung besitzen die meisten Immersions-Objektive einen nur sehr geringen freien Arbeitsabstand. Man muß daher darauf achten, daß sie beim Drehen des Objektivrevolvers nicht etwa an eine stark vorstehende Stelle der Deckglasumrandung anstoßen. Ebenso beachte man, daß zur vollen Ausnutzung der freien Linsenöffnung bei allen Immersions-Objektiven der Auflagerand der Frontlinse nur sehr schmal ist. Man hüte daher jedes Immersions-Objektiv vor unsanften Berührungen, insbesondere vor dem Aufstoßen auf das Präparat, wie es bei unvorsichtiger Betätigung des Grobtriebes geschehen kann. Zum Aufbringen des Immersionsöles hebt man zuerst den Mikroskoptubus mit Hilfe des Grobtriebes etwas in die Höhe und bringt einen Tropfen des Immersionsöles auf das Deckglas, gerade unter die Frontlinse des Objektivs. Dann senkt man den Tubus, bis man durch einen Blick von der Seite erkennt, daß das Objektiv nicht nur in das Öl eintaucht, sondern schon fast das Deckglas berührt. Aus dieser Stellung hebt man den Tubus wieder ein wenig (etwa  $\frac{1}{2}$  mm); wobei man aber achten muß, daß die Flüssigkeitsverbindung zwischen Objektiv und Präparat nicht zerreißt. Schließlich senkt man dann den Tubus, während man in das Mikroskop blickt, mit Hilfe des Feintriebes, bis das mikroskopische Bild sichtbar wird. Dabei muß man sich vor einer all-

fälligen Ablenkung der Aufmerksamkeit hüten, damit man nicht den kurzen Augenblick, in welchem das Bild während des Senkens sichtbar ist, verpaßt. Sehr geübte Mikroskopiker bewegen dabei das Präparat mit der Hand hin und her, um durch die Bewegung im mikroskopischen Bild den Moment der Einstellung leichter erkennen zu können.

### Die Entfernung des Immersionsöles

Nach Gebrauch wird das Immersionsöl von der Frontlinse des Objektivs und vom Deckglas des Präparates, eventuell auch vom Kondensator (vergl. Seite 10) zuerst abgewischt und dann abgewaschen. Man bringt dazu einen Tropfen Xylol [ $C_6H_4(CH_3)_2$ ] auf die zu reinigende Fläche und wischt mit einem trockenen, faserfreien Leinenläppchen ab. Während die Präparate nach jeder Untersuchung von Öl gereinigt werden müssen, um sie für die Untersuchung mit Trocken-Objektiven wieder verwendungsfähig zu machen, ist es besser, die Immersions-Objektive nur einmal im Tage, nach Arbeitsschluß zu reinigen, um sie nicht überflüssig oft der Gefahr einer Beschädigung auszusetzen.

### Die Okulare

Die Okulare des Mikroskops haben den Zweck, das vom Objektiv gelieferte reelle Projektionsbild als Lupe zu vergrößern; gleichzeitig sind sie auch an der Behebung von Abbildungsfehlern beteiligt.

**Huygens-Okulare.** Sie gehören — ähnlich wie die Achromat-Objektive — zur Standardausrüstung des Mikroskops und können mit allen Achromat- und Fluorit-Objektiven verwendet werden.

**Plan-Okulare.** Sie werden wegen ihrer besseren Farbenreinheit und ihrer guten Bildfeldebahnung vorzugsweise zur Mikrophotographie mit den Fluorit- und mittleren und stärkeren Achromat-Objektiven (mit einer Numerischen Apertur über 0,15) verwendet.

### Übersicht über die Anwendung der verschiedenen Okulartypen

Für Achromat-Objektive			Für Fluorit-Objektive
Numerische Apertur unter 0,15	Numerische Apertur zwischen 0,15 und 0,40	Numerische Apertur über 0,40	
Huygens-Okulare	Huygens-Okulare Plan-Okulare	Huygens-Okulare Plan-Okulare	Huygens-Okulare Plan-Okulare
—			

### Die mechanische Tubuslänge

Da es in gewissen Fällen notwendig ist, daß der Benützer des Mikroskops einen Maßstab für den Abstand zwischen Objektiv und Okular besitzt, hat man dafür einen besonderen Begriff, die „**Mechanische Tubuslänge**“ (konventionelles Zeichen „ $t_m$ “ eingeführt. Diese ist gegeben durch den Abstand des obersten Randes des Tubusstutzens oder des verstellbaren Tubusauszuges, auf welchem das eingeschobene Okular mit der unteren Fläche des Okulardeckels aufruft, bis zur oberen Fläche des Gewindeflansches des Objektivs, mit welchem dieses an die Objektivwechsellvorrichtung (Objektivrevolver) anstößt. Die normale mechanische Tubuslänge unserer biolo-

gischen Instrumente beträgt 160 mm. Eine unrichtige mechanische Tubuslänge macht sich dadurch bemerkbar, daß das mikroskopische Bild wie mit einem hellen Schleier überlagert erscheint, wodurch seine Brillanz wesentlich leidet.

Die schwachen Mikroskop-Objektive sind gegen Änderungen der mechanischen Tubuslänge unempfindlich. Die mittelstarken Objektive sind gegen Änderungen der mechanischen Tubuslänge deutlich empfindlich. Immerhin ist es bei diesen Objektiven noch angängig, für Messungen und Zählungen unter dem Mikroskop durch entsprechende Änderung der mechanischen Tubuslänge bequeme, runde und ganzzahlige Vergrößerungswerte einzustellen, da es sich bei solchen Arbeiten nicht so sehr um die klare Beobachtung feinsten Einzelheiten handelt. Die starken Mikroskop-objektive und insbesondere die Ölimmersionen sind gegen jede Änderung der mechanischen Tubuslänge außerordentlich empfindlich; daher ist bei diesen auf deren genaue Einhaltung streng zu achten.

### **Das Deckglas**

Fast alle biologischen Präparate sind mit einem im Mittel etwa 0,17 mm dicken Deckglas belegt. Optisch betrachtet, verhält sich das Deckglas wie eine planparallele Platte und bewirkt als solche eine sphärische Abweichung, welche um so stärker ist, je größer der Neigungswinkel der hindurchgehenden Lichtstrahlen und je dicker das Deckglas ist. Um diese Einflüsse des Deckglases auszugleichen, wird bereits der Berechnung und Konstruktion der mittleren und stärkeren Mikroskopobjektive die Annahme zugrundegelegt, daß das zu untersuchende Objekt mit einem 0,17 mm dicken Deckglas belegt sei. Abweichungen von dieser richtigen Deckglasdicke — bei Objektiven hoher Numerischer Apertur schon um nur  $\pm 10$  v. H. — bewirken, daß das mikroskopische Bild wie durch einen Schleier gesehen erscheint, es ist „flau“ und „kontrastarm“. Dieser Fehler wird sehr häufig beobachtet, meist aber fälschlich als ein Mangel der Mikroskopoptik gedeutet, während er doch in Wirklichkeit nur die Folge einer unrichtigen Deckglasdicke ist. Die gleiche Erscheinung kann auch entstehen, wenn sich zwischen Präparat und Deckglas eine zu dicke Schicht des Einbettungsmittels befindet, da dieses dann entsprechend wie ein zu dickes Deckglas wirkt. Bei der Herstellung von Präparaten sollen daher nur Deckgläser der richtigen Dicke von 0,17 mm verwendet werden. Ebenso soll beim Einbetten nur das geringstmögliche Quantum Einbettungsmittel zur Anwendung kommen und gut gequetscht werden, damit das Präparat unmittelbar an der Unterseite des Deckglases bedingten Fehler ist es zweckmäßig, wenn man die Dicke jener Deckgläser, welche zum Bedecken schwieriger Präparate bestimmt sind, schon vor ihrer Verwendung mit Hilfe eines Deckglastasters mißt und nur jene Stücke, welche eine Stärke zwischen 0,16 und 0,18 mm (Abweichung  $\pm 0,01$  mm) besitzen, in Gebrauch nimmt.

Die schwachen Objektive sind gegen das Deckglas überhaupt unempfindlich. Sie können daher auch zur Untersuchung von Objekten, welche mit keinem Deckglas belegt sind (Auflichtuntersuchungen) verwendet werden. Alle mittleren und stärkeren Trockenobjektive sind gegen Abweichungen in der Deckglasdicke um so empfindlicher, je höher ihre Numerische Apertur ist. Dagegen sind die Ölimmersionsojektive gegen Abweichungen in der Deckglasdicke wieder nur wenig empfindlich.

## **B. Die beleuchtende Optik**

### **Der Beleuchtungsapparat**

Der Beleuchtungsapparat, der sich unter dem Objektftisch des Mikroskops befindet, dient dazu, das Licht in einer für die Entstehung des mikroskopischen Bildes günstigsten Weise durch die durchscheinenden Präparate hindurchzuführen.

## Der Spiegel

Die Zuführung des Lichtes in das Mikroskop erfolgt durch den Spiegel. Als solcher sind ein Plan- und ein Hohlspiegel vorgesehen, die sich in einer gemeinsamen Fassung befinden. Der Spiegel ist um zwei zu einander senkrechte Achsen drehbar, so daß das Licht aus einem weiten Winkelbereich dem Mikroskop zugeführt werden kann.

## Der Kondensor

Der Kondensor eines Mikroskops ist im wesentlichen nichts anderes als ein einfaches Objektiv, welches ein seitenverkehrtes und kopfstehendes Bild einer sekundären, strukturlosen Lichtquelle (weiße Wolken, Lampenkollektor oder dergleichen) in die Präparatenebene entwirft.

Soweit es sich bei den Kondensoren um Numerische Aperturen über 1,00 handelt, können diese selbstverständlich nur dann erreicht werden, wenn der Kondensor als „Immersions-Kondensor“ verwendet wird, d. h. wenn seine Frontlinse mit der Unterseite des Objektträgers durch einen Tropfen Zedernöl verbunden ist. Nur in dieser Weise kann beispielsweise der „Kondensor A = 1,20“ eben diese Numerische Apertur erreichen, während er trocken nur eine Numerische Apertur von  $\frac{1,20}{1,515} = 0,80$  erreicht.

Im Falle der Kondensorstutzen mit einer kleinen Paßschraube und die Traghülse des Kondensorträgers mit einem korrespondierenden V-förmigen Paßschlitz versehen ist, muß beim Einsetzen des Kondensors darauf geachtet werden, daß diese Paßschraube stets in den Paßschlitz zu liegen kommt, da sonst der Kondensor nicht ganz eingeschoben werden kann.

## Der Träger des Beleuchtungsapparates

Dieser dient einerseits dazu, den Kondensor in der optischen Achse des Mikroskops festzuhalten und ermöglicht es andererseits, den Kondensor einzustellen.

Mittlerer Kondensorträger mit Schraubetrieb (Nr. 12.00.00). Dieser Träger ist so eingerichtet, daß der Kondensor mit Hilfe eines seitlich angebrachten Schraubetriebes eingestellt wird. Überdies kann der Kondensor aus seiner tiefsten Stellung auch ganz ausgeschwenkt werden, um so bei Verwendung schwacher Objekte mit dem Spiegel allein ein möglichst großes Gesichtsfeld ausleuchten zu können.

## Die Aperturirisblende und der Filtring

Jeder Beleuchtungsapparat, der mit einem Kondensor ausgerüstet ist, besitzt auch eine Irisblende zur Regelung der Beleuchtungsapertur. Unterhalb der Aperturblende befindet sich ein ausklappbarer Ring, der „Filtring“, in welchen kreisförmige Farbfilter oder Polarisationsfilter von 30,8 mm Durchmesser eingelegt werden können.

## Die Einstellung des Spiegels

Arbeitet man mit Tageslicht, so wird der Spiegel so verschwenkt, daß das Gesichtsfeld möglichst hell und gleichmäßig beleuchtet erscheint. Wird eine Mikroskopierlampe verwendet, so wird diese so aufgestellt, daß deren Kollektor ein Bild der Lichtquelle auf der Mitte des Spiegels entwirft. Lampen mit beweglichem Kollektor (Reichert-Mikroskopierlampe „Lux FNI“) werden in etwa 20 bis 30 cm Abstand aufgestellt und

ihr Kollektor so eingestellt, daß er ein scharfes Bild der Lichtquelle auf dem Spiegel entwirft. Das Beobachten des Bildes der Lichtquelle auf dem Spiegel kann man sich dadurch sehr erleichtern, daß man ein Stück schwarzen Papiers auf den Spiegel hält, da dadurch dessen übergroße Helligkeit wesentlich gedämpft wird. Zur Kontrolle, ob die Beleuchtung richtig ist, entfernt man dann noch das Okular aus dem Tubus und beobachtet, ob die Hinterlinse des Objektivs vollkommen und gleichmäßig mit Licht erfüllt erscheint. Dabei achtet man insbesondere darauf, ob nicht unabsichtlich eine schräge Beleuchtung eingestellt wurde. Diese könnte z. B. dadurch entstehen, daß etwa ein Fensterkreuz so in der hinteren Brennebene des Objektivs abgebildet wird, daß die Beleuchtung segmentiert wird.

### **Die Einstellung des Kondensors**

Es ist ein grundlegender und für die Güte des mikroskopischen Bildes sehr verhängnisvoller Irrtum, wenn angenommen wird, nur das Objektiv des Mikroskops müsse sorgfältig eingestellt sein, die Lage des Kondensors sei aber mehr oder weniger gleichgültig. Ganz im Gegenteil ist die richtige Einstellung des Kondensors, d. h. die Einhaltung einer ganz bestimmten Entfernung seiner Frontlinse vom untersuchten Präparat außerordentlich wichtig.

Die Einstellung bei der Arbeit mit Tageslicht: Man schaltet zuerst ein schwaches Mikroskopobjektiv ein und stellt auf das Präparat scharf ein. Dann wird der Kondensor in seine höchste Stellung bis zum Anschlagen gehoben, worauf man ihn, während man gleichzeitig durch das Mikroskop auf das Präparat schaut, langsam zu senken beginnt. Es ist dann bald eine Einstellung des Kondensors erreicht, bei welcher man das Fenster und die Aussicht aus diesem im Gesichtsfeld des Mikroskops gleichzeitig mit dem Präparat sieht. Man stellt dann den Spiegel so ein, daß ein möglichst großer Teil des Gesichtsfeldes nur vom leeren Himmel erfüllt erscheint. Ist das erreicht, so senkt man den Kondensor nochmals ein wenig, bis alle Einzelheiten der Landschaft, bzw. das Fensterkreuz aus dem Präparat verschwunden sind.

Die Einstellung bei der Arbeit mit einer Mikroskopierlampe: Man schaltet zuerst ein schwaches Mikroskopobjektiv ein und stellt auf das Präparat scharf ein. Nun senkt man den ursprünglich wieder im oberen Anschlag befindlichen Kondensor so weit, bis ein Bild des Lampenkollektors als helle Scheibe im Gesichtsfeld erscheint. Jetzt dreht man den Mikroskopspiegel so, daß das Bild des Lampenkollektors sich genau in der Mitte des Gesichtsfeldes befindet und verschiebt zum Schluß den Kondensor noch so weit, bis das Bild des Lampenkollektors gleichzeitig mit dem Präparat scharf erscheint. Diese Scharfeinstellung ist dann besonders leicht, wenn die Lampe eine Feldirislende besitzt; beim Bewegen derselben kann man ihr Bild deutlich im Gesichtsfeld beobachten. Ist man im Zweifel, ob wirklich auf den Lampenkollektor eingestellt ist, so kann man das dadurch kontrollieren, daß man einen Bleistift oder eine Feder unmittelbar vor den Lampenkollektor hält und dann im Mikroskop auf dieses Hilfsmittel scharf einstellt.

### **Die Größe des Leuchtfeldes**

Die normalen Kondensoren liefern ein Leuchtfeld, welches wohl das von einem starken Mikroskopobjektiv übersehene Gesichtsfeld gleichmäßig erhellt, das aber kleiner ist als das Gesichtsfeld der schwachen Objektive. Um auch für solche Objektive das Gesichtsfeld ganz ausleuchten zu können, gibt es mehrere Wege:

a) Man schraubt vom Kondensor die Frontlinse ab. Dadurch erhält dieser eine längere Brennweite und sein Leuchtfeld wird größer.

- b) Man senkt den Kondensator. Dadurch wird zwar die Beleuchtung schwächer und ihre Apertur geringer, das Leuchtfeld aber wird größer.
- c) Man entfernt den Kondensator und ersetzt ihn durch einen besonderen, zum Gebrauch mit den schwachen Mikroskopobjektiven bestimmten, langbrennweitigen, sogenannten „Brillenglaskondensator“.
- d) Man verwendet den Planspiegel ohne Kondensator.

### Die Einstellung der Beleuchtungsapertur (Abbildungen 2 und 3)

Von der richtigen Einstellung der Apertur der Beleuchtung durch die Blende des Kondensators hängt ein großer Teil des Erfolges der mikroskopischen Untersuchung ab. Es ist dabei zu beachten, daß die Sichtbarkeit der Einzelheiten eines mikroskopischen Präparates auf zweierlei Weise bedingt sein kann: Entweder die Details unterscheiden sich von ihrer Umgebung durch die Farbe, es liegt ein „Absorptionsbild“ vor (z. B. gefärbte Bakterien, gefärbte Zellwände usw.), oder aber die Details unterscheiden sich von ihrer Umgebung nur durch ein abweichendes Lichtbrechungsvermögen, es handelt sich um ein „Diffraktionsbild“ (z. B. farblose Kieselskelette, gefärbte Strukturdetails innerhalb der ebenfalls gefärbten Zelle usw.).

Einzelheiten der ersteren Art werden am besten mit einer Beleuchtung hoher Apertur beobachtet — die Kondensatorblende ist also weit geöffnet. Einzelheiten der zweiten Art erfordern dagegen eine Verringerung der Beleuchtungsapertur, die Kondensatorblende wird verengt. In den weitaus meisten Fällen setzt sich das zu beobachtende mikroskopische Bild aus beiden Faktoren, Absorptions- und Diffraktionsbild, zusammen. Daher muß die Untersuchung systematisch auf beide ausgedehnt werden. Dazu wird die Aperturblende im Anfang so weit geöffnet, daß das Mikroskopobjektiv voll ausgeleuchtet wird. Wann das der Fall ist, kann man

Abb. 2. Keine zu große Beleuchtungsapertur!



Abb. 2 a



Abb. 2 b

- a Die Aperturblende ist ganz geöffnet. Das ungefärbte Präparat ist nur schlecht sichtbar.
- b Die Aperturblende ist so weit geschlossen, daß der Durchmesser ihres Bildes im Tubus etwa  $\frac{2}{3}$  so groß wie der der Objektivhinterlinse erscheint. Das Bild ist sehr deutlich.

Abb. 3. Keine zu kleine Beleuchtungsapertur!



Abb. 3 a

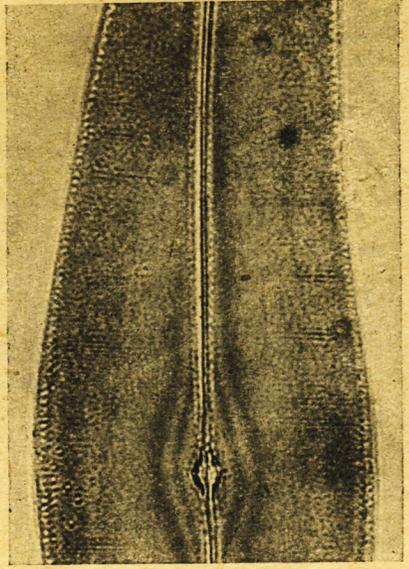


Abb. 3 b

- a Die Aperturblende ist so weit geschlossen, daß der Durchmesser ihres Bildes im Tubus etwa  $\frac{2}{3}$  so groß wie der der Objektivhinterlinse erscheint. Die Auflösung ist sehr gut.
- b Die Aperturblende ist so weit geschlossen, daß der Durchmesser ihres Bildes im Tubus nur etwa  $\frac{1}{4}$  so groß wie der der Objektivhinterlinse erscheint. Die Auflösung ist verloren, das Bild dunkel und unrein.

leicht dadurch feststellen, daß man das Okular aus dem Tubus nimmt und direkt auf die Hinterlinse des Objektivs schaut. Ändert man dabei die Stellung der Aperturblende, so sieht man deren Bild deutlich sich innerhalb der Objektivhinterlinse erweitern und verengern. Die weiteste wirksame Öffnung der Blende ist erreicht, wenn man nach vorhergegangener Schließung derselben sie wieder so weit öffnet, daß ihr Bild eben aus der Objektivhinterlinse verschwindet und diese ganz mit Licht erfüllt erscheint. Bei dieser Apertur des beleuchtenden Strahlenbündels wird die erste Untersuchung des Präparates vorgenommen. Glaubt man dann alles, was dabei zu beobachten ist, festgestellt zu haben, so beginnt man die Irisblende langsam zu schließen. Dabei wird das mikroskopische Bild wohl immer dunkler, gleichzeitig treten aber alle Einzelheiten — auch wenn sie sich nicht durch ihre Färbung von ihrer Umgebung abheben — immer deutlicher und kontrastreicher hervor. Schließlich kommt man zu einem Punkt, bei welchem alle Details, welche mit dem verwendeten Objektiv überhaupt aufgelöst werden können, klar sichtbar sind (Abbildungen 2). Diese Stelle ist meist dann erreicht, wenn man beim Hineinblicken in den leeren Tubus den Durchmesser des Bildes der Aperturblende etwa zwei Drittel so groß sieht wie den Durchmesser der Hinterlinse des Objektivs. Eine noch weitere Verengung der Aperturblende kann das mikroskopische Bild grob verfälschen. Ist nämlich die Blende zu weit geschlossen, so erscheinen alle Einzelheiten des Präparates, Punkte, Kanten usw., wie mit einem hellen Rand, den „Diffraktions-säumchen“ umgeben (Abbildungen 3). Diese Säümchen entsprechen aber keiner tatsächlichen Eigenschaft des Objektes, sondern verdanken ihre Entstehung nur optischen

~~Vorgänge innerhalb des Mikroskops, welche in der für die Objektivapertur zu geringen Beleuchtungsapertur ihren Grund haben. Um die zur Beobachtung feinsten ungefärbter oder einfarbiger Details richtige Stellung der Aperturblende zu finden, verengt man diese zuerst so weit, bis die erwähnten Diffraktionssäumchen eben auftreten, und öffnet dann die Blende, bis diese Säumchen wieder völlig verschwinden.~~

### **Die Regelung der Beleuchtungsstärke**

Grelle Beleuchtung des mikroskopischen Bildes schädigt nicht nur das Auge, sondern erschwert auch das Beobachten von Einzelheiten. Allzu starkes Licht, wie es besonders bei der Anwendung von Mikroskopierlampen vorkommt, muß daher auf das richtige Maß gedämpft werden. Dazu darf aber nicht die Aperturblende des Kondensors verwendet werden, denn dadurch würde ja auch die Apertur des beleuchtenden Strahlenbündels und im weiteren Verlauf auch die Qualität des mikroskopischen Bildes verändert. Die Dämpfung des Lichtes darf daher ausschließlich nur mit Hilfe eines Dämpfungsfilters (Weiß- oder Tageslicht-Mattfilter oder Grau-Filter) erfolgen. Dieses Dämpfungsfiler wird in den unterhalb der Aperturblende gelegenen Filterring gelegt und seine Verwendung ist zur Beobachtung feiner Strukturen und Fasern geradezu unerlässlich. Eine zusätzliche Lichtdämpfung kann noch durch Anwendung eines zweiten Dämpfungsfilters an der Mikroskopierlampe erreicht werden.

### **Die Feldblende**

Bei sehr sorgfältigen Untersuchungen muß darauf geachtet werden, daß nur das eben sichtbare Feld des Präparates beleuchtet wird. Werden nämlich große, zwar außerhalb des Gesichtsfeldes liegende, aber diesem unmittelbar benachbarte Gebiete des Präparates stark beleuchtet, so kann infolge seitlicher Ausbreitung des Lichtes leicht eine Verschleierung des Bildes eintreten. Die vollkommeneren Mikroskopierlampen (Reichert-Mikroskopierlampe „Lux FNI“) haben daher vor ihrem Kollektor eine Feldirisblende („Leuchtfeldblende“). Ist der Kondensor richtig eingestellt, so erscheint — wie schon früher erwähnt — diese Blende deutlich abgebildet im Gesichtsfeld des Mikroskops. Zur richtigen Beschränkung des Leuchtfeldes wird diese Blende zuerst so eng geschlossen, daß sie eben im Präparat sichtbar wird und dann wieder so weit geöffnet, bis sie gerade aus dem Gesichtsfeld verschwunden ist.

## **Aufbewahrung und Pflege des Mikroskops**

### **Schutz vor Staub**

Bei Nichtgebrauch wird das Mikroskop entweder in seinem Schrank oder unter einem Glassturz staubsicher aufbewahrt. Beiben die Objektive am Mikroskop angeschraubt, so muß auch ein Okular im Tubus bleiben, damit nicht etwa von oben her Staub auf die Hinterlinse des Objektivs fallen kann.

### **Reinigung der lackierten Teile**

Diese darf nur durch Anhauchen und nachfolgendes Abreiben mit einem reinen, weichen Lappen erfolgen. Alkohol oder dergleichen darf nicht verwendet werden, da er den Lack angreift. Sollte eine mit Hartgummi belegte Platte eines Objektives im Laufe der Zeit grau und unansehnlich werden, so verreibt man auf ihr einen Tropfen Knochenöl, wodurch sie ihre schwarze Farbe wieder erlangt.

## Reinigung der Objektive und Okulare

Die Objektive sind gleichzeitig der wichtigste und auch der empfindlichste Teil des ganzen Mikroskops. Sie sind daher äußerst sorgfältig zu behandeln, vor jedem gröberen Stoß, jedem Verstauben und Verschmutzen sorgfältigst zu bewahren und dürfen selbstverständlich keinesfalls von einem Nichtfachmann auseinandergeschraubt werden, weder um dadurch andere Vergrößerungen zu erreichen, noch um sie im Inneren reinigen zu können. Nur die Frontlinse und die Hinterlinse dürfen vom Laien gesäubert werden. Locker haftenden Staub beseitigt man durch sanftes Überstreichen der freien Linsenfläche mit einem trockenen, weichen Haarpinsel. Sollte das nicht genügen, so kann man ein ganz weiches, oftmals gewaschenes Leinenläppchen mit etwas Wasser befeuchten und damit leicht über die Linsenflächen fahren. Bei manchen Objektiven sitzt die Hinterlinse sehr tief; um diese doch. erreichen zu können, umwickelt man einen dünnen, weichen Holzstab mit einem trockenen Leinenläppchen und reinigt die Linse, indem man die umwickelte Spitze des Stäbchens unter sachtem Drehen auf ihr gleiten läßt. Keinesfalls dürfen zur Reinigung der Objektive irgendwelche Chemikalien — auch nicht Alkohol — verwendet werden. Sollten einmal die genannten Methoden nicht ausreichen, so ist das betreffende Objektiv an unsere Fabrik zur Reinigung einzusenden. Dabei warnen wir gleichzeitig davor, unsere Objektive einer anderen, wenn auch noch so angesehenen Fabrik zu übergeben, da nur wir, als Erzeuger, unsere Objektive restlos kennen.

Da die Okulare nicht vollkommen luftdicht schließen, so kann es vorkommen, daß sich die Linsen im Laufe der Zeit mit einem leichten Beschlag überziehen. Im Gegensatz zu den Objektiven kann man die Okulare selbst aufschrauben, um ihre Linsen auch von der Innenseite reinigen zu können. Ebenso wie bei den Objektiven erfolgt auch bei ihnen die erste Reinigung mit einem trockenen, weichen Haarpinsel, während man fester haftende Staubteilchen nach vorherigem Anhauchen mit einem Leinenlappen abwischt.

# Vergrößerungsstafel <sup>1)</sup> 2)

Mechanische Tubuslänge  $t_m = 160 \text{ mm}$

Listenmäßige Bezeichnung	Objektiv-Art	Eigenvergrößerung $\beta_1$	Numerische Apertur $\Delta$	Fehler-Arbeitsabstand	Mikromeierwert	Objektiv <sup>3)</sup>										Oкуляр <sup>3)</sup>									
						Huygens-Oкуляр										Plan-Oкуляр					Kompensations-Oкуляр				
						4×	5×	6×	8×	10×	12×	16×	Plan 5×	Plan 8×	Plan 12×	Komp 16×	Komp 25×								
<b>Achromat-Objektive</b>	Trocken-Objektive	$f = 44 \text{ mm}$	2,4:1	0,08	60,	67,	9,6	12	14	19	24	29	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
		$f = 34 \text{ mm}$	3,4:1	0,08	40,	47,	14	17	20	27	34	41	54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
		$A = 0,15$	3,8:1	0,15	28,	42,	15	19	23	30	38	46	61	81	21	34	42	—	—	—	—	—	—		
		$f = 27 \text{ mm}$	4,4:1	0,08	29,	36,	18	22	26	35	44	53	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		$A = 0,15$	4,6:1	0,15	19,	35,	18	23	28	37	46	55	74	—	25	41	51	—	—	—	—	—	—	—	
		$A = 0,25$	10:1	0,25	7,1	16,	40	50	60	80	100	120	160	210	25	41	51	—	—	—	—	—	—	—	
$A = 0,40$	20:1	0,40	1,1	8,0	80	100	120	160	200	240	320	410	110	180	220	320	—	—	—	—	—	—	508		
$A = 0,65$	30:1	0,65	0,57	5,3	120	150	180	240	300	360	450	540	170	270	330	480	—	—	—	—	—	—	—	750	
$A = 0,65$	45:1	0,65	0,52	3,6	180	230	270	360	450	540	600	720	250	410	500	720	—	—	—	—	—	—	—	1100	
$A = 0,77$	60:1	0,75	0,21	2,7	240	300	360	480	600	600	600	960	330	540	660	960	—	—	—	—	—	—	—	1400	
$O\text{-}l\text{-}m \ A = 0,65$	20:1	0,65	0,58	8,0	80	100	120	160	200	240	320	410	110	180	220	320	—	—	—	—	—	—	—	500	
$O\text{-}l\text{-}m \ A = 1,00$	60:1	1,00	0,47	2,7	40	300	360	480	600	720	960	1200	330	540	660	960	—	—	—	—	—	—	—	1500	
$O\text{-}l\text{-}m \ A = 1,25$	100:1	1,25	0,12	1,6	400	500	600	800	1000	1200	1600	2000	550	900	1100	1600	—	—	—	—	—	—	—	2500	
<b>Fluorit-Objektive</b>	Trocken-Objektive																								
		$\text{Fluor } A = 0,80$	40:1	0,80	0,39	4,0	160	200	240	320	400	480	640	220	360	440	640	—	—	—	—	—	—	—	1000
		$\text{Fluor } A = 0,85$	60:1	0,85	0,25	2,7	240	300	360	480	600	720	960	330	540	660	960	—	—	—	—	—	—	—	1500
$\text{Fluor } O\text{-}l\text{-}m \ A = 1,30$	100:1	1,30	0,15	1,6	400	500	600	800	1000	1200	1600	2000	550	900	1100	1600	—	—	—	—	—	—	—	2500	

<sup>1)</sup> Die in der Tafel verzeichneten Lupenvergrößerungen des Mikroskops sind auf zwei bezifferte Stellen ab-, bzw. aufgerundet; so ist z. B. für die Zusammenstellung eines 45:1-Objektivs mit einem 25 x -Oкуляр der Rundwert von 1100 anstatt des Genauwertes von 1125 (45 x 25) angegeben.

<sup>2)</sup> Die in *kurstven Ziffen* (z. B. 1600) angegebenen Lupenvergrößerungen sind sogenannte "Leer-Vergrößerungen", welche über den Nüchtrigen Lupenvergrößerungen der betreffenden Objektiv-Oкуляр-Zusammenstellung liegen.

<sup>3)</sup> Für die Verwendung von Sonder-Ocularen (Mef-, Zähl-, Fadenkreuz- und Zeiger-Oculare) gelten die gleichen Werte.