

# WARUM EIN POLARISATIONSMIKROSKOP FÜR MINERALOGISCHE UNTERSUCHUNGEN?

Von PROF. DR. HERMANN TERTSCH, Wien

Gar oft schon wurde aus Kreisen, die sich für Mikroskopie interessieren und deren ständige Verbesserung und Ausgestaltung lebhaft verfolgen, die Frage aufgeworfen, warum sich die Mineralogen und Petrographen auf die Verwendung eines Polarisationsmikroskopes versteifen und dieses ausschließlich für ihre optischen Untersuchungen benützen. Wozu polarisiertes Licht, wenn man unter Benützung des gewöhnlichen Lichtes und Verwendung einiger mikrochemischer oder Färbemethoden bzw. von Serienschnitten die wunderbarsten Beobachtungen anstellen kann? Die moderne Mikroskopie sei ja in Lichtstärke und Bildschärfe bei vielhundertfachen Vergrößerungen sowohl für die subjektive Betrachtung wie für die objektive Photographie so hoch entwickelt, daß man es doch nicht nötig habe, die immerhin etwas umständlichen Arbeitsweisen im polarisierten Licht den gewöhnlichen mikroskopischen Methoden vorzuziehen.

Wenn man die Geschichte der Mikroskopie im Bereich der mineralogischen und gesteinskundlichen Forschungen überblickt, kann man in der Tat sehen, daß die Anfänge mineraloptischer Untersuchungen mit den gleichen Methoden arbeiteten, die sich allmählich bei der Verwendung des Mikroskopes in den biologischen Wissenschaften entwickelten. Damals galt es ja in erster Linie, Verhältnisse, die mit dem freien Auge oder auch mit der Lupe nicht überblickt werden können, durch möglichst weitgehende Vergrößerung der Beobachtung zugänglich zu machen. So hatte H. FISCHER 1869 das Mikroskop dazu benützt, die Homogenität einzelner „verdächtiger Mineralspezies“ zu untersuchen, und konnte bei sehr vielen nachweisen, daß es sich um bloße Gemenge mehrerer Minerale handelt, die man den Gesteinen zurechnen müsse, wie überhaupt erst von dieser Zeit an eine reinliche Scheidung zwischen Mineralen und Gesteinen auf optischem Wege durch das Mikroskop möglich wurde. Aber gleich in den Anfängen der mikroskopischen Mineraluntersuchung zeigte sich, daß für diese Zwecke die normalen Mikroskopiermethoden nicht ausreichen, ja geradezu versagen.

Der Grund hiefür liegt in der völlig verschiedenen Zielsetzung für mikroskopische Untersuchungen in den biologischen Wissenschaften einerseits und in der Mineralogie bzw. Gesteinskunde andererseits. Der Mineraloge sucht nach Arbeitsweisen, die es ihm gestatten, die Mineralkörner, lose oder in Gesteinen, zu erkennen und zu bestimmen. Die Formausbildung kommt erst in zweiter Linie in Frage. Ganz im Gegensatz dazu sind in der Biologie die mikroskopisch vorliegenden Stoffe meist von vornherein bekannt bzw. sind sie in verhältnismäßig geringer Zahl und lassen sich mikrochemisch oder durch Färbemethoden leicht auseinanderhalten. Bei den Gesteinen handelt es sich aber um Hunderte von möglichen Bestandteilen, die alle rasch und

sicher bestimmt werden sollen. Dazu reichen aber weder die mikrochemischen noch die Färbemethoden auch nur im entferntesten hin.

Dem Biologen jeder Richtung ist die Formentwicklung der Gewebe, Zellen und Bestandteile der Zellen das Wesentliche. Selten ist er gezwungen, die Frage nach dem Stoff näher zu untersuchen (Inhaltskörper der Zellen, Fremdkörper u. ä.). Die Formuntersuchung wird noch dazu außerordentlich durch Anfertigung von Serienschnitten gefördert, wodurch sich selbst die schwierigsten und verwickeltesten Fälle klar auflösen lassen.

Aber gerade diese in der Biologie so hoch entwickelte und erfolgreich verwendete Arbeitsweise ist für den Mineralogen gänzlich unverständlich. Zur Untersuchung können nur Dünnschliffe benützt werden, also möglichst dünne Platten eines Mineralen oder Gesteines, die so dünn geschliffen werden müssen, daß damit die meisten Minerale lichtdurchlässig werden und nur ganz wenige (Erze) auch in solchen Schnitten kein Licht durchlassen. Diese ganz dünnen Platten von 0,01—0,02 mm Dicke lassen sich nun gar nicht serienweise anfertigen. Dazu müßten die Kristalle zunächst in einzelne dünne Schichten zerschnitten werden, wodurch allein schon von Platte zu Platte ein Schneiderverlust von mindestens 1 mm Dicke unvermeidlich ist. Dann müßten die einzelnen Scheibchen erst noch zu guten Dünnschliffen weiter verarbeitet werden. Das bedeutet aber, daß der größte Teil des Kristalles beim Schleifen verlorengeht und nur wenige parallele Schnitte übrig bleiben, die man wahrlich nicht als „Serienschnitte“ bezeichnen, bzw. behandeln kann. Und schließlich: wie will man Serienschnitte herstellen, wenn das Korn selbst nur Bruchteile eines Millimeters dick ist?

Aber auch die allenfalls erkennbare Kristallform reicht zu einer Identifizierung des betreffenden Mineralen auf Grund seiner Kristallgestalt nicht hin. In den Dünnschliffen der Gesteine z. B. liegen nur ganz willkürliche Schnittlagen vor, die in keinerlei eindeutiger Beziehung zu der Kristallgestalt stehen. Bei solchen irgendwie schief geschnittenen Kristallen gibt es keine Möglichkeit, aus der Form oder den meßbaren Umrißwinkeln die wahre Schnittlage zu bestimmen und daraus Schlüsse auf die eigentliche Kristallgestalt zu ziehen. Das gelänge nicht einmal für modellartig entwickelte Kristalle, geschweige denn erst, wenn es sich um Schnitte durch verzerrte Kristalle handelt, wie das doch fast ausschließlich der Fall ist.

Schließlich ist zu beachten, daß ja nicht immer Kristalle mit erkennbaren Formen vorliegen. In Primärgesteinen z. B., die eine Ausscheidungsfolge aufweisen, können nur die zuerst ausfallenden Kristalle ungehindert kristallisieren und damit ihre Eigenform zur Geltung bringen. Je später die Kristalle aus der Schmelze ausfallen, desto mehr werden sie in der Entwicklung ihrer Eigenform gehemmt und der letztkristallisierende Schmelzrest kann überhaupt keine eigenen Formen mehr bilden, sondern erscheint als Zwickelfüllung in den Räumen, die nicht schon von den anderen Kristallen beansprucht wurden. Hier kann also eine Auswertung der Form überhaupt nicht mehr durchgeführt werden. — Und was soll man erst zu den Gemengteilen der Sedimentgesteine oder Sande sagen? Hier handelt es sich ausschließlich

um unregelmäßige Körner und Splitter, die nur ganz selten und andeutungsweise etwas von ihrer ursprünglichen Kristallgestalt verraten! Hier ist jede Bezugnahme auf die Kristallform unmöglich.

Es ist leicht einzusehen, daß die für die biologischen Wissenschaften in der Mikroskoptechnik so bedeutungsvolle Beachtung der Formentwicklung in der Mineralogie versagt. Darum mußte ein anderer Weg gesucht werden, mit Hilfe des Mikroskopes möglichst rasch und vor allem eindeutig die im Dünnschliff oder in Pulverpräparaten vorliegenden Minerale zu betimmen und ihre gegenseitigen Verhältnisse zu untersuchen.

Und dieser Weg fand sich in der Verwendung des polarisierten Lichtes für mineralogische Untersuchungen. Seitdem es gelungen war, zwischen der geometrischen Anisotropie der Kristalle und der optischen eine feste Beziehung aufzudecken, war es möglich, so viele gerichtete optische Größen für das einzelne Mineral zu ermitteln, daß damit eine verlässliche Bestimmung durchgeführt werden kann. Die Möglichkeit der räumlichen Bezugnahme des Lichtes auf den Kristall hängt mit der Transversalwellennatur des Lichtes und der dadurch bedingten Polarisierbarkeit zusammen. Ein polarisierter Lichtstrahl hat nicht nur eine Fortpflanzungsrichtung, sondern, quer dazu, noch eine Schwingungsrichtung. Man kann sich einen polarisierten Lichtstrahl als ein Lineal vorstellen und den Kristall als Rost, der das polarisierte Licht nur dann hindurchläßt, wenn die „Roststäbe“ der „Linealfläche“ parallel liegen.

Schon die klassischen Untersuchungen von Chr. HUYGHENS am Kalkspat hatten ergeben, daß die wenige Jahre vorher (1669) von Erasmus BARTHOLINUS (BERTHELSEN) entdeckte und beschriebene Doppelbrechung des Kalkspates in strenger Beziehung zur kristallographischen Orientierung steht. Die Tatsache, daß die Brechbarkeit des Lichtes nach verschiedenen kristallographischen Richtungen im allgemeinen verschieden ist, ließ in der Bestimmung der Brechungsquotienten unter gleichzeitiger Bezugnahme auf kristallographisch erkennbare Richtungen (z. B. Spaltbarkeitsrichtungen) ein sehr wesentliches, diagnostisches Mittel erkennen. Eine auch nur qualitativ erfolgte Bestimmung der Brechbarkeit in bestimmten Richtungen, d. h. die Entscheidung, welches von zwei aneinandergrenzenden Mineralkörnern sonst gleichen Aussehens das höher und welches das niedriger brechende ist, läßt sich bei nicht ganz scharfer Einstellung schon im gewöhnlichen Licht an dem sog. „Relief“ der Schlißflächen der untersuchten Körner erkennen, wobei das Auftreten der „BECKESchen Linie“ an den Korngrenzen besonders empfindlich ist und wertvolle Dienste leistet.

Schon BREWSTER hatte am Anfang des 19. Jahrhunderts in zahlreichen Arbeiten festgestellt, daß alle jene Kristalle, die in den drei Raumrichtungen (rechtwinkelige Bezugsachsen!) sich geometrisch-kristallographisch gleich verhalten, auch optisch keinen Unterschied der Brechbarkeit je nach der Richtung aufweisen. Von allen Möglichkeiten kristallographischer Symmetrie kann nur das kubische Kristallsystem dieser Forderung gerecht werden. Kubische Kristalle sind demnach optisch einfachbrechend,

wie Gase oder Flüssigkeiten und die diesen nahestehenden amorphen Minerale.

Damit ist schon die erste Gliederung bei der mikroskopischen Untersuchung der Kristalle gegeben. Kristalle, die in keiner Richtung Doppelbrechung zeigen, also durchaus optisch isotrop sind, können nur dem kubischen System angehören, oder es handelt sich nicht um einen kristallinen, sondern einen amorphen Körper. Aus der Höhe der Lichtbrechung und allfälligen Farbe lassen sich weitere Schlüsse ziehen und die Zahl der möglichen Fälle immer mehr einengen.

Sieht man von den Fällen unregelmäßiger Spannungsdoppelbrechung ab, wie diese in gekühlten Gläsern oder in manchen ähnlich vorbehandelten kubischen Kristallen auftritt, beweisen alle Fälle mit Doppelbrechung unstreitig das Vorhandensein eines nichtkubischen Kristalles mit „optischer Anisotropie“. Es leuchtet ein, daß für die Entscheidung dieser Frage ein Mittel in Anwendung kommen muß, das gestattet, die Doppelbrechung leicht und sicher zu erkennen. Das ist aber im gewöhnlichen Licht nicht möglich, da in der weitaus überwiegenden Zahl der Fälle die Doppelbrechung nicht so stark ist wie beim Kalkspat, wo sich die beiden Bilder einer Marke deutlich nebeneinanderlegen, noch dazu, wo selbst bei dem Kalkspat hiefür dickere Platten benötigt werden, während Platten von Dünnschliffdicke bei dieser primitiven Methode gänzlich versagen.

Hier kann allein die Verwendung polarisierten Lichtes helfen, die es ermöglicht, selbst ganz geringe Spuren von Doppelbrechung noch einwandfrei festzustellen. Es hatte sich ja herausgestellt, daß die beiden durch Doppelbrechung entstehenden „Bilder“ jeweils von Strahlen herkommen, die selbst polarisiert sind, und zwar so, daß die Schwingungsrichtungen dieser Strahlen in den beiden Bildern zueinander normal stehen. In dem einfachen Fall der Kalkspatdoppelbrechung, also bei Kristallen mit Wirtelsymmetrie (tetragonal, hexagonal, trigonal), sind diese Schwingungsrichtungen mit der Kristallsymmetrie eindeutig durch die Beziehung verbunden, daß der „ordentliche“, nach allen Richtungen gleich stark brechende Strahl senkrecht zum „Hauptschnitt“ schwingt, der „außerordentliche“ Strahl, der eine je nach der Richtung wechselnde Brechbarkeit besitzt, dagegen im Hauptschnitt. Dabei ist unter Hauptschnitt eine Ebene zu verstehen, die durch die Hauptachse des Kristalles und die Strahlenrichtung gegeben ist.

Fällt nun polarisiertes Licht auf eine solche Platte, so wird zunächst dieses Licht durch die Platte auf die beiden, im Kristall einzig möglichen Schwingungsrichtungen parallel und senkrecht zum Hauptschnitt umpolarisiert. Die beiden dann aus der Platte austretenden Strahlen mit zueinander normalen Schwingungsrichtungen werden sodann durch einen zweiten Polarisator geleitet, durch den sie neuerlich, und jetzt auf die einzige Schwingungsrichtung des Polarisators, umpolarisiert werden und dabei zur Interferenz kommen, d. h. es tritt wieder, je nach der Größe des Gangunterschiedes, Licht aus. Dazu ist noch die Lage der Schwingungsrichtungen in der untersuchten Platte gegenüber jenen der verwendeten Polarisatoren zu beachten, da hievon die

Stärke des austretenden Lichtes abhängt. Wenn die Schwingungsrichtungen der Platte und jene der Polarisatoren zueinander parallel, bzw. senkrecht sind, werden die Strahlen vernichtet, „ausgelöscht“, in den Zwischenlagen, also jeweils von  $90^\circ$  zu  $90^\circ$ , tritt dagegen Aufhellung ein. Daher bedarf der Mineraloptiker eines drehebaren Tisches und zweier mehr oder weniger fest eingebauter Polarisatoren unter und über dem Objektisch, deren Schwingungsrichtungen zueinander gekreuzt sind, so daß das leere Gesichtsfeld dunkel, „schwarz“, erscheint. Jede doppelbrechende Platte muß nun, in das dunkle Feld zwischen die beiden Polarisatoren gebracht, Aufhellung bewirken, die bei Drehung von  $90^\circ$  zu  $90^\circ$  verschwindet, wieder auftaucht usw. Auch die „Auslöschungslagen“ bzw. „richtungen“ stehen zu dem Kristallbau in strenger Beziehung und ergeben damit weitere Möglichkeiten, Minerale aus der Lage der Auslöschungsrichtungen zu erkennen.

Wenn man noch die Möglichkeit besitzt, auch die Größe der sichtbaren Doppelbrechung zu messen oder wenigstens aus der Höhe der Interferenzfarben und der bekannten Schlifffdicke abzuschätzen, ist damit ein weiteres, wichtiges Bestimmungsmerkmal gegeben. Das gleiche gilt auch für die Bestimmung der Hauptbrechungsquotienten und damit für die Entscheidung über den „Charakter der Doppelbrechung“, ob positiv oder negativ doppelbrechende Minerale vorliegen.

Die von HUYGHENS am Kalkspat so genial entwickelte Ableitung einer doppelschaligen Strahlengeschwindigkeitsfläche mit ihrer Drehsymmetrie kann nur an solchen Kristallen auftreten, die selbst einen Wirtelbau besitzen. Für die mindersymmetrischen Kristalle (rhombisch, monoklin, triklin) liegen die Verhältnisse verwickelter. Die wirteligen Kristalle besitzen nur in ihrer Hauptachse eine ausgezeichnete Richtung, und nur diese eine Richtung ist es, in der sich auch solche Kristalle einfachbrechend verhalten (optische Einachsigkeit). Wenn aber die Drehsymmetrie mit dem Kristallbau nicht mehr vereinbar ist, dann ist auch keine optische Einachsigkeit mehr möglich.

Wenn man sich auf einer Kugel eines einachsigen Kristalles die Schwingungsrichtungen parallel und senkrecht zum Hauptschnitt einträgt, erhält man eine Verteilung wie das Gradnetz der Erde mit Meridian- und Parallelkreisen. Mindersymmetrische Kristalle gestatten eine solche Verteilung der Schwingungsrichtungen auf einer Kristallkugel nicht mehr, sondern man erhält dann an Stelle der Kreise dieses „Gradnetzes“ Meridian- und Parallellipsen, und an Stelle des gemeinsamen Mittelpunktes treten hier gemeinsame Brennpunkte. Oder anders ausgedrückt: man kann sich die optische Achse der Wirtelkristalle gespalten und samt ihrem System von Meridian- und Parallelkreisen auseinandergezogen denken, dann ergeben sich zwei Richtungen der Einfachbrechung, und das zugehörige Schwingungsnetz besteht

konfokalen Ellipsen (optische Zweiachsigkeit). Da es im allgemeinen nicht allzu schwer ist, mit der konoskopischen Einrichtung eines Polarisationsmikroskopes die Frage, ob Einachsigkeit oder Zweiachsigkeit vorliegt, zu entscheiden, ist eine weitere Unterteilung der in Frage kommenden Minerale möglich und man kann damit die Wirtelsysteme von den niederen

Kristallsystemen trennen. Dabei ist die Größe des *Achsenwinkels*, also des Richtungsunterschiedes der beiden Achsen der Einfachbrechung, für verschiedene Minerale außerordentlich verschieden. Die Bestimmung des Achsenwinkels und auch des Charakters der Doppelbrechung bieten neben der Messung der drei Hauptbrechungsquotienten ausgezeichnete diagnostische Merkmale.

Mit der *Achsenebene*, d. i. jene Ebene, in der beide optische Achsen liegen, ist auch eine besonders ausgezeichnete Ebene im Kristall bestimmt, deren Lage gegenüber den kristallographischen Richtungen es sogar ermöglicht, die drei niederen Kristallsysteme optisch auseinanderzuhalten, wie das schon WEBSKY 1858 an dem Beispiel des Serpentin gezeigt hat. Im *rhombschen* System kann die Achsenebene nur in einer der drei Symmetrieebenen liegen, und die Richtungen der Hauptbrechbarkeit müssen mit den drei Richtungen der Koordinationsachsen zusammenfallen. Im *monoklinen* System kann die Achsenebene nur parallel oder senkrecht zur Symmetrieebene sein und von den drei Hauptbrechungsrichtungen muß eine, und nur eine, der Richtung der *y*-Achse entsprechen. Im *triklinen* System endlich besteht keinerlei Bindung zwischen der Lage der Achsenebene und der Kristallgestalt.

Ganz wesentlich verbessert werden noch die damit gebotenen Bestimmungsmöglichkeiten, wenn man mit monochromatischem Licht arbeitet oder sonstwie die „*Dispersion*“ der Brechbarkeit, der Auslöschung und des Achsenwinkels bzw. der Achsenebene ausnützt.

Schließlich sei noch daran erinnert, daß nicht nur die Brechbarkeit, sondern auch die auswählende Absorption, also die Färbung, der „*Pleochroismus*“, je nach der Richtung verschieden sein kann. Auch die Beachtung dieser Erscheinung bietet besonders bei dunkel gefärbten Mineralen (Biotit, Hornblende, Hämatit usw.) ausgezeichnete Unterscheidungsmöglichkeiten, so daß es im allgemeinen recht gut gelingt, auf rein optischem Wege das fragliche Mineral richtig und eindeutig zu bestimmen. Wenn durch zufällig günstig getroffene Schnitte auch noch die Möglichkeit besteht, die allenfalls erkennbare Kristallgestalt mit heranzuziehen, ist das gewiß sehr zu begrüßen, doch besteht zwecks mikroskopischer Bestimmung hiezu keine zwingende Notwendigkeit.

Brechbarkeit, Doppelbrechung nach Art und Größe, Auslöschungsrichtungen, Entscheidung, ob Ein- oder Zweiachsigkeit, Größe des Achsenwinkels; Art der Dispersion, das alles sind wertvolle Bestimmungsmöglichkeiten, die sich (abgesehen von der Einfachbrechung) im gewöhnlichen Licht überhaupt nicht mikroskopisch untersuchen lassen, weshalb es für den Mineraloptiker unerläßlich ist, ein Mikroskop zu verwenden, das ihm die dazu nötigen Arbeitsbedingungen bietet. Dazu gehört aber in erster Linie eine Einrichtung zur Verwendung des polarisierten Lichtes. Es ist also nicht eine Laune oder Mode, die den Mineralogen und Petrographen gerade an das Polarisationsmikroskop bindet, sondern die Tatsache, daß hierin die einzige Möglichkeit liegt, das Mikroskop auch für die Aufgaben der Mineralogie, soweit das nur immer möglich ist, einzurichten und auszugestalten.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mikroskopie - Zentralblatt für Mikroskopische Forschung und Methodik](#)

Jahr/Year: 1947

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Tertsch Hermann Julius

Artikel/Article: [Warum ein Polarisationsmikroskop für Mineralogische Untersuchungen? 175-180](#)