

DIE BEDEUTUNG DES UNIVERSAL-DREHTISCHES NACH FEDOROW IN DER MINERALOGIE UND PETROGRAPHIE

Mit 8 Abbildungen

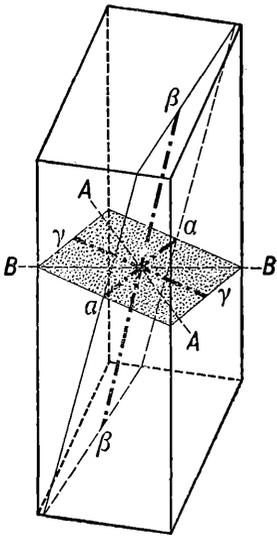
Von PROF. DR. ALEXANDER KÖHLER, Wien

Mit der Anwendung des Polarisationsmikroskopes in der Mineralogie in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts war ein außerordentlicher Schritt getan, um die Mineralien, die man bis dahin nur vom chemischen Gesichtspunkte aus und nach ihren sonstigen physikalischen Eigenschaften wie Härte, Dichte, Glanz, Farbe usf. charakterisierte, auch optisch näher kennenzulernen, was nicht nur unser Wissen um neue physikalische Konstanten der Mineralien bereicherte, sondern auch einen interessanten Einblick in die überaus reizvollen Zusammenhänge zwischen Kristallbau und optischem Verhalten gewährte.

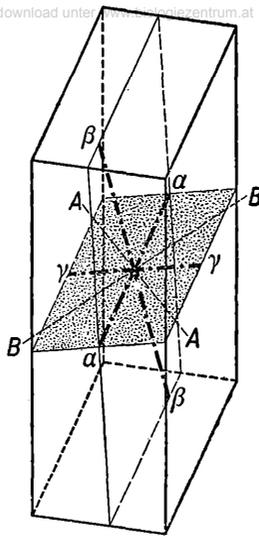
In gleichem Maße wie die Mineralogie ist auch die Petrographie, die Lehre von den Gesteinen, durch obige Erfolge in ungeahntem Maße gefördert worden. War man bis zur Einführung mikroskopischer Untersuchungsmethoden bei der Klassifikation und Deutung eines Gesteins allein auf den geologischen Verband desselben und auf seinen Bauschalchemismus angewiesen, im übrigen auf das gute Auge des Beobachters bezüglich der Erkennung des Mineralgehaltes — ein Gestein ist ja eine gesetzmäßige Vergesellschaftung der sog. „gesteinsbildenden“ Mineralien —, so ergab sich jetzt sozusagen spielend die Möglichkeit, diesen Mineralgehalt im Mikroskop auch bei solchen Gesteinen festzustellen, die für das freie Auge dicht erscheinen, es zeigten sich ferner weitere Eigenschaften, wie Form und Ausbildung der Gemengteile, Einschlüsse derselben, ihr relatives Altersverhältnis zueinander usw., was alles für die Charakterisierung des Gesteins von Bedeutung ist. So entwickelte sich die zunächst noch beschreibende Petrographie in überaus raschem Tempo und hat Ergebnisse gezeitigt, die es erst ermöglichten, den Versuch einer Systematik zu wagen, die auf dem geologischen Werdegang, dem Mineralgehalt und dem Chemismus aufbaut.

In diesen Zeilen soll von diesen Ergebnissen optischer Forschung nicht weiter die Rede sein, es soll vielmehr versucht werden zu zeigen, wie wir mittels des FEDOROW-Tisches nicht nur neuerlich um einen Schritt in den optischen Untersuchungsmethoden weiter kommen, sondern auch einen Blick in die Bildungsgeschichte eines Minerals werfen können und welche Bedeutung dies wieder für die Petrographie hat.

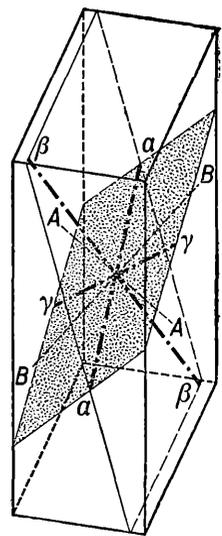
Zu den wichtigsten Gesteinsgemengteilen gehören die Feldspate; von ihrer Art und Menge hängt die gesamte Deutung eines Gesteins wesentlich ab, ihrer genauen Bestimmung wurde stets größtes Augenmerk zugewendet. Man kann wohl mit Recht sagen, der Stand der Petrographie hängt in bedeutendem Maße vom jeweiligen Stand der Feldspatforschung ab. Nun sind die Minerale der Feldspatgruppe recht verschiedenartig; man kann zunächst zwei große Gruppen auseinanderhalten, die der Kali(natron)feldspate KAISi_3O_8



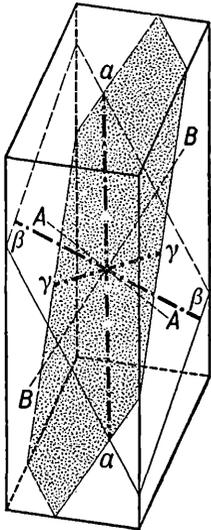
Albit (An₀)



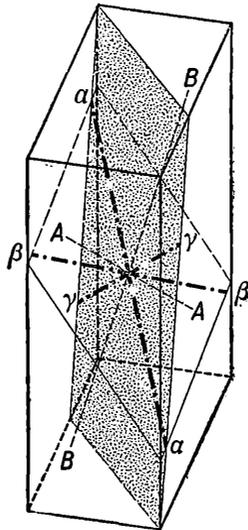
Oligoklas (An₂₀)



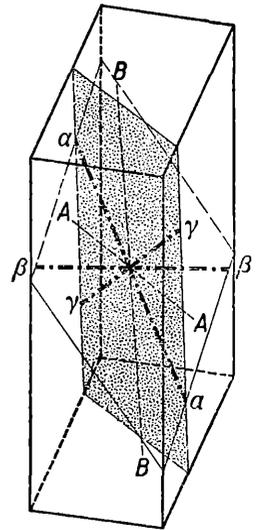
Andesin (An₄₀)



Labradorit (An₅₀)



Bytownit (An₈₀)



Anorthit (An₁₀₀)

Abb.1. Die Lage der optischen Hauptschwingungsrichtungen α , β und γ und die Lage der optischen Achsenebene (punktirt) in bezug auf die (vereinfacht dargestellten) kristallographischen Flächen in der isomorphen Mischreihe Albit-Anorthit.

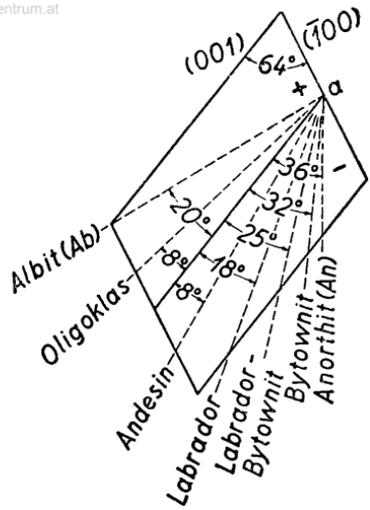
und die der Kalknatronfeldspate, ~~und der~~ Plagioklase. Letztere stellen eine isomorphe Mischung zwischen dem Albit $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ einerseits und dem Anorthit $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ andererseits dar.

Im folgenden interessierten uns wieder nur die Plagioklase; sie kristallisieren im triklinen Kristallsystem, und nur dieser Umstand gibt uns die Möglichkeit, auf Grund optischer Messungen die Zusammensetzung der Mischung recht genau festzustellen, da die drei aufeinander senkrecht stehenden optischen Hauptschwingungsrichtungen α , β und γ , d. h. die Normale zur optischen Achsenebene und die Richtung des raschesten (α) und des langsamsten (γ) Strahles in diesem System nicht mehr an eine kristallographische Richtung gebunden sind, sondern völlig unabhängig von diesen im Kristallgebäude liegen und diese Lage bei schon geringer Änderung der chemischen Zusammensetzung meßbare Abweichungen zur Folge hat.

Ein Blick auf die Abb. 1 wird dies klarer machen als Worte es vermögen. Man sieht bei dem einen Endglied, Albit, die Lage der optischen Hauptschwingungsrichtungen im vereinfachten Kristall eingetragen; sie liegen völlig schief zu den Flächen und Kanten desselben. Im Bild des anderen Endgliedes, des Anorthites, liegen sie ganz anders, und bei den dargestellten Mischgliedern zeigt die Lage eine Zwischenstellung. Bei einer isomorphen Mischreihe haben wir somit eine kontinuierliche Änderung der optischen Vektorenlage — wie es theoretisch zu erwarten ist — und damit ist eine Möglichkeit zur optischen Bestimmung gegeben.

Um nun zu verstehen, inwieweit der FEDOROW-Tisch in der Bestimmung der Plagioklase eine so bedeutende Rolle spielt, müssen einige Voraussetzungen gebracht werden. Das Ziel der optischen Untersuchung besteht darin, im Gesteinsdünnschliff an den Plagioklasschnitten auf Grund orthoskopischer und konoskopischer Beobachtungen und Messungen die Zusammensetzung des Plagioklases in Volumprozenten Anorthit (kurz An bezeichnet) und Albit (Ab) festzulegen. Wie dies erfolgt, kann wieder an Hand der Abb. 1 leicht erläutert werden. Es lassen sich durch Zerschlagen eines Plagioklases dünne Spaltblättchen nach zwei Flächen, nämlich nach P (001) und M (010) herstellen. Bringt man ein solches Spaltpräparat (womöglich auf einem Objektträger aufge kittet) auf den Mikroskopisch und betrachtet es unter gekreuzten Nicols, so wird bei einer bestimmten Stellung des Tisches Dunkelstellung erreicht werden, was bekanntlich immer dann eintritt, wenn die Schwingungsrichtungen im Mineral mit den Nicol-Schwingungsrichtungen parallel liegen. Diese „Auslöschungstellung“ wird auf der Fläche M = (010) beim Albit so liegen, wie dies Abb. 2 darstellt, also schief zur Kante zwischen P (001) und M. Dieser Winkel kann sehr rasch und einfach gemessen werden, indem man die Tischstellung bei der Auslöschung abliest, dann die Kante (Spalttriß) mit dem Faden im Okular, der ja die Schwingungsrichtung des Nicols markiert, parallel stellt und neuerlich abliest. Der Winkel, der sogenannte Auslöschungswinkel, beträgt $+20^\circ$ und ist für den Albit charakteristisch; ebenso würde ein Spaltblättchen von Anorthit eine Auslöschung von -39° ergeben und irgendein Mischglied einen Wert zwischen diesen. Es ändert

Abb. 2. Die Auslöschungsrichtungen auf der Fläche $M = (010)$ für Albit und Anorthit sowie für verschiedene Mischungsglieder. Der Auslöschungswinkel wird auf die Kante $MP = (010)$ (010) bezogen.



sich also dieser Auslöschungswinkel kontinuierlich in der ganzen Reihe, was in der Abb. 3 graphisch dargestellt ist (siehe Kurve M). Mithingestattet eine solche orthoskopische (d.h. immeradlinig polarisierten Licht vorgenommenen) Messung allein schon recht genau die Festlegung der Prozen-An. Ein gefundener Wert von 10^0 wird die Zusammensetzung 16% oder 41% abzulesen gestatten. Die Zweideutigkeit wird leicht auf Grund anderer Beobachtungen, z. B. der Lichtbrechung des Plagioklases behoben.

Im Laufe der Zeit wurde von einer Reihe von Forschern auf die Verwendbarkeit verschiedener Schnitte zur Bestimmung des An-Gehaltes hingewiesen. So stellt die Abb. 3 die Bestimmungskurven für die Schnitte parallel P und parallel M dar. Zum Verständnis dessen, was hier gebracht werden soll, braucht auf Weiteres nicht eingegangen werden, nur eines möge hier noch gesagt werden, daß diese und alle weiteren Kurven, einschließlich der für die FEDOROW-Methoden, auf fest fundierten Grundlagen aufgebaut sind, zu denen man kam, indem man an einer Anzahl von chemisch genau analysierten Plagioklasen die Lage der optischen Vektoren zu den kristallographischen Flächen festgelegt hat. Dieses Fundamentalgerüst erlaubt uns, alle Kurven auf konstruktivem Wege zu finden.

Derartige orthoskopische Methoden sind seit Jahrzehnten im Gebrauch. Wohl ist in neuerer Zeit wiederholt darauf hingewiesen worden, daß die Kurven Fehlerquellen beinhalten. Das ist richtig; aber die vermuteten Fehlerquellen haben sich als irrig erwiesen, den tatsächlich versteckten Fehlern liegen andere Ursachen zugrunde, die man nicht kannte und die erst mit Hilfe des FEDOROW-Tisches aufgedeckt werden konnten.

Das Prinzip der FEDOROW-Methode

Es war ein genialer Gedankengang des Russen E. v. FEDOROW, das mineralogische Mikroskop mit einem Zusatzapparat zu versehen, der es erlaubt, ein Mineralpräparat um drei aufeinander senkrechte Achsen zu drehen und dadurch in verschiedener kristallographischer Richtung optisch zu untersuchen, während man bei obigen Methoden an die feste Lage des Schliffes gebunden ist. Die Ab. 4 zeigt einen — modernisierten — Universal-

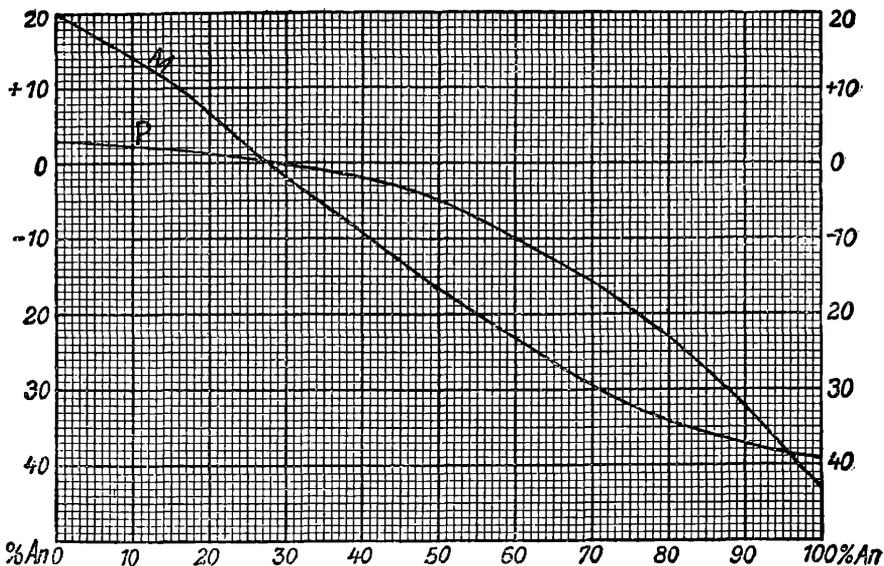


Abb. 3. Graphische Darstellung der Auslöschungswerte auf den Flächen M (010) und P (001).

drehtisch, der den Namen FEDOROW-Tisch nach seinem Erfinder beibehalten sollte. Bei solchen modernen Tischen kann man einen Dünnschliff von Normalgröße, wie er sonstigen Untersuchungen dient, verwenden. Zunächst wird der Drehtisch so auf den Mikroskopisch aufmontiert (siehe Abb. 5), daß seine Normalachse N der Mikroskopischachse parallel liegt und die Horizontalachse K (= Kontrollachse), die durch den Knopf rechts geht, genau rechts-links verläuft, dann liegt die Horizontalachse H von vorne rückwärts. Somit kann ein Präparat um seine Normale durch N, von rechts nach links durch H und von vorne nach rückwärts um K gedreht werden. Diese Drehungen sind natürlich alle ablesbar. Der Schliff ist zwischen zwei Glashalbkugeln (Segmenten) angebracht. Infolge der Lichtbrechung des Minerals würde nun eine durch Drehung eingestellte optische Richtung mit der wahren Richtung nicht übereinstimmen. Um hier unangenehme Korrekturen zu vermeiden, stellt man die Glassegmente mit einer Brechzahl von 1,56 (Mittel der Plagioklasse) her. Jetzt fallen beim Neigen der Achsen alle beobachteten und wirklichen optischen Richtungen zusammen, das Licht wird ungebrochen durch die Glassegmente und das Mineral hindurchgehen (siehe Abb. 6 a, b), es ist gewissermaßen so, als hätte man das Mineral in Form einer Kugel vor sich, die man jetzt so drehen und wenden kann, daß bestimmte optische Richtungen eingestellt werden können.

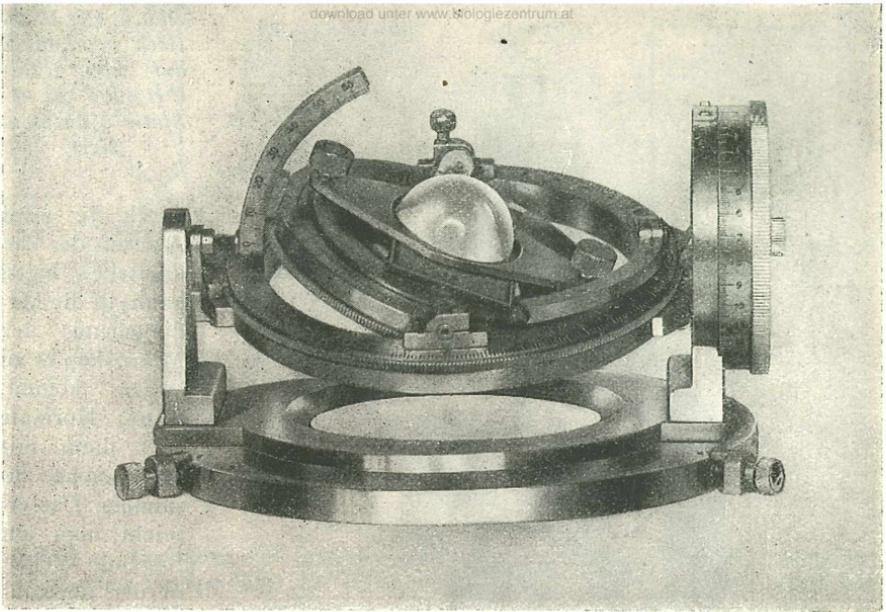


Abb. 4. Ein moderner FEDOROW-Drehtisch. Die Achse rechts-links ist die K-Achse, um die das Präparat etwas nach dem Beschauer zu geneigt ist. Der Schliiff ist ferner um die H-Achse etwa 20° nach rechts geneigt. Die N-Achse ist die Normale zum Schliiff.

Diese allerdings äußerst kurzen Bemerkungen genügen, um zeigen zu können, wie man jetzt einen Plagioklas der Zusammensetzung nach mit dem FEDOROW-Tisch bestimmt. Kehren wir wieder zur Abb. 1 zurück. Die Indikatrix, das Rotationsellipsoid, dessen drei ungleiche Achsen α , β und γ sind, liegt je nach dem An-Gehalt zum Kristallgebäude sehr verschieden, während das Kristallgebäude selbst als starr angesehen werden kann, da sich die kristallographischen Winkel vom Albit zum Anorthit nur ganz wenig ändern. So wie man nach der alten Methode die Auslöschung in einem bestimmten Schnitt festlegt, also schon Beziehungen zwischen Indikatrixlage und Kristallflächen herstellt, so kann mit dem Drehtisch die gesamte Indikatrix eingemessen und zu einer oder mehreren Flächennormalen in Beziehung gebracht werden. Der Gedankengang ist also derselbe, nur ist man jetzt nicht mehr an einen bestimmten und geeigneten Plagioklasdurchschnitt gebunden, man kann praktisch jeden beliebigen Schnitt verwenden. Man hat nur durch Drehungen um die Achsen diejenige Mineralstellung herauszufinden, wo ein optischer Hauptschnitt (als solche bezeichnet man die drei Ebenen, die man

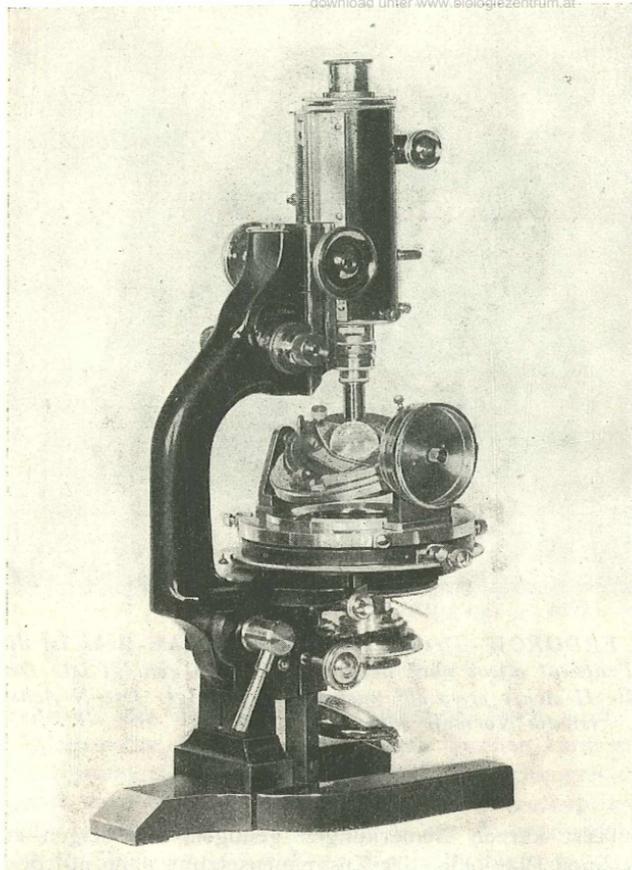


Abb. 5. Der Drehstuhl von Abb. 4 auf ein REICHERT-M-I-Stativ aufmontiert.

durch je zwei Achsen der Indikatrix legen kann) in die Medianebene des Mikroskop es zu liegen kommt, seine Normale fällt dann mit der K-Achse zusammen. Das erreicht man auf folgende Weise: in der horizontalen Lage des FEDOROW-Tisches wird das Mineral durch Drehung um die N-Achse in die Dunkelstellung gebracht. Dreht man jetzt ungefähr um 30° nach vorne oder

rückwärts mit der K-Achse, so wird im allgemeinen die Dunkelstellung nicht erhalten bleiben, es wird Aufhellung eintreten. Man geht in dieser Lage nun durch Drehung um H neuerlich in die Dunkelstellung, und dreht wieder um K etwa 30° nach der anderen Seite; tritt nochmals Aufhellung ein, so stellt man dann mit der N in dieser Lage auf dunkel ein. Geht man wieder auf die andere Seite (Drehung um K), so wird jetzt vermutlich schon während der ganzen Drehung die Dunkelstellung erhalten bleiben, wenn nicht, so muß der Vorgang noch einige Male wiederholt werden, bis dieser Effekt erzielt ist, was dem einigermaßen Geübten weniger Zeit kostet als das Lesen dieser Zeilen. Was bedeutet nun diese erreichte Dunkelstellung? Sie besagt uns, daß jetzt einer der Hauptschnitte der Indikatrix tatsächlich in die Medianebene des Instrumentes gebracht ist, ihre Normale somit mit der Richtung der K-Achse zusammenfällt. Die Stellung der N- und H-Achse liest man ab

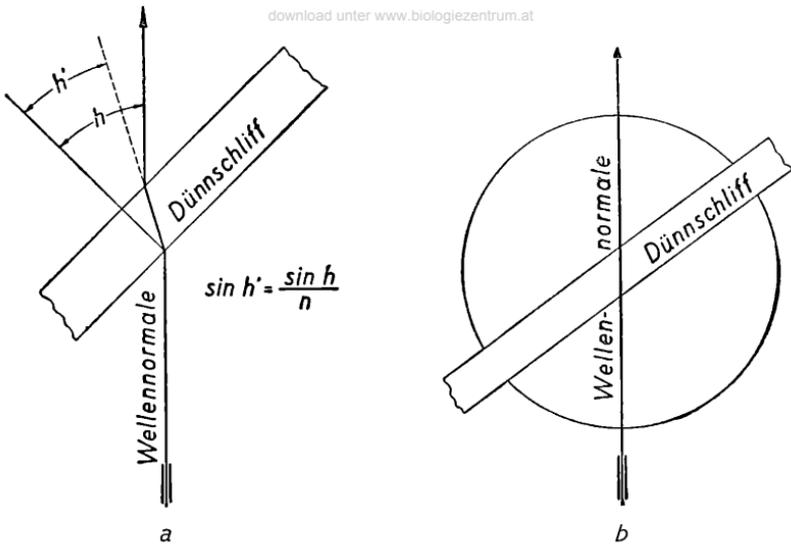


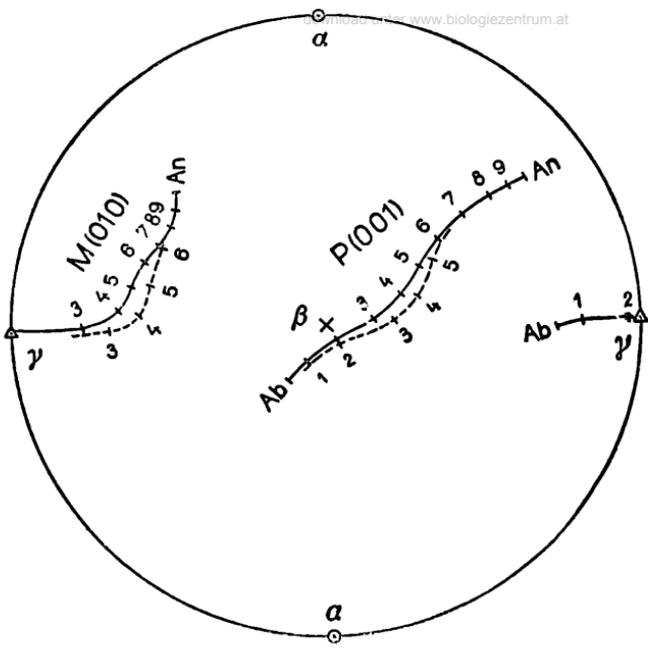
Abb. 6. a) Ablenkung des Lichtstrahles infolge der stärkeren Lichtbrechung im Schliff ohne Verwendung von Glassegmenten. b) Ungestörter Durchgang bei Verwendung von Segmenten mit annähernd gleicher Lichtbrechung.

und notiert sie. Man muß sich jetzt überzeugen, welcher Hauptschnitt, α , β oder γ , in der K-Achse liegt. Zu diesem Zwecke öffnet man die Arretierung des Mikroskoptisches und dreht um 45° nach links, wodurch selbstverständlich Aufhellung eintritt. War der eingemessene Hauptschnitt zufällig β (die Achsenebene), so wird beim Drehen um K nach beiden Seiten einmal oder zweimal Dunkelstellung erreicht werden, wenn nämlich eine der optischen Achsen oder beide in die Mikroskopachse fallen. Diese Lage ist gleichfalls abzulesen und zu notieren; ist auch die zweite Achse einstellbar, so geben die beiden Ablesungen direkt die Größe des Achsenwinkels $2V$. Lag jedoch nicht die Achsenebene vor, so kann nur α oder γ in der K-Achse liegen; das wird gleichfalls in der Diagonalstellung durch Einschieben eines Gipsblättchens mit Rot I. Ordnung entschieden. Steigen die Interferenzfarben, so schwingt in der Richtung des Gipsblättchens der raschere Strahl α , in der K-Achse liegt dann die senkrechte Richtung γ und umgekehrt.

Auf die gleiche Weise wird ein weiterer Hauptschnitt gefunden, indem man in der Ausgangsstellung die zweite Auslöschung aufsucht und dann wie oben vorgeht. Nur zufällig ist auch der dritte Hauptschnitt einmeßbar, im allgemeinen ergibt er sich durch Konstruktion.

Ist dies geschehen, mißt man einen Spalttrieb oder eine Zwillingsfläche, also eine kristallographische Spur ein. Das geschieht durch Parallelstellen derselben mit dem Vertikalfaden und durch Senkrechtstellen mittels der H-Achse.

Abb. 7. Graphische Darstellung der Beziehungen zwischen den optischen Haupt-schwingungs-richtungen α, β, γ und den kristallographischen Flächennormalen von $M(010)$ und $P(001)$, die von Albit bis Anorthit beträchtlich weit wandern.

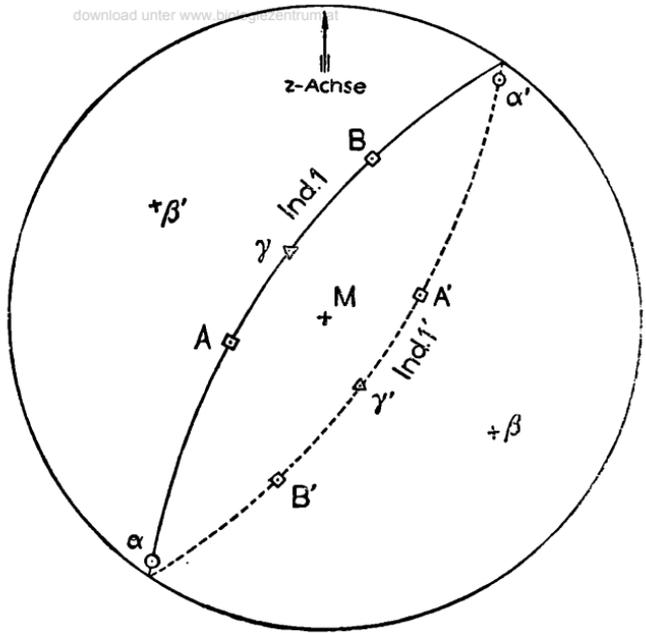


Die Normale zu dieser so eingestellten Fläche liegt dann gleichfalls in der K-Achse.

Damit hat man die gesuchte Beziehung zwischen optischer Vektorenlage und einer kristallographischen Fläche — es sei dies in unserem Falle die Fläche $M(010)$, aber aus den Meßzahlen ist die Beziehung nicht zu ersehen, es ist daher notwendig, sich ein graphisches Bild zu entwerfen, das einen besseren Überblick gewährt und uns die chemische Zusammensetzung unmittelbar ablesen läßt. Es soll hier nur erwähnt werden, daß dies mit Hilfe der stereographischen Projektion in wenigen Minuten geschehen kann. Durch eine einfache Drehung des Stereogramms kann man eine Darstellung erhalten, die man zu der Abb. 7 in Beziehung bringt. Hier sind die Haupt-richtungen α, β und γ so gestellt, daß β in der Mitte, α im Nord- und Südpol und γ rechts und links liegt. Ist in Abb. 1 die Wanderung der Indikatrix im starren Kristallgebäude dargestellt, so ist in Abb. 7 umgekehrt die Optik fix und die Flächenpole wandern vom Albit zum Anorthit, so wie die Kurve M dies zeigt. Legt man das eingemessene Stereogramm über die Darstellung der Abb. 7, so fällt nach obigen Meßzahlen unser Pol von M z. B. in die Kurve bei 51% An, die zur besseren Ablesung von 10 zu 10% An unterteilt ist.

Es kann jetzt die Frage gestellt werden, warum dieser komplizierte Weg, wo doch die eingangs erwähnte Bestimmung des Auslöschungswinkels nach den entsprechenden Kurven einfacher und rascher den An-Wert ergibt? In-

Abb. 8. Stereographische Darstellung der optischen Achsenebenen mit den optischen Achsen A und B sowie der Lage von α , β und γ für zwei nach dem Albitgesetz verzwillingte Individuen. Es lassen sich im Stereogramm die Winkel $\alpha\alpha'$, $\beta\beta'$, $\gamma\gamma'$, AB' leicht ablesen.



wiefern ist damit mehr gesagt und worin besteht der prinzipielle Unterschied? Die Frage erscheint gewiß zunächst berechtigt. Wir haben aber schon kurz auf Fehlerquellen in den alten oder klassischen Methoden hingewiesen. Wo stecken diese und wie kann man sie aufdecken?

Die chemischen Analysen der Plagioklase ergeben oftmals einen kleinen Gehalt an Kalium, der uns sagt, daß bis etwa 6 Molekularprozent der Kalifeldspatsubstanz isomorph beigemischt sind. Die Plagioklase stellen daher streng genommen ein Dreistoffsystem dar, die Mischung besteht aus drei Komponenten und nicht aus zwei. Man konnte nun erwarten, daß sich ein Gehalt an dieser dritten Komponente auch in der Optik auswirkt. Es ist ferner behauptet worden, daß manche Plagioklase mehrere Prozent Nephelin, eine kieselsäureärmere Verbindung $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ enthalten. Wenn diese Beimischungen die Plagioklasoptik verändern, können dann unsere Auslöschungskurven noch richtige Werte ergeben? Erhält man in einem Schliif parallel M (010) z. B. eine Auslöschung von 25° , was nach Abb. 3 63° An ergibt, so kann die gleiche Auslöschung auch ein Plagioklas mit einer dritten Mischkomponente zeigen, aus der Abb. 3 geht dies aber nicht hervor. Man kann eben in einem zweidimensionalen Diagramm den eventuellen Einfluß einer dritten Komponente nicht zur Darstellung bringen, man wird aus einer Auslöschung immer nur einen An-Wert erhalten, der gar nicht richtig zu sein braucht. Verändert sich jedoch mit einer dritten Beimischung die Lage

und Form der Indikatrix, so zeigt dies nur der FEDOROW-Tisch an, und bei der Auswertung der Einmessung muß der Pol von M z. B. nicht mehr in die Kurve M der Abb. 7 hineinfallen; das würde zumindest einen Hinweis geben, daß da nicht alles stimmt, wenn auch die wirkliche Zusammensetzung nicht feststellbar ist. Und in der Tat, es stimmt nicht alles, und da fangen die Drehtischmethoden an, besonders interessant und wertvoll zu werden.

Bei vielen Messungen hat es sich herausgestellt, daß tatsächlich die M-Pole nicht in die entsprechende Wanderungskurve hineinfallen, sondern ganz beträchtlich abweichen (s. die strichlierte Kurve in Abb. 7). Was lag da näher als der Gedanke, daß dies der Kaligehalt verursacht, nachdem ein Nephelingeht aus anderen Gründen als nicht existierend erkannt wurde? Mit der Frage des Einflusses des Kaligehaltes hat man sich viel beschäftigt, und man war bestrebt, diese dritte Mischkomponente bei der Bestimmung zu erfassen. Allein diese Versuche scheiterten, wie man auch an die Lösung der Frage heranging. Erst im Jahre 1942 konnte eindeutig erwiesen werden, daß an dieser merkwürdigen Abweichung der Kaligehalt völlig schuldlos ist, daß andere Ursachen sie bedingen und daß ein Plagioklas mit der Zusammensetzung 50% An, 45% Ab und 5% Or (= Kalifeldspat) sich offenbar so verhält, wie ein Plagioklas der Zusammensetzung 50% An und 50% Ab, das Kali vertritt ohne meßbare Einwirkung das Natron.

Zur Klärung dieser viel diskutierten und dennoch rätselhaften Tatsache der Polabweichung führte ein längerer Umweg. Zunächst ist ein Umstand wenig befriedigend: die Einmessung einer kristallographischen Spur ist zwar hinreichend genau möglich, wenn auch nicht so wie die Einmessung einer optischen Richtung, doch entbehrt sie einer schärferen Kontrolle, da bei einem Fehler immer noch der Pol in eine Kurve fallen kann. Außerdem haben wir ja schon gesehen, daß die Abweichungen nicht erklärlich sind. Es müßte daher von Vorteil sein, statt einer Flächenspur mehrere Bezugswinkel irgendwelcher Art zu erhalten, die sich gegenseitig kontrollieren. Dies kann man erreichen, wenn man von folgender Überlegung ausgeht: häufiger als einfache Kristalle von Plagioklas trifft man Zwillinge an, d. h. zwei oder mehrere Individuen sind nach irgend einer kristallographischen Richtung symmetrisch miteinander verwachsen. Z. B. steht beim sog. Albitgesetz ein Individuum zum andern in der Weise symmetrisch, daß die (010)-Fläche Spiegelebene wird. Solche Zwillingsgesetze gibt es einige, die sehr häufig sind, wie das Karlsbader Gesetz — Zwillingssachse ist die kristallographische z-Achse — und das Periklingesetz — Zwillingssachse ist die y-Achse — neben einer Anzahl seltenerer Gesetze. Wenden wir unsere Aufmerksamkeit dem ersteren Gesetz zu. Vermißt man in einem Albitzwilling die Indikatrix in beiden Individuen und trägt sich die Meßresultate in die stereographische Projektion ein, wie dies in Abb. 8 dargestellt ist, so stehen die optischen Richtungen beider Individuen ebenfalls symmetrisch zur Zwillingsebene (010). Man kann nun Winkel zwischen den beiden Indikatrixlagen messen, zunächst die Winkel $\alpha\alpha'$, $\beta\beta'$ und $\gamma\gamma'$. Sind Abweichungen der Optik vom Flächenpol M vorhanden (bei obigem Vorgang ist dies umgekehrt dargestellt,

die Optik ist fix, und die Abweichung des M-Poles tritt in Erscheinung) so ist es klar, daß sich solche in den Winkeln $\alpha \alpha'$ usw. in verstärktem Ausmaße ausdrücken, da, grob gesprochen, das Abschwenken von M (oder das Abrücken der Indikatrix von Pol M) in einem Individuum nach rechts, im Zwillingindividuum nach links geschieht, die beiden Indikatrizen somit in bezug auf die Zwillingsebene voneinander wegrücken. Die Methode wird also weit empfindlicher; sie hat aber auch noch weitere Vorteile. Statt einer Flächenspur hat man jetzt mindestens drei Winkel, die alle zu dem gleichen An-Gehalt führen müssen — die gewünschte Kontrolle ist somit da — und man kann sich die Einmessung der kristallographischen Bezugsfläche ersparen oder besser auf konstruktivem Wege aus der Optik festlegen, was nach oben Gesagtem genauer ist.

Nach dieser Methode wurde eine große Anzahl von Zwillingen aus Gesteinen verschiedener Entstehungsgeschichte vermessen und der An-Gehalt bestimmt, wozu durch Konstruktion aus der eingangs erwähnten Standardplagioklas-Optik die nötigen Winkelkurven gefunden wurden. Dabei stellte sich die höchst merkwürdige Tatsache ein, daß die konstruierten Kurven stets ausgezeichnet übereinstimmende Zusammensetzung ergaben, sobald ein Plagioklas aus Tiefengesteinen oder kristallinen Schiefen eingemessen wurde, bei Plagioklasen aus Ergußgesteinen stimmten sie absolut nicht, die Winkel ergaben stark hin und her springende Werte an Anorthit. Die Messungen konnten nicht falsch sein, auch die Kurven nicht, somit muß der Grund der Unstimmigkeiten im Objekt selbst liegen.

Aus vielen derartigen Messungen mit Hilfe der Zwillingsoptik ging schließlich die Frage des abweichenden Verhaltens hervor. Es ergab sich zunächst statistisch die Feststellung, daß Plagioklase aus Gesteinen, die bei Temperaturen unter 1000° entstanden sind wie die kristallinen Schiefer, stets Meßwerte ergaben, die in unseren Bestimmungskurven vorzüglich übereinstimmende An-Werte ablesen ließen. Das gleiche Resultat zeitigten Messungen an Plagioklasen aus Tiefengesteinen; hier war zwar die Temperatur während ihrer Bildung vielfach über 1000° , doch sind solche Gesteine wegen ihrer Erstarung in großer Erdtiefe ungemein langsam abgekühlt, wogegen bei Ergußgesteinen, die an der Erdoberfläche erstarrten, die Abkühlung und Verfestigung sehr rasch vor sich ging. Es mußte somit der so nahe liegende — und gerade deswegen so lange verborgen gebliebene — Schluß gezogen werden, daß die optischen Verhältnisse der Plagioklase bei Temperaturen um oder über 1000° prinzipiell und meßbar verschieden sind von der Optik niedrig temperierter Bildungen. Es muß somit zwischen einer Hochtemperaturoptik und einer Tieftemperaturoptik unterschieden werden. Bei Tiefengesteinen liegt der Fall so, daß ursprünglich wohl Plagioklase von Hochtemperaturoptik auskristallisierten, deren Optik jedoch durch den langsamen Temperaturabfall dem neuen Wärmeverhalten Schritt für Schritt folgen konnte, bis die Tieftemperaturoptik erreicht wurde. Bei den Ergußgesteinen war die Abkühlung zu rasch, der optische Zustand

bei hohen Temperaturen wurde daher fixiert. Wir kennen analoge Fälle aus dem Mineralreich.

Die außerordentlich wichtige Feststellung weist nun klar auf die Fehler der bisherigen Methoden hin; alle unsere Bestimmungskurven sind, wie schon bemerkt, auf unseren Standardtypen aufgebaut, die zufällig alle Tieftempero-optik besitzen, sie sind daher für die Bestimmung hochtemperierter Plagioklase grundsätzlich falsch! Auch das Abweichen der M-Pole bei Ergußgesteinsplagioklasen von der Wanderungskurve nach rechts ist eine Temperaturfunktion. Nicht der ominöse Kaligehalt, sondern das Wärmeverhalten während der Bildungszeit ist dafür verantwortlich. Noch größer waren die Fehler, die bei Benutzung unserer alten Auslöschungskurven resultierten, es wurde damit im allgemeinen der An-Gehalt um 10 bis 15° zu hoch bestimmt. Das ist ein sehr bedauerlicher Fehler, der aber erst mit dem FEDOROW-Tisch erkannt werden konnte.

Ein so bedeutsamer Eingriff in die Methoden der Plagioklasbestimmung mußte noch durch weitere Beweise unterbaut werden und es mußten auch die Grundlagen zur Konstruktion neuer Bestimmungskurven für die hochtemperierten Plagioklase geschaffen werden. Es sei hier zum Verständnis nur gesagt, daß man versucht hat, tieftemperierte Plagioklase durch 10 bis 100 Stunden (zum Teil darüber) auf ungefähr 1000° zu erhitzen, um eine Änderung der Indikatrixlage gegenüber der vorher eingemessenen festzustellen. Es ergab sich in der Tat eine Umänderung, die genau verfolgt werden konnte. Ein weiterer Beweis für die Richtigkeit der Behauptung gelang durch optische Untersuchung mittels der empfindlichen Zwillingsoptik an synthetisch aus dem Schmelzfluß bei hohen Temperaturen hergestellter Plagioklase; sie verhalten sich genau so wie die Plagioklase aus Ergußgesteinen. Die Ergebnisse beider Versuchsreihen gestattete erst, die Hochtemperaturkurven jeder Art zu konstruieren. Wir benützen daher heute mit Erfolg zwei Kurven, je nachdem Plagioklase aus Ergußgesteinen oder andere vorliegen.

Was bedeuten nun diese Neuerungen für den Petrographen? Daß eine genauere Bestimmung gewährleistet wird, ist an sich eine erfreuliche Tatsache; darüber hinaus ergeben sich noch andere wichtige petrographische Hinweise, die noch an einem Beispiele angedeutet werden sollen. Wir haben in unserem Waldviertel u. a. Gesteine, die sog. Amphibolite, welche durch Umwandlung (Metamorphose) aus kieselsäurearmen, dunklen Gesteinen hervorgegangen sind, ohne daß wir sagen können, ob aus einem Tiefengestein (Gabbro) oder aus einem Ergußgestein (Diabas). Durch einen Zufall sind manchmal noch Relikte von Plagioklasen des Ursprungsgesteins erhalten geblieben, die der Umwandlung entgangen sind. Die Einmessung ihrer Zwillingsoptik weist eindeutig auf Hochtempero-optik hin, es waren somit Diabase, die uns heute in metamorphem Gewande vorliegen.

Ich habe mich bemüht, zu zeigen, welche wichtige Rolle der FEDOROW-Tisch in der Mineralogie und Petrographie spielt. Es war der Weg bis zu obiger Erkenntnis weit, und er führte durch manches undurchsichtige

Gestrüpp und über manchen steinigen Pfad. Die Darstellung dieser schwierigen Materie in einer einigermaßen verständlichen Form ist schwieriger als die Plagioklasbestimmung selbst, manches konnte bei der Kürze nicht gesagt werden und muß dem Leser unklar bleiben. Was jedoch klar werden dürfte und auch soll, das ist die Bedeutung des FEDOROW-Tisches in der Hand des geübten Mineralogen und Petrographen.

Nach obiger Darstellung muß die Meinung platzgreifen, daß der Drehtisch lediglich zur Bestimmung der Plagioklase dient. Es hieße dem Instrument unrecht tun, würde man nicht am Schlusse noch hervorheben, daß seine Bedeutung eine weit größere und ganz allgemeine ist. In dieser Hinsicht sei darauf hingewiesen, daß zur Einführung in das optische Verhalten ein- und zweiachsiger Mineralien die Anwendung des FEDOROW-Tisches noch bequemer und vielleicht pädagogisch richtiger ist als die bisherigen Methoden, die Erscheinungen an orientierten Mineralschnitten im Konoskop (im konvergenten Licht) zu studieren. Der FEDOROW-Tisch gibt darüber in einem beliebigen Schnitt leicht und elegant Auskunft. Es würde einen Aufsatz für sich bedingen, wollte man das näher ausführen. Auch die Bestimmung, ob ein Mineral optisch positiv oder negativ ist, ist einfach und klar am gleichen Schnitt festzustellen. Daß der optische Achsenwinkel so bequem zu messen ist, gehört zu den besonderen Vorzügen des Instrumentes. Es wäre nur zu wünschen, daß ein Lehrinstitut mehrere Exemplare von FEDOROW-Tischen zur Verfügung hätte, die in einem kristallographisch-optischen Praktikum heranzuziehen wären. Freilich wäre es falsch, wollte man die bisherigen Untersuchungsmethoden vernachlässigen. Beide zusammen würden ein tiefes Eindringen in den geheimnisvollen Zusammenhang zwischen Kristallbau und Kristalloptik dem Studierenden ermöglichen. Es wäre auch verfehlt, die alten klassischen Methoden der Plagioklasbestimmung verdrängen zu wollen; das Verständnis dieser bedingt erst ein richtiges Erfassen der modernen Methoden.

Aber auch die Petrographie hat vom FEDOROW-Tisch weiteren Nutzen als die Bestimmung der gewiß äußerst wichtigen Plagioklase. Die Erkennung vieler Zwillingsgesetze, die für ein Gestein ja nicht ohne Bedeutung sind, ist überhaupt erst mit Hilfe des Drehtisches möglich und letzten Endes sei noch die Wichtigkeit des Drehtisches in der Gefügekunde hervorgehoben.

Mannigfach ist also die Anwendungsmöglichkeit der Erfindung E. v. FEDOROWs. Sie zu benützen, um tiefer einzudringen in die vielen Rätsel der anorganischen Materie ist unsere vordringliche Aufgabe.

Literatur

1. *E. v. Fedorow*, Universal-(Theodolit-) Methode in der Mineralogie und Petrographie. I. Teil: *Z. Krist.* **21**, 574—714, und II. Teil: ebd. **22**, 229—268.
2. *M. Reinhard*, Universaldrehtischmethoden. Verl. B. Wepf, Basel, 1931.
3. *A. Köhler*, Die Abhängigkeit der Plagioklasoptik vom vorangegangenen Wärmeverhalten. *Min. petr. Mitt.* **53**, 24—49, 1942.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1946/1947

Band/Volume: [1](#)

Autor(en)/Author(s): Köhler Alexander

Artikel/Article: [Die Bedeutung des Universaldrehtisches nach Fedorow in der Mineralogie und Petrographie. 174-187](#)