

# PHASENKONTRASTEINRICHTUNG KF-5

## ФАЗОВО-КОНТРАСТНОЕ УСТРОЙСТВО КФ-5

Das Phasenkontrastgerät KF-5 ist für die Untersuchung von kontrastarmen Objekten vorgesehen, die unter üblichen Beobachtungsbedingungen in einem Mikroskop nicht sichtbar sind. Im Gegensatz zum KF-4 hat das KF-5 zwei Ringe in der Objektiv- und Kondensorblende.

Der KF-5 wird anstelle des Kondensors am Mikroskop montiert.

Das Gerät ist für den Betrieb in makroklimatischen Regionen mit gemäßigttem und kaltem Klima in Laborräumen bei einer Lufttemperatur von +10 bis +35 ° C hergestellt.

### TECHNISCHE DATEN

Phasenkondensor:

numerische Apertur 1,2

Brennweite, mm 11,0

Vergrößerung und numerische Apertur des Phasenkondensors

20×0,40

40×0,65

70×1,23 (d.h.)

90×1,25 (m.i.)

Gesamtabmessungen, mm 110x98x60

Masse, kg 0,45

### GERÄTEZUSAMMENSETZUNG

Der Aufbau des Gerätes für die Beobachtung im Phasenkontrastverfahren umfasst das Gerät mit Phasenkondensator, Phasenlinsen und Hilfsmikroskop.

Der vollständige Satz des Geräts ist in seinem Zertifikat angegeben.

### FUNKTIONSPRINZIP UND BEDIENUNG DES GERÄTS

Eine mikroskopische Probe wird als Gitter mit regelmäßiger Struktur gesehen, z. B. mit abwechselnd dunklen und hellen Linien in gleichem Abstand. Durch die Beugung wird das Licht, das ein solches Gitter durchläuft, nicht nur in seine ursprüngliche Richtung gelenkt, sondern auch in andere Richtungen unter bestimmten Winkeln zur ursprünglichen Richtung abgelenkt.

Kf-5 Abb. 1

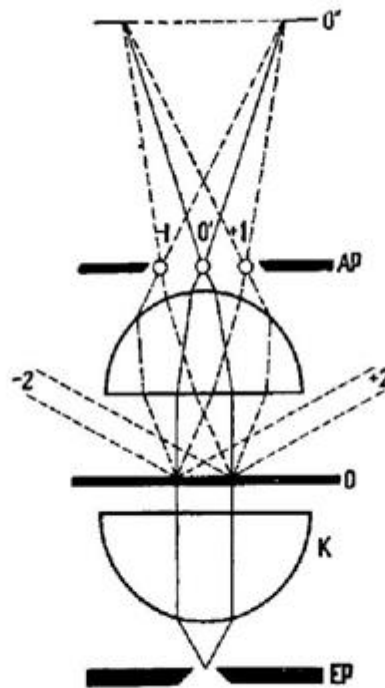


Abb. 1

Die Lichtstrahlen des Beugungsspektrums sammeln sich in der Bildebene  $O$ , wo ihre Interferenz ein Bild des Objekts  $O$  erzeugt, das nur dann erscheint, wenn das Objektiv mindestens das erste Beugungsmaximum durchlässt, mit Ausnahme des Nullmaximums.

Das Beugungsspektrum kann man sehen, indem man das Okular herausnimmt und in den Tubus des Mikroskops schaut, dann sieht man in Abwesenheit eines Präparats das in Abb. 2 gezeigte Bild, und in Anwesenheit eines Präparats in Form eines Gitters das in Abb. 3 gezeigte



Bild. 2.

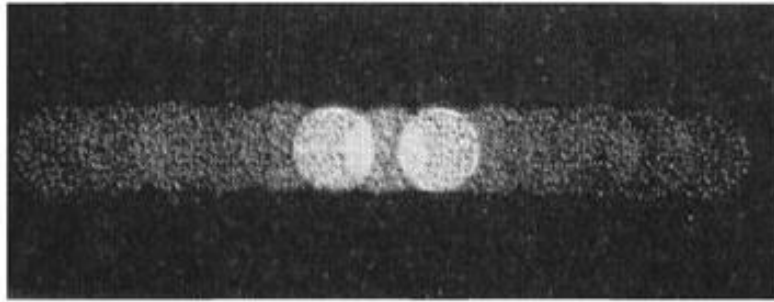


Bild. 3.

Die Verteilung der Lichtintensität im Beugungsspektrum hängt vom Verhältnis der Breiten von hellen und dunklen Linien sowie von deren optischer Dichte ab.

In der Mikroskopie werden zwei Arten von Objekten unterschieden.

Objekte mit unterschiedlicher Lichtabsorption in verschiedenen Bereichen verändern die Intensität des durch sie hindurchgegangenen Lichts, d.h. die Größe der Amplitude der Lichtschwankung, und werden daher als "Amplitude" bezeichnet. Zu solchen Objekten gehören alle gemalten Präparate, die mit mehr oder weniger Kontrast dargestellt werden.

Objekte mit gleicher Lichtabsorption in verschiedenen Bereichen, aber mit unterschiedlicher optischer Dicke, ändern, ohne die Intensität des sie durchdringenden Lichts zu verändern, die Phase seiner Schwingung. Die Änderung der Schwingungsphase kann nicht mit dem Auge oder der Fotoplatte gesehen werden, deshalb sind solche Objekte unsichtbar, sie werden als phasierte Objekte bezeichnet. Die Phase des oszillierenden Lichts, das ein Objekt durchläuft, ändert sich proportional zur optischen Dicke des Präparats. Zu den Phasenpräparationen gehören alle unbemalten Nicht-Kontrast-Präparationen.

Eine Phasenpräparation (Gitter) kann als Beugungsgitter betrachtet werden, das aus abwechselnden Bändern und Schlitzen mit gleicher Lichtdurchlässigkeit, aber unterschiedlicher optischer Dicke besteht.

Das Phasengitter in Abb. 4, bewirkt, dass sich die Phase des Lichts, das durch die Schlitze tritt, gegenüber der Phase des Lichts, das durch die Vorsprünge tritt, ändert. Beim Durchgang von Licht durch ein Phasengitter wird, ähnlich wie bei einem Beugungsgitter, Licht gebeugt; in der Brennebene des Objektivs entsteht ein Beugungsspektrum, das sich vom Beugungsspektrum des Amplitudengitters durch die Intensität des zentralen Peaks (der heller ist) und die Phasendifferenz der Null- und Seitenpeaks unterscheidet.



Abb. 4

Nach der Beugungstheorie entsteht in der Bildebene  $O''$  (siehe Abb. 1) ein dem Objekt ähnliches Bild; ist ein kontrastloses (unsichtbares) Objekt aufgenommen worden, wird es als gleichmäßig weißes Feld dargestellt.

Mit dem Phasenkontrastverfahren ist es möglich, ein Kontrastbild in der Bildebene  $O''$  zu erhalten, bei dem die Verteilung der Lichtintensität der Phasenverteilung im Objekt entspricht und das unsichtbare Objekt sichtbar wird. Es ist nur erforderlich, dass das durch das Phasengitter gegebene Beugungsspektrum dem des Amplitudengitters ähnlich ist. Dazu sollte eine Platte in die Brennebene des Objektivs gelegt werden, die durch Überlappung des zentralen Maximums dessen Intensität reduziert und die Phasendifferenz zwischen dem Null- und den Seitenmaxima um  $90^\circ$  verändert.

Das Funktionsprinzip des Geräts ist in Abb.5 dargestellt. Hier ist  $O_1O_2$  das Objekt, das eine Kombination aus Spalt  $O$  und den Projektionen  $O_1$  und  $O_2$  ist. Die Amplitude des schwingenden Lichts wird als Vektor dargestellt, dessen Betrag die Lichtintensität bestimmt, und die Richtung - die Phase der Schwingung. Ein Lichtstrahl mit den Amplituden  $A$ ,  $A_1$  und  $A_2$  fällt auf den Spalt bzw. zwei benachbarte Leisten.

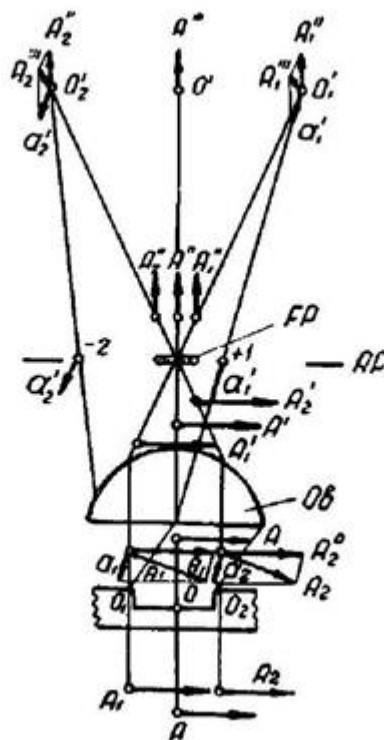


Bild. 5.

Wird die Phasenpräparation genommen, ändert sich die Intensität des durchgehenden Lichts nicht, und folglich ändern sich auch die Beträge der Vektoren  $A$ ,  $A_1$  und  $A_2$  nicht. Der Vektor  $A$ , der den Spalt durchquert hat, ändert weder seinen Betrag noch seine Phase; die Vektoren  $A_1$  und  $A_2$ , die in ihrem Betrag konstant bleiben, ändern ihre Richtung, wie es im Bild über der Leiste des Gitters dargestellt ist. Die Richtungen der Vektoren ändern sich um so weniger, je geringer der Wegunterschied ist, der sich durch die unterschiedliche Dicke des Objekts ergibt.

Die Vektoren  $A_1$  und  $A_2$  über der Leiste des Gitters können mit der Parallelogrammregel in zwei Komponenten zerlegt werden, wobei die Richtung und der Betrag der einen Komponente gleich denen des Vektors über dem Schlitz gewählt werden. Dann bildet die zweite Komponente, die betragsmäßig unbedeutend ist, einen Winkel mit der ersten Komponente, der nahe bei  $90^\circ$  liegt und mit zunehmender Wegdifferenz größer wird. In der Abbildung sind diese Komponenten durch die Vektoren  $a_1$  und  $a_2$  dargestellt.

Die Vektoren  $A_1$ ,  $A_2$  und  $A$ , in der AR-Ebene durch die Vektoren  $A'_1$ ,  $A'_2$  und  $A'$  bezeichnet, nehmen an der Bildung des Nullmaximums teil, und die Vektoren  $a_1$  und  $a_2$ , in derselben Ebene durch die Vektoren  $a'_1$  und  $a'_2$  bezeichnet, nehmen an der Bildung der Seitenmaxima  $+1$  und  $-2$  teil.

Die Phasenplatte FP, die das Null-Maximum überlagert, dessen Intensität reduziert und die Phase der Schwingung um  $90^\circ$  ändert, wird in die Ebene AR gelegt.

Der Zustand des Lichts, das nach dem Durchgang durch die Phasenplatte das Null-Maximum bildet, wird durch die Vektoren  $A''_1$ ,  $A''$  und  $A''_2$  dargestellt, die gegenüber den Vektoren  $A'_1$ ,  $A'$  und  $A'_2$  um  $90^\circ$  gedreht sind und die Hälfte ihres Betrags betragen.

Nach der Beugungstheorie entsteht ein Bild eines Objekts in der Ebene  $O'2O''_1$ . Das Licht aus dem Spalt mit einer Amplitude  $A''$  im Punkt  $O'_2$  und das Licht aus der Projektion am Nullmaximum und das Licht an den Seitenmaxima mit den Amplituden  $A''_2$  bzw.  $a'_2$ ,  $A''_1$  und  $a'_1$  werden im Punkt  $O'$  addiert. Diese Vektoren müssen nach der Parallelogrammregel addiert werden, was die Vektoren  $A'''_2$  und  $A'''_1$  ergibt. Wenn wir ihre Größe mit dem Vektor  $A'''$  vergleichen, werden wir sehen, dass sie kleiner als dieser Vektor sind, so dass in verschiedenen Teilen der Ebene  $O'2O''_1$  die Lichtintensität unterschiedlich ist: am Punkt  $O'$  ist die Beleuchtung größer als an den Punkten  $O'_2$  und  $O'_1$ , die dem dickeren Teil des Präparats entsprechen.

Je nachdem, ob das Licht, das den Phasenring durchläuft, dem Licht, das den Ring passiert, vorausgeht oder hinterherhinkt, erhält man entweder einen positiven oder einen negativen Phaseneffekt. Im ersten Fall wird das Bild von Partikeln eines Objekts mit größerer optischer Dicke dunkler sein als das Bild von Partikeln eines Objekts mit kleinerer optischer Dicke, und im zweiten Fall ist es genau umgekehrt.

So wird im Sichtfeld des Mikroskops ein Bild der Gitterstruktur sichtbar, bei dem die Intensitätsverteilung der Änderung der Phase der Lichtschwingung entspricht. Wie gesagt, um ein Kontrastbild zu erhalten, ist es notwendig, die Differenz des Verlaufs des Nullmaximums zu verändern, ohne die Differenz des Verlaufs der seitlichen Maxima zu verändern.

Bei Verwendung einer Blende und Phasenplatte in Form eines Kreises ist dies nicht möglich, da sich die Null- und Seitenmaxima überschneiden (siehe Abbildung 3). Daher wird eine Blende und Phasenplatte in Form eines Rings verwendet; dann ist die Überlappung minimal und ohne praktischen Wert.

Abb. 6 zeigt das im Mikroskoptubus beobachtete Bild bei Verwendung der Ringkondensorblende und der ringförmigen Phasenplatte und in Abwesenheit des Präparats, und Abb. 7 unter den gleichen Bedingungen und in Anwesenheit des Präparats.



Bild. 6.

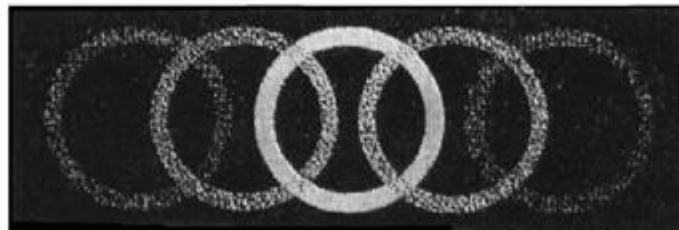


Bild. 7.

Die Gesamtansicht des Gerätes KF-5 ist in Abb. 8 dargestellt.



Bild. 8.

Die Hauptbestandteile des KF-5-Gerätes sind Phasenlinsen 1 (siehe Abb. 8, 10), Phasenkondensator 2 (siehe Abb. 8, 11), ein Hilfsmikroskop 3 (siehe Abb. 8, 12) und ein Grünfilter 11 (siehe Abb. 8).

### Phasenlinsen

Die Linsen 1 (siehe Abb. 8, 10), die in der KF-5-Einheit enthalten sind, sind für eine Tubuslänge von 160 mm und eine Deckglasdicke von 0,17 mm ausgelegt. Die technischen Daten der Objektive sind in der Tabelle angegeben.

Тип объектива	Увеличение	Числовая апертура	Фокусное расстояние, мм	Рабочее расстояние, мм
Ахроматический, 20x0,40 Ф-2	20	0,40	8,40	1,70
Ахроматический, 40x0,65 Ф-2	40	0,65	4,35	0,55
Апохроматический, 70x1,23 Ф-2	70	1,23	2,52	0,14 – 0,04
Ахроматический, 90x1,25 Ф-2	90	1,25	1,96	0,10

Phasenkontrastlinsen unterscheiden sich von herkömmlichen achromatischen Linsen dadurch, dass sich in der Austrittspupillenebene der Linse zwei konzentrische Phasenringe befinden, von denen einer breit und der andere, innerhalb des breiten Rings angebracht, schmal ist. Die Ringe werden verwendet, um die Phase des Null-Maximums um 90° zu verändern und seine Intensität zu reduzieren. Die Phasenringe (Abbildung 9) werden auf der Innenfläche einer der verklebten Linsen (oder einer Platte) angebracht, die sich in der Nähe der Austrittspupille der Linse befindet.

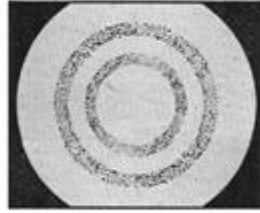


Abb. 9

Auf dem Deckel dieser Objektive ist zusätzlich zu der üblichen Gravur "P-2" eingraviert. Es wird nicht empfohlen, diese Objektive für die konventionelle Forschung zu verwenden, da sie aufgrund des Vorhandenseins von Phasenringen eine geringere Bildqualität liefern.



Abb. 10

### Phasenkondensator

Der Phasenkondensator 2 (siehe Abb. 2, 11) für Phasenkontrastbeobachtungen ist vom optischen Schema her einem herkömmlichen Kondensator ähnlich. Die Ausnahme sind Blenden mit zwei Ringen, die in der Brennebene des Phasenkondensators liegen. Die Blenden werden in den Drehteller 4 (siehe Abb. 11) eingesetzt und entsprechend dem gewählten Objektiv angebracht.



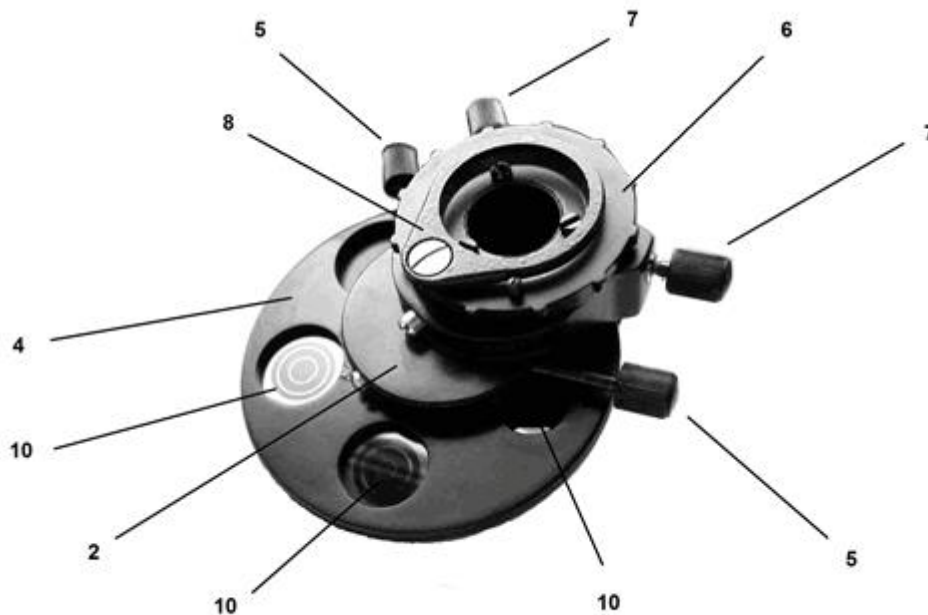


Abb. 11

Der Phasenkondensator kann auch für Beobachtungen in der üblichen Weise verwendet werden. Dazu befindet sich in der Revolverscheibe neben den kreisförmigen Öffnungen 10 (siehe Abb. 11) eine freie Öffnung, um den gesamten Lichtstrahl durchzulassen, und eine Irisblende unter der Revolverscheibe. Der Phasenkondensator wird in den Kondensatorhalter des Mikroskops eingesetzt und in gewohnter Weise mit einer Schraube festgeklemmt.

Die Neupositionierung der kreisförmigen Blenden erfolgt durch Drehen der Drehscheibe am gerändelten Teil, bis sie fixiert ist; dabei sollte im Fenster des Kondensatordeckels die Zahl entsprechend der Vergrößerung des verwendeten Objektivs oder "0" entsprechend der freien Apertur erscheinen. Zwei Schrauben 5 (siehe Abb.11) dienen zur Zentrierung der Ringblende gegenüber dem Phasenring des Objektivs.

Der Ring 6 (siehe Abb. 11) ist zum Öffnen der Irisblende bestimmt, und die Schrauben 7 (siehe Abb. 11) - zum Zentrieren relativ zu den Phasenringen des Objektivs.

Der aufklappbare Tubus 8 (siehe Abb. 11) dient zum Einbau eines Lichtfilters.

#### Hilfsmikroskop

Das Hilfsmikroskop 3 (siehe Abb. 8, 12) dient zur Zentrierung des Bildes der Kondensator-Ringblende in Bezug auf die Phasenringe des Objektivs. Das Hilfsmikroskop MIR-4 wird anstelle des Okulars in den Mikroskoptubus eingesetzt und nach erfolgter Zentrierung wieder durch das Okular ersetzt. Das Mikroskop-

Boreskop besteht aus einem Tubus mit einer Objektivlinse 13 (siehe Abb. 12) und einem Tubus mit einem Okulartubus 12 (siehe Abb. 12). Das Abzweigrohr mit dem Okular wird in das Abzweigrohr mit der Objektivlinse eingesetzt und kann darin verschoben werden; die Arretierung in jeder Position erfolgt durch die Schraube 9 (siehe Abb. 12)



Abbildung 12

## MARKIERUNG

Jedes Gerät ist mit dem Markenzeichen des Herstellers, dem Code und der Seriennummer gekennzeichnet, wobei die ersten beiden Ziffern die letzten beiden Ziffern des Herstellungsjahres des Geräts angeben.

## PRAXIS DES BETRIEBS

Setzen Sie die Phasenkontrast-Objektive 1 (siehe Abb. 8, 10) in den Mikroskoprevolver und das ausgewählte Okular in den Mikroskoptubus ein. Bei Verwendung von 70×1,23- und 90×1,25-Objektiven geben Sie einen Tropfen Immersionsöl oder Wasser auf die flache Oberfläche der Kondensorfrontlinse, um die Kondensoröffnung voll auszunutzen.

Montieren Sie den Phasenkondensator 2 (siehe Abb. 8, 11) anstelle des herkömmlichen Kondensators; die Drehscheibe 4 (siehe Abb. 11) sollte so gedreht werden, dass die Zahl "0" im Gehäusefenster sichtbar ist. Der Phasenkondensator kann dauerhaft am Mikroskop belassen werden, da er auch für Beobachtungen im Durchlicht geeignet ist.

Legen Sie das Präparat auf den Mikroskoptisch und stellen Sie das Mikroskop darauf scharf.

Stellen Sie die Beleuchtungseinrichtung nach den Regeln der Normalbeleuchtung ein, wobei der Glühfaden der Beleuchtungslampe in der Ebene der Irisblende des Kondensors und die Feldblende in der Ebene des Objekts liegen muss. Die Feldblende sollte in Bezug auf das Sichtfeld des Objektivs zentriert und entsprechend dem Sichtfeld des Okulars geöffnet sein.

Öffnen Sie die Leuchtfeldblende des Kondensors mit der Scheibe 6 vollständig (siehe Abb. 11).

Setzen Sie das Hilfsmikroskop 3 (siehe Abb. 8, 12) anstelle des Okulars ein und fokussieren Sie das Mikroskop durch Verschieben des Okulars auf die Objektivphasenringe (siehe Abb. 9).

Drehen Sie die Kondensordrehscheibe, um die gewünschte Ringblende einzuschalten; die dem gewählten Objektiv entsprechende Zahl sollte im Fenster der Kondensorabdeckung erscheinen. Nun wird im Hilfsmikroskop zusätzlich zu den Phasenringen auch das Bild der Lichtringe der Kondensorblende sichtbar (siehe Abb. 13).



Abb. 12

Richten Sie mit Hilfe der Zentrierschrauben 5 (siehe Abb. 11) die Aufnahmen der Lichtblendenringe mit den Phasenringen (siehe Abb. 14) aus und zentrieren Sie mit Hilfe der Schrauben 7 (siehe Abb. 11) die Kondensorblende relativ zu den Phasen- und Lichtringen.



Abb. 14

Entfernen Sie das Hilfsmikroskop und ersetzen Sie es durch das ausgewählte Okular.

Durch Verschieben des Kondensors in der Höhe erreichen Sie den höchsten Kontrast des Objektbildes.

Beobachten Sie das Objekt zunächst mit den beiden Phasenringen und schließen Sie dann durch Schließen der Kondensor-Irisblende den breiten Ring und beobachten Sie nur mit dem inneren schmalen Ring. Diese Art der Beobachtung vermittelt eine zuverlässigere Vorstellung von der Struktur des untersuchten Objekts.

Für eine effektivere Beobachtung mit dem Phasenkontrastverfahren wird empfohlen, den Grünfilter 11 zu verwenden (siehe Abb. 8).

Beachten Sie, dass nach jedem Objektiv- oder Präparationswechsel die Zentrierung der Blendenringe zu den Phasenringen neu überprüft werden sollte, denn nur so kann man sicher sein, dass der Kontrast des Objektbildes stimmt; eine ungenaue Ausrichtung der Ringe führt zu einer Kontrastverminderung.

Um auf konventionelle Beobachtung im Hellfeld umzuschalten, genügt es, den Kondensor-Revolver auf die Zahl "0" zu schalten. Dabei ist zu beachten, dass Phasenobjektive bei der Arbeit im Hellfeld eine gewisse Verschlechterung der Bildqualität bewirken.

### **REGELN FÜR DEN UMGANG MIT DEM GERÄT**

Wenn Sie das KF-5-Gerät erhalten, achten Sie darauf, dass die Verpackung und die Versiegelung erhalten bleiben.

Das Gerät wird sorgfältig geprüft und muss, um einen störungsfreien Betrieb zu gewährleisten, sauber gehalten und vor Beschädigungen geschützt werden. Achten Sie besonders auf die Sauberkeit der optischen Teile, insbesondere der Linsen. Staub- und Fettablagerungen auf optischen Oberflächen sollten mit einem weichen, in reinem Benzin oder Äther getränkten Tuch oder Watte entfernt werden. Bauen Sie die Linsen nicht selbst aus, sondern bringen Sie sie in ein optisches Fachgeschäft.

### **MÖGLICHE FEHLFUNKTIONEN UND FEHLERBEHEBUNG**

Störung	Wahrscheinliche Ursache	Abhilfe
Sichtfeld ist unregelmäßig beleuchtet, dunkle Flecken erscheinen	Falsch eingestellter Kondensor - die Feldblende wird nicht in der Objektebene abgebildet	Durch Verschieben des Phasenkondensors in der Höhe erreichen Sie eine scharfe Abbildung der Feldblende im Sichtfeld des Objektivs
Nach dem Einschalten der Ringblende wird das Sichtfeld des Mikroskops dunkel	Die Irisblende des Kondensors ist geschlossen	Öffnen Sie die Membrane vollständig
Unzureichender Bildkontrast	Die Ringblenden sind in Bezug auf die Phasenringe des Objektivs schlecht zentriert; die falsche Blende ist eingeschaltet	Richten Sie neu aus und prüfen Sie, ob die Blende mit dem Objektiv übereinstimmt

## **LAGERUNG**

Außerhalb der Betriebszeit empfiehlt es sich, das KF-5-Vorsichtgerät und sein Zubehör abzunehmen und in den Tragekoffer zu legen.

## **TRANSPORT**

Beim Transport sollten das KF-5-Gerät und sein Zubehör so im Koffer platziert werden, dass es sich beim Schütteln des Kartons nicht bewegt. Das Gerät kann mit jeder Art von Transportmittel transportiert werden.

## **TEILE- UND BAUGRUPPENKATALOG ZUR NACHBESTELLUNG**

Lichtfilter (grün) - 24.91.301



**Aufsicht**



**Unterseite**



**Seitenansicht**



**Unterseite, seitlich**