

**Zeitschrift:** Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen =  
Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

**Band:** 43 (1963)

**Heft:** 1: Festschrift Robert L. Parker : zu seinem 70. Geburtstag : 1. Mai 1963

**Artikel:** Quantitative Konoskopie

**Autor:** Rittmann, Alfred

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-33432>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 27.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# **Quantitative Konoskopie**

Von *Alfred Rittmann* (Catania)<sup>1)</sup>

Mit 22 Figuren im Text

Seit der Einführung der Drehtischmethoden in die petrographische Mikroskopie hat die Konoskopie an Bedeutung stark eingebüsst. Bei der Dünnschliffuntersuchung verwendet man sie nur zu qualitativen Feststellungen der Ein- oder Zweiachsigkeit und des optischen Charakters anisotroper Kristalle. Im besten Falle schätzt man noch die Grösse des optischen Achsenwinkels  $2V$  nach dem Hyperbelabstand in Schnitten senkrecht zur spitzen Bisektrix oder nach der Krümmung der Isogyre in Diagonalstellung des konoskopischen Achsenbildes. Das Aufsuchen verhältnismässig gut orientierter Schnitte ist jedoch zu zeitraubend, um regelmässig angewandt zu werden. Dagegen wird neuerdings die Konoskopie mit der Drehtischmethode kombiniert, um eine rasche Orientierung eines Kristallschnitts zu ermöglichen, zum Beispiel so, dass die optische Normale mit der Kontrollachse des Drehtisches zusammenfällt, worauf in Diagonalstellung  $2V$  oder  $V$  mit Hilfe des Interferenzbildes gemessen werden kann. Diese ausgezeichnete Methode ist jedoch nur auf verhältnismässig grosse Kristallschnitte anwendbar.

Viel besser als Dünnschliffe eignen sich für konoskopische Untersuchungen lose Kristalle oder Spaltstücke, die auf bestimmten Flächen liegen und daher für die Substanz kennzeichnende Interferenzbilder zeigen. Bei grösseren Spaltstücken oder Kristallen, die das Weiss höherer Ordnung aufweisen, sind im allgemeinen keine isochromatischen Kurven zu sehen; verwendet man jedoch monochromatisches Licht (Na-Lampe oder gute Filter), so werden dieselben als schwarze Kurven sichtbar und erlauben die Auswertung des Konoskopbildes.

---

<sup>1)</sup> Istituto di Vulcanologia dell'Università di Catania, Sicilia.

Besonders günstige Objekte für konoskopische Untersuchungen sind kleine künstliche Kristalle, die man beim Verdampfen ihrer Lösung auf dem Objektträger erhält. Da viele organische Substanzen in den Einbettungsmitteln löslich sind, können ihre Kristalle nur in Trockenpräparaten untersucht werden. In weitaus den meisten Fällen liegen sie beim Wachsen immer auf derselben Fläche und zeigen daher ganz bestimmte Interferenzbilder im Konoskop.

Je nach dem Kristallsystem und der Art der Auflagefläche des Kristalls weist dessen Interferenzbild Symmetrieeigenschaften auf, die auf den ersten Blick erkennbar sind. Auf Grund derselben können die Konoskopbilder in vier Gruppen eingeteilt werden, nämlich in zentrosymmetrische, disymmetrische, monosymmetrische und asymmetrische Interferenzbilder. Weitere qualitative Unterschiede ergeben sich durch das Vorhandensein von einem oder von zwei Achsenaustritten oder das Fehlen derselben im konoskopischen Gesichtsfeld. In jeder Art dieser qualitativ verschiedenen Interferenzbildern lassen sich aber auch quantitative Feststellungen machen, die das betreffende Bild eindeutig kennzeichnen.

Es hat sich als zweckmässig erwiesen, die verschiedenen Konoskopbilder mit Symbolen zu bezeichnen: Ein grosses I bedeutet Interferenzbild. Diesem I folgt ein Buchstabe, der die Beobachtungsrichtung in bezug auf die Indikatrix angibt. Die Bedeutung dieser Buchstaben ist folgende:

- A = optische Achse eines einachsigen Kristalls
- O = Schwingungsrichtung des ordentlichen Strahls ( $\perp A$ )
- $P_{AO}$  = eine Richtung, die schief zur optischen Achse A liegt
- $B_1$  = spitze Bisektrix eines zweiachsigen Kristalls
- $B_2$  = stumpfe Bisektrix
- $B_3$  = optische Normale (Y)
- $P_{12}$  = eine Richtung in der Achsenebene
- $P_{13}$  = eine Richtung in der Ebene, die  $B_1$  und  $B_3$  enthält
- $P_{23}$  = eine Richtung in der Ebene, die  $B_2$  und  $B_3$  enthält
- S = eine Richtung, die schief zu allen optischen Hauptrichtungen liegt.

$IB_2$  bedeutet also zum Beispiel das Interferenzbild, das man auf einem Schnitt senkrecht zur stumpfen Bisektrix beobachten kann.  $IB_1$  ist dasjenige der spitzen Bisektrix, in dem, wenn  $2V$  nicht zu gross ist, die beiden Achsen im Gesichtsfeld austreten. In diesem Fall fügt man dem Symbol in Klammern (AA) bei, also  $IB_1$  (AA). Analog bedeutet  $IP_{12}$  (A)

das Konoskopbild, das man auf einem Schnitt senkrecht zur optischen Achsenebene sieht und bei dem eine Achse im Gesichtsfeld austritt. Im folgenden wird die Verwendung dieser Symbole an einigen Beispielen gezeigt werden.

### 1. Zentrosymmetrische Interferenzbilder (IA)

IA beobachtet man auf den Basisflächen optisch einachsiger Kristalle. Bei manchen Phyllosilikaten, die monoklin kristallisieren, steht die  $B_1$  praktisch senkrecht auf (001) und gleichzeitig wird  $2V$  so klein, dass das Interferenzbild zentrosymmetrisch erscheint und von einem IA nicht unterschieden werden kann (Fig. 1).

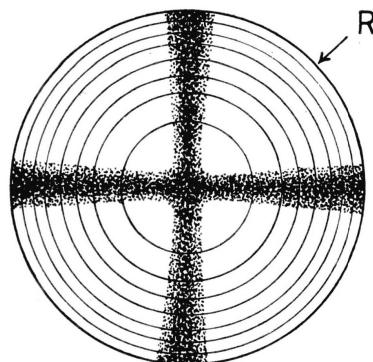


Fig. 1. Zentrosymmetrisches Interferenzbild IA. R = Gangunterschied am Rande des Gesichtsfelds.

In den IA bilden die Isochromaten konzentrische Ringe, die Isogyren ein mit den Okularfäden zusammenfallendes Kreuz, das sich beim Drehen des Mikroskopisches nicht verändert. Selbstverständlich lässt sich der optische Charakter des Kristalls in der üblichen Weise mit Hilfsplättchen bestimmen. Darüber hinaus bieten die IA nur noch die Möglichkeit einer annähernden Bestimmung der maximalen Doppelbrechung  $\Delta$ . Dazu müssen die Dicke  $d$  des Kristalls oder Spaltstücks und der am Rande des Konoskopbilds auftretende Gangunterschied  $R$  gemessen werden. Wenn der Kristall dick genug ist oder eine starke Doppelbrechung aufweist, erscheinen im Konoskopbild mehrere isochromatische Ringe, so dass der randliche Gangunterschied auf Grund der Ordnung und Farbe der Interferenzfarben mit genügender Genauigkeit geschätzt werden kann. Tritt das Weiss höherer Ordnung auf, so muss wie schon gesagt in monochromatischem Licht beobachtet werden, in dem die Isochromaten selbst sehr hoher Ordnungen deutlich als dunkle Ringe erscheinen. Die Anzahl dieser Ringe multipliziert mit der Wellenlänge

des angewandten Lichts ergibt den gesuchten Gangunterschied  $R$ . Bei dünnen oder schwach doppelbrechenden Kristallen sind oft nur die grauen bis weissen Interferenzfarben der ersten Ordnung zu sehen, so dass der Gangunterschied mit einem Drehkompensator gemessen werden muss. Da die Kompensation am Rande des Gesichtsfelds erfolgt, müssen unbedingt beide Kompensationsstellungen bei Links- und Rechtsdrehung abgelesen werden, deren Mittelwert  $R$  entspricht.

Die Dicke  $d$  des Kristalls oder Spaltblättchens wird wie üblich mit der Mikrometerschraube des Mikroskops gemessen. Dabei lassen sich Kunstgriffe anwenden, die eine sichere und rasche Bestimmung zulassen. Verfügt man über ein gutes planparalleles Spaltstückchen<sup>2)</sup>, so kann man auf dem Objektträger einen feinen Tinte- oder Tuschestrich ziehen und das Spaltstück darauf legen. Man beobachtet dann bei gewöhnlichem Licht bei starker Vergrösserung die Stelle, an der der Strich unter dem Spaltstück hervortritt, stellt ihn scharf ein und liest die Stellung der Mikrometerschraube ab. Darauf hebt man den Tubus mit der Mikrometerschraube, bis die Oberfläche des Spaltstücks scharf eingestellt ist, und liest wieder ab. Selbstverständlich müssen die ausgeführten ganzen Umdrehungen der Schraube sorgfältig gezählt werden. Da das Spaltstück in Luft vermessen wurde, ergibt die Differenz der Ablesungen unmittelbar die Dicke  $d$ .

Bei kleineren Spaltstücken ist es ratsam, dieselben in Wasser einzubetten, in dem man eine kleine Menge eines nicht löslichen Farbstoffs (zum Beispiel echte chinesische Tusche) suspendiert hat. Partikel desselben lagern sich auf den Oberflächen des Objektträgers und des Spaltstücks ab und können leicht scharf eingestellt werden. Die Differenz der Ablesungen an der Mikrometerschraube entspricht der scheinbaren Dicke  $d'$ . Unter Berücksichtigung des Brechungsindex  $n_{fl}$  der Einbettungsflüssigkeit (im Falle von Wasser ist  $n_{fl} = 1,33$ ) errechnet sich die Dicke  $d$  nach der Beziehung

$$d = n_{fl} \cdot d'. \quad (1)$$

Hat man dagegen die auf dem Objektträger oder auf der Unterseite des Spaltstücks anhaftenden Farbpartikel durch den Kristall hindurch beobachtet, so muss  $n_{fl}$  in (1) durch den Brechungsindex des ordentli-

---

<sup>2)</sup> Das Spaltstück muss konstante Dicke besitzen und flach aufliegen. Es muss also, wenigstens über einen grossen Teil seiner Oberfläche, dieselbe, relativ höchste Interferenzfarbe aufweisen. Ferner muss seine Oberfläche, wenn man sie mit dem stärksten Objektiv beobachtet, gleichzeitig im ganzen Gesichtsfeld scharf eingestellt werden können.

chen Strahls  $n_0$  des Kristalls ersetzt werden, wobei  $n_0$  nur annäherungsweise bekannt sein muss, wenn die Bestimmung von  $\Delta$  nur zu diagnostischen Zwecken dient.

Aus den festgestellten Werten  $R$ ,  $d$ ,  $n$  kann die maximale Doppelbrechung  $\Delta$  wie folgt berechnet werden:

Die Neigung  $\rho$  des Randstrahls des Konoskops im Kristall ist gegeben durch

$$\sin \rho = \frac{U}{n}, \quad (2)$$

worin  $U$  die numerische Apertur des Objektivs und  $n$  der Brechungsindex des Minerals bedeuten.

Der Weg  $s$  des Randstrahls im Kristall ist

$$s = \frac{d}{\cos \rho} \quad (3)$$

und die Doppelbrechung  $\Delta'$  in der Richtung des Randstrahls

$$\Delta' = \frac{R}{s} = \frac{R \cdot \cos \rho}{d}. \quad (4)$$

Es gilt ferner mit genügender Genauigkeit die Beziehung

$$\Delta' \cong \sin^2 \rho \cdot \Delta \quad (5)$$

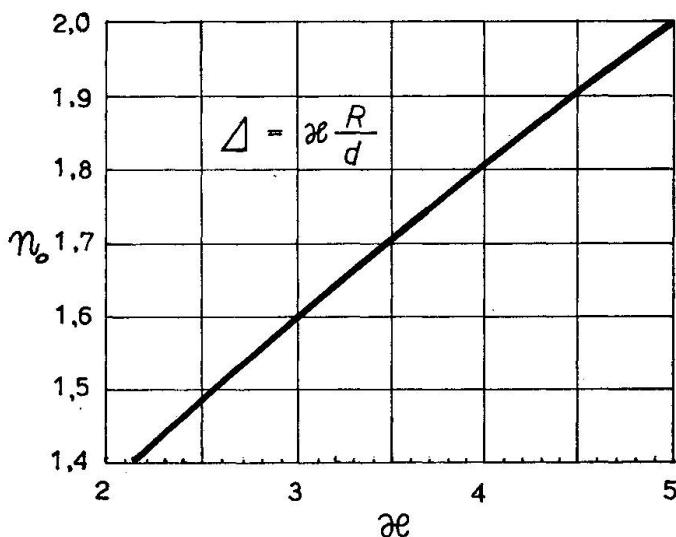


Fig. 2. Nomogramm zur Bestimmung der maximalen Doppelbrechung  $\Delta$  in IA. Abszissen = Faktor  $\kappa$ , mit dem der Quotient  $R/d$  multipliziert werden muss, um  $\Delta$  zu erhalten. Ordinaten = Brechungsindizes  $n_0$ .

Aus (4) und (5) folgt schliesslich

$$\Delta = \frac{R \cdot \cos \rho}{d \cdot \sin^2 \rho} = \frac{R \cdot \operatorname{ctg} \rho}{d \cdot \sin \rho} = \kappa \cdot \frac{R}{d}. \quad (6)$$

Aus dem Nomogramm der Fig. 2 kann für  $U = 0,85$  der Wert von  $\kappa = \cos \rho / \sin^2 \rho$  für verschiedene Brechungsindizes abgelesen werden, wonach  $\Delta$  rasch mit dem Rechenschieber ermittelt werden kann.

Ausser der Bestimmung des optischen Charakters und der maximalen Doppelbrechung können in den IA in manchen Fällen abnormale Interferenzfarben beobachtet werden, die für gewisse Mineralien kennzeichnend sind. Bei Spaltblättchen des Pennins sieht man zum Beispiel statt der normalen Interferenzfarben der ersten Ordnung in den Quadranten des IA tiefblaue oder schmutziggelbe Felder, je nach der Wellenlänge, für die der betreffende Kristall isotrop erscheint. Auf Spaltstücken des Apophyllits beobachtet man im Konoskop häufig antinormale Interferenzfarben (sogenannte Andreasberger Farben), während auf den Spaltplatten des Brucits stark unternormale Interferenzfarben auftreten. Bei organischen künstlichen Kristallen sind solche abnormale (insbesondere auch übernormale) Interferenzfarben sehr häufig und oft für die Substanz charakteristisch. Gangunterschiedsbestimmungen mit Drehkom pensatoren in verschiedenen monochromatischen Lichtarten (zum Beispiel rote, gelbe und blaue Interferenzfilter) erlauben zahlenmässige Angaben über die Dispersion der Doppelbrechung, die die Anomalie der Interferenzfarben verursacht. Bei organischen Kristallen sind solche Angaben in der Art der Ehringshauszahl oft ausgezeichnete Kennzeichen.

## 2. Disymmetrische Interferenzbilder (IB)

IB beobachtet man auf den Prismenflächen optisch einachsiger Kristalle (= IO), auf den drei Pinakoiden im rhombischen und auf dem seitlichen Pinakoid (010) im monoklinen System. Sie können aber auch an optisch pseudosymmetrischen Kristallen auftreten, wie zum Beispiel auf den Basisflächen monokliner Phyllosilikate (Glimmer, Talk, Chlorite usw.) und selbst an triklinen Kristallen (Disthen (100), Oligoklas mit 21% An auf (010)).

Die Isochromaten sind symmetrisch zu zwei aufeinander senkrechten Durchmessern, die den Schwingungsrichtungen entsprechen. Die Isoglyren bilden in der Auslöschungsstellung ein mehr oder weniger verwaschenes Kreuz, das sich beim Drehen des Tisches öffnet und ein Hy-

perbelpaar bildet. Je nachdem die Isogyrenhyperbeln in der Diagonalstellung im Gesichtsfeld geblieben oder aus ihm verschwunden sind, unterscheidet man die  $IB_1$  (AA) von allen anderen IB (Fig. 3—5).

In den  $IB_1$  (AA) kann der optische Achsenwinkel  $2V$  direkt gemessen werden. Dazu bringt man das Bild in Diagonalstellung und beobachtet es mit einem Mikrometerokular, das man so einsetzt, dass das lineare

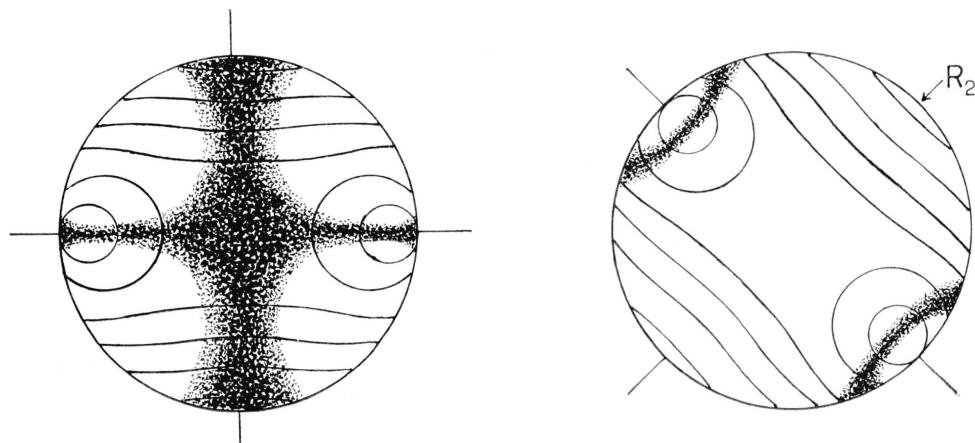


Fig. 3. Disymmetrisches Interferenzbild  $IB_1$  (AA). Wie in allen folgenden Figuren von Interferenzbildern sind links die Auslösungsstellung und rechts die Diagonalstellung dargestellt. Die Symmetriedurchmesser, d. h. die Spuren der optischen Symmetrieebenen, sind durch Striche am Rande angedeutet. Im vorliegenden Falle, wie in allen IB, fallen sie mit den Schwingungsrichtungen zusammen.  $\delta A = 0,88$ .  $R_2$  ist der am Rande des Gesichtsfeldes in der Richtung von  $B_3$  senkrecht zur Spur der Achseebene beobachtbare Gangunterschied.

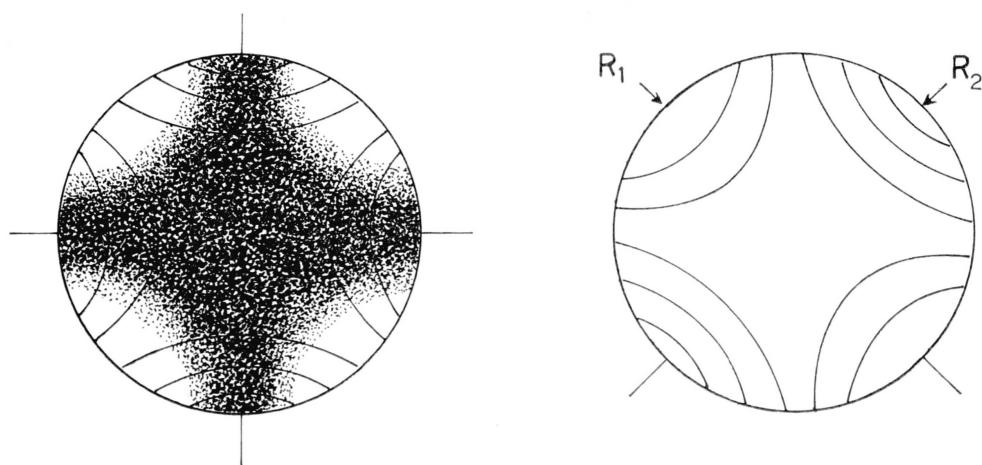


Fig. 4. Disymmetrisches Interferenzbild  $IB_2$ .  $R_1$  = Gangunterschied am Rande in der Richtung von  $B_1$ ,  $R_2$  = ebenso in der Richtung von  $B_3$ .  $R_1$  und  $R_2$  liegen paarweise auf den Symmetriedurchmessern, die mit den Schwingungsrichtungen zusammenfallen.

Mikrometer parallel zur Spur der Achsenebene liegt (siehe Fig. 6). Man misst nun in beliebiger Skala den Durchmesser  $2r$  des Gesichtsfeldes und den Abstand  $2a$  der beiden Achsenaustritte in den Scheitelpunkten der Isogyrenhyperbel. Es sei  $\delta A = 2r/2a$  der Zentralabstand einer Achse, dann gilt die Beziehung:

$$\sin V = \frac{\delta A \cdot U}{n}. \quad (7)$$

Tatsächlich ist schon der gemessene Wert von  $\delta A$  genau so kennzeichnend für die in Frage stehende Kristallart wie deren  $2V$ , dessen Berechnung daher überflüssig ist, wenn man  $\delta A$  ein für allemal für die numeri-

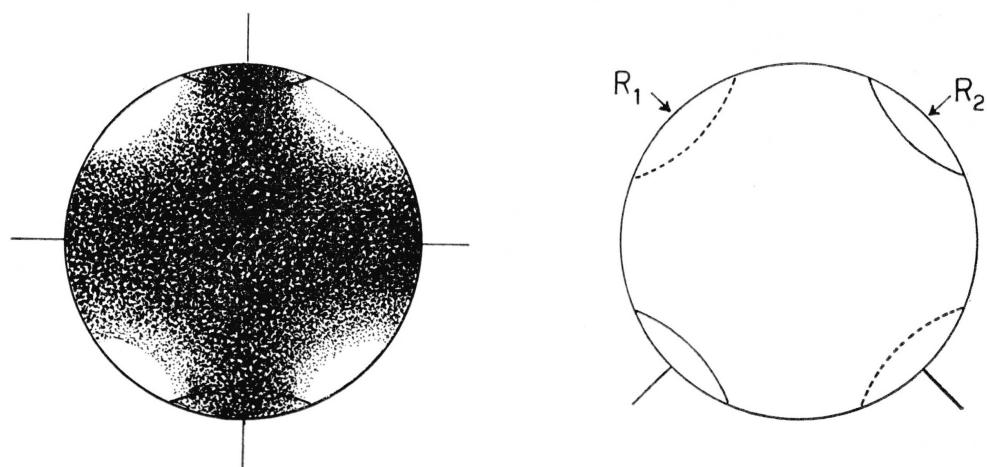


Fig. 5. Disymmetrisches Interferenzbild  $IB_3$ .  $R_1$  = Gangunterschied am Rande gegen  $B_1$ ;  $R_2$  = ebenso gegen  $B_2$ .

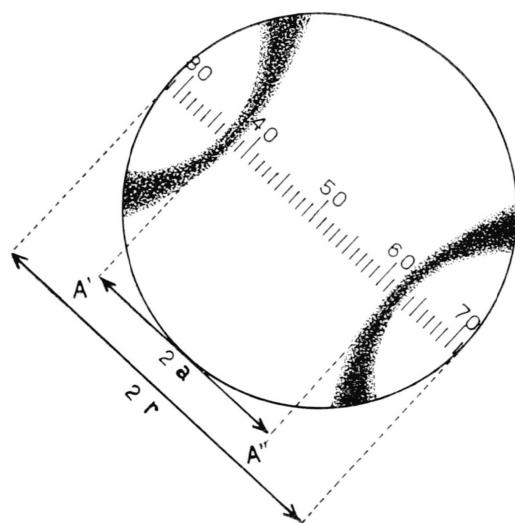


Fig. 6. Bestimmung von  $2V$  auf  $IB_1(AA)$  mit Hilfe eines Okularmikrometers. Im vorliegenden Beispiel ist  $2r = 43$  und  $2a = 25$ . Danach ist  $\delta A = 0,58$ . Aus dem Nomogramm der Fig. 7 ergibt sich z. B. für  $n = 1,70$  ein Neigungswinkel  $v = V = 17^\circ$  und somit  $2V = 34^\circ$ .

sche Apertur des benützten Objektivs aus den Literaturangaben berechnet hat. Das in Fig. 7 wiedergegebene Nomogramm ist nach (7) für die numerische Apertur  $U = 0,85$  berechnet und erlaubt den Wert  $\delta A$  für einen beliebigen Brechungsindex  $n$  in  $V$  zu verwandeln.

Im Falle IB, in dem die Isogyren beim Drehen des Tischs das Gesichtsfeld verlassen, kann  $2V$  nicht mehr direkt gemessen werden. Dafür lässt sich leicht ein anderer Zahlenwert feststellen, der ebenso kennzeichnend ist wie  $2V$ . Es ist dies der *charakteristische Quotient der Gangunterschiede Q*, der wie folgt bestimmt wird:

Man drehe das Okular um  $45^\circ$ , so dass sein Fadenkreuz diagonal steht. Darauf bringe man durch Drehen des Tisches auch das Konoskopbild in Diagonalstellung, in der die höchsten und die niedrigsten Interferenzfarben am Rande des Gesichtsfeldes auf den Okularfäden paarweise gegenüber liegen. Man messe dort die Gangunterschiede und bilde

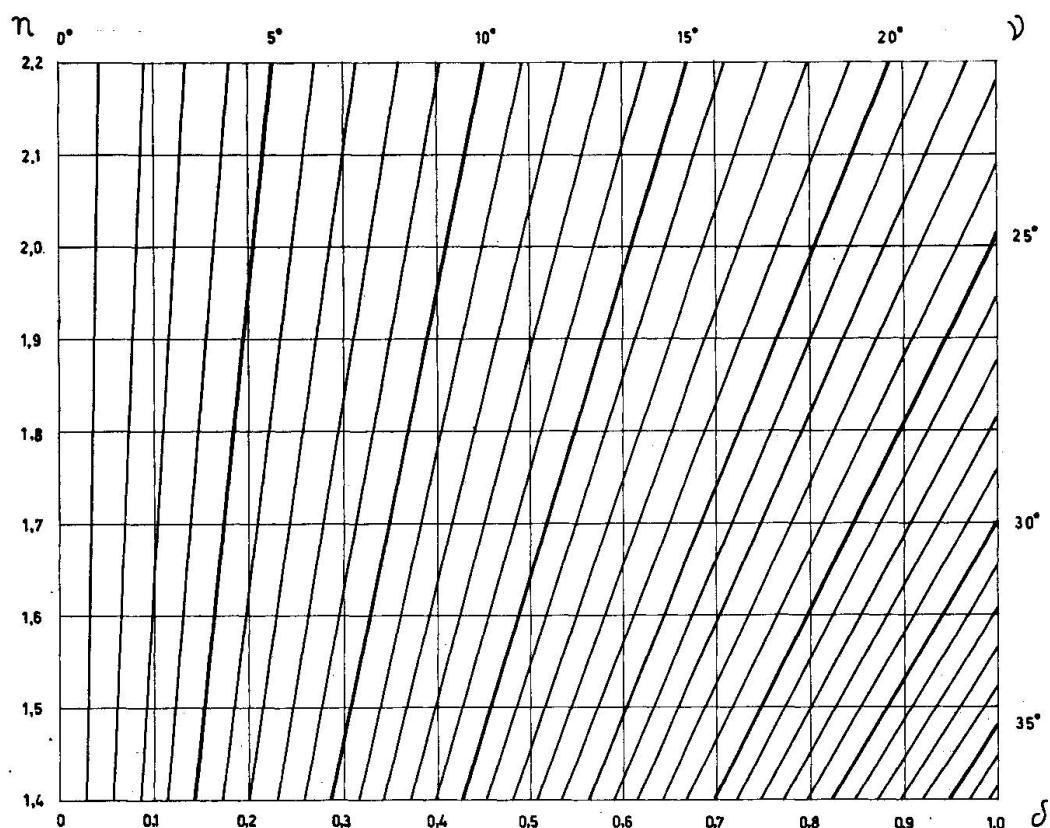


Fig. 7. Nomogramm zur Bestimmung des Neigungswinkels  $v$  einer optisch ausgezeichneten Richtung (A oder B) zur Mikroskopachse. Abszissen = Zentralabstände  $\delta A$  oder  $\delta B$ ; Ordinaten =  $n$ . Die geneigten Linien ergeben  $v$ . Im Falle einer  $IB_1(AA)$  entspricht  $v$  dem halben Achsenwinkel  $V$ .

die Mittelwerte für die beiden kleinsten ( $R_1$ ) und die beiden grössten Werte ( $R_2$ ). Aus diesen ergibt sich der charakteristische Quotient

$$Q = \frac{R_1}{R_2}. \quad (8)$$

Der Wert  $Q$  hängt von der Beobachtungsrichtung ( $B_1$ ,  $B_2$  oder  $B_3$ ), von der Grösse von  $2V$  und vom Brechungsvermögen  $n$  ab:

$$Q = \frac{\frac{f^2(V)}{\sin^2 \rho} - 1}{\frac{f^2(V)}{\tan^2 \rho} + 1}. \quad (9)$$

Darin bedeutet  $f(V) = \sin V$  für die Beobachtungsrichtung  $B_1$ ,  $\cos V$  für  $B_2$  und  $\frac{1}{\cos V}$  für  $B_3$ . Für den Winkel  $\rho$  siehe (2).

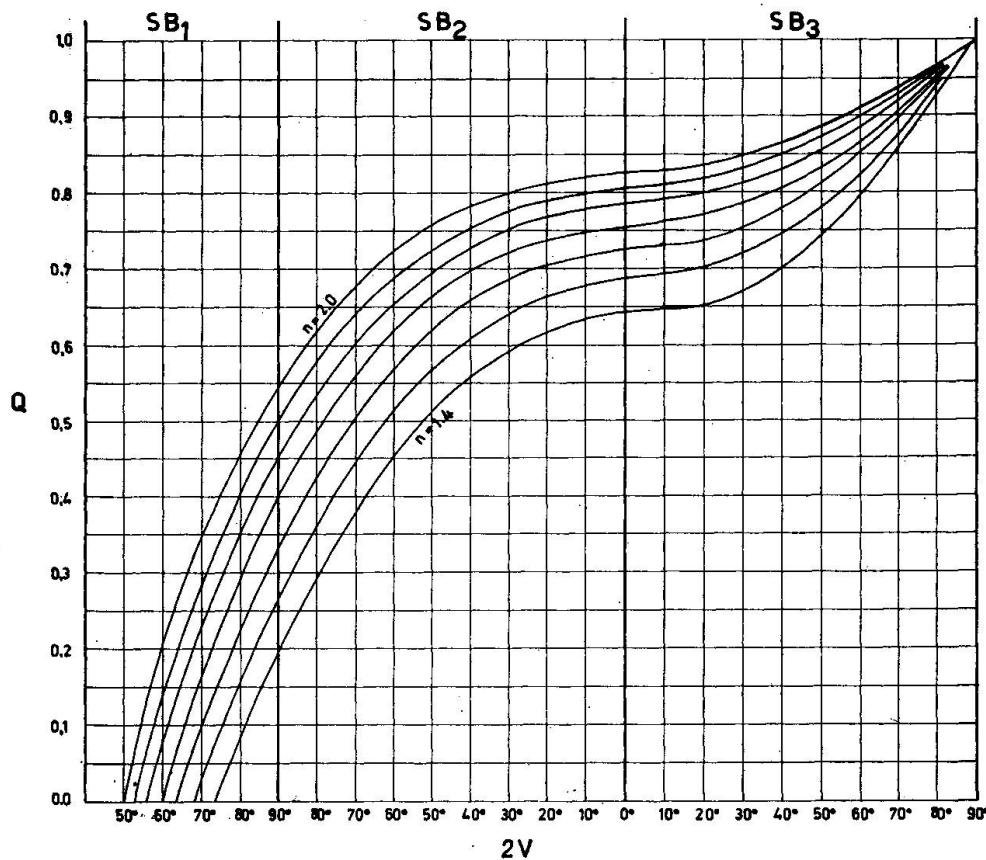


Fig. 8. Nomogramm zur Bestimmung der Beobachtungsrichtung in den disymmetrischen Interferenzbildern IB und zur annähernden Bestimmung von  $2V$  auf Grund der  $Q$ -Werte. Abszissen =  $2V$  in  $IB_1$ ,  $IB_2$  und  $IB_3$ . Ordinaten =  $Q = R_1/R_2$ . Bezugskurven für verschiedene Brechungsindizes  $n$ .

Umgekehrt ergibt sich aus (9)

$$f(V) = \sqrt{\frac{(1+Q) \sin^2 \rho}{1-Q \cdot \cos \rho}}. \quad (10)$$

Die Werte für  $f(V)$  von 0 bis 0,707 beziehen sich auf den  $\sin V$  ( $B_1$ ), diejenigen von 0,707 bis 1 auf den  $\cos V$  ( $B_2$ ) und jene von 1 bis 2 auf den  $\operatorname{cosec} V$  ( $B_3$ ).

Die Q-Werte sind an sich ausgezeichnete Kennzeichen für die Spaltstücke eines Minerals. Sie dienen jedoch auch für die Unterscheidung von  $B_1$ ,  $B_2$  und  $B_3$ , wie dies aus dem Nomogramm (Fig. 8) zu ersehen ist. Dasselbe Nomogramm erlaubt überdies den entsprechenden Wert von  $2V$  mit guter Annäherung abzulesen. Schon MICHEL-LÉVY hat gezeigt, dass der „Fluchtwinkel“ der Isogyren, das heisst der Winkel  $\vartheta$ , um den man den Tisch aus der Auslöschnungsstellung drehen muss, da-

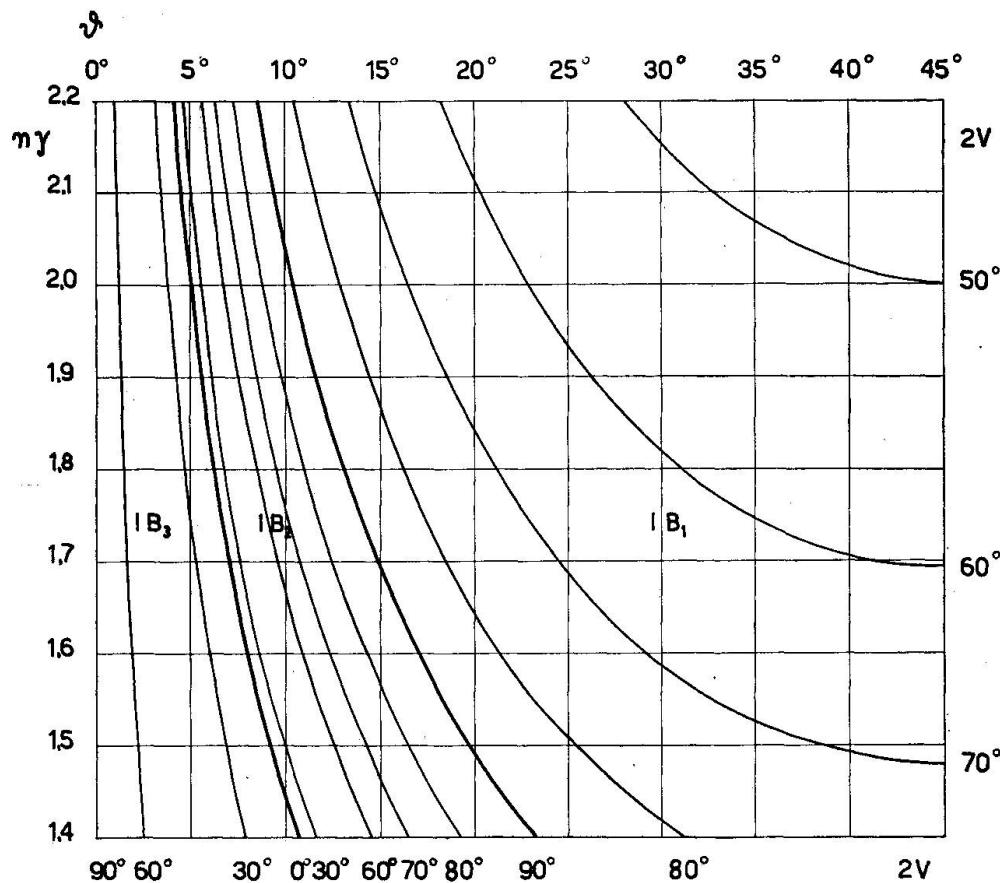


Fig. 9. Nomogramm zur Bestimmung der Beobachtungsrichtung in den disymmetrischen Interferenzbildern  $IB$  und zur rohen Schätzung von  $2V$  auf Grund des „Fluchtwinkels“  $\vartheta$  der Isogyren. Abszissen = Fluchtwinkel  $\vartheta$ ; Ordinaten = Brechungsindizes  $n$ . Kurven =  $2V$  in  $IB_1$ ,  $IB_2$  und  $IB_3$ .

mit die Isogyren gerade am Rande des Gesichtsfeldes verschwinden, Rückschlüsse auf die Schnittlage und auf die Grösse von  $2V$  zulässt (Fig. 9). Es ist nämlich

$$f(V) = \frac{\sin \rho}{\sqrt{\sin 2\vartheta}} \quad (\text{nach MICHEL-LÉVY}), \quad (11)$$

woraus sich unter Berücksichtigung von (10) die folgende Beziehung zwischen dem Fluchtwinkel und  $Q$  ergibt:

$$\sin 2\vartheta = \frac{1 - Q \cdot \cos^2 \rho}{1 + Q}. \quad (12)$$

Jedenfalls ist die Feststellung der  $Q$ -Werte viel genauer als die des Fluchtwinkels  $\vartheta$ , der jedoch eine vorläufige Orientierung über die Natur der Schnittlage erlaubt, sofern  $2V$  nicht allzu gross oder allzu klein ist.

Auf allen IB kann der optische Charakter des Kristalls in der üblichen Weise festgestellt werden, wobei jedoch darauf geachtet werden muss, dass der optische Charakter der  $IB_2$  und  $IB_3$  demjenigen von  $IB_1$  und somit demjenigen des Kristalls entgegengesetzt ist.

Der Gangunterschied  $R_0$ , den man im Mittelpunkt des diagonal gestellten IB messen kann, entspricht demjenigen, den man bei orthoskopischer Beobachtung auf dem Spaltblättchen beobachtet. Die Dicke des Präparats kann mit denselben Kunstgriffen, die schon oben für die IA beschrieben wurden, mit ziemlicher Genauigkeit gemessen werden. Die berechnete Doppelbrechung  $\Delta' = R_0/d$  entspricht  $\Delta_1$  auf  $IB_1$ ,  $\Delta_2$  auf  $IB_2$  und der maximalen  $\Delta$  auf  $IB_3$ . Nach den MALLARDSchen Annäherungen

$$\Delta_1 \cong \sin^2 V \cdot \Delta \quad \text{und} \quad \Delta_2 \cong \cos^2 V \cdot \Delta \quad (13)$$

kann die maximale Doppelbrechung in allen Fällen berechnet werden. Die Faktoren  $k_1$  und  $k_2$ , mit denen  $\Delta_1$  und  $\Delta_2$  multipliziert werden müssen, um  $\Delta$  zu erhalten, sind aus dem Nomogramm (Fig. 10) abzulesen. Doch auch hier gilt natürlich, dass für die Spaltstücke eines gegebenen Kristalls die Werte für  $\Delta_1$  oder  $\Delta_2$  ebenso kennzeichnend sind wie die maximale Doppelbrechung. Diese ist nur notwendig für Vergleiche mit Literaturangaben.

Da der Faktor  $k_1$  für die  $IB_1$  (AA) bei kleinen  $2V$  sehr gross ist, werden die Fehler, die bei der Bestimmung von  $\Delta_1$  unterlaufen mögen, vervielfacht, so dass die mit  $k_1$  berechneten  $\Delta$ -Werte unsicher werden. Es ist deshalb vorzuziehen, den Gangunterschied  $R_2$  (siehe Fig. 3) am Rande des Gesichtsfeldes in der Richtung von  $B_3$  zu messen und zur

Berechnung von  $\Delta$  den aus dem Nomogramm der Fig. 11 abzulesenden Faktor  $k$  zu benützen. Es ist dann  $\Delta = k \cdot R_2/d$ .

Abnormale Interferenzfarben, die durch kräftige Dispersion der Doppelbrechung verursacht sind, können besonders bei organischen Kristallen auch auf den IB diagnostisch sehr wertvoll sein, so dass quantitative Bestimmungen angezeigt sind (siehe oben IA). In Verbindung mit einer starken Achsenwinkeldispersion sind sie zum Beispiel auch an Biotiten pneumatolytischer Entstehung zu beobachten.

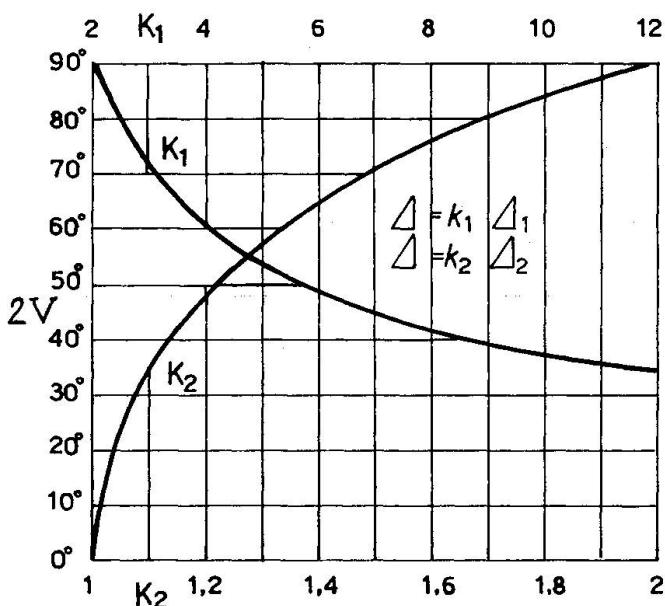


Fig. 10. Nomogramm zur Bestimmung der Faktoren  $k_1$  und  $k_2$ , die zur Berechnung der maximalen Doppelbrechung  $\Delta$  aus den Doppelbrechungen  $\Delta_1$  auf  $IB_1$  und  $\Delta_2$  auf  $IB_2$  dienen. Abszissen =  $k_1$  (oben) und  $k_2$  (unten). Ordinaten =  $2V$  (nach Fig. 8 aus Q bestimmt).

### 3. Monosymmetrische Interferenzbilder (IP)

Pyramiden- und Rhomboederflächen der optisch einachsigen Kristalle zeigen monosymmetrische Konoskopbilder, denen man das Symbol  $IP_{AO}$  gibt. In zweiachsigen Kristallen werden IP auf den Prismen und Domen des rhombischen und auf den normalsymmetrischen Flächen des monoklinen Systems beobachtet.

In allen IP sind die Isochromaten symmetrisch zu einem Durchmesser, der der Spur der optischen Symmetrieebene P entspricht (Fig. 12—16). In der Auslöschungsstellung bildet die Isogyre einen geraden Balken,

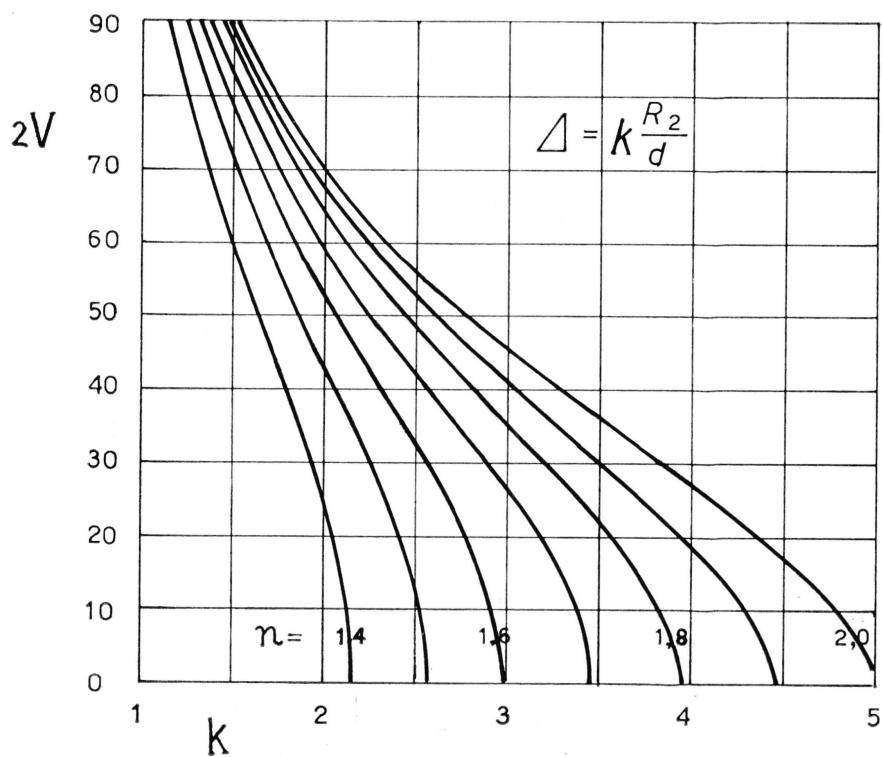


Fig. 11. Nomogramm zur Bestimmung der maximalen Doppelbrechung  $\Delta$  auf Grund des Gangunterschieds  $R_3$  (s. Fig. 3) in  $IB_1(AA)$  oder  $IB_1$ . Abszissen = Faktor  $k$ ; Ordinaten =  $2V$ ; Bezugskurven für verschiedene Brechungsindizes  $n$ .

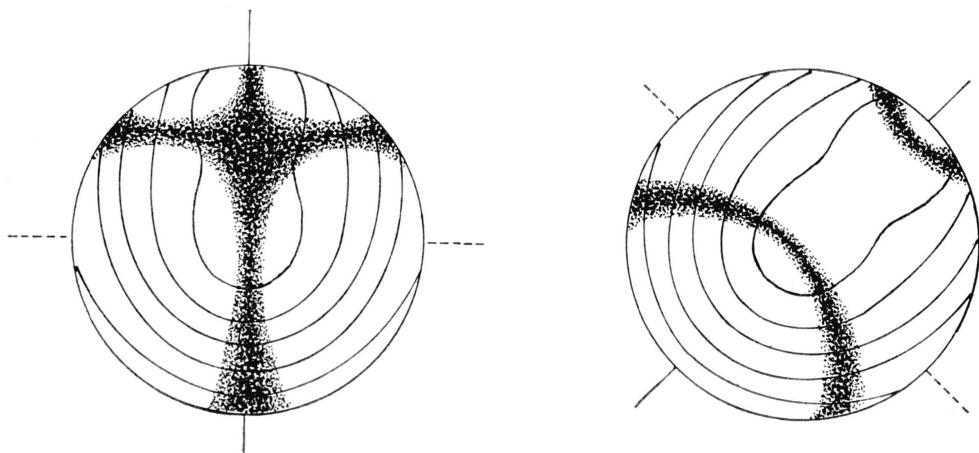


Fig. 12. Monosymmetrisches Interferenzbild  $IP_{12}(AA)$ . Der Symmetriedurchmesser (Striche am Rande) entspricht der Spur der optischen Achsenebene und einer der beiden Schwingungsrichtungen. Die dazu senkrechte andere Schwingungsrichtung (gestrichelt) ist keine Symmetrielinie. Im Beispiel sind  $\delta A' = 0$ ,  $\delta A'' = 0,88$ ,  $\delta B_1 = 0,46$ . Bei einem  $n = 1,48$  ergibt sich aus diesen Werten mit Hilfe der Abbildung 7  $2V = 30^\circ$ .

der mit einem der beiden Okularfäden und mit der Spur von P zusammenfällt. Wenn im Gesichtsfeld keine Achse austritt, verlässt die Isogyre beim Drehen des Tisches das Gesichtsfeld. Andernfalls dreht sich die Isogyre um den Achsenaustrittspunkt (Melatope) im umgekehrten Sinn der Tischdrehung. Liegen beide Melatopen im Gesichtsfeld, so sieht man zwei Isogyrenäste, die sich in der Auslösungsstellungsstellung zu einem exzentrischen Kreuz vereinigen, dessen Kreuzungspunkt den Austritt der Bisektrix angibt. Danach können auf den ersten Blick folgende Typen von monosymmetrischen Konoskopbildern unterschieden werden:

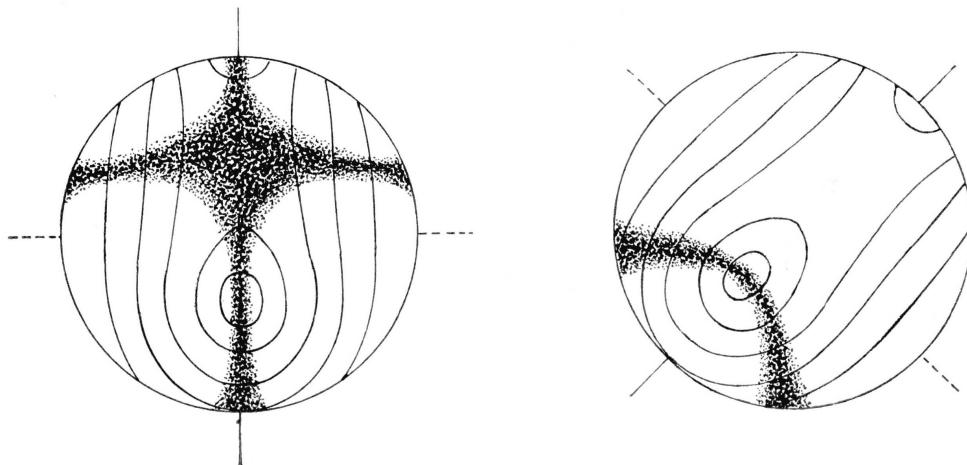


Fig. 13. Monosymmetrisches Interferenzbild  $IP_{12}(A)$ . Symmetriedurchmesser = Spur der Achsenebene  $P_{12}$ . Im Beispiel ist  $\delta A = 0,37$ ,  $\delta B_1$  ungefähr 0,4. Die konvexe Seite der Isogyre in Diagonalstellung ist dem Bildmittelpunkt zugekehrt.

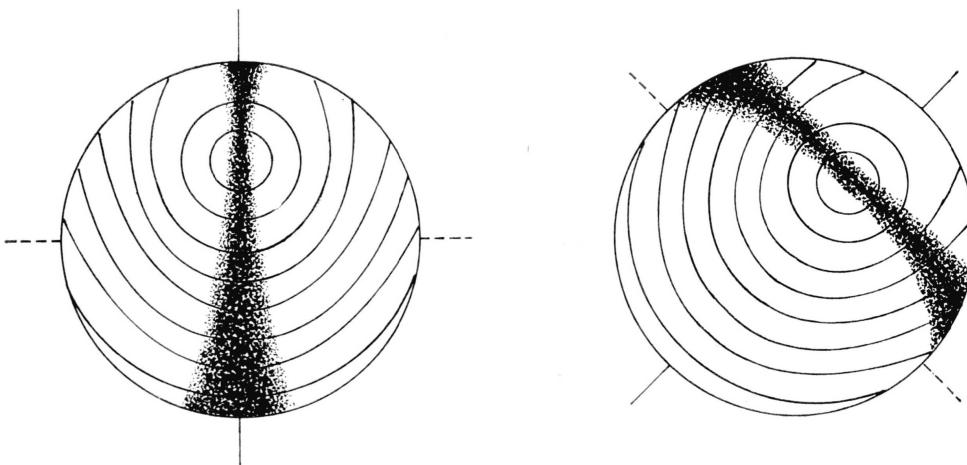


Fig. 14. Monosymmetrisches Interferenzbild  $IP_{21}(A)$ . Symmetriedurchmesser = Spur der Achsenebene  $P_{12}$ .  $\delta A = 0,46$ . In Diagonalstellung ist die konkavese Seite der Isogyre dem Bildmittelpunkt zugekehrt. Die Beobachtungsrichtung liegt also zwischen A und  $B_2$ .

1. Beide Melatopen liegen im Gesichtsfeld:

- a) sie liegen auf dem Symmetriedurchmesser = IP<sub>12</sub> (AA) (Fig. 12)
- b) sie liegen beidseitig davon = IP<sub>13</sub> (AA) (Fig. 15)

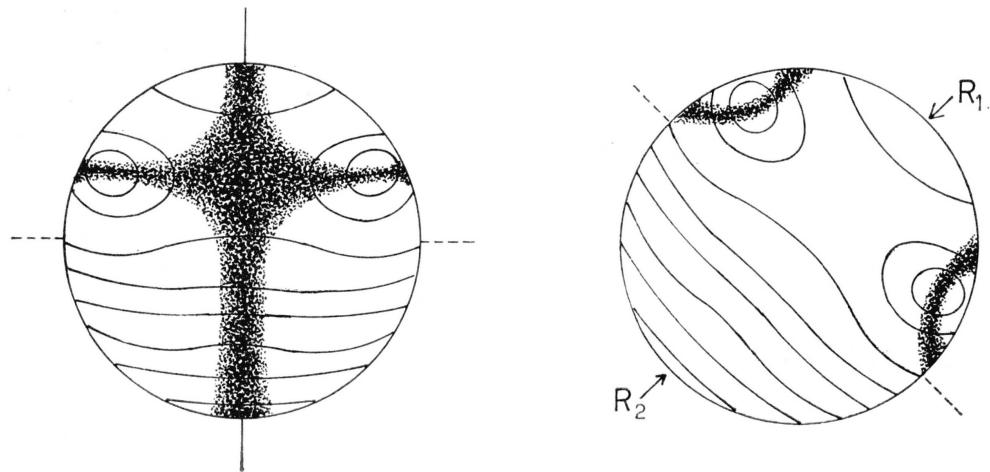


Fig. 15. Monosymmetrisches Interferenzbild IP<sub>13</sub>(AA). Der Symmetriedurchmesser (= Spur der optischen Symmetrieebene P<sub>13</sub>) steht senkrecht zur exzentrischen Spur der Achsenebene, die um den  $\delta B_1$  entsprechenden Winkel zur Mikroskopachse geneigt ist.  $\delta A = 0,62$ ;  $\delta B_1 = 0,45$ . Für  $n = 1,60$  ergibt sich aus Fig. 7 für  $\delta A$ ,  $v_A = 19,2^\circ$ , für  $\delta B_1$ ,  $v_B = 13,8^\circ$ . Das sphärische Dreieck B<sub>1</sub>AM (Mittelpunkt) ist rechtwinklig in B<sub>1</sub>. Folglich  $\cos V = \cos v_A / \cos v_B = 0,973$ , wonach  $2V = 27^\circ$ . Den selben Wert erhält man graphisch mit Hilfe des Wulffschen Netzes.

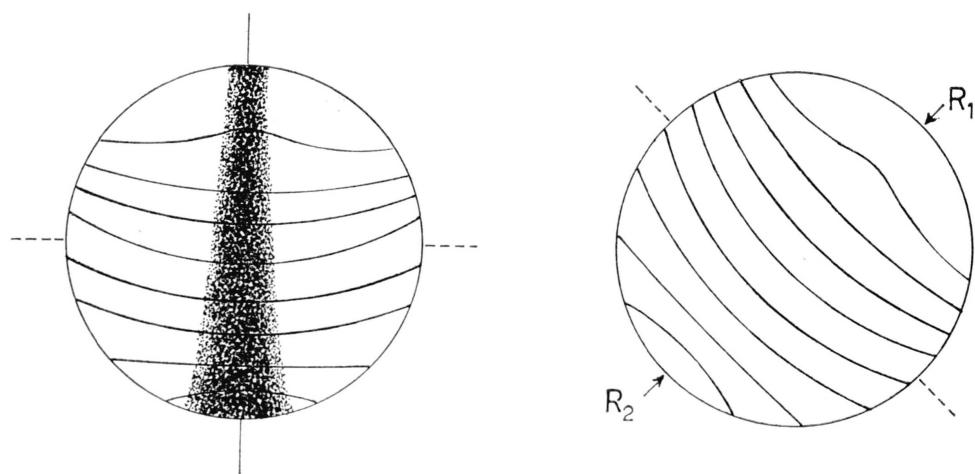


Fig. 16. Monosymmetrisches Interferenzbild IP<sub>13</sub>. Symmetriedurchmesser = Spur der Ebene P<sub>13</sub>. Auf ihm liegen am Rande der kleinste (R<sub>1</sub>) und der grösste (R<sub>2</sub>) Gangunterschied.  $Q = R_1/R_2$ .

2. Nur eine Melatope liegt im Gesichtsfeld:

- a) in der Diagonalstellung ist die konvexe Seite der Isogyre dem Mittelpunkt zugekehrt =  $IP_{12}$  (A) (Fig. 13)
- b) die Isogyre ist konkav =  $IP_{21}$  (A) (Fig. 14)

3. Keine Melatope ist sichtbar:

- a) ein Bisektrizenaustritt ist sichtbar = IP (B)
- b) weder Melatopen noch Bisektrizien = IP (Fig. 16 und 17)

In den Fällen 1 und 2 können die Zentralabstände  $\delta A$  in der Diagonalstellung gemessen werden, während die Zentralabstände von Bisektrizien  $\delta B$  in der Auslöschungsstellung annähernd bestimmbar sind. Das zentrierte Achsenbild eines zweiachsigen Kristalls ist ein Grenzfall von  $IP_{12}$  (A) mit  $\delta A = 0$ . In diesen IP (AA) oder IP (A) kann der optische Charakter des Kristalls in der üblichen Weise festgestellt werden.

Im Fall 3b werden die niedrigsten ( $R_1$ ) und höchsten ( $R_2$ ) Interferenzfarben an den beiden Endpunkten des Symmetriedurchmessers bestimmt, worauf wiederum der kennzeichnende Wert  $Q = R_1/R_2$  festgestellt werden kann. Mit seiner Hilfe kann entschieden werden, in welcher der drei optischen Symmetrieebenen  $P_{12}$ ,  $P_{13}$  oder  $P_{23}$  die Beobachtungsrichtung liegt, vorausgesetzt natürlich, dass  $2V$  nicht allzu nahe an  $90^\circ$  oder  $0^\circ$  ist, da bei  $2V = 90^\circ$   $P_{13}$  gleichwertig mit  $P_{23}$  wird, während für  $2V = 0^\circ$   $P_{12} = P_{13}$  ist. Im Fall 3b und auch im Fall 3a, sofern  $\delta B > 0,5$  ist, können die  $IP_{23}$  sofort daran erkannt werden, dass ihr  $Q$  grösser als 0,6 ist. Für die  $IP_{13}$  dagegen sind die  $Q$ -Werte kleiner als 0,5.

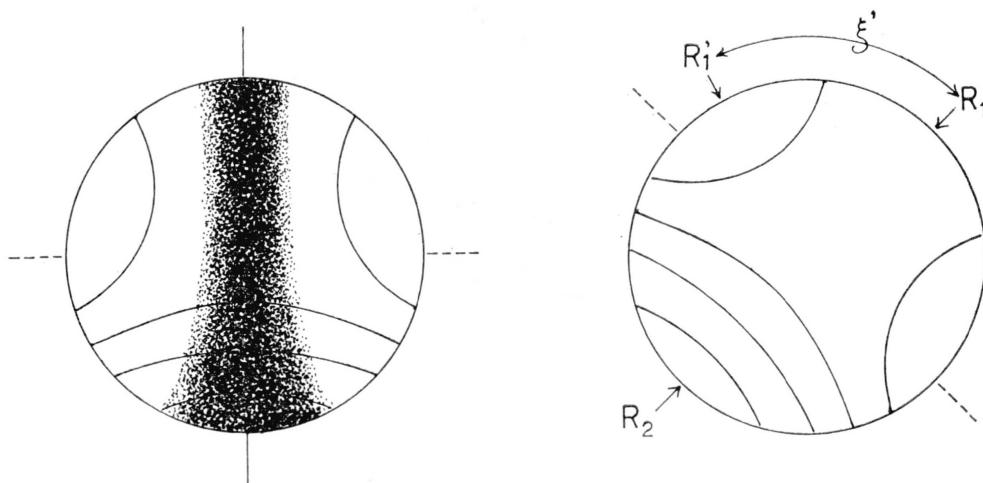


Fig. 17. Monosymmetrisches Interferenzbild  $IP_{23}$ . Symmetriedurchmesser = Spur der Ebene  $P_{23}$ . Darauf liegen am Rande die  $R_1$  und  $R_2$ .  $Q = R_1/R_2$ .

Überdies zeigen die  $IP_{23}$  die niedrigsten Interferenzfarben nicht an dem  $B_2$  zugekehrten Ende des Symmetriedurchmessers ( $\emptyset$ ), sondern am Rande des Gesichtsfeldes (siehe Fig. 17  $R'_1$ ). Der Winkel  $\xi'$  zwischen dem Symmetriedurchmesser und dem durch  $R'_1$  gehenden Radius ist ebenfalls kennzeichnend für die meisten  $IP_{23}$ .

Das Nomogramm der Fig. 18 erlaubt eine etwas genauere Bestimmung der Beobachtungsrichtung und eine rohe Schätzung der Grösse von  $2V$ . Als Ordinaten sind die Q-Werte abgetragen; die Abszissen ge-

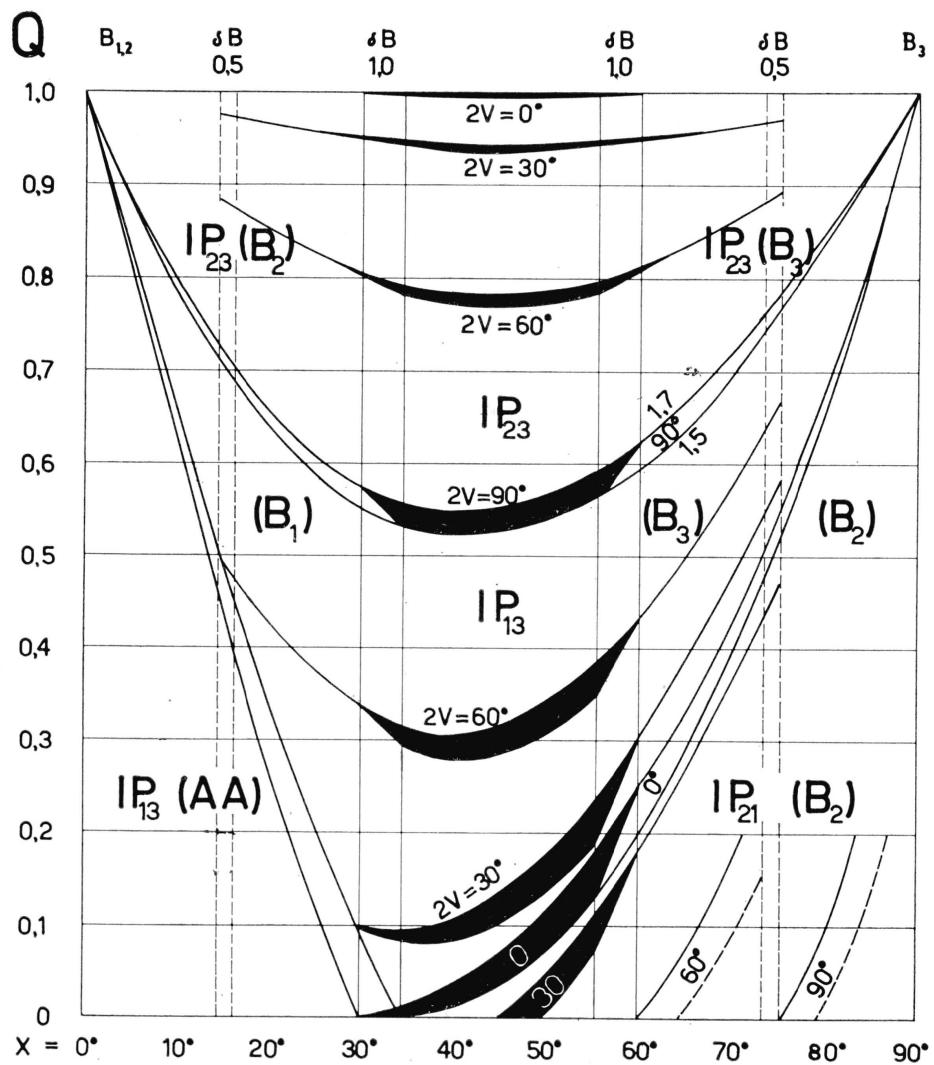


Fig. 18. Diagramm zur semiquantitativen Interpretierung der monosymmetrischen Interferenzbilder IP. Abszissen = Winkelabstände der Beobachtungsrichtungen von  $B_1$  oder  $B_2$  aus gegen  $B_3$  hin gemessen. Ordinaten = Q-Werte. Alle Bezugskurven für  $2V$ ,  $\delta A$  und  $\delta B$  sind für  $n = 1,5$  und  $n = 1,7$  eingetragen. Sie begrenzen die Felder der verschiedenen Typen der IP.

ben den Positionswinkel der Beobachtungsrichtung an, der von  $B_1$  oder  $B_2$  aus gegen  $B_3$  gemessen wird. Die Bezugskurven sind für  $2V = 0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  und  $90^\circ$  eingetragen. Ihre Lage hängt natürlich auch vom Brechungsindex der Substanz ab, da dieser die Öffnung des konoskopischen Lichtkegels bedingt. Im Nomogramm sind die Kurven für  $n = 1,5$  und  $n = 1,7$  eingetragen. Im Gebiet der IP ohne Melatopen oder Bisektrizzen sind die Zwischenräume der korrespondierenden Kurven ausgefüllt. Ferner sind die Felder der verschiedenen Fälle  $P_{13}$  (AA),  $P_{12}$  (AA),  $P_{12}$  (A) und der P (B) eingetragen. Das Nomogramm genügt zur sicheren Interpretation der monosymmetrischen Konoskopbilder, erlaubt jedoch nur semiquantitative Bestimmungen.

Je nachdem der Symmetriedurchmesser mit  $Z'$  oder  $X'$  zusammenfällt, lassen sich positive und negative IP unterscheiden. Diese Feststellung ist an sich ebenso kennzeichnend wie der optische Charakter des in Frage stehenden Kristalls. Will man jedoch diesen letzteren bestimmen, so muss man vorher feststellen, ob man es mit einer  $IP_{12}$ ,  $IP_{13}$  oder einer  $IP_{23}$  zu tun hat, was mit Hilfe des Nomogramms möglich ist, wenn  $2V$  nicht allzu nahe an  $90^\circ$  reicht. Handelt es sich um eine  $IP_{23}$ , so ist das Vorzeichen des Symmetriedurchmessers umgekehrt zu dem des optischen Charakters; in den beiden anderen Fällen jedoch gleich.

Es sei noch bemerkt, dass fast alle  $IP_{12}$  Achsen- oder Bisektrizenausritte im Gesichtsfeld aufweisen, so dass sie leicht als solche erkannt werden. Ausser durch ihre Q-Werte sind sie noch durch die  $\delta A$  oder  $\delta B$  quantitativ gekennzeichnet. Dazu kommt noch die Bestimmung von  $\Delta'$ , das an sich für alle IP charakteristisch ist. Auch auf den IP können manchmal anormale Interferenzfarben auftreten, die sich durch die chromatische Kompensation in weissem Licht als übernormal oder unternormal sofort erkennen lassen. Ausser der Dispersion der Doppelbrechung  $\Delta'$  — die sehr verschieden sein kann von derjenigen von  $\Delta$  — können hier und da auch Dispersionen der optischen Achsen und der Bisektrizien beobachtet werden.

#### 4. Asymmetrische Interferenzbilder (IS)

Pyramidenflächen im rhombischen System, Pyramiden- und Prismenflächen im monoklinen und alle Flächen im triklinen System zeigen IS.

In der Auslösungsstellung bildet die Isogyre einen mehr oder weniger gekrümmten Ast, der genau durch den Mittelpunkt des Gesichts-

feldes geht, aber mit keinem der beiden Okularfäden zusammenfällt (Fig. 19—22). Die Isochromaten sind asymmetrisch angeordnet, was sich am besten in der Diagonalstellung mit um  $45^\circ$  gedrehtem Fadenkreuz beobachten lässt. Wenn  $2V$  sehr gross ist und die Beobachtungsrichtung zwischen  $B_3$  und  $A$  liegt, können die Isochromaten jedoch symmetrisch zu einem Durchmesser angeordnet sein; dass es sich jedoch um ein

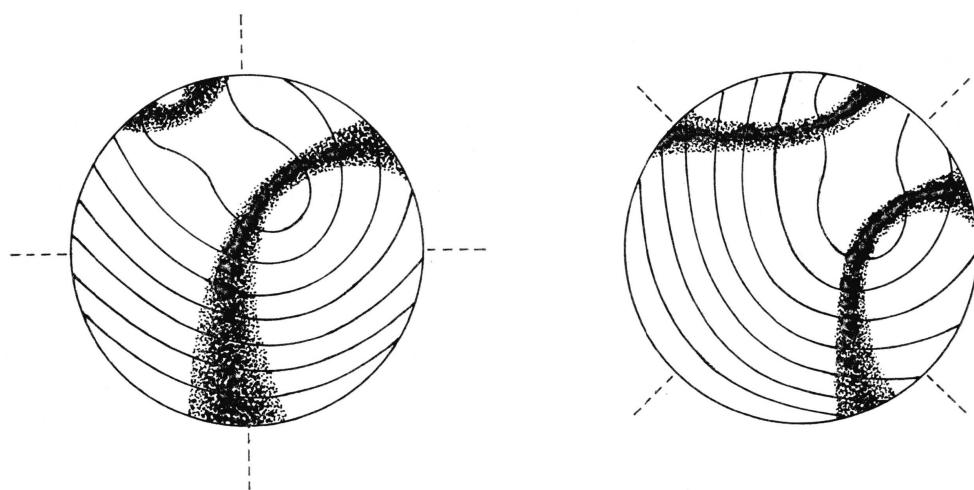


Fig. 19. Asymmetrisches Interferenzbild IS(AA).  $\delta A' = 0,38$ ;  $\delta A'' = 0,86$ ;  $\delta B_1 \sim 0,6$ .  $2V$  kann leicht geschätzt werden. Misst man mit Hilfe des drehbaren Mikroskopisches den von den durch  $A'$  und  $A''$  gehenden Radien gebildeten Winkel und liest in Fig. 7 die den  $\delta A'$  und  $\delta A''$  entsprechenden Winkel ab, so kann  $2V$  berechnet oder graphisch bestimmt werden.

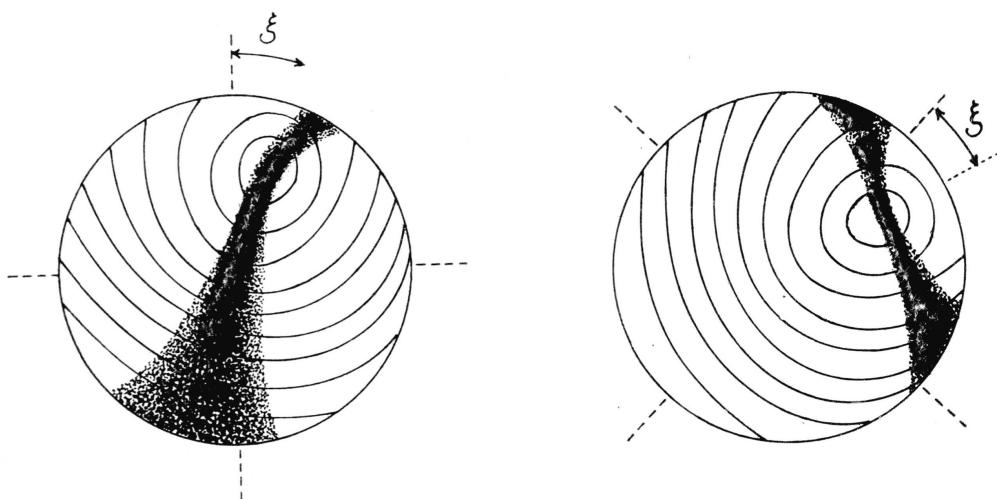


Fig. 20. Asymmetrisches Interferenzbild IS(A).  $\delta A = 0,63$ ; Asymmetriewinkel  $\xi = 20^\circ$ .

asymmetrisches Bild handelt, wird durch die diagonale Lage der als gerader Balken erscheinenden Isogyre in Auslöschungsstellung bewiesen (Fig. 22). In diesem seltenen Falle bildet der scheinbare Symmetriedurchmesser einen Winkel von  $45^\circ$  mit den Schwingungsrichtungen, während er in den IP mit einer derselben zusammenfällt.

Auch bei den IS können auf den ersten Blick mehrere Typen quali-

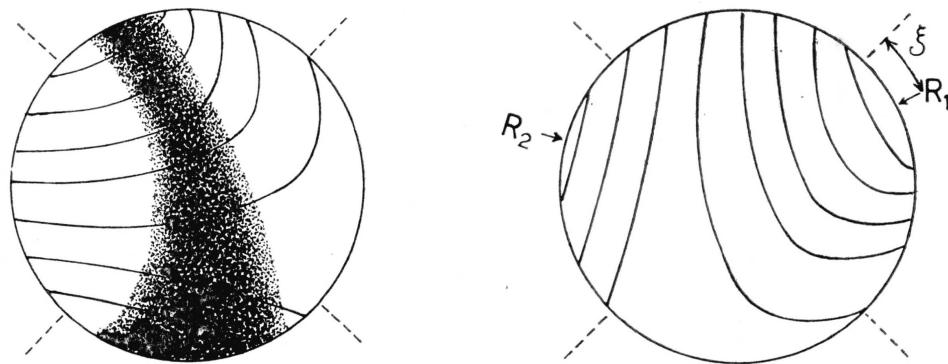


Fig. 21. Asymmetrisches Interferenzbild IS. Die extremen Gangunterschiede  $R_1$  und  $R_2$  liegen nicht mehr diametral gegenüber. Auch hier gilt  $Q = R_1/R_2$ . Der Asymmetriewinkel zwischen dem durch  $R_1$  gelegten Radius und der benachbarten Schwingungsrichtung beträgt hier  $\xi = 18^\circ$ .

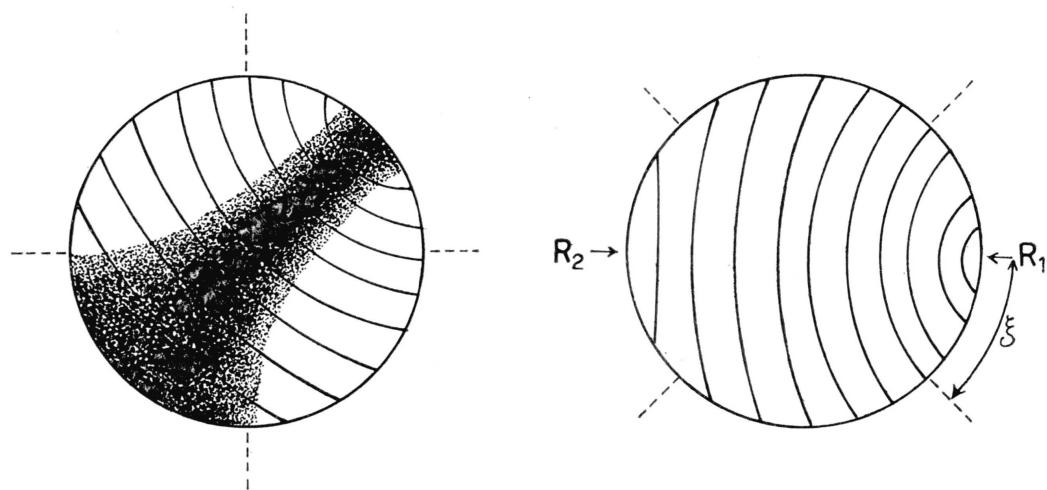


Fig. 22. Asymmetrisches Interferenzbild IS. Bei  $2V$  etwa  $90^\circ$  und einer Beobachtungsrichtung, die etwa zwischen A und  $B_3$  liegt, ist die Anordnung der Isochromaten pseudomonosymmetrisch.  $R_1$  und  $R_2$  liegen auf dem scheinbaren Symmetriedurchmesser, der jedoch mit den Auslösungsrichtungen etwa  $45^\circ$  bildet. Der Asymmetriewinkel beträgt also  $\xi \approx 45^\circ$ , und in der Auslösungsstellung liegt der gerade Isogyrenbalken diagonal zu den Schwingungsrichtungen.

tativ unterschieden werden, je nachdem ein oder zwei Achsenaustritte oder ein Bisektrizenaustritt im Gesichtsfeld liegen oder nicht. Das wird durch die folgenden Symbole veranschaulicht: IS (AA), IS (A), IS (B) und IS. Die Zentralabstände  $\delta A$  und  $\delta B$  sind auch hier sehr gute Kennzeichen, die wie üblich gemessen werden.

Weitere quantitative Angaben sind durch die Q-Werte und den sogenannten Asymmetriewinkel  $\xi$  gegeben. In den IS liegen die niedrigsten ( $R_1$ ) und höchsten ( $R_2$ ) Interferenzfarben am Rande nicht auf demselben Durchmesser noch auf den Schwingungsrichtungen X' oder Z'. Die Gangunterschiede  $R_1$  und  $R_2$  werden nach den Interferenzfarben geschätzt oder, wenn diese zu niedrig sind, mit einem Drehkompassator gemessen, nachdem man die betreffenden Randstellen in Subtraktionsstellung gebracht hat. Der Quotient  $Q = R_1/R_2$  ist auch hier kennzeichnend für den Kristall.

Der Asymmetriewinkel  $\xi$  wird folgendermassen gemessen: Man bringe durch Drehen des Tisches die Stelle  $R_1$  auf einen Okularfaden und lese die Tischstellung ab. Darauf drehe man in die nächstliegende ( $< 45^\circ$ ) Auslöschungsstellung. Die Differenz der beiden Tischstellungen ergibt den Winkel  $\xi$ . Man muss nun noch feststellen, auf welche der beiden Schwingungsrichtungen man sich bezogen hat. Ist dies Z', so wird  $\xi$  als positiv bezeichnet, ist es X', so ist  $\xi$  negativ. Der Wert von  $\xi$  und sein Vorzeichen sind an sich ebenso gute Kennzeichen wie ein Auslöschungswinkel und der optische Charakter des Kristalls, wobei allerdings bemerkt werden muss, dass die Messung von  $\xi$  weniger genau ist als diejenige eines Auslöschungswinkels bei orthoskopischer Beobachtung.

In den IS (A) kann ebenfalls ein Asymmetriewinkel gemessen werden. Dieser Winkel  $\xi'$  wird gebildet durch den durch A gehenden Durchmesser und die nächstliegende Schwingungsrichtung, die X' oder Z' sein kann.

Selbstverständlich können auch in den IS Dispersionen der Schwingungsrichtungen und der Doppelbrechung beobachtet werden und geben — neben dem absoluten Wert der  $A'$  — weitere wertvolle Kennzeichen der in Frage stehenden Substanz.

#### BEISPIELE

Im folgenden seien noch Beispiele von Konoskopbildern angeführt, die auf Spaltblättchen von einigen Mineralien beobachtet werden.

**Zentrosymmetrische Interferenzbilder IA (vgl. Fig. 1)**

Alunit	(0001)	$R/d = 0,007$	$\Delta = 0,020$	opt. Char. +
Phlogopit	(001)	$0,010 - 0,015$	$0,030 - 0,047$	-
Biotit	(001)	$0,015 - 0,018$	$0,045 - 0,060$	-
Brucit	(0001)	$0,0067 - 0,0075$	$0,019 - 0,021$	+

Bem. Brucit zeigt stark unternormale Interferenzfarben.

**Disymmetrische Interferenzbilder IB****IB<sub>1</sub> (AA) (siehe Fig. 3)**

Phlogopit	(001)	$oA = 0,01 - 0,30$	$\Delta_1 = 0,000 - 0,003$	$2V = - 5^\circ - 18^\circ$
Biotit	(001)	$0,01 - 0,50$	$0,000 - 0,007$	$- 5^\circ - 25^\circ$
Phengit	(001)	$0,40 - 0,55$	$0,003 - 0,004$	$- 25^\circ - 37^\circ$
Muskowit	(001)	$0,55 - 0,75$	$0,004 - 0,006$	$- 37^\circ - 50^\circ$
Talk	(001)	$0,05 - 0,53$	$0,000 - 0,003$	$- 5^\circ - 30^\circ$
Pyrophyllit	(001)	$0,83 - 0,94$	$0,010 - 0,210$	$- 53^\circ - 60^\circ$

**IB<sub>1</sub>**

Disthen	(100)	$Q = 0,33$	$\Delta_1 = 0,006 - 0,007$	$2V = - 83^\circ$
---------	-------	------------	----------------------------	-------------------

**IB<sub>2</sub> (siehe Fig. 4)**

Orthoklas	(010)	$Q = 0,46 - 0,62$	$\Delta_2 = 0,004 - 0,005$	$2V = - 32^\circ - 70^\circ$
Anhydrit	(001)	$0,63$	$0,038$	$+ 42^\circ$
Coelestin	(001)	$0,63$	$0,007$	$+ 51^\circ$
Baryt	(001)	$0,68$	$0,011$	$+ 36^\circ + 38^\circ$

**IO**

Cancerinit	(10\bar{1}0)	$Q = 0,67 - 0,68$	$\Delta = 0,023 - 0,029$	opt. Char. -
Marialith	(110)	$0,70$	$0,002 - 0,010$	-
Dipyr	(110)	$0,70$	$0,010 - 0,018$	-
Mizzonit	(110)	$0,71$	$0,018 - 0,032$	-
Mejonit	(110)	$0,71$	$0,032 - 0,042$	-
Zirkon	(110)	$0,81$	$0,044 - 0,055$	+

**IB<sub>3</sub> (siehe Fig. 5)**

Desmin	(010)	$Q = 0,71 - 0,77$	$\Delta = 0,010 - 0,011$	$2V = - 30^\circ - 49^\circ$
Sanidin	(010)	$0,70 - 0,83$	$0,006 - 0,007$	$- 60^\circ - 5^\circ$
Sillimanit	(010)	$0,76 - 0,77$	$0,020 - 0,022$	$+ 21^\circ + 30^\circ$
Anhydrit	(010)	$0,77$	$0,044$	$+ 42^\circ$
Gips	(010)	$0,82$	$0,010$	$+ 58^\circ$
Diaspor	(100)	$0,98$	$0,048$	$+ 84^\circ + 85^\circ$
Bronzit	(100)	$0,91 - 1,00$	$0,010$	$- 65^\circ - 90^\circ$

**Monosymmetrische Interferenzbilder (IP)****IP<sub>12</sub> (AA) (siehe Fig. 12)**

Hydrargillit (Gibbsit) (001).  $\delta B = 0,78 \dots 0,86$  mit stark wechselnden  $2V$ , wobei die Achsenebene parallel oder senkrecht zu (010) sein kann. Dementsprechend zeigt der Hydrargillit verschiedene Typen von Konoskopbildern, wie folgende Tabelle zeigt:

$2V$	$P_{12}$	$\delta B_1$	$\delta A'$	$\delta A''$	$A'$	IP
+ 40°	(010)	0,78	0,16	1	0,001	IP <sub>21</sub> (A) IP <sub>21</sub> (AA) IP <sub>13</sub> (AA) IP <sub>13</sub>
+ 12°	(010)	0,85	0,68	1,00	0,004	
+ 0°	in (010)	0,87	= 0,87	= 0,87	0,0045	
+ 15°	± (010)	0,90	1,00	= 1,00	0,0065	
+ 20°	± (010)	0,92	> 1	> 1	0,007	

**IP<sub>12</sub> (A) (siehe Fig. 13)**

Epidot 10% Fe-Ep.	$\delta B_1 = 0,85$	$\delta A = 0,69$	$2V = 90^\circ$
(001) 20%	0,92	0,49	- 82°
(001) 30%	1,00	0,25	- 72°
(001) 40%	—	0,13	- 68°

**IP<sub>21</sub> (A) (siehe Fig. 14)**

Hydrargillit s. oben.

Klinozoisit (001)	$\delta B_1 = 0,62 \dots 0,84$	$\delta A = 1,00 \dots 0,70$	$2V = + 84^\circ \dots 90^\circ$
Diallag (100) Abs.	$\delta A = 0,60 \dots 0,85$	$A' = 0,007 \dots 0,011$	$2V = + 50^\circ \dots + 60^\circ$

**IP<sub>12</sub> (B)**

Klinozoisit (100)	$\delta B_{1-z} = 0,25 \dots 0,01$	$Q = 0,29 \dots 0,99$
Epidot 10% (100)	$\delta B = 0,00$ (Grenzfall = IB)	$Q = 1,00$
Epidot 20% (100)	0,07	0,84
Epidot 30% (100)	0,14	0,75
Epidot 40% (100)	0,18	0,72

**IP<sub>AO</sub>**

$$\text{Calcit } (10\bar{1}1) \quad Q = 0,05 \quad A' = 0,092 \quad \Phi = X'$$

**IP<sub>13</sub> (AA) (siehe Fig. 15)**

Hydrargillit s. oben bei IP<sub>21</sub> (AA)

Margarit (001)	$\delta B_1 = 0,20 \dots 0,27$	$\delta A = 0,88 \dots 1,00$
	$Q = 0,63 \dots 0,69$	$A' = 0,001 \dots 0,004$

IP<sub>13</sub> (siehe Fig. 16)

Baryt	(110)	$Q = 0,13$	$\Delta' = 0,005$	$\Phi = Z'$
Coelestin	(110)	0,24	0,005	$Z'$
Bronzit	(110)	0,58—0,35	0,007—0,008	$X'$
Hypersthen	(110)	0,35—0,20	0,008—0,009	$X'$
Anthophyllit	(110)	0,38—0,60	0,008—0,016	$X' \text{ oB} = 0,85$
Orthoklas	(001)	0,76—0,83	0,005—0,007	$X' \text{ oB}_3 = 0,16—0,37$

IP<sub>23</sub> (siehe Fig. 17)

Enstatit	(110)	$Q = 0,80—0,59$	$\Delta' = 0,006—0,007$	$\Phi = X'$
Andalusit	(110)	0,59	0,007—0,009	$Z'$
Natrolith	(110)	0,74—0,77	0,010—0,011	$X'$

## Asymmetrische Interferenzbilder (IS)

## IS (AA) (siehe Fig. 19)

Sassolin	(001)	$\delta B_1 = 0,3—0,6$	$2V = -6^\circ$	(fast IP <sub>13</sub> (AA))
Crossit z. T.	(110)	0,90	$2V = 8^\circ$	$\delta A > 0,8$

## IS (A) (siehe Fig. 20)

Crossit	(110)	$\delta A = 0,99—0,27$	$\xi = -10^\circ—16^\circ$	$\delta B = 0,90$	$\Delta' = 0,002$
Bababudanit	(110)	0,07—0,26	$-10^\circ—16^\circ$	0,90	0,001
Anorthit	(001)	0,63	$-24^\circ$	—	0,005
Anorthit	(010)	0,93	$-31^\circ$	—	0,007

## IS (siehe Fig. 21 und 22)

Glaukophan	(110)	$Q = 0,00—0,05$	$\xi = -5^\circ—45^\circ$	$\Delta' = 0,003$
Grammatit	(110)	0,10	$+30^\circ$	0,013
Aktinolith	(110)	0,14	$+31^\circ$	0,010
Fe-Aktinolith	(110)	0,15	$+32^\circ$	0,008
Augit	(110)	0,30—0,27	$+26^\circ—+28^\circ$	0,020—0,022
Aegirinaugit	(25% Ac)	0,31	$+44^\circ$	0,024
„	(110) (50% Ac)	0,47	$-32^\circ$	0,031
„	(110) (75% Ac)	0,61	$-25^\circ$ <sup>3)</sup>	0,040
Aegirin	(110) (100% Ac)	0,54	$-21^\circ$	0,051
Skolezit	(110)	0,42—0,48	$-9^\circ—22^\circ$	0,007

<sup>3)</sup> Da  $c = X$  wird, geht das IS in ein IP<sub>23</sub> über, für das  $Q = 0,71$  und  $\xi = 0^\circ$ ,  $\xi'$  dagegen  $-23^\circ$  werden (vgl. Fig. 17).

**Literatur**

- BURRI, C. (1950): Das Polarisationsmikroskop. Basel.
- NIGGLI, P. (1924): Lehrbuch der Mineralogie. 2. Aufl., Bd. 1, Berlin.
- RITTMANN, A. (1946): Metodo del quoziente caratteristico dei ritardi per la determinazione indiretta dell'angolo  $2V$  degli assi ottici. Rend. Soc. Min. Italiana. Vol. 3, Roma.
- (1947): Il metodo della compensazione cromatica. Rend. Soc. Min. Italiana. Vol. 4, Roma.
- (1951): On the determination of birefringence in the case of high retardations. Bull. Fac. Sci. Alexandria University.
- RITTMANN, A. und FLASCHENTRÄGER, B. (1953): Untersuchung von Kristallen mit den Polarisationsmikroskop. Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse. Bd. 1, Berlin.
- RITTMANN, A. und EL-HINNAWI, E. E. (1961): The Application of the Zonal Method for the Distinction between Low- and High-Temperature Plagioclase Feldspars. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. 41, 41—48.
- TRÖGER, W. E. (1956): Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. Teil 1, Stuttgart.

Manuskript eingegangen am 14. Januar 1963.