

Methode:

**Das Polarisations-Interferenzmikroskop**

Literatur: s. Blatt 9

Anwendungsbereich:

Alle Phasen- und Phasen-Amplitudenobjekte.

**Was leistet das Polarisations-Interferenzmikroskop BIOLAR PI ?**

Professor Dr. Maksymilian Pluta, Autor des dreibändigen Werkes "Advanced Light Microscopy (1) und Inhaber vieler Patente auf dem Gebiet der Lichtmikroskopie und Interferenzoptik, hat im Zentrallabor für Optik in Warschau ein Polarisations-Interferenzmikroskop entwickelt, mit dem neben den üblichen Untersuchungen im Durchlicht-Hellfeld, -Dunkelfeld, -Phasenkontrast und polarisiertem Licht auch variabler differentieller Interferenzkontrast neben zahlreichen Messungen an Phasen- und Phasen-Amplitudenobjekten durchgeführt werden können. Das Mikroskop ermöglicht die Ermittlung von Gangunterschieden zwischen Objekt und Einschlußmittel, der Gradienten von Gangunterschieden, der Brechzahl und Dicke mikroskopischer Objekte in Bezug auf das Medium, sowie ihrer Doppelbrechung im Streifenfeld und homogenen Feld bei differentieller und totaler Bildverdoppelung. Es dient ferner zur Bestimmung der Mikrorauhtiefe von Oberflächen, der Trockenmasse von Zellen, der Lichtdurchlässigkeit mikroskopischer Objekte und anderer Parameter. Darüberhinaus kann es als Amplitudenkontrastmikroskop eingesetzt werden und bei der Farbfotografie die Kontrastleistung der Objektive verbessern.

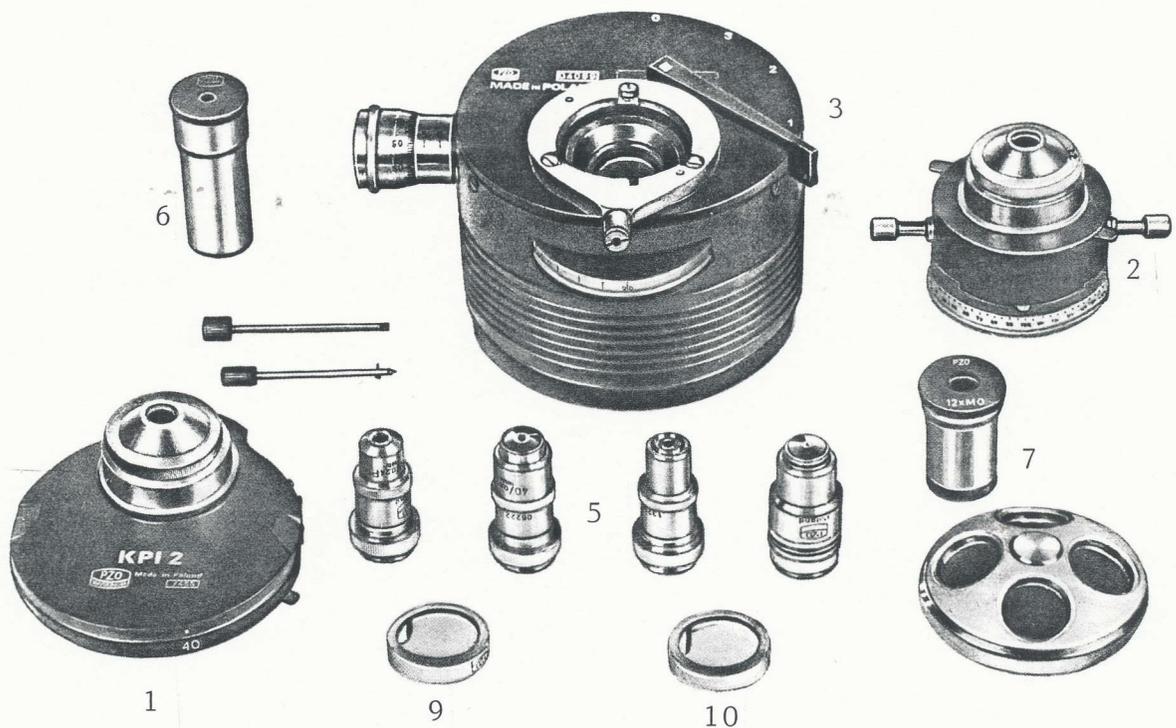
Das Besondere am Mikroskop BIOLAR PI ist die Tatsache, daß für differentiellen Interferenzkontrast (DIK), Streifenfeld und normale Bildaufspaltung im homogenen Feld anstelle der sonst üblichen Spezialobjektive mit eingebautem Nomarski-Prisma **gewöhnliche** Achromate, Planachromate und Planapochromate mit endlicher Bildweite von beliebigen Herstellern verwendet werden können. Standardmäßig ist das Mikroskop mit Achromaten oder Planachromaten und den dafür berechneten Okularen von PZO ausgerüstet.

**Aufbau des Polarisations-Interferenzmikroskops**

Basis ist das Mikroskop BIOLAR von PZO mit binokularem oder trinokularem (Vario-) Tubus, drehbarem Kreuztisch und 6 V/15 Watt- bzw. 12 V/100 Watt-Beleuchtung nach dem Köhlerschen Prinzip. Es wird mit dem Ausbausatz PI (B-29) zum Interferenzmikroskop erweitert, der folgende Bauteile enthält:

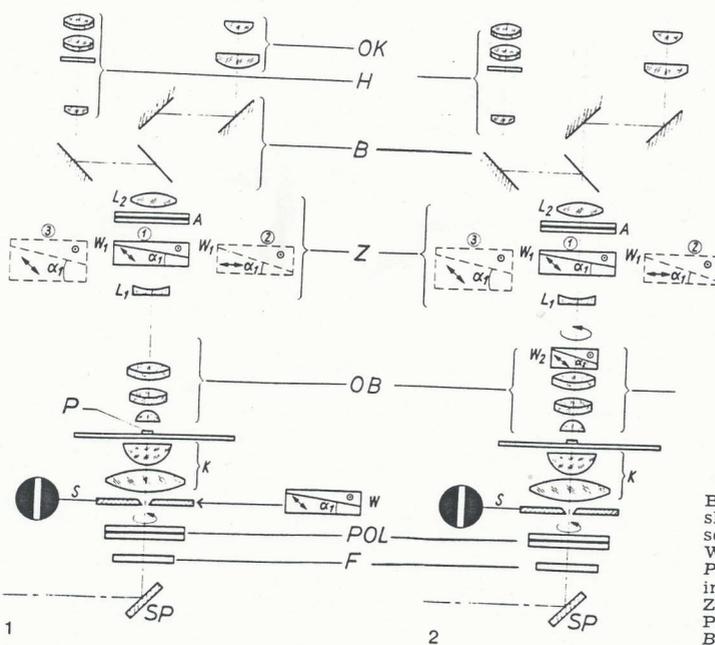
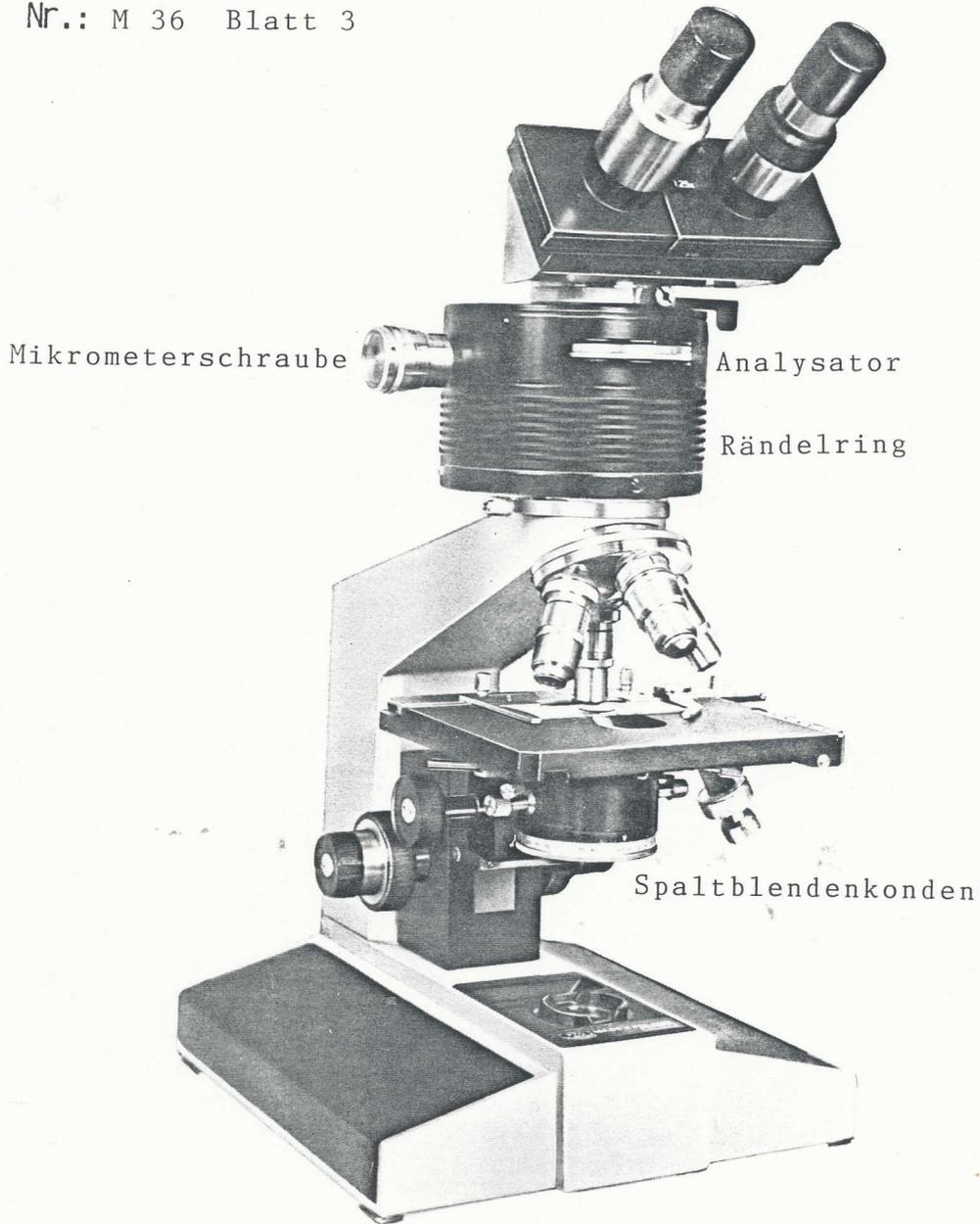
1. Kondensator KPI 2 (N.A. 1,2) mit vier Quarzkompressionsprismen im Revolver. Er ist für qualitative Untersuchungen im DIK bei voller Ausnutzung der numerischen Apertur bestimmt.
2. Spaltblendenkondensator (N.A. 1,2) für alle quantitativen interferometrischen Untersuchungen und Messungen.
3. Interferenzzwischentubus mit drei schaltbaren modifizierten Wollastonprismen, die mit einer Mikrometerschraube horizontal und mit einem breiten Rändelring vertikal verstellt werden können. Der ein- und ausschaltbare Analysator mit Gradteilung ist bequem zu bedienen.

4. Polarisator mit Gradteilung und Schwalbenschwanzführung für die Kondensoren (1. u. 2.).
5. Vier spezielle Interferenzobjektive 10x/0,24; 20x/0,40; 40x/0,65 und 100x/1,30 mit eingebautem drehbarem Wollastonprisma für die totale Verdoppelung des Bildes größerer Objekte.
6. Hilfsmikroskop (= Einstellhilfe).
7. Meßokular 12 x (10 mm = 100 Teile),
8. Objektmikrometer (1 mm = 100 Teile),
9. Interferenzfilter 546 nm (grün).
10. Interferenzfilter 590 nm (gelbe Na-Linie).



Ausbausatz PI

**Anmerkung:** Der Ausbausatz PI ist schon an andere Mikroskope adaptiert worden, z.B. an verschiedene Typen der Serie ZEISS-Standard, wobei allerdings mechanische Änderungen durchgeführt werden mußten und ein binokularer bzw. trinokularer Tubus von PZO erforderlich war. Die Firma R. Göke kann den Ausbausatz PI **nicht** an fremde Mikroskope anpassen.

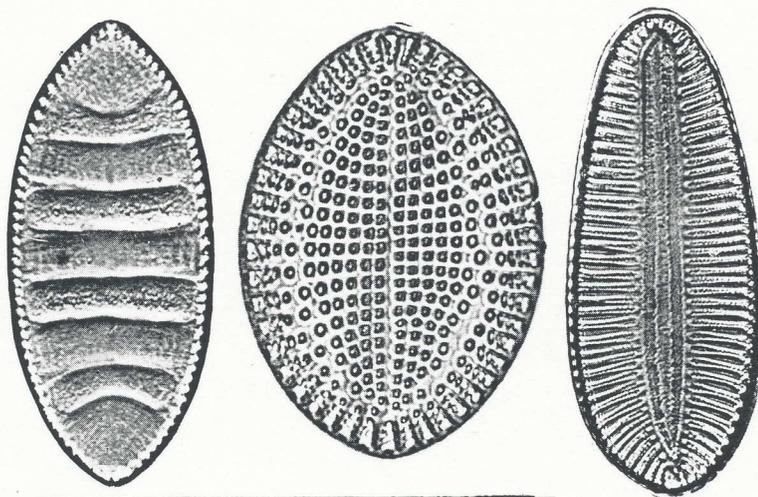


Bilder 1 und 2: Polarisations-Interferenzmikroskop nach Pluta. SP Spiegel, F monochromatisches Filter, POL Polarisator, S Spaltblende, W Wollastonprisma des Kondensors, K Kondensor, P Präparat, OB Objektiv, W<sub>1</sub> Wollastonprisma im Objektivtubus, L<sub>1</sub> und L<sub>2</sub> Korrektionslinsen, Z Zwischentubus mit 3 schaltbaren Wollaston-Prismen W<sub>1</sub> (Nr. 1, 2 und 3) und Analysator A, B binokularer Tubus, OK Okular, H Hilfsmikroskop. Erklärung der Funktion im Text.

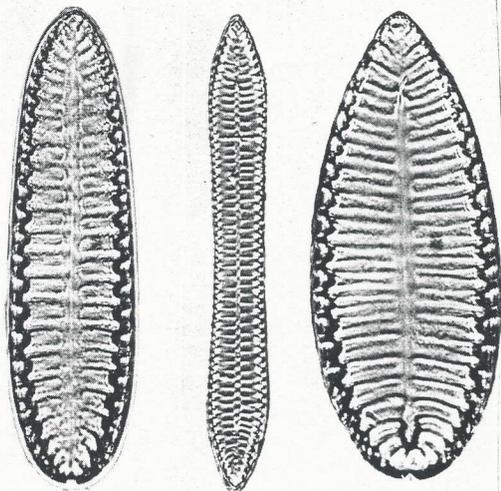
**Interferenzmikroskopische Methoden**

Differentieller Interferenzkontrast mit Achromaten oder Planachromaten und dem Kondensator KPI 2.

Der Kondensator KPI 2 wird eingesetzt, der Polarisator in die Stellung 135 oder "X" gedreht und die Köhlersche Beleuchtung exakt eingestellt, wobei der Schalthebel des Interferenz-Zwischentubus auf "0" stehen soll. Dann wird dieser Hebel auf "1" und der Analysator auf die Markierung "45" gestellt. Das Wollastonprisma Nr. 1 befindet sich jetzt im Strahlengang. Die Revolverscheibe des Kondensators wird auf eine Zahl eingestellt, die dem Vergrößerungsmaßstab des Objektivs entspricht, z.B. auf 10, 20, 40 oder 100. Bei Verwendung des Objektivs 60x/0,85 kann man die Scheibe behelfsweise auf 40 oder 100 einstellen. Die Aperturblende des Kondensators wird der Objektivapertur angepaßt (s. Köhlersche Beleuchtung) und das Präparat scharf eingestellt. Mit der Mikrometerschraube des Zwischentubus wird das Prisma Nr. 1 so weit horizontal verschoben, bis der Bilduntergrund die schwarzgraue Farbe der nullten oder die rote Farbe der ersten Interferenzordnung hat. Wenn der Bilduntergrund nicht homogen ist, bewegt man das Prisma mit dem großen Rändelring des Zwischentubus so lange auf und ab, bis das Sehfeld homogen dunkelgrau bzw. rot ist. Beim Objektiv 10x wird das bei hoher Lage des Prismas der Fall sein und bei stärkeren Objektiven bei tieferer Lage. Wenn das Wollastonprisma mit der Mikrometerschraube horizontal verschoben wird, durchläuft der Bilduntergrund alle Farben von der nullten bis zur dritten Interferenzordnung. Kontrast und Farbe können an das Objekt angepaßt werden.



Kieselalgen im Differential-Interferenzkontrast. *Cy-matopleura elliptica* (Süßwasser), *Cocconeis scutellum* (Brackwasser) und *Surirella febrigeri* (marin). Achromatisches Objektiv 40x/0,65, Foto-Okular 10x.



Kieselalgen im Differential-Interferenzkontrast. *Surirella robusta* (Süßwasser, Kellersee), *Surirella engleri* (Süßwasser, Naiwasha-See/Kenia) und *Surirella caproni* (Süßwasser, Eutin). Achromatisches Objektiv 40x/0,65, Foto-Okular 10x.

Differentieller Interferenzkontrast mit Achromaten oder Planachromaten und dem Spaltblendenkondensor.

Anstelle des Kondensors KPI 2 wird der Spaltblendenkondensor in den Kondensorträger eingesetzt und der Schalthebel des Zwischentubus auf "0" gestellt. Bei ausreichend geöffnetem Spalt läßt sich die Köhlersche Beleuchtung bequem optimieren. Dann stellt man den Schalthebel wieder auf "1". Die übrige Einstellung des Mikroskops wird nicht verändert. Der Polarisator wird unter den Kondensor geschoben und auf die Markierung "135" bzw. "X" gedreht. Bei geöffnetem Spalt erkennt man mit dem Hilfsmikroskop in der Objektivaustrittspupille farbige Interferenzstreifen mit dunklem Nullstreifen. Der Spalt des Kondensors soll in der Mitte des Sehfeldes parallel zu den Streifen verlaufen. Er wird mit den Stellschrauben des Kondensors so weit verengt, daß nur ein einziger Interferenzstreifen ausgeschnitten wird. Mit der Mikrometerschraube kann man jeden beliebigen Interferenzstreifen in das Bild des Spalts schieben. Seiner Farbe entspricht der Untergrund des gesamten Sehfeldes. Mit dem Rändelring des Zwischentubus wird das Sehfeld des Mikroskops, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, homogenisiert. Man kann die Skala des Polarisators statt auf "X" auch auf II einstellen (= Schwingungsrichtungen parallel). In diesem Falle entsteht eine andere Reihe von Interferenzstreifen. Der Streifen der nullten Ordnung ist jetzt nicht schwarz, sondern weiß. Welche Reihe von Interferenzstreifen verwendet wird, hängt von der Art des zu untersuchenden Objekts ab. Die Farbe läßt sich mit der Mikrometerschraube rasch, sehr präzise und reproduzierbar variieren. Die Größe der Bildaufspaltung des Prismas Nr. 1 liegt unter dem Auflösungsvermögen der Objektivs:  $10x/0,24 = 1,89 \mu\text{m}$ ,  $20x/0,40 = 0,89 \mu\text{m}$ ,  $40x/0,65 = 0,50 \mu\text{m}$  und  $100x/1,30 = 0,20 \mu\text{m}$ .

Untersuchungen im Streifenfeld mit Achromaten oder Planachromaten und dem Spaltblendenkondensor

Gegenüber dem vorherigen Abschnitt wird die Einstellung des Mikroskops nicht verändert, das scharf eingestellte Präparat so weit verschoben, daß das Sehfeld leer ist. Jetzt wird der Schalthebel des Zwischentubus auf "2" gestellt. Das Wollastonprisma Nr. 2 ist eingeschaltet. Die Analysatorskala steht auf dem Wert 45, die Skala des Polarisators auf 135 oder "X". Die Spaltblende wird unter Kontrolle mit dem Hilfsmikroskop beträchtlich verengt. Mit dem Okular beobachtet man geradlinige farbige Interferenzstreifen mit dunklem Nullstreifen. Ist das nicht der Fall, wird das Prisma mit der Mikrometerschraube verschoben, bis die Streifen erscheinen. Das zu untersuchende Objekt wird wieder ins Sehfeld geschoben. In seinem jetzt verdoppelten Bild werden die Streifen ausgelenkt. Die Größe dieser Auslenkung ist mit dem Okularmikrometer meßbar. Sie ist ein Maß für den Gangunterschied zwischen Objekt und Einschlußmittel. Im Bereich von  $+ 25\lambda$  kann er mit einer Genauigkeit von  $\lambda/30$  bestimmt werden. Wenn eines der beiden Interferenzfilter in den Filterträger eingesetzt wird, sind die Streifen schwarz und deutlicher zu erkennen. Das Verfahren ist für die Bestimmung von Brechzahl, Dicke und Doppelbrechung von dünnen Fäden, Filmen und Platten besonders gut geeignet. Die Größe der Bildaufspaltung des Prismas Nr. 2 bezogen auf die Objektebene übersteigt die des Prismas Nr. 1 beträchtlich:  $10x/0,24 = 32 \mu\text{m}$ ,  $20x/0,40 = 17 \mu\text{m}$ ,  $40x/0,65 = 8,7 \mu\text{m}$  und  $100x/1,30 = 3,4 \mu\text{m}$ .

Homogenfeld-Verfahren bei totaler Bildverdoppelung kleiner Objekte mit Achromaten oder Planachromaten und Spaltblendenkondensor.

Das Mikroskop wird wie beim Streifenfeld für die Untersuchung vorbereitet. Der Schalthebel des Interferenz-Zwischentubus wird auf "3" gestellt. Das Prisma Nr. 3 ist eingeschaltet. Nach dem Einstellen des homogenen Feldes ist das Sehfeld ungefähr bei Mittellage des Prismas dunkel. Das Verschieben des Prismas aus dieser Lage in beide Richtungen hat den Übergang auf eine Reihe von homogenen Farben der ersten, zweiten und dritten Interferenzordnungen zur Folge. Kleine Objekte erscheinen total verdoppelt, größere nur teilweise. Durch Verschieben des Prismas mit der Mikrometerschraube und Verdunkelung erst des einen, dann des anderen Teilbildes werden aus dem Betrag der erforderlichen Mikrometerbewegung der Gangunterschied und alle davon abgeleiteten Größen berechnet. Im Bereich von  $5\lambda$  kann die Meßgenauigkeit  $\lambda/80$  betragen. Die Größe der Bildaufspaltung bezogen auf die Objektebene ist beim Prisma Nr. 3 etwas geringer als beim Prisma Nr. 2 :  $10x/0,24 = 6,45 \mu\text{m}$ ,  $20x/0,40 = 3,45 \mu\text{m}$ ,  $40x/0,65 = 1,75 \mu\text{m}$  und  $100x/1,30 = 0,70 \mu\text{m}$ . Die Methode ist für die Bestimmung von Brechzahl und Dicke sehr kleiner Objekte und zur Bestimmung der Trockenmasse von Zellen geeignet,

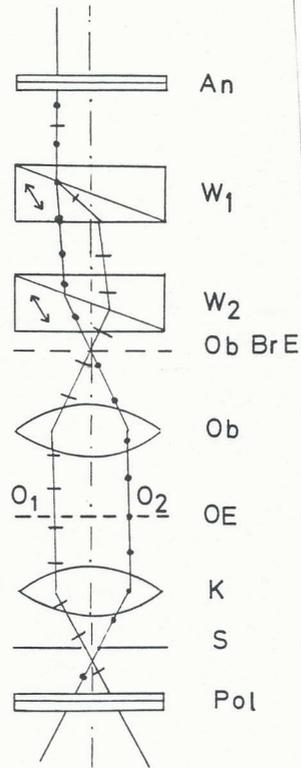
Total verdoppelnde Verfahren mit Interferenz-Objektiven

Zum Ausbausatz PI gehören vier Interferenz-Objektive mit eingebautem drehbarem Wollastonprisma, das zusammen mit den Prismen 1, 2 oder 3 das Doppel-Interferometerprinzip realisiert. Zur Beleuchtung wird der Spaltblendenkondensor verwendet. Es entsteht ein neues Streifensystem, bei dem die Streifen schmäler sind und dichter beieinander stehen. Mit dem Spaltblendenkondensor wird ein Streifen, z.B. das Tiefrot der ersten Interferenzordnung ausgeschnitten, in dessen Farbe dann auch das Sehfeld erscheint. Durch Drehen des Prismas im Objektiv um  $180$  oder  $45^\circ$  werden unterschiedlich große Bildaufspaltungen erzielt. Die maximale Bildaufspaltung in  $\mu\text{m}$ , bezogen auf die Objektebene für grünes Licht ( $546 \text{ nm}$ ), zeigt die nachfolgende Tabelle:

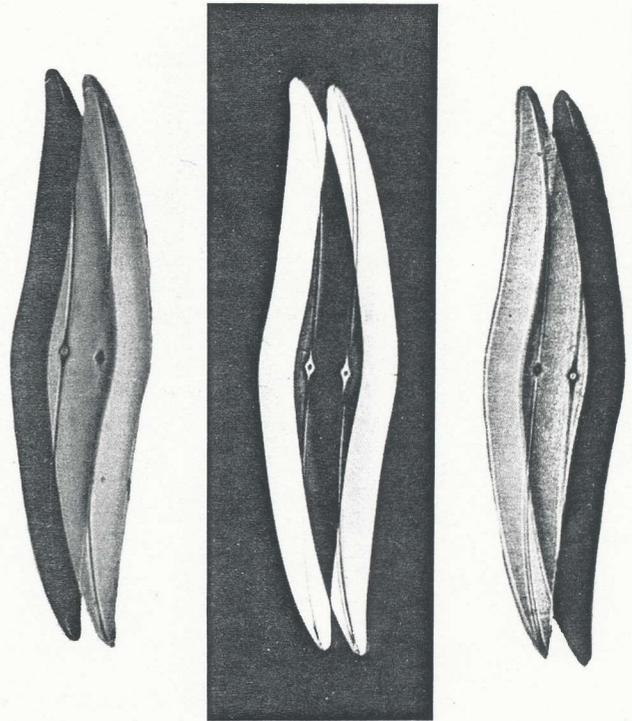
Objektiv	10x/0,24	20x/0,45	40x/0,65	100x/1,30
Prisma Nr. 1	40	20	12	4
Prisma Nr. 2	70	37	29	8
Prisma Nr. 3	45	23	14	5

Mit den Interferenzobjektiven können folgende Interferenz-Methoden durchgeführt werden:

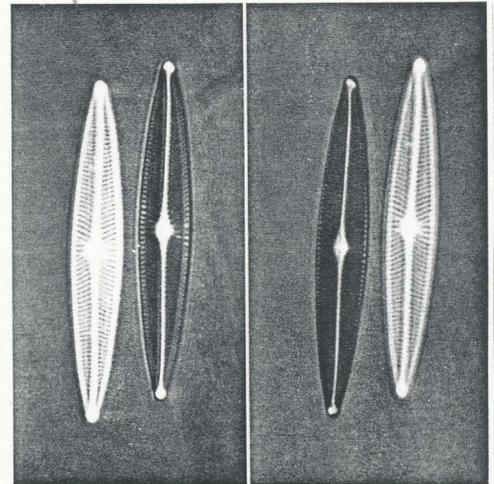
1. Differentialverfahren im Homogenen Interferenzfeld.  
(Prisma Nr. 1)
2. Streifenverfahren mit totaler veränderlicher Bildaufspaltung  
(Prisma Nr. 2)
3. Homogenfeldverfahren mit totaler veränderlicher Bildaufspaltung  
(Prismen Nr. 1 und 3).
4. Differentieller Interferenzkontrast in Subtraktionslage der Prismen (Prisma Nr. 1).



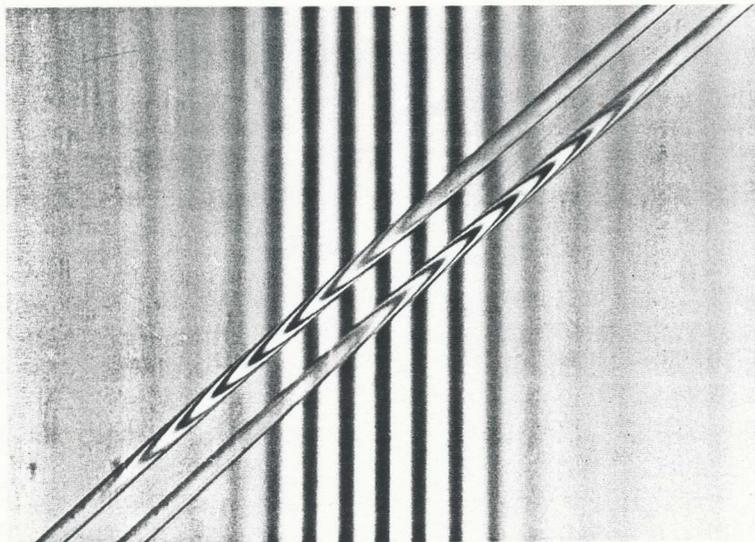
Polarisations-Interferenzmikroskop nach PLUTA. Pol Polarisator, S Spaltblende, K Kondensator, OE Objektebene, Ob Objektiv, ObBrE Objektivbrennebene, W<sub>2</sub> Prisma im Objektiv drehbar, W<sub>1</sub> Prisma im Zwischentubus verschiebbar, An Analysator. Erklärung im Text.



Gangunterschiedsmessung an *Pleurosigma*. Planobjektiv 20×/0,40; Projektiv 8×, Beleuchtungsapertur 0,08



Gangunterschiedsmessung bei totaler Bildaufspaltung, Prisma W<sub>1</sub> und W<sub>2</sub> in Additionsstellung. Interferenz-Objektiv 40×/0,65; Projektiv 8×, Beleuchtungsapertur 0,15. Erklärung im Text.



Aufgespaltenes Bild einer Glasfaser im Streifenfeld. Die Streifenversetzung in den beiden Teilbildern ist meßbar. Weißes Licht. Planobjektiv 20×/0,40; Projektiv 8×.

### Messung der Lichtdurchlässigkeit mikroskopischer Objekte

Das Polarisationsmikroskop BIOLAR PI ist auch für die Messung der Lichtdurchlässigkeit von Phasen-Amplitudenobjekten, die das Licht in gewissem Maße absorbieren, gut geeignet. Mit ihm kann man die Transmission bzw. Extinktion mikroskopischer Objekte mit einer Genauigkeit von 1 % allein mit lichtoptischen Mitteln ohne zusätzliche Elektronik ermitteln. Bis zu diesem Wert ersetzt es ein Mikroskop-Photometer. Man kann die Methode im homogenen Interferenzfeld und im Streifenfeld durchführen. Sie wird in dem zum Gerät gehörenden Handbuch genau beschrieben.

### Amplitudenkontrastverfahren

Bei der Herstellung von Mikroaufnahmen farbiger Objekte kann das BIOLAR PI als Amplitudenkontrastmikroskop verwendet werden. Dabei wird die Kontrastleistung der Objektive, auch die von Achromaten, beträchtlich erhöht.

Zunächst stellt man wie unter 1. (differentieller Interferenzkontrast) beschrieben, den Bilduntergrund auf die dunkelste Farbe ein (Schwarz bis Dunkelgrau). Dann dreht man den Polarisator um einige Grad nach rechts oder links. Dabei werden der Bilduntergrund heller, die Farben des Objekts jedoch tiefer. Wenn letztere ihre maximale Intensität erhalten haben, das Bild seinen typischen Reliefcharakter eben etwas verloren hat, ist das Ergebnis bei Farbaufnahmen am besten. Auch bei hoher Beleuchtungsapertur nimmt der Kontrast nur unwesentlich ab. In gewissen Grenzen läßt er sich durch Drehen des Polarisators und mit der Aperturblende des Kondensors steuern.

### **Hellfeld-Durchlicht**

Die Revolverscheibe des Kondensors KPI 2 und der Schalthebel des Interferenz-Zwischentubus werden auf "0" gestellt. Die Wollastonprismen sind ausgeschaltet. Der Analysator wird so gedreht, daß er sich nicht mehr im Strahlengang befindet. Der Polarisator wird vom Kondensor abgezogen (nicht unbedingt erforderlich). Die Aperturblende des Kondensors wird unter Einhaltung des Köhlerschen Beleuchtungsprinzips der Apertur des Objektivs angepaßt.

### **Polarisiertes Durchlicht**

Der Schalthebel des Interferenz-Zwischentubus und die Revolverscheibe des Kondensors KPI 2 stehen auf "0", der Polarisator wird auf 135 bzw. "X" und der Analysator auf die Marke 45 eingestellt.

### **Durchlicht-Dunkelfeld**

Der Schalthebel des Interferenz-Zwischentubus wird auf "0" gestellt. Anstelle des Kondensors KPI 2 wird ein Trocken- oder Immersionsdunkelfeldkondensator, ggf. auch ein Hellfeldkondensator mit Zentralblende in den Kondensorträger eingesetzt. Beim Trocken-dunkelfeldkondensator sollte das Objektiv 40x/0,65, beim Immersionsdunkelfeldkondensator das Objektiv 100x/1,30 eine Irisblende besitzen. Die Verwendung der Halogen-Hochleistungsmikroskopierleuchte ist vorteilhaft.

### Durchlicht-Phasenkontrast

Anstelle des Kondensors KPI 2 wird ein Phasenkontrast-Kondensator in den Kondensorträger eingesetzt. Die normalen Objektive werden durch Phasen-Objektive ersetzt. Wenn zwei Objektivrevolver zur Verfügung stehen, kann man auch die mit Objektiven bestückten Revolver wechseln, was bequemer ist. Der Schalthebel des Interferenz-Zwischentubus steht auf "0". Die Optimierung des Phasenkontrastmikroskops wird wie üblich durchgeführt. Bei Verwendung der variablen Phasenkontrast-Einrichtung von PZO läßt sich der Phasenkontrast im Bereich einer Phasenverschiebung von  $-1,5^\circ$  bis  $-110^\circ$  (positiver Phasenkontrast) und von  $+1,5^\circ$  bis  $+120^\circ$  (negativer Phasenkontrast) an das Objekt anpassen.

Zum Polarisations-Interferenzmikroskop BIOLAR PI wird eine ausführliche Beschreibung in deutscher Sprache geliefert, die alle Methoden berücksichtigt und die erforderlichen Berechnungsformeln enthält. Die vorliegenden Methodenblätter aus der "Methodensammlung Lichtmikroskopie" sollen nur eine Orientierungshilfe sein.

### Literatur

- GÖKE, G.: Das Polarisations-Interferenzmikroskop. Einführung. MIKROKOSMOS 65, 80 - 82 (1976).
- .-.-.: Das Polarisations-Interferenzmikroskop. Anwendungsbeispiele. MIKROKOSMOS 65, 103 - 106 (1976).
- .-.-.: Methoden der Interferenzmikroskopie. 1. Einführung. MIKROKOSMOS 74, 153 - 158 (1985).
2. Die Streifenmethode. MIKROKOSMOS 74, 188 - 193 (1985).
3. Interferenzkontrast mit großer Bildaufspaltung. MIKROKOSMOS 74, 250 - 254 (1985).
4. Differentieller Interferenzkontrast. MIKROKOSMOS 74, 274 - 279 (1985).

Diese Arbeiten beziehen sich auf das Polarisations-Interferenzmikroskop BIOLAR PI.

### Spezielle Literatur

- PLUTA, M.: Advanced Light Microscopy. Volume 2. Warszawa, Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo 1988.
1. Barer R.: Determination of dry mass, thickness, solid and water concentration in living cells. „Nature”, t. 172 (1953), s. 1097.
  2. Barer R.: Interference microscopy and mass determination. „Nature” t. 169 (1952), s. 336.
  3. Barer R.: Refractometry and interferometry of living cells. „Jour, Opt. Soc. Am.” t. 47 (1957), s. 545.
  4. Barer R. and Dick D. A. T.: Interferometry and refraktometry of cells in tissue culture in cytochemical methods with quantitative aims. „Exp. Cell. Res.”, Suppl. t. 4 (1957), s. 103-135. Academic Press inc. New York (1957).
  5. Chlap Z., Mirek T.: Utilisation en cytodiagnostics du microscope interférentiel à polarisation pour déterminer la masse sèche des cellules. Revue Cytologie Clinique, t. 2, N° 4 (1969), s. 23-27.

6. Darżynkiewicz Z., Jurkova Z., Więckowski J.: Interferometric measurement of the alkaline phosphatase activity in epithelial cells from the vagina of mice in the course of the keratinization process. *Bull. Acad. pol. Sci.*, t. 13 (1965), s. 275.
7. Darżynkiewicz Z., Więckowski J.: Use of interference microscopy for quantitative estimation of alkaline phosphatase activity Ehrlich ascites tumor cells. *„Polia Histochemica et Cytochemica”* t. 3 (1965), s. 275.
8. Darżynkiewicz Z., Dokov V. K., Pieńkowski M.: Dry mass of lymphocytes during transformation after stimulation by phytohaemagglutinin. *„Nature”* (London), t. 214 (1967), s. 1265—1266.
9. Devies H. G., Deeley E. M.: An integrator for measuring the „Dry mass” of cells and isolated components. *Exp. Cell. Res.*, t. 11 (1956), s. 169—185.
10. Devies H. G.: The determination of mass and concentration by microscope interferometry. *General Cytochemical methods* red. F. J. Danielli, Academic Press, New York (1958), s. 55.
11. Gawlik Z., Turska H.: Przemiany tkanki martwiczej w świetle badań interferometrycznych. VI Zjazd Naukowy PTA, Lublin 13—15.09. 1973.
12. Haberko M. i in.: Badania mikroskopowe tekstury szklów dla porcelany elektrotechnicznej. *„Szkło i ceramika”*, t. 22 (1971), s. 143—145.
13. Hager H., Pehland M.: Interferenzmikroskopische Massenbestimmungen an biologischen Objekten mit einer Zweiwellenlängenmethode. *„Naturwiss”*, t. 45 (1958), s. 1—2.
14. Hale A. J.: The interference microscope in biological research. E. and S. Livingstone, Edinburgh and London, 1958 r.
15. Koprowska K., Stodkowska J.: Wpływ chlorowodoru L-nitro 9,3 dwumetyloaminopropylamino-akrydyny na podział, wielkość powierzchni rzutu oraz suchą masę komórek nowotworu wysiękowego NK/Ly u myszy. *„Nowotwory”*, t. 17, nr 4 (1967), s. 317—323.
16. Kuźnicki L., Sikora J.: Cytoplasmic streaming within *Paramecium aurelia*. I. Movements of crystals after immobilization by antiserum. *„Acta Protozoologica”*, t. 8 (1971), s. 439—446.
17. Nomarski G., Weill A. R.: Sur l'observation des figures de croissance des cristaux par les méthodes interférentielles à deux ondes. *„Bull. Soc. Franc. Miner. Crist.”* t. 77 (1954), s. 840.
18. Ostrowski K.: Mikroskopia interferencyjna. *„Postępy biochemii”* t. 5, nr 1 (1959), s. 17—46.
19. Ostrowski K., Darżynkiewicz Z., Sawicki W., Stocka T.: Dry mass of epithelial cells from vagina of mice in the course of the estrus cycle measured by interference microscopy. *„Acta Biochemica Polonica”* t. 11 (1964), s. 99—105.
20. Ostrowski K., Darżynkiewicz Z., Sawicki W., Stocka Z.: The possibilities of application of the new model of an interference microscope (MPI) in biological research. *„Polia Histochemica et Cytochemica”*, t. 1 (1963), s. 553—562.
21. Ostrowski K.: Interference microscopy and its applications. *„Revue Roumaine de Medicine Interne”*, t. 5, nr 1 (1968), s. 1—11.
22. Pahland H., Hafer H.: zur Theorie des interferenzmikroskopischen Trockengewichte. Bestimmung an biologischen Objekten. *„Zeitschr. Wiss. Mikr.”* t. 64 (1959), s. 271—285.
23. Pluta M.: Mikroskop interferencyjno-polaryzacyjny do badań przedmiotów przezroczystych. *„Pomiary — Automatyka — Kontrola”* t. 7, nr 5 (1961), s. 183—190.
24. Pluta M.: Ilościowe badania przedmiotów przezroczystych za pomocą mikroskopu interferencyjno-polaryzacyjnego. *„Pomiary — Automatyka — Kontrola”* t. 8 (1962), nr 6, s. 229—234; nr 8, s. 372—375.
25. Pluta M.: Zastosowanie mikroskopu interferencyjno-polaryzacyjnego do równoczesnego pomiaru przepuszczalności światła i przesunięcia fazowego. *„Pomiary — Automatyka — Kontrola”* t. 8, nr 9 (1962), s. 434, 438.

26. *Pluta M.*: Mikroskopia fazowo-kontrastowa i interferencyjna, PWM, Warszawa 1965.
27. *Pluta M.*: Mikroskop interferencyjno-polaryzacyjny ze zmiennym rozdwojeniem obrazu, „Pomiary — Automatyka — Kontrola” t. 11, nr 2 (1965), s. 78—81.
28. *Pluta M.*: Zastosowanie mikroskopu interferencyjno-polaryzacyjnego (MP15) do pomiaru dwójłomności włókien. „Przegląd włókienniczy”, t. 19, nr 7—8 (1965), s. 261—266.
29. *Pluta M.*: On the microinterferometric determination of the dry mass on non-plate cells. „Folia Histochemica et Cytochemica”, t. 5, nr 11—12 (1967), s. 409—414.
30. *Pluta M.*: Okular półcieniowy do mikroskopu interferencyjno-polaryzacyjnego. Biul. Inform. CLO „Optyka”, nr 2 (1968), s. 61—68.
31. *Pluta M.*: A double refracting interference microscope with variable image duplication and half-shade eyepiece. Journal of Physics E: Scientific Instruments, t. 2, nr 8 (1969), s. 685—690.
32. *Pluta M.*: Udoskonalenie metodyki pomiaru dwójłomności i współczynników załamania włókien za pomocą mikroskopu interferencyjno-polaryzacyjnego (MP15), „Przegląd włókienniczy”, t. 25, nr 3 (1971), s. 137—145.
33. *Pluta M.*: On the accuracy of microinterferometric measurements of optical-path differences by means of the half-shade method. „Journal of Microscopy”, t. 93, nr 2 (1971), s. 83—100.
34. *Pluta M.*: Messung der Doppelbrechung und der Brechzahlen von Mikrokristallen mittels eines Interferenz-Polarisationsmikroskops mit variabler Bildverdoppelung „Microscopia Acta” t. 71, nr 1 (1971), s. 3—21.
35. *Pluta M.*: Interference microscopy of polymer fibres. „Journal of Microscopy”, t. 96, nr 3 (1972), s. 309—332.
36. *Ross K. F. A.*: Phase contrast and interference microscopy for cell biologists. E. Arnold Ltd, London 1967.
37. *Sandritter W., Schiemer H. G., Kraus H., Dörrien U.*: Interferenzmikroskopische Untersuchungen über des Wachstum von Einzelzellen (Hela-Zellen) in der Gewebekultur. „Frankf. Z. Path”. t. 70 (1960), s. 271—299.
38. *Sawicki W., Darżynkiewicz Z.*: Polyvinyl chloride protective films in autoradia-graphy. „Folia Histochemica et Cytochemica”, t. 1 (1964), s. 283—288.
39. *Schiemer H. G.*: Vergleichende Trockengewichtsbestimmungen an Kern und Cytoplasma verschiedener Karzinome. „Verh Deutsch. Ges. Path”, t. 43 (1959), s. 359.
40. *Stodkowska J.*: Wpływ degranolu na suchą masę i powierzchnię rzutu komórek nowotworu NK/Ly wrażliwego na degranol i opornego na działanie tego leku. „Nowotwory”, t. 21, nr 3 (1971), s. 165—172.
41. *Stodkowska J.*: Badania wpływu wybranej grupy leków na częściowo synchronizowaną hodowlę nowotworu NK/Ly u myszy. VI Zjazd Naukowy PTA, Lublin 13—15.09.1973.
42. *Vorbrot K.*: Microinterferometric and cytophotometric studies of the effect of thioacetamide on the nuclei and nucleoli of parenchymal cells. „Folia Histochemica et Cytochemica”, t. 4 (1966), s. 179—193.
43. *Więckowski J.*: Photoelectric device for MPI-5 interference microscope. „Folia Histochemica et Cytochemica”, t. 4 (1966), s. 483—488.