



Interphako

Durch ständige Weiterentwicklung unserer Erzeugnisse können Abweichungen von den Bildern und dem Text dieser Druckschrift auftreten. Die Wiedergabe - auch auszugsweise - ist nur mit unserer Genehmigung gestattet. Das Recht der Übersetzung behalten wir uns vor. Für Veröffentlichungen stellen wir Reproduktionen der Bilder, soweit vorhanden, gern zur Verfügung.

Interphako Nf

f ü r D u r c h l i c h t



Bild 1 Interphakomikroskop Nf für Durchlicht

1. Allgemeine Gesichtspunkte

Um eine in den letzten Jahren immer häufiger erforderte Einrichtung zur Durchführung genauer **Gangunterschiedsmessungen** an mikroskopischen Objekten zu schaffen, wurde in unserem Werk die Interferenzeinrichtung "Interphako" entwickelt.

Hauptgewicht wurde dabei auf die Wiedergabe und Vermessung kleinster Objekte bei ausgezeichneter Bildqualität gelegt. Damit ist es z.B. möglich, auch an kleinsten Zellbestandteilen bis herunter zu $0,5 \mu\text{m}$ Brechzahlbestimmungen durchzuführen, um aus der Brechzahl Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der Zelle oder des entsprechenden Zellbestandteils ziehen zu können. Jedoch können auch an großflächigen Objekten bequem und sicher genaue Gangunterschiedsmessungen durchgeführt werden. Man denke dabei an Glas- oder Kunststofffasern, Aufdampfschichten, Schnittdickenbestimmungen, Ätzgruben in Kristalloberflächen usw.

Für großflächige Objekte wurde und wird auch heute noch vorwiegend die Streifenmethode angewendet, d.h. die nach Bild 2 durch ein Phasenobjekt relativ zur Umgebung hervorgerufene Versetzung der Interferenzstreifen, die durch Interferenz zweier etwas gegeneinander geneigter, kohärenter, also von der gleichen Lichtquelle herrührender Wellenfronten entstehen.

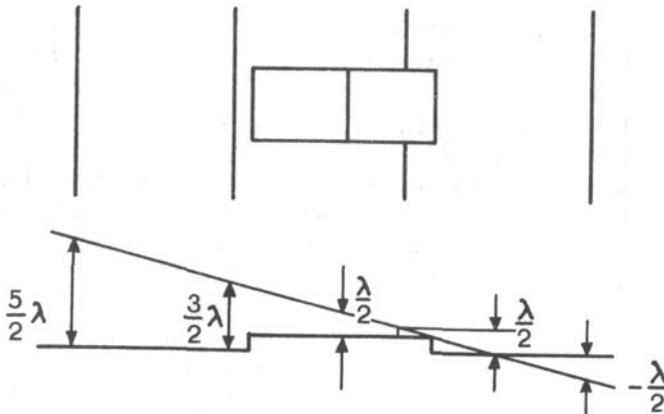


Bild 2

Die damit erreichbare Genauigkeit ist nicht sehr hoch.. Ihre Genauigkeitsgrenze liegt in der Praxis unter günstigsten Bedingungen bei $\lambda/30$ bis $\lambda/50$. Bei sehr kleinen Objekten kann diese Streifenmethode jedoch nicht angewendet werden.

Da aber in der Mikroskopie gerade die kleinsten Objekte das größte Interesse beanspruchen, müssen andere Methoden unter Benutzung von Objektiven höchster Apertur angewendet werden.

Man geht vom Streifenverfahren zum Interferenzkontrast über. Durch Verringerung der Neigung beider kohärenter Wellenfronten wird der Abstand und damit auch die Breite der Interferenzstreifen so weit vergrößert, bis das ganze Feld in gleicher Helligkeit oder Farbe erscheint und sich die Phasenobjekte dagegen kontrastiert abheben, wenn die auftretenden Phasendifferenzen groß genug sind. Durch Einführung eines zusätzlichen, meßbar veränderlichen Gangunterschiedes zwischen den interferierenden Wellenfronten kann man nacheinander Objekt und Umgebung auf den gleichen Helligkeits- oder Farbwert einstellen und so den Gangunterschied zwischen Objekt und Umgebung messen. Auf diese Weise wird in der Praxis bei günstigen Objekten ohne Schwierigkeiten eine Meßgenauigkeit von $\lambda/100$ erreicht.

Bei der Realisierung dieser Meßmethode muß man zwei Typen unterscheiden. Der eine arbeitet mit einer Aufspaltung des Strahlenganges vor dem Objekt (Bild 3). Dazu gehören die Mach-Zehnder-Anordnung im Durchlicht und die Michelson-Anordnung im Auflicht. Die Hauptschwierigkeit liegt in dem möglichst exakten optischen Abgleich zwischen Objekt- und Vergleichsstrahlengang. Beim zweiten Typ erfolgt die Aufspaltung des Strahlenganges hinter dem Objekt. Bei den bisher bekannt gewordenen Geräten der letzten Art ist stets eine laterale oder axiale Bildaufspaltung erforderlich, die mit polarisationsoptischen Mitteln durchgeführt wird (Bild 4). Die Methode mit lateraler Bildaufspaltung ist unter der Bezeichnung "Shearing-Verfahren" bekannt geworden.

Ein wesentlicher Nachteil ist die durch die polarisationsoptischen Elemente bedingte Beschränkung der Beleuchtungsapertur und Minderung der Bildqualität, sowie der erhebliche Lichtverlust.

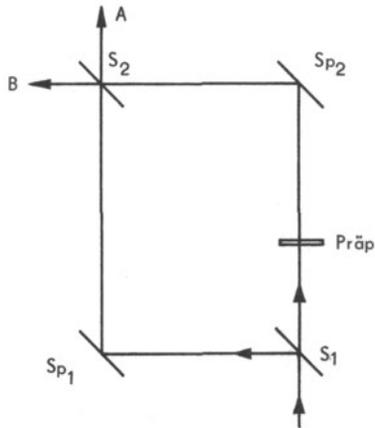


Bild 3

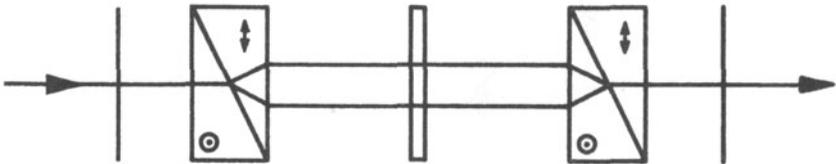


Bild 4

Außerdem muß immer im polarisierten Licht gearbeitet werden, was u.U. die Untersuchung doppelbrechender Objekte erschwert. Die neue Interferenzeinrichtung "Interphako" arbeitet mit einer Aufspaltung des Strahlenganges hinter dem Objektiv im natürlichen Licht, jedoch wahlweise mit oder ohne laterale Bildaufspaltung.

2. Shearing-Verfahren

Bei der lateralen Bildaufspaltung wird nach Bild 5 ein in der Kondensorbrennebene gelegener verstellbarer Spalt Sp mit Hilfe von Kondensator 1, Objektiv 2 und eines Zwischenabbildungssystems 5 innerhalb eines kleinen Mach-Zehnder-Interferometers abgebildet. (Die Strahlenteilung erfolgt bei S_1 , die Wiederver-

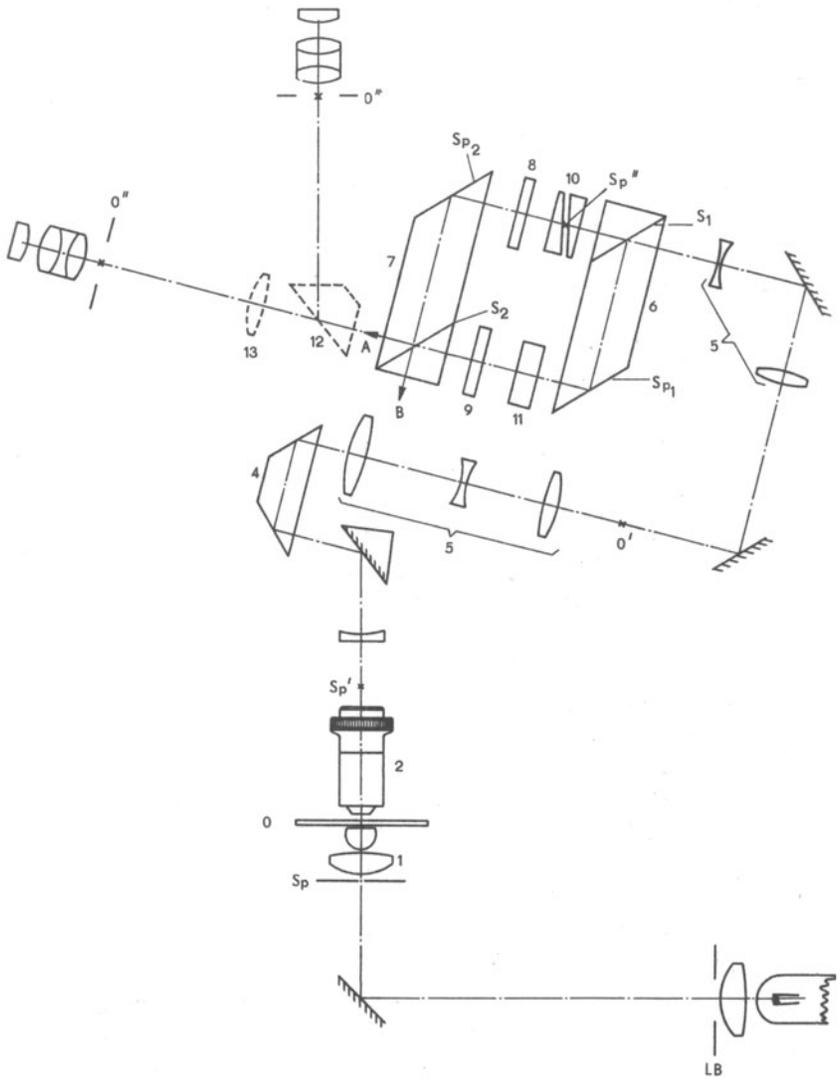


Bild 5

einigung bei S_2). In einem der beiden im Interferometer gelegenen Bilder des Spaltes Sp wird bei Sp'' ein Drehkeil angeordnet. Dieser Drehkeil besteht aus 2 Einzelteilen, die, zueinander gegensinnig, um die optische Achse gedreht werden können. Hierdurch wird die Keilwirkung, d.h. die Ablenkung des einen Teilstrahlenganges von der ursprünglichen Richtung kontinuierlich verändert. Diese Richtungsablenkung im Spaltbild Sp'' entspricht einer kontinuierlich veränderbaren Bildaufspaltung in der Zwischenbildebene $0''$, deren Größe von 0 bis 4 mm variiert werden kann. Es ist also sowohl die differentielle, als auch die totale Bildaufspaltung möglich (Bild 6 und 7).



Bild 6



Bild 7

Erstere liegt in der Größenordnung der Auflösungsgrenze und bewirkt einen Relieffeffekt, der wegen der möglichen Variation der Bildaufspaltung den Objekteigenschaften optimal angepaßt werden kann. Sie kann außerdem zur Messung von Brechzahlgradienten bzw. der Neigung von Flächen verwendet werden.

Letztere ist größer als das Objekt und ermöglicht mit Hilfe des als schwachen Keil ausgebildeten Phasenschiebers 8 genaue Gangunterschiedsmessungen, indem nacheinander Objekt und Umgebung auf gleiche Helligkeit oder Farbe eingestellt werden. Die auf diese Weise erreichbare Meßgenauigkeit liegt bei etwa $\lambda/200$. 9 und 11 sind Kompensationskeile, 12 ein ein- und ausschließbares Prisma zur Mikrofotografie und 13 eine ebenfalls ein- und ausschließbare Bertrand-Linse zur Beobachtung der Pupille, 4 ein verschiebbares Prisma zum Ausgleich der unterschiedlichen Pupillenlage der Objektive.

Zur Verbesserung der Meßgenauigkeit auf $\lambda/500$ ist eine in das erste Zwischenbild bei $0'$ einsetzbare Halbschattenplatte vorgesehen. Sie stellt im wesentlichen eine Phasenstufe (Bild 8a) dar, die quer durch das Zwischenbild des zu vermessenden Objekts gelegt wird. Sie teilt Objekt und Umgebung in 2 Berei-

che. Als Einstellkriterium dient nach den Bildern 8b und c der nacheinander durchgeführte Helligkeitsabgleich im Objekt und in der Umgebung.

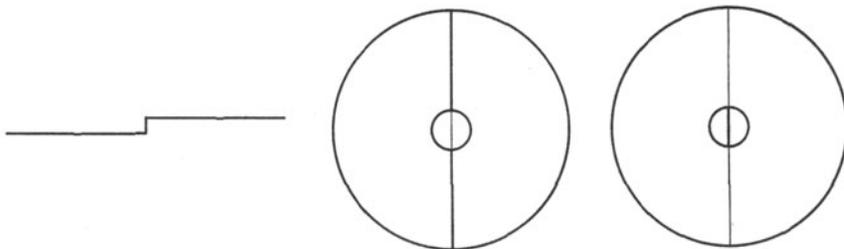


Bild 8a

8b

8c

Zur Durchführung der Streifenmethode bei ausgedehnten Objekten werden die beiden Keile 3 und 9 gegensinnig um senkrecht zur Zeichenebene stehende Achsen um kleine Beträge gedreht; dies bewirkt eine Pupillenaufspaltung. Die beiden nebeneinanderliegenden Pupillenbilder entsprechen kohärenten Lichtquellen und erzeugen nach Bild 1 in der Bildebene ein System paralleler Interferenzstreifen, die durch Streifenversetzung die Größe des Gangunterschieds direkt anzeigen. Auch hier kann die Meßgenauigkeit unter Zuhilfenahme des Phasenschiebers 8, d.h. durch Compensation des Gangunterschieds wesentlich erhöht werden.

Bei relativ großen Bildaufspaltungen muß zur Sicherung eines guten Kontrastes die Beleuchtungsapertur stark eingeschränkt werden, weshalb der verstellbare Beleuchtungsspalt vorgesehen ist. In Bild 9 entspräche die Strecke O_1O_2 der auf die Objektebene bezogenen Bildaufspaltung. Die gezeichneten Parallelstrahlen sollen jeweils von einem Randpunkt des Beleuchtungspaltes ausgegangen sein und die Punkte O_1 und O_2 durchsetzen. Dann ist aus Kontrastgründen für den mittleren Beleuchtungsspalt zu fordern, daß der Abstand Δ zwischen O_1 und der Projektion von O_2 auf den etwas gegen die optische Achse geneigten Strahl nicht größer als $\lambda/4$ ist, d.h. für alle vom Spalt ausgehenden Strahlen diese Größe nur zwischen 0 und $\lambda/4$ variiert. Die Interferenzen werden aber nicht gestört, wenn man außerdem Beleuchtungsbündel zuläßt, für die Δ von λ bis $5/4 \lambda$

oder allgemein von $n \cdot \lambda$ bis $(n + 1/4)\lambda$ variiert. Im monochromatischen Licht ist es also möglich, statt eines Beleuchtungsspaltes ein Beleuchtungsgitter zu verwenden, da die Größe der Bildaufspaltung der Gitterkonstante des Beleuchtungsgitters genau angepaßt werden kann. Bei Verwendung bis zu 20 Gitterstrichen kann so die durch zu engen Beleuchtungsspalt geminderte Bildqualität wesentlich verbessert und die Bildintensität im monochromatischen Licht bis auf das zwanzigfache erhöht werden. Das ist für die Praxis von außerordentlicher Bedeutung.

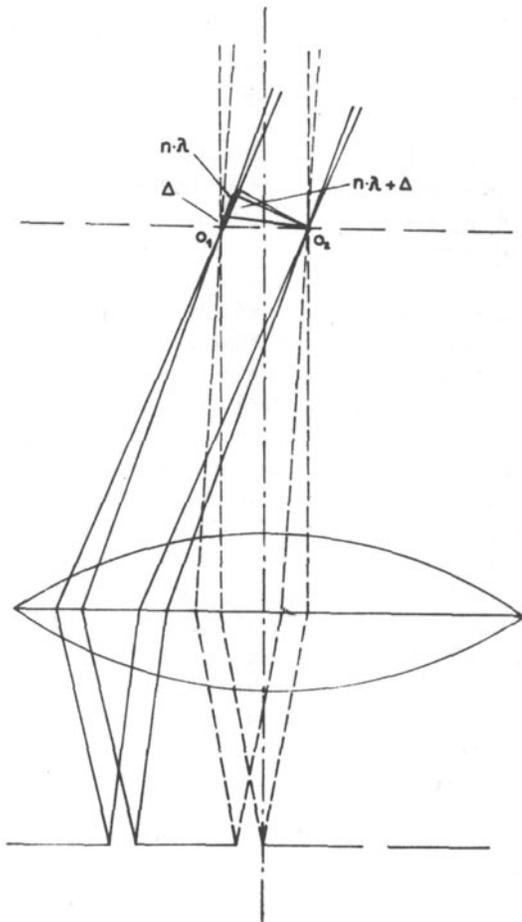


Bild 9

5. Interphako-Verfahren

Dieses Verfahren hat seinen Namen wegen der engen Verwandtschaft mit dem Phasenkontrastverfahren erhalten und ist besonders günstig für Gangunterschiedsmessungen an kleinsten Phasenobjekten bis zur Auflösungsgrenze. Seine Überlegenheit besteht vor allem in der ausgezeichneten Bildqualität, die ohne weiteres mit der von erstklassigen Phasenkontrasteinrichtungen erreichten vergleichbar ist und der Möglichkeit des für jedes einzelne Objekt einstellbaren optimalen Kontrastes. Man kann es direkt als ein quantitatives Phasenkontrastverfahren bezeichnen. Seine Durchführung läßt sich anhand Bild 5 leicht erläutern.

Spalt S_p und Drehkeil 10 werden durch zueinander konjugierte Ringblenden ersetzt, wobei die an Stelle von S_p getretene genau der für Phasenkontrast entspricht. Das über $S_1-S_{p_1}-S_2$ geleitete Teilbündel vermittelt eine im Rahmen der durch das abbildende System gegebenen Möglichkeiten vollständige Abbildung der Objektstrukturen. Die an die Stelle des Drehkeils 10 getretene Ringblende hält das gebeugte Licht zurück. Da das direkte Licht allein keinerlei Strukturen abbilden kann, liefert das über $S_1-S_{p_2}-S_2$ geleitete Teilbündel im Zwischenbild O'' einen zu den Objektstrukturen kohärenten homogenen Untergrund, der in seiner Wirkung einer ebenen Vergleichswelle entspricht. Durch Betätigen des Phasenschiebers 8 können, wie beim Shearing-Verfahren beschrieben, genaue Gangunterschiedsmessungen durchgeführt werden. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, daß keine Doppelbilder auftreten und die Beleuchtungsapertur nicht stärker beschränkt zu werden braucht, als es im Phasenkontrast der Fall ist.

Die getrennte Beeinflussung von direktem und am Objekt gebeugtem Licht ist um so besser möglich, je kleiner das Produkt aus Objektgröße und Ringbreite ist. Deshalb werden, wie bei der Phasenkontrasteinrichtung Phv zwei konzentrische Blendenringe unterschiedlicher Breite verwendet, von denen der breitere wahlweise abgedeckt werden kann.

4. Universeller Phasenkontrast

Um aus dem Interphakomikroskop Nf ein universelles Phasenkontrastmikroskop zu machen, wird lediglich der Interfero-

metereinsatz 3 durch einen Einsatz ersetzt, der einen Revolver für die zu benutzenden Phasenringe trägt. Es wird also mit normalen Hellfeldobjektiven gearbeitet. Der Ringblendenrevolver bleibt dabei der gleiche und muß lediglich wegen der Ringblendengröße ausgetauscht werden, wenn eine andere Objektivserie angewendet werden soll. Es stehen zwei Revolver Ph mit verschiedenen Plättchen für positiven, negativen und farbigen Phasenkontrast und zentrales Dunkelfeld zur Verfügung, so daß nach Belieben unter Anwendung normaler Hellfeldobjektive, die verschiedenen Kontrastverfahren durchgeführt werden können.

Beilage: Bestellliste

VEB Carl Zeiss JENA

Vertriebsabteilung Mikroskope

Fernsprecher: Jena 7042 • Fernschreiber: Jena 058 8622

Druckschriften-Nr. 30-305-1 AG 21/964/65 2055/1-10

Deutsche Demokratische Republik

B e s t e l l i s t e

Benennung Bestellnummer

Standardausrüstung

Interphakomikroskop Nf, ausgerüstet
für Interferenz

30-0-053

bestehend aus:

Stativ Nf	30 10 42 C
Kondensortriebkasten W 2	30 10 90 B
Tischträger Z	30 48 01 C
Objekttisch K 2	30 53 10 B
Binokularer gerader Tubus 23,2/120	30 50 03 D
Objektivrevolver 5 x	30 52 06
Planachromat 6,3/0,16 160/-	30 21 13 C
Planachromat 16/0,32 160/0,17	30 21 15 C
Planachromat 40/0,65 160/0,17 mit Präparateschutz	30 21 17 C
Planachromat HI 100/1,25 160/0,17 mit Präparateschutz	30 21 19 A
2 Okulare PK 6,3 x	30 33 02 A
2 Okulare PK 10 x	30 33 03 B
Interferenzfilter $\lambda = 551 \text{ nm}$	32 81 61 AF
Gelbgrünfilter VG 9 32 Ø/4	304755:042.00
Doppelflasche	30 87 20
10 cm ³ Immersionsöl $n_D = 1,515$	30 87 21
Lichtwurflampe T 6V 15W klar (Flachkernwendel)	TGL 10619 Bl. 3
Kleinspannungs-Transformator 15VA 220/6	ZN 5045
Behälter für Zubehör Ng/Nf	30 96 70
Schrank mit Rolladen	30 90 18 B
Filterhalter	30 48 02 B
Behälter für Interphako	3096S3:002.24
Grundkörper In/Ph 160	305034:001.24
Einsatz In	305034:003.24
Halbschattenplatte In	304124:006.24
Ringblendenrevolver In/Ph 160	304124:016.24

Benennung	Bestellnummer
Gitterblendenrevolver In	304124:021.24
Spaltblende In, stellbar	304124:024.24
Achromatisch, aplanatischer Kondensor 0,9/x e	304394:001.24
Standardausrüstung	
<u>Interphakomikroskop Nf, ausgerüstet</u> <u>für universellen Phasenkontrast</u>	<u>30-0-054</u>
bestehend aus:	
Stativ Nf	30 10 42 C
Kondensortriebkasten W 2	30 10 90 B
Tischträger Z	30 48 01 C
Objekttisch K 2	30 53 10 B
Binokularer gerader Tubus 23,2/120	30 50 03 D
Objektivrevolver 5 x	30 52 06
Planachromat 6,3/0,16 160/-	30 21 13 C
Planachromat 16/0,32 160/0,17	30 21 15 C
Planachromat 40/0,65 160/0,17 mit Präparateschutz	30 21 17 C
Planachromat HI 100/1,25 160/0,17 mit Präparateschutz	30 21 19 A
2 Okulare PK 6,3 x	30 33 02 A
2 Okulare PK 10 x	30 33 03 B
Gelbgrünfilter VG 9 32 Ø/4	304755:042.00
Doppelflasche	30 87 20
10 cm ³ Immersionsöl n _D = 1,515	30 37 21
Lichtwurlampe T6V 15W klar (Flachkernwendel)	TGL 10619 Blatt 3
Kleinspannungs-Transformator 15 VA 220/6	ZN 5045
Behälter für Zubehör Ng/Nf	30 96 70
Schrank mit Rolladen	30 90 18 B
Filterhalter	30 48 02 B

Benennung	Bestellnummer
Behälter für Interphako	309683:002.24
Grundkörper In/Ph 160	305034:001.24
Einsatz Ph	305034:004.24
Revolver Ph positiv und negativ	304124:011.24
Revolver Ph farbig und Dunkelfeld	304124:012.24
Ringblendenrevolver In/Ph 160/	304124:016.24
Achromatisch aplanatischer Kondensor 0,9/x e	304394:001.24
Standardausrüstung	
<u>Interphakomikroskop Nf, ausgerüstet</u>	
<u>für Interferenz und universellen</u>	
<u>Phasenkontrast</u>	<u>30-0-055</u>
bestehend aus:	
Stativ Nf	30 10 42 C
Kondensortriebkasten W 2	30 10 90 B
Tischträger Z	30 48 01 C
Objekttisch K 2	30 53 10 B
Binokularer gerader Tubus 23,2/120	30 50 03 D
Objektivrevolver 5 x	30 52 06
Planachromat 6,3/0,16 160/-	30 21 13 C
Planachromat 16/0,32 160/0,17	30 21 15 C
Planachromat 40/0,65 160/0,17 mit Präparateschutz	30 21 17 C
Planachromat HI 100/1,25 160/0,17 mit Präparateschutz	30 21 19 A
2 Okulare PK 6,3 x	30 33 02 A
2 Okulare PK 10 x	30 33 03 B
Interferenzfilter $\lambda = 551 \text{ nm}$	32 81 61 AP
Gelbgrünfilter VG 9 32 Ø/4	304755:042.00
Doppelflasche	30 87 20

Benennung	Bestellnummer
10 cm ³ Immersionsöl	30 87 21
Lichtwurflampe T 6V 15W klar (Flachkernwendel)	TGL 10619 Blatt 3
Kleinspannungs-Transformator 15 VA 220/6	ZN 5045
Behälter für Zubehör Ng/Nf	30 96 70
Schrank mit Rollladen	30 90 18 B
Filterhalter	50 18 02 B
Behälter für Interphako	309683:00 2.24
Grundkörper In/Ph 160	305034:001.24
Einsatz In	305034:003.24
Einsatz Ph	305034:004.24
Halbschattenplatte In	304124:006.24
Revolver Ph positiv und negativ	304124:011.24
Revolver Ph farbig und Dunkelfeld	304124:012.24
Ringblendenrevolver In/Ph 160/	304124:016.24
Gitterblendenrevolver In	304124:021.24
Spaltblende In, stellbar	304124:024.24
Achrom. aplan. Kondensator 0,9/x e	304394:001.24

Einlage zu Druckschrift Nr. 30-305