BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

SITZUNGSBERICHTE

JAHRGANG
1964

MÜNCHEN 1965

VERLAG DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
In Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung München

Photoelektronische Messungen im Polarisationsmikroskop

Von Theodor Ernst und Helmut Kohler in Erlangen

Vorgelegt von Herrn Theodor Ernst am 9. Oktober 1964

Durch ein bisher in der Mikroskopie nicht angewandtes, auf photoelektronischer Basis arbeitendes Verfahren läßt sich der Schwingungszustand von elliptisch polarisiertem Licht genauer ermitteln als mit den bisherigen visuellen Verfahren. Die Methode arbeitet mit einem Soleil- bzw. einem Senarmont-Kompensator unter Verwendung eines Photowiderstandes bzw. eines Multipliers als lichtempfindliches Organ. Im Gegensatz zu den bisherigen Verfahren tritt bei der Kompensation jeweils nur *ein* Parameter auf (Gangunterschied Δ bei Soleil-Kompensation bzw. Analysatorstellung ϱ bei Senarmont-Kompensation). Die bei Variation von Δ bzw. ϱ sich ergebende Intensitätsverteilung ist symmetrisch zum kompensierenden Gangunterschied Δ_0 bzw. zur Analysatorstellung ϱ_0, so daß die Werte Δ_0 bzw. ϱ_0 durch Mittelung über zwei Stellungen Δ_1 und Δ_2 bzw. ϱ_1 und ϱ_2 mit *gleicher Intensität* wesentlich genauer ermittelt werden können, als in direkter Minimummessung. Für die genaue Festlegung der Werte Δ_1, Δ_2 bzw ϱ_1, ϱ_2 wird der Detektor in einer Kompensationsschaltung mit sehr empfindlichem Nullinstrument betrieben.

Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich z. B. in der Erzmikroskopie zur Bestimmung der optischen Konstanten an höhersymmetrischen Kristallschnitten, sowie überall dort, wo ein über den gesamten Bündelquerschnitt einheitlicher Schwingungszustand genau untersucht werden soll.

Die vorliegende Meßeinrichtung wurde bezüglich aller zu messenden Parameter in obigem Sinne „symmetrisiert", so daß die gesamte Messung (einschließlich der Ermittlung der Nullagen des Präparats, wie das Kreuzen der Polarisatoren), durch „Flankenmessung" vonstatten geht. Dies ist nur möglich durch

Verwendung von Kompensatoren, deren *Schwingungskomponenten* während der Kompensation der Schwingungsellipse fest bleiben (Senarmont-Kompensator bzw. Soleil-Kompensator, vgl. Pfeiffer [3]). Das Meßverfahren wird bequem und rationell, indem sich die zu ermittelnden Parameter A_r und 2ϑ [4] sofort als Winkeldifferenzen (beim Soleil-Kompensator als Wegdifferenz) ohne die bisher notwendigen trigonometrischen Berechnungen (vgl. Cameron [5]) ergeben.

Während eine Kompensation mittels Senarmont-Kompensator am *normalen* Polarisationsmikroskop durchführbar ist (Kompensationsvorgang s. Rinne-Berek [1]) und vor allem keine technischen Schwierigkeiten bereitet, mußte bei Verwendung des Soleil-Kompensators erst eine Vorrichtung mit azimutal drehbarem Tubusschlitz geschaffen werden. Hier wird nur der Versuchsaufbau wie die Messung mit dem im Mikroskop bisher nicht verwendeten Soleil-Kompensator für den Fall der Bestimmung der „rotation properties" von Erzmineralien (vgl. Cameron [2]) im Erzmikroskop dargestellt:

1. *Aufbau:* Bei der Messung wurde ein Polarisationsmikroskop mit Auflichtansatz und Planglasreflektor, als Lichtquelle eine 15 W-Niedervoltleuchte mit Batteriebetrieb verwendet. Im neu konstruierten *Zwischenaufsatz*, der um ca. 270° mit einer Genauigkeit von ± 1 azimutal verdrehbar ist, befinden sich zwei Schlitze für den mittels Mikrometerschraube mit einer Genauigkeit von $^1/_{200}$ mm verschiebbaren Soleil-Kompensator, sowie ein unter 45° zu den Kompensatorrichtungen schwingender Analysator, dessen Orientierung mittels Stellschraube korrigiert werden kann.

Als *Detektor* läßt sich bei guten Beleuchtungsverhältnissen (z. B. bei Durchlicht) wegen der lichtenergetisch günstigeren Verhältnisse bei Flankenmessung ein *Photowiderstand* (hier CdS-Photowiderstand) verwenden und somit ein besonders billiger und einfacher Aufbau erreichen. Bei schlechteren Beleuchtungsverhältnissen müssen *Photomultiplier* (mit planen Eintrittsfenstern) verwendet werden. Unter Benutzung einer *Kompensationsschaltung* für den Photostrom läßt sich die Intensität $I(p_1)$, und damit p_1 und p_2 sehr genau festlegen.

2. *Justierung der Apparatur:* Objektiv, Planglasreflektor sowie Sehfeld- und Aperturblende werden mittels Phako-Okular visuell unter Beobachtung der in der hinteren Brennebene des Objektivs auftretenden Reflexe justiert. Das Kreuzen der Polarisatoren sowie die Orientierung des Analysators gegen die Schwingungsrichtungen des Kompensators erfolgt photoelektronisch durch Flankenmessung zunächst ohne, dann mit Objektiv zur Fehlerabschätzung. Die Tischdrehachse muß parallel zur Tubusachse stehen und ist nach dem optischen System Objektiv–Fadenkreuz des Okulars einzurichten.

3. Die Messung erfolgt bei streng orthoskopischem Strahlengang. Bei gekreuzten Polarisatoren werden die vier Nullagen des Präparats durch Flankenmessung ermittel und das Präparat in eine der Diagonalstellungen gebracht. Ohne Kompensator wird durch Flankenmessung die Orientierung der Ellipsenhauptachse ermittelt und der Analysator auf den ermittelten Wert eingestellt. Damit liegen automatisch die Schwingungsrichtungen des jetzt einzuschiebenden Kompensators unter 45° zur Ellipsenhauptachse. Die Stellung für den kompensierenden Gangunterschied Δ_0 wird ebenfalls durch Flankenmessung ermittelt. Zwischen dem kompensierenden Gangunterschied Δ_0 und der Elliptizität ϑ der kompensierten Ellipse gilt der einfache Zusammenhang $\Delta_0 = 2\vartheta$. Δ_0 ergibt sich als Differenz aus der Nullage des Kompensators und der gemessenen Kompensationsstellung.

4. Die *Fehler*, welche durch den Planglasreflektor und das Objektiv in die Messungen gelangen, werden experimentell abgeschätzt, bzw. durch *Eichkurven* (vgl. Cameron [6]) eliminiert. Fehler durch zu große Öffnungswinkel der auf das Präparat bzw. auf den Kompensator gelangenden Lichtkegel streben bei Verkleinerung der Blendenöffnungen dem Grenzwert Null zu und können aus entsprechenden Kurven für die momentanen Öffnungsverhältnisse abgeschätzt werden.

5. *Erste Messungen* an einem Basisschnitt am Covellin (Alghero, Sardinien) ergaben die Werte: $A_r = 18{,}24° \pm 0{,}07°$; $2\vartheta = 3{,}87° \pm 0{,}33°$ für $\lambda = 591$ nm und $A_r = 13{,}33° \pm 0{,}07°$; $2\vartheta = 2{,}02° \pm 0{,}33°$ für $\lambda = 546$ nm (gemessen mit Schott-Interferenz-Linienfiltern, max. Halbwertsbreite 12 nm). Die an-

gegebenen Fehlergrenzen geben die erreichbare Einstellgenauigkeit an, die Werte bedürfen sicher noch einer Korrektur.

Zusammenfassung und Ausblick:

Die Parameter A_r und 2ϑ lassen sich auf photoelektronischer Basis bei geringem Mehraufwand bequemer, rascher und genauer ermitteln als mit den bisherigen visuellen Verfahren; die gegenseitige Abhängigkeit der Fehler bei A_r und 2ϑ verschwindet bis hinauf zu hohen ϑ-Werten, da nach der Theorie eine Fehlorientierung des Analysators von $\pm 1°$ bei 2ϑ nur einen Fehler von $\pm 1'$ ergibt. Die Methode soll weiter ausgebaut und auf ihre Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit speziell bei der *Bestimmung von n-* und *k-Werten* an opaken, höhersymmetrischen Mineralen getestet werden.

Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich überall dort, wo ein über den gesamten Bündelquerschnitt einheitlicher Schwingungszustand genau untersucht werden soll.

Die Arbeit erscheint ausführlich in einer Fachzeitschrift.

Literatur:

[1] Rinne-Berek: Anleitung zu opt. Untersuchungen mit dem Pol. Mikr., 2. Aufl., Schweizerbart (Stuttgart, 1953), 317 f.

[2] Cameron, E. N.: Econ. Geol. 52, 252f (1957).

[3] Pfeiffer, H. H.: Das Polarisationsmikr., Vieweg (Braunschweig, 1949) 52, 53.

[4] Vgl. Zit. 2, 253.

[5] Vgl. Zit. 2, 254.

[6] Cameron, E. N., Hutchinson, R. W. und Green, L. H.: Econ. Geol. 48, 585 (1953).