

Einige Anwendungen und Erweiterungen der Einbettungsmethode.

Von K. Spangenberg in Jena.

Mit 1 Textfigur.

(Schluß.)

3. Bestimmung der Lage des Schnittes bei Plagioklassen aus der Abbildung von Zwillinglamellen. Wenn man die Zusammenstellung der zahlreichen optischen Methoden zur Bestimmung der Plagioklasse in Dünnschliffen überblickt (vgl. z. B. ROSENBUSCH-WÜLFING, Mikrosk. Physiographie usw. Min. II. p. 329—376 u. 4, p. 99—134), so ist zwar, wie F. BECKE sagt, die Bestimmung der Gesteinsplagioklasse nunmehr so durchgearbeitet, daß man kaum irgendwo über die Natur der auftretenden Plagioklasse im Zweifel zu sein braucht. Doch sind die mit vielem Scharfsinn aufgestellten Bestimmungsmethoden mit Ausnahme derjenigen, die sich auf die Lichtbrechung gründen und die im vorhergehenden Abschnitt erweitert wurden, stets davon abhängig, daß die Lage des für die Bestimmung in Betracht gezogenen Schnittes einerseits schnell und andererseits eindeutig aufgefunden werden kann. Von den Methoden, die sich auf die Auslöschungsschiefe gründen, sind einige deswegen nicht anwendbar, weil sich die betreffende Fläche, an der diese bestimmt werden soll, nicht oder nicht leicht auffinden läßt. Bei anderen wieder müssen erst Hilfsbeobachtungen eine gewisse Identifizierung ermöglichen. Auch bei den vorzüglich von BECKE ausgearbeiteten konoskopischen Methoden, die sich auf die Bestimmung des Winkels der Achsen oder der Achsenebenen in Zwillingen aufbauen, ist die leichte Erkennbarkeit der betreffenden Schnitte im Orthoskop für die richtige Bestimmung von ausschlaggebender Bedeutung. F. BECKE gibt infolgedessen auch stets Hinweise, wie die gewünschten Schnitte erkannt werden sollen, und nicht selten dient dabei die schärfere oder verwaschene Zeichnung der Zwillinglamellen nach dem Albitgesetz als eines der Hilfsmittel für die Orientierung (z. B. bei Bestimmung der Winkel AB' , AB'' und BB').

Beobachtungen, die bisher nur an Schliffen (aus der von C. KLEIN zusammengestellten Sammlung von VOIGT und HOCHGESANG) von Albit, Oligoklas und Labradorit ausgeführt wurden, konnten zunächst vollkommen bestätigen, was besonders im Hinblick auf die eingangs entwickelten Grundsätze für die Entstehung von Abbildungen zu erwarten war. Die untersuchten Schnitte waren sämtlich senkrecht zu $M(010)$ orientiert, gehörten also der durch die Untersuchungen A. MICHEL-LÉVY's bekannt gewordenen sym-

metrischen Zone an, wodurch die Verhältnisse besonders leicht zu überblicken sind.

Bezeichnen wir die Brechungsindizes des einen Individuums eines Zwillingings nach dem Albitgesetz z. B. mit γ_1' und α_1' , die des anderen mit γ_2' und α_2' , so entstehen im allgemeinsten Falle vier Bilder, die wir wie früher mit γ_1'/γ_2' , γ_1'/α_2' , α_1'/γ_2' , α_1'/α_2' bezeichnen wollen. Wenn die Auslöschungsschiefe der Lamellen gegen die Grenze gering ist, steht in diesen Fällen demnach γ_1' nahezu parallel γ_2' und α_1' nahezu parallel α_2' , und es werden im allgemeinen bei kongruenten Indexflächen nahezu identische und nahezu parallele Schnitte sich miteinander in der Zwillingsgrenze berühren. Sie können keine Abbildung liefern. In der Tat wurde bei den untersuchten Schnitten von Oligoklas von Tvedestrand, Norwegen, entsprechend seiner geringen Auslöschungsschiefe auf Schnitten 1. // P , 2. // Achse c und $\perp M$. 3. $\perp P$ und $\perp M$ tatsächlich keine Abbildung der Zwillingsgrenze wahrgenommen. (Es ist natürlich ohne Kondensator mit möglichst enger und intensiver Belichtung zu arbeiten.) Dagegen zeigen die gleichen Schnitte an Albit von Schmirn (Tirol) und von Labradorit (Küste Labrador) deutliche Abbildungen der Zwillinglamellen nach dem Albitgesetz. Stellt man z. B. $\gamma_1' // PP$, so entstehen das γ_1'/γ_2' - und γ_1'/α_2' -Bild. Wie die Theorie erfordert, kann man dann (die Winkel zwischen γ_1' und γ_2' sind ja genügend groß) 1., indem der Analysator $AA // \gamma_2'$ gestellt wird, das γ_1'/γ_2' -Teilbild beobachten und findet keine Abbildung, wie zu erwarten, während 2., wenn $AA // \alpha_2'$ gestellt wird, das γ_1'/α_2' -Teilbild deutlich zu beobachten ist, und zwar ist, entsprechend $\gamma_1' > \alpha_2'$, die Lamelle I höher lichtbrechend. Man kann aber auch $\alpha_1' // PP$ stellen und nun die α_1'/γ_2' - und α_1'/α_2' -Teilbilder beobachten. Dann ist 3., wenn $AA // \gamma_2'$, das α_1'/γ_2' -Teilbild sichtbar, und zwar ist, da $\alpha_1' < \gamma_2'$, jetzt Lamelle II höher lichtbrechend. Wenn schließlich 4. $AA // \alpha_2'$, so müßte das α_1'/α_2' -Teilbild entstehen, das, wie zu erwarten, nicht beobachtet wird.

Die wahrgenommene Abbildung der Zwillingsgrenzen besteht also in den bezeichneten Fällen beim Albit und Labradorit in Wirklichkeit aus γ_1'/α_2' - und α_1'/γ_2' -Teilbild, für die nach dem Gesagten die BECKE'sche Lichtlinie auf verschiedenen Seiten liegen muß. Dementsprechend wird folgendes beobachtet: Dreht man den Schliß oder den Polarisator bei scharfer Einstellung (ohne Verwendung des Analysators), so tritt bei manchen Schnitten (bei Albit aber bei anderen als beim Labradorit) ein Verschwinden der Abbildung ein, das, wie wir wissen, nach den oben p. 355/56 entwickelten Grundsätzen zu deuten ist. Bei anderen Schnitten tritt bei der gleichen Beobachtungsweise nur ein Flauerwerden der Abbildung ein. Zwischen diesen sich bei einer Drehung von 360° viermal wiederholenden Nullagen sind zweimal das γ_1'/α_2' -Teilbild

allein (wenn $\gamma_1' // PP$) und zweimal das α_1'/γ_2' -Teilbild (wenn $\alpha_1' // PP$) allein sichtbar, und die BECKE'sche Linie, die wir in diesen Fällen beobachten, liegt beim Heben einmal in der Lamelle I und einmal in der Lamelle II.

Durch diese Beobachtungen hat sich ergeben, daß 1. die theoretischen Ableitungen (vgl. 21) auf die Erscheinungen an den Zwillingsgrenzen der Plagioklase praktisch anwendbar sind, und 2. daß diese Erscheinungen schon in den wenigen untersuchten Schnitten zwischen Albit, Oligoklas und Labradorit bestimmte Unterschiede aufweisen, die sich durch die Überlegung hätten voraussagen lassen. Wenn wir des weiteren bedenken, daß, wie ebenfalls schon beobachtet worden ist, etwa gleichzeitig im Schnitt vorhandene Periklinlamellen sich teils ähnlich, teils ganz verschieden von den Albitlamellen verhalten müssen, so ist zu erkennen, daß damit nicht nur Merkmale zur Unterscheidung dieser beiden Zwillingsgesetze, sondern auch für die Bestimmung der Lage des Schnittes überhaupt erhalten werden können. Ferner werden sich bei beliebigen gelegenen Schnitten aus den für alle Glieder der Plagioklase voneinander genügend abweichenden und genau bekannten Lagen der Indexflächen zu den geometrischen Konstanten die für den betreffenden Schnitt wirksamen Brechungsindizes sowohl für Albit wie für Periklinlamellen berechnen lassen. Dann wird es wohl möglich sein, in der Weise, wie es durch die vorstehenden Beobachtungen vorläufig nur angedeutet werden sollte, die Verhältnisse, die an den Zwillingsgrenzen eintreten müssen, zu überblicken. Es ist zu hoffen, daß sich für günstige Fälle vielleicht bereits durch diese Erscheinungen allein, in den übrigen aber in Verbindung mit einer anderen Beobachtung eine Bestimmung des betreffenden Plagioklases ermöglichen lassen wird.

Für Mikroclin und Anorthoklas lassen sich die gleichen Betrachtungen entsprechend anwenden.

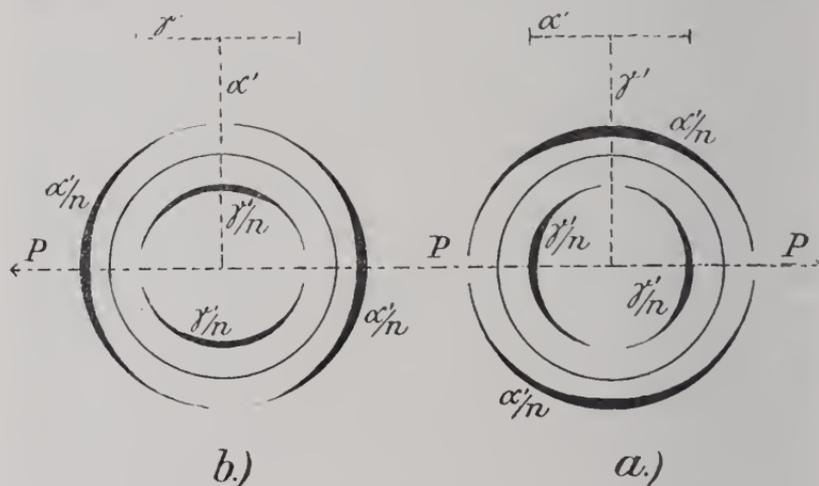
4. Bestimmung der Brechungsindizes von Sphärolithen. Bei einigen im besonderen zur Unterscheidung künstlich dargestellter Carbonate ausgeführten Untersuchungen trat die Frage auf, ob es möglich sein würde, auch die verschiedenen Brechungsindizes von Sphärolithen mit Hilfe der Einbettungsmethode zu bestimmen. Solange diese eine solche Größe (bis zu 50μ) hatten, wie es z. B. bei den von G. LUSCK (11) zuerst dargestellten, von K. SCHMIDT (17) und vom Verfasser (19) näher untersuchten Mischsalzen zum Teil der Fall war, ließen sie sich häufig, aber nicht immer, unter dem Deckglas leicht zerdrücken. Die dabei bisweilen entstehenden nadelförmigen bis spießig-keilförmigen Bruchstücke erlaubten natürlich, in der gewöhnlichen Weise eine Bestimmung ihrer Brechungsindizes auszuführen. Für die meisten Fälle aber war dies, infolge der Unmöglichkeit geeignete Bruchstücke zu erhalten, nicht zugänglich, so leider bei den von G. LUSCK und auch

vom Verfasser dargestellten Sphärolithen mit Dolomitzusammensetzung und besonders auch beim Vaterit. für die beide eine Bestimmung ihrer Brechungsindizes gerade besonders wünschenswert gewesen wäre.

Bei dem letzteren fiel aber eine merkwürdige Beobachtung auf, wenn z. B. die Sphärolithe in Anilin ($n = 1,583$) eingebettet wurden. Beim Heben des Tubus schienen dann einzelne der Sphärolithe in der Mitte im wesentlichen dunkel, andere dagegen gerade in der Mitte hell zu werden. Bei Einschaltung des Gipsblättchens und Betrachtung zwischen gekreuzten Nicols zeigten sich die beim Heben hell erschienenen Sphärolithe von positivem, die anderen von negativem Charakter. (Sphärolithe von beiderlei Charakter nebeneinander im gleichen Präparat sind die Regel, wenn man den Vaterit in der [19, p. 537/38] angegebenen Weise darstellt; bei anderen Darstellungsverfahren tritt das, wie festgestellt wurde, nicht ein.) Diese Beobachtung wurde durch die folgende genauere Untersuchung aufgeklärt.

Nehmen wir zunächst nur Sphärolithe von positivem Charakter der Doppelbrechung an, so liegt hier offenbar γ' radial, α' tangential. Dies muß auf alle Fälle so sein, welche Vorstellung wir uns auch über den Aufbau des Sphärolithen aus anisotropen Einzelteilen machen wollen. Stellen wir uns dann die Sphärolithe einmal nur als flache kreisrunde Scheibchen vor, so wird bei Betrachtung mit polarisiertem Licht stets in den Radien, die parallel PP liegen, γ' , in den Radien, die senkrecht zu PP stehen, α' wirksam sein (vgl. Figur). Haben wir nun diese Sphärolithe in ein Medium eingebettet, für das $\gamma' > n > \alpha'$, so erscheint jetzt in den Richtungen, in denen allein das γ' -Bild zustande kommen kann, d. h. also parallel PP, die Lichtlinie im inneren, an den vom α' -Bild bedingten Punkten außerhalb des Scheibchens. In allen Zwischenlagen müssen, wie wir aus dem Früheren wissen, sowohl innen wie außen Lichtlinien erscheinen, da ja γ' - und α' -Bild gleichzeitig mit vom Winkel q abhängiger Intensität entstehen. Dementsprechend beobachten wir in der Tat, besonders bei genügend großen Sphärolithen, wie beim Heben des Tubus von zwei, in der Richtung der Polarisator-schwingung gegenüberliegenden Seiten der Begrenzung fast halbkreisförmige Lichtlinien sich nach dem Innern bewegen, während in den beiden senkrecht dazu liegenden Quadranten die gleichen Lichtbogen nach außen wandern. Alle vier Bogen haben in der Mitte die größte, nach den Seiten abklingende Intensität. Wir beobachten also an dem Aggregat auf einen Blick das gleiche, was wir beim Drehen eines nur einem Durchmesser entsprechenden Stäbchens auf Grund unserer bisherigen Erfahrungen nacheinander beobachten müßten. (Genau so ist es ja bei der Betrachtung mit dem Gipsblättchen, die die leicht zu Mißverständnissen führende Analogie mit dem Achsenbild einachsiger Kristalle hervorruft.) Bei

negativen Sphärolithen liegt α' radial, γ' tangential und die Erscheinung ist dementsprechend umgekehrt. Positive verhalten sich daher beim Senken wie negative Sphärolithe beim Heben und umgekehrt. Hebt oder senkt man so stark, daß die Lichtlinie sich zu weit vom Rande entfernt, so kompliziert sich die Erscheinung infolge der in vertikaler Richtung sich verändernden Lichtbrechung. Inwieweit hieraus etwa Rückschlüsse auf Einachs- oder Zweiachsichtigkeit der zugrunde liegenden Bausteine erlaubt sind, soll hier nicht besprochen werden. Es möge genügen, wenn festgestellt wird,



Sphärolith a = „positiv“; γ' = radial.
 „ b = „negativ“; γ' = tangential.
 P P = Schwingungsebene des Polarisators.

γ'/n bzw. α'/n sind die von den Differenzen $\gamma' - n$ und $n - \alpha'$ hervorgerufenen Lichtlinien. Die Breite der gezeichneten Lichtlinien ist in Wirklichkeit konstant; durch die verschiedene Dicke soll hier nur die Zu- bzw. Abnahme ihrer Intensitäten angedeutet werden.

daß die Erscheinung sich auf Grund unserer früheren Erfahrungen vollkommen verstehen läßt, und daß sie ferner zur Bestimmung der Lichtbrechung γ' und α' in allen Fällen verwendet werden kann, auch wenn nicht positive und negative Sphärolithe gleichzeitig vorliegen.

Hat man nämlich in ein Medium vom Index $n_1 > \gamma' > \alpha'$ oder $n_2 < \alpha' < \gamma'$ eingebettet, so erscheinen Lichtringe, die ganz auf einer Seite der Grenze liegen, wie es ja nach dem Früheren zu verstehen ist. Wird $n = \gamma'$ oder $n = \alpha'$, dann müßte die Abbildung der betreffenden Grenze verschwinden. Da dies jedoch fast

nur für einen Punkt der kreisförmigen Grenze eintritt, ist diese Beobachtung schlecht zu einer Bestimmung zu gebrauchen. Es lassen sich aber stets verhältnismäßig enge Grenzen ziehen, indem einmal eine Flüssigkeit mit $n_3 > \gamma'$, das andere Mal mit $n_4 < \gamma'$ so aufgesucht wird, daß die Wahrnehmung des Sinnes der Lichtlinie noch deutlich ist und $n_3 - n_4$ möglichst klein ist. Die Genauigkeit der Bestimmungen, die damit erreicht wurde, betrug etwa 0,005. So wurden für die in (19) bezeichneten dolomitischen Sphärolithe mit sehr geringem Mg-Gehalt γ' zu 1,66 und α' zu 1,48, also ungefähr entsprechend ω - und ϵ -Calcit, gefunden, während für Vaterit einwandfrei γ' zu 1,62 und α' zu 1,56 bestimmt wurde. Genauere Mitteilungen hierüber werden bei anderer Gelegenheit erfolgen. Darauf darf wohl hingewiesen werden, daß gerade für die Diagnose der in den letzten Jahren vielfach untersuchten sphärolithischen Ca-, Mg- oder Fe-Carbonate (vgl. 5, 11, 13, 17, 19) dieses Hilfsmittel von großem Vorteil gewesen wäre. Die entsprechenden Bestimmungen können zum Teil an dem noch vorhandenen Material nachgeholt werden. Jedenfalls hat sich durch die für Vaterit gefundenen Werte die gegenüber Calcit und Aragonit bisher stets beobachtete „geringere Licht- und Doppelbrechung“ ihrem absoluten Betrage nach angeben lassen. Die Verschiedenheit der Werte von denen von Calcit oder Aragonit wird bei der Beurteilung der neuerdings¹ bisweilen offengelassenen Frage, ob Vaterit eine selbständige Modifikation des CaCO_3 sei, zweifellos berücksichtigt werden müssen; eine Diskussion der vorliegenden Verhältnisse wird in anderem Zusammenhange demnächst erfolgen. Einstweilen sei nur betont, daß der von H. LEITMEIER (10) und auch von J. JOHNSTON (6) geäußerten Ansicht, Vaterit sei eine besondere Ausbildungsform von Calcit, schon deswegen entgegengetreten werden muß, weil sich ja Vaterit sehr leicht in Aragonit umwandeln läßt (vgl. 19, p. 538).

5. Absolute Bestimmung der Lichtbrechung durch messende Beobachtungen an einer einzigen Grenzfläche. In einer Reihe von Fällen, wo z. B. Mineralien, sei es in Pulverform oder im Dünnschliff, im Mikroskop auch bei schwacher Vergrößerung noch deutlich wahrnehmbar sind, erlauben es die besondere Art der Ausbildung oder das Fehlen anderer charakteristischer Eigenschaften oft nicht, eine sichere Unterscheidung herbeizuführen. Wenn es hier zugänglich wäre, ihre Lichtbrechung nicht nur qualitativ, wie es ja nach der BECKE'schen Methode jederzeit möglich ist, sondern auch quantitativ durch Beobachtung an einer einzigen Grenze einwandfrei zu bestimmen, so wäre ein sicheres Hilfsmittel für ihre Erkennung gewonnen, ohne daß eine zeitraubende und unter Umständen unmögliche wiederholte Ein-

¹ Vgl. z. B. H. LEITMEIER (10, p. 538), R. LANG (9, p. 160) und J. JOHNSTON usw. (6, p. 488/89).

bettung in verschieden stark lichtbrechende Medien zu qualitativen Einzelbestimmungen nötig würde. Auf den Mangel einer derartigen wünschenswerten Bestimmungsmethode ist schon durch F. E. WRIGHT (23, p. 767) hingewiesen worden.

Nach der TÖPLER'schen Methode ist es, wie ohne weiteres erkannt wird, aussichtslos, derartige Bestimmungen zu versuchen, Messungen nach der CHAULNES'schen Methode sind bekanntlich viel zu ungenau, wohl aber könnte man nach der BECKE'schen Methode die Ausführung solcher Beobachtungen erwarten. Es zeigt sich aber (vgl. 21), daß nur bei ziemlich dicken Objekten die Eigenschaften der Lichtlinie mit einem geometrisch-optisch verfolgbaren Strahlenverlauf gedeutet werden können. In diesen Fällen wären die erforderlichen Messungen vielleicht möglich. Man könnte bei derartigen Objekten bei entsprechender Versuchsanordnung in der hinteren Brennebene des Objektivs auch Totalreflexionskurven erzeugen, die unter Umständen zu Messungen verwendbar sein würden (vgl. A. KÖHLER, 8). Bei den viel dünneren Dünschliffen sind derartige Beobachtungen undurchführbar. Auch die Eigenschaften der Lichtlinie erweisen sich nicht mehr als abhängig von der Lichtbrechung, sondern sind im wesentlichen durch eine notwendigerweise eintretende Unsymmetrie von Beugungserscheinungen an der Grenze zweier Medien bedingt (vgl. 20).

Dagegen ist auch in diesen Fällen die Intensität der Lichtlinie abhängig von der Differenz der erzeugenden Brechungsexponenten (s. o.). Auf dieser Grundlage hat VIOLA bereits Bestimmungen versucht (22). Die Anwendung seiner Methode scheint aber sehr ungenaue Resultate vor allem deswegen zu geben, weil der Augenblick, wo beim Schließen der Irisblende die BECKE'sche Linie gerade „deutlich bemerkbar“ werden soll, nicht genügend genau angegeben werden kann. Ob genaue photometrische Bestimmungen bessere Erfolge versprechen würden, erscheint zweifelhaft. Es ist auch noch zu bedenken, daß die Intensität der Lichtlinie nicht nur von der Differenz der Brechungsindizes, sondern auch von der Dicke der Objekte abhängig sein wird (vgl. 20).

Vielleicht wird es aber einmal möglich sein, auf Grund der Erscheinungen, wie sie von H. AMBRONN (2, p. 294) beobachtet und von H. SIEDENTOPF (18, p. 35) als „neutrales Bild“ bezeichnet wurden, eine quantitative Bestimmung auszuführen. Denn es hat sich bereits zeigen lassen, daß der Betrag der Dunkelfeldbeleuchtung, der zum Verschwinden der Abbildung der Grenze zweier farbloser Objekte zur abgeschwächten Hellfeldbeleuchtung hinzugefügt werden muß, verschieden ist, je nach der Differenz ihrer Brechungsexponenten. Wie bereits H. SIEDENTOPF a. a. O. sagt, hat man „somit in der Erzeugung der neutralen Abbildung einen Ansatz zu einer Art von qualitativer Mikrorefraktometrie, deren Ausarbeitung gewiß für manche Aufgaben von Erfolg sein würde“.

Eine andere Möglichkeit könnte man vielleicht in Beobachtungen mit dem Interferenzrefraktometer nach PRINGSHEIM (7 n. 14) erblicken. Hierbei werden aber zwei verschiedene Medien von bekannter Lichtbrechung unmittelbar neben einem zu untersuchenden Objekt von etwa 30 μ Ausdehnung erfordert, bei Dünnschliffbestimmungen selten erfüllbare Bedingungen, die die Anbringung der komplizierten Apparatur am Mikroskop um so weniger empfehlenswert erscheinen läßt, als es sich hierbei meist um anisotrope Objekte handelt, wo also das zu verwendende polarisierte Licht die an und für sich sehr elegante Methode noch weiter erschweren müßte.

Wir müssen demnach zurzeit feststellen, daß die Frage nach der quantitativen Bestimmung der Lichtbrechung mittels einer einzigen mikroskopischen Grenze wenigstens für die Dicke von Dünnschliffen in allgemein gültiger und wirklich brauchbarer Weise bisher in der Tat noch nicht befriedigend gelöst ist. Auf einige Sonderfälle, wo die Beobachtung an einer Grenze genügt, ist in den vorausgegangenen Abschnitten hingewiesen worden.

Literaturangaben.

1. AMBRONN, H., Über eine neue Methode zur Bestimmung der Brechungsexponenten anisotroper mikroskopischer Objekte. Ber. ü. d. Verhandl. d. K. S. Ges. d. Wiss. zu Leipzig. Math.-phys. Kl. 1893. (III.) p. 316—318.
2. — Ein Demonstrationsversuch zur ABBE'schen Theorie der mikroskopischen Wahrnehmung. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie usw. 30 p. 289—299. (1913.)
3. BECKE, F., Über die Bestimmbarkeit der Gesteinsgemengteile, besonders der Plagioklase auf Grund ihres Lichtbrechungsvermögens. Sitz.-Ber. d. Wien. Akad. Math.-nat. Kl. 102. Abt. I. p. 358—376. (1893.) — Siehe auch TSCHERN. Min.-petr. Mitt. 13. p. 385—388. (1892/93.)
4. — Zur Physiographie der Gemengteile der kristallinen Schiefer. Denkschr. d. K. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-nat. Kl. 75, I. p. 97—152. (1913.)
5. DIESEL, W., Über isomorphe Mischsalze von wasserfreiem Kalk-, Magnesium- und Eisencarbonat. Zeitschr. f. Krist. 49. p. 250—277. (1911.)
6. JOHNSTON, J., H. E. MERWIN und E. D. WILLIAMSON: The several forms of calcium carbonate. Amer. Journ. of Science. 41. p. 473—512. 1916.
7. ISRAEL, O., Über die Messung des Lichtbrechungsvermögens mikroskopischer Objekte. Verhandl. d. D. Pathol. Ges. (IV. Sitzung.) 1898/99. p. 114—127.

8. KÖHLER, A., Versuche zur Demonstration der Doppelbrechung und Interferenz mittels des Mikroskops. *Zeitschr. f. wiss. Mikrosk. usw.* (Noch nicht erschienen.)
9. LANG, R., Lublinit, die monokline Modifikation des Calciumcarbonats. *N. Jahrb. f. Min. etc. Beil.-Bd. 38.* p. 121—184. (1915.)
10. LEITMEIER, H., Der heutige Stand der Dolomitfrage. *Tscherm. Min.-petr. Mitt. N. F. 33.* p. 532—547. (1915)
11. LINCK, G., Über die Entstehung der Dolomite. *Zeitschr. d. D. Geol. Ges. Monatsber. 61.* p. 230—241. (1909.)
12. MÜLHEIMS, A., Über eine neue Art der Achsenwinkelmessung und über die Bestimmung von Brechungsexponenten nach der Methode der Totalreflexion. *Zeitschr. f. Krist. 14.* p. 202—236. (1888.)
13. PEINE, J., Beiträge zur Kenntnis der Abscheidungen des kohlensauren Kalkes aus meerwasserähnlichen Lösungen. *Diss. Jena 1913.*
14. PRINGSHEIM, E., Über ein Interferenz-Mikroskop nach SIRKS. *Verhandl. d. Phys. Ges. Berlin. 17.* p. 152—156. (1898.)
15. SALOMON, W., Über die Berechnung des variablen Wertes der Lichtbrechung in beliebig orientierten Schnitten optisch einachsiger Mineralien von bekannter Licht- und Doppelbrechung. *Zeitschr. f. Krist. 26.* p. 178—187. (1896.)
16. SCHALLER, W. T., Der Brechungsexponent von Kanadabalsam. *Dies. Centralbl. 1910.* p. 390—391.
17. SCHMIDT, K., Über Mischsalze von Calcium-Magnesiumcarbonat. *Diss. Jena. 1913.*
18. SIEDENTOPF, H., Über das Auflösungsvermögen der Mikroskope bei Hellfeld- und Dunkelfeldbeleuchtung. *Zeitschr. f. wiss. Mikrosk. usw. 32.* p. 1—42. (1915.)
19. SPANGENBERG, K., Die künstliche Darstellung des Dolomits. *Zeitschr. f. Krist. 52.* p. 529—567. (1913)
20. — Erscheinungen an der Grenze von dünnen Objekten im Mikroskop. *Zeitschr. f. wiss. Mikrosk. usw.* (Im Druck.)
21. — Die Einbettungsmethode. *Fortschritte der Min. usw. Bd. VII* p. 3—64. (1920.)
22. VIOLA, C., Methode zur Bestimmung des Lichtbrechungsvermögens in den Dünnschliffen. *Tscherm. Min.-petr. Mitt. N. F. 16.* p. 150—154. (1897.)
23. WRIGHT, F. E., Mikroskopische Petrographie vom quantitativen Gesichtspunkte aus. *N. Jahrb. f. Min. etc. Beil.-Bd. 35.* p. 753—775. (1913.)
24. WÜLFING, E. A., Über die Lichtbrechung des Kanadabalsams. *Sitz.-Ber. d. Heidelberg. Akad. d. Wiss. Math.-nat. Kl. 1911.* 20. Abhandl.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1920

Band/Volume: [1920](#)

Autor(en)/Author(s): Spangenberg K.

Artikel/Article: [Einige Anwendungen und Erweiterungen der Einbettungsmethode. \(Schluß.\) 406-414](#)