

Mikroskopische
Physiographie

der

petrographisch wichtigen Mineralien.

Ein Hilfsbuch

bei mikroskopischen Gesteinsstudien

von

H. Rosenbusch.

Dritte vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 239 Holzschnitten, 24 Tafeln in Photographiedruck und der Newton'schen
Farbenskala in Farbendruck.



Stuttgart.

E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung (E. Koch).

1892.

Mineralien des monoklinen Krystallsystems.

Schnitte durch ringsum gesetzmässig begrenzte Krystalle des monoklinen Systems, beziehungsweise die Figuren, welche die den Blätterdurchgängen entsprechenden Spaltrisse bilden, sind nur dann symmetrisch, wenn sie der orthodiagonalen Zone angehören. Die Spaltbarkeit ist entweder eine monotome (nach Pinakoiden oder Orthodomen) und folgt dann der Symmetrie-Ebene oder steht zu ihr senkrecht; oder sie geht gleichwerthig nach zwei Flächen (prismatisch), welche denselben Winkel mit der Symmetrie-Ebene bilden. Eine monotome Spaltbarkeit liefert in allen Schnitten, die nicht der Spaltfläche parallel gehen, ein einziges System von parallelen Spaltrissen. Zwei monotome Spaltbarkeiten, die an demselben Krystall auftreten, können nicht gleichwerthig sein; sie liefern parallele Spaltrisse in allen Schnitten aus der Zone der Spaltbarkeiten, sich kreuzende Systeme ungleich vollkommener Spaltrisse in allen andern Schnitten. Eine prismatische Spaltbarkeit bedingt der Form nach analoge Spaltrisse, wie zwei monotome Blätterdurchgänge; dieselben unterscheiden sich jedoch dadurch, dass erstere gleich vollkommene Spaltensysteme liefern. Besitzt ein Mineral eine prismatische und eine monotome Spaltbarkeit, so liegt letztere in der Diagonale der ersteren.

Das Elasticitätsellipsoid der monoklinen Krystalle ist dreiaxig; die eine Axe desselben fällt mit der orthodiagonalen oder Symmetrie-Axe der Krystalle zusammen; die beiden andern liegen in der Symmetrie-Ebene $\infty P \infty$ (010). Ist die mit der Orthodiagonalen zusammenfallende Elasticitätsaxe b , so liegen die optischen Axen in der Symmetrie-Ebene (symmetrische Axenlage) und sind, ebenso wie die Bissectricen, in dieser Ebene dispergirt (geneigte Dispersion); fällt eine der Bissectricen mit der Orthodiagonalen zusammen, so liegen die optischen Axen in einer Fläche der orthodiagonalen Zone (normalsymmetrische Axenlage). Die Dispersion ist alsdann horizontal oder gekreuzt, je nachdem die Orthodiagonale stumpfe oder spitze Bissectrix ist. Darnach löschen alle Schnitte, welche der ortho-

Sp. G. = 3.30—3.315. — Die chemische Zusammensetzung ist diejenige eines Zirkon-Pektoliths mit $\text{SiO}_2 = 31.36$, $\text{ZrO}_2 = 20.10$, $\text{TiO}_2 = 6.85$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1.00$, Ceritoxyside (?) = 0.33, $\text{MnO} = 1.39$, $\text{CaO} = 24.87$, $\text{Na}_2\text{O} = 9.93$, $\text{Fl} = 5.83$, Summa = 101.66 — $\text{O} = 2.45$, Summa = 99.21. — Vor dem Löthrohr leicht schmelzend unter starker Na-Färbung der Flamme. Von HCl leicht zersetzt.

Der Rosenbuschit wurde von W. C. BRÖGGER in den pegmatitischen Bildungen der südnorwegischen Augit- und Eläolithsyenite entdeckt. Als integrierender Gemengtheil der normalen Gesteine fand er sich in brasilianischen und nordamerikanischen Eläolithsyeniten:

Gruppe der monoklinen Pyroxene.

Literatur.

- W. C. BRÖGGER, Die Mineralien der Syenitpegmatitgänge der südnorwegischen Augit- und Nephelinsyenite. Z. X. 1890. XVI. 295—338 u. 655—658.
 P. MANN, Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung der Augite aus Phonolithen und verwandten Gesteinen. L. J. B.-B. II. 1884. 172—205.
 A. MERIAN, Studien an gesteinsbildenden Pyroxenen. L. J. B.-B. III. 1884. 252—315.
 A. MICHEL-LÉVY, De l'emploi du microscope polarisant à lumière parallèle pour l'étude des plaques minces de roches éruptives. Ann. des Mines. Paris. 1877. (7.) XII. 424—429.
 G. TSCHERMAK, Ueber Pyroxen und Amphibol. T. M. M. 1871. 17.
 — Mikroskopische Unterscheidung der Mineralien aus der Augit-, Amphibol- und Biotitgruppe. S. W. A. 1. Abth. 1869. LIX. Mai.
 E. A. WÜLFING, Beiträge zur Kenntniss der Pyroxenfamilie. Heidelberg 1891.

An dieser Stelle sind nur diejenigen, gemeinlich zur Pyroxenfamilie gerechneten Mineralien des monoklinen Systems als monokline Pyroxene zusammengefasst, bei denen die charakteristische Spaltbarkeit nach einem fast rechtwinkligen Prisma deutlich wahrnehmbar ist. Es musste daher der auch sonst nach seiner Dichte und seinem chemischen Verhalten so sehr abweichende Wollastonit ausgeschlossen werden.

Die monoklinen Pyroxene gehören zu den verbreitetsten gesteinsbildenden Mineralien, sowohl in den eruptiven Felsarten, wie in den krystallinen Schiefern und erscheinen bald in rundum ausgebildeten Krystallen, bald in regellos begrenzten Individuen oder Aggregaten solcher. Der Habitus der Krystalle und derjenige der regellos begrenzten Individuen ist ein etwas anderer je nach der chemischen Zusammensetzung. Man kann als eine allerdings nicht ausnahmsfreie Regel es aussprechen, dass die Pyroxene der Diopsid- und Akmitreihe mehr langsäulenförmige Krystalle mit stark zurück-

tretenden Prismenflächen und stenglige Massen, die Pyroxene der Augitreihe kurz prismatische Individuen und Körner zu bilden pflegen. Die häufigsten Krystallformen, bezogen auf $a : b : c = 1.0903 : 1 : 0.5893$ und $\beta = 74^\circ 11'$, sind $m = \infty P (110)$ mit $87^\circ 6'$, $a = \infty P \infty (100)$, $b = \infty P \infty (010)$, $s = P (11\bar{1})$ mit $11\bar{1} : 1\bar{1}\bar{1} = 120^\circ 48'$, $u = -P (111)$ mit $111 : 1\bar{1}\bar{1} = 131^\circ 30'$, $o = 2P (22\bar{1})$ mit $22\bar{1} : 2\bar{2}\bar{1} = 95^\circ 48'$, $p = P \infty (10\bar{1})$, $c = oP (001)$, $n = \frac{1}{2} P \infty (10\bar{2})$

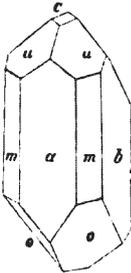


Fig. 161.

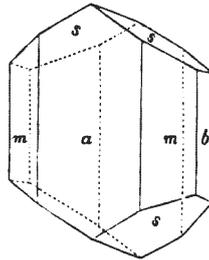


Fig. 162.

mit $10\bar{2} : 100 = 89^\circ 38'$. Fig. 161 giebt eine der häufigsten Formen der gesteinsbildenden Diopside, Fig. 162 eine solche der Augite. Darnach sind die Durchschnitte mehr oder weniger senkrecht zu c bald Quadrate mit schmal abgestumpften Ecken, bald Oktogone mit nahezu gleich langen Seiten, die Schnitte aus der orthodiagonalen Zone leistenförmig mit einer ziemlich steilen Zuspitzung oder

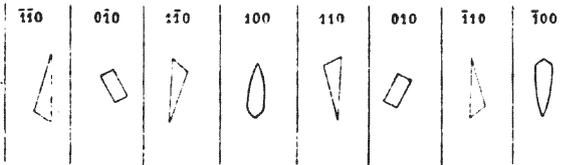


Fig. 163.

gerade abgeschnitten, beziehungsweise fast hexagonal, die Schnitte, welche mehr oder weniger parallel zur Symmetrie-Ebene liegen, leistenförmig mit ein- oder zweiseitiger Zuspitzung oder wenig gestreckte schiefe Rhomben. — Die Schnitte durch regellos begrenzte Individuen können natürlich jede beliebige Gestalt haben.

Zur gleichmässigen Orientierung an den verschiedenen monoklinen Pyroxenen, wenn die Formen dazu nicht ausreichen, dienen die Aetzfiguren mit Flusssäure in der Prismenzone, die nach G. GREIM

am Diopsid von Ala und Spodumen von Alexander Co. (L. J. 1890. II. 252) und WÜLFING (l. c. pg. 6) am Pyroxen der Diopsid- und Akmitgruppe die Form und Lage haben, wie sie Fig. 163 an der aufgerollten Prismenzone zeigt. Auf dem vorderen Orthopinakoide weist darnach die Spitze nach oben, auf dem hinteren nach unten, auf den vorderen Prismenflächen nach unten, auf den hinteren nach oben, die langen Kanten der Aetzfiguren auf der Symmetrie-Ebene bilden mit der vorderen Prismenkante einen spitzen Winkel, der in der Zeichnung übertrieben ist und in Wirklichkeit $5-10^\circ$ beträgt, die stumpfe Kante derselben fällt von derselben Prismenkante nach hinten mit 74° ab und entspricht also der Trace von $+P\infty$ (I01).

Zwillingsbildungen sind bei den monoklinen Pyroxenen überaus verbreitet und vollziehen sich zumeist nach dem Gesetze: Zwillings-ebene ist $\infty P\infty$ (100). Bei den Diopsiden und Akmiten verläuft die Zwillingsnaht sehr oft genau durch die Mitte des Krystalls und es

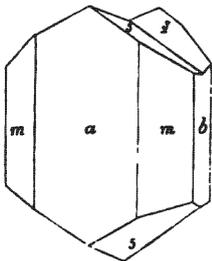


Fig. 164.

treten dann in den Umrissen keinerlei Andeutungen dieser Zwillingsbildung durch einspringende Winkel auf; man erkennt dieselbe mit Sicherheit erst zwischen gekreuzten Nicols; — bei den Augiten entsteht die Gestalt Fig. 164. Man sieht, dass die Umrise der Schnitte aus der orthodiagonalen Zone ebenfalls die Zwillingsbildung im Allgemeinen nicht wahrnehmen lassen; sie wird erkennbar in Schnitten aus der Prismen- und klinodiagonalen Zone. Sehr verbreitet ist die Erscheinung, dass zwischen den beiden grösseren

Hälften des Zwillingskrystalls eine Anzahl schmaler Lamellen in Zwillingsstellung interpolirt sind (Taf. XVIII Fig. 3). — Eine zweite, besonders bei den Diopsiden und Diallagen vorkommende Zwillingsbildung folgt dem Gesetze: Zwillings-ebene ist die Basis. Die Ausbildungsform ist hier gewöhnlich eine lamellare; einem Hauptindividuum sind mehr oder weniger, meistens sehr zahlreiche und sehr feine Zwillingslamellen eingeschaltet. Die äusseren Contouren geben keine in die Augen fallende Andeutung derselben; man sieht auf den vertikalen Flächen des Krystalls eine feine Riefung senkrecht zur Prismenaxe, die auch an den Durchschnitten gewöhnlich schon im gemeinen Lichte bei nicht zu schwacher Vergrößerung erkennbar ist und zwischen gekreuzten Nicols deutlich hervortritt (Taf. XVIII Fig. 4). Diese beiden Zwillingsgesetze treten bei den

diallagartigen Augiten mancher Diabase auch neben einander in demselben Krystall auf. Die geologischen Verhältnisse der Gesteine, in denen die pyroxenischen Gemengtheile die Zwillingsbildung nach oP (001) zeigen, weisen auf die Wahrscheinlichkeit hin, dass hier eine Druckzwillingsbildung vorliege. Dafür spricht des weiteren das Fehlen dieser Zwillingsgebilde in normalen Ergussgesteinen. Den experimentellen Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme lieferte O. MÜGGE* in einem seiner lehrreichen Beiträge zur Cohäsion der Krystallkörper. — Seltener und wesentlich auf die basaltischen Augite beschränkt sind die Zwillingsbildungen nach $-P\bar{\infty}$ (101) (Fig. 165) und nach $P2$ (122) (Fig. 166), welche von VRBA und

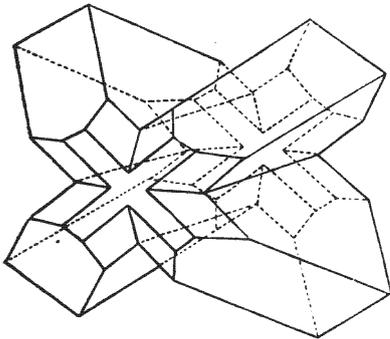


Fig. 165.

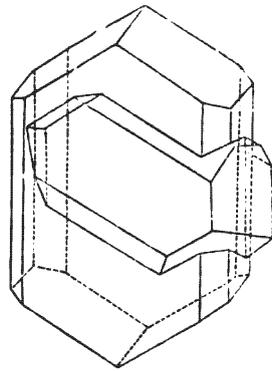


Fig. 166.

v. ZEPHAROVICH** aus böhmischen Basalten bekannt gemacht wurden. Diese letzteren Zwillingsbildungen erscheinen meistens in der Form knäuelartiger Durchwachsungen mehrerer Augitindividuen (Taf. XVIII Fig. 5).

Die Dimensionen der Pyroxenkrystalle sind überaus schwankende; sie sinken zumal in den Ergussgesteinen bis zum Mikrolithischen herab. Hier treten denn auch unvollkommene Krystallbildungen von grosser Mannichfaltigkeit, zumal gegabelte und ruinenartig ausgezackte Individuen auf; nicht selten erhält sich diese Ausbildungsform auch bei grösseren Individuen (Taf. XVIII Fig. 6). Es scheint die unvollkommene Entwicklung der Krystalle jedoch wesentlich auf die terminalen Begrenzungselemente sich zu beschränken, was für ein sehr constantes Wachsthum in dieser Rich-

* L. J. 1886. I. 185.

** L. J. 1871. 59.

tung sprechen dürfte. — Auch Krystallskelette (Taf. II Fig. 6), deren Arme sich unter den Winkeln der Pyroxene schneiden, und oft überaus zierliche und launige Wachstumsformen, an denen gelegentlich eine Annäherung an Sphärokrystallbildung wahrnehmbar ist (Taf. XIX Fig. 1), und wie sie in federförmigen und büscheligen Aggregaten E. S. DANA* und Y. KIKUCHI** beschrieben und abgebildet haben, sind nicht selten, aber auf die glasigen Ergussgesteine beschränkt. Ebenso wird man in manchen trichitischen und margaritischen Gebilden der glasigen Ergussgesteine wohl Augit vermuthen dürfen, wie dies JOH. PETERSEN*** thut.

Unterbrochenes Wachsthum führt, zumal in der Reihe der Augite und Akmite, zu Schalenbildung und diese erscheint bei der grossen Variabilität in der chemischen Zusammensetzung gern in der Form der isomorphen Schichtung oder als Zonarstructur. Im Allgemeinen sind die successiven Krystallschalen unter einander und mit der äussersten Schale geometrisch ähnlich (Taf. XIX Fig. 2), doch findet man auch, dass gelegentlich die inneren Schalen andere krystallographische Umrisse zeigen, als die äusserste. Die Zahl der Schalen ist eine sehr wechselnde; bald ist nur Kern und Schale zu unterscheiden, bald umhüllen sich sehr zahlreiche und sehr dünne Schalen in dichter Folge. Auch ist die Begrenzung der inneren Schalen gegen die äusseren nicht immer eine krystallographische; sie gehen bisweilen in einander über (Taf. XVIII Fig. 6) oder der innere Kern lässt mehr oder weniger deutlich erkennen, dass er ein Corrosionsrest eines Individuums war, als das Wachsthum wieder begann (Taf. XIX Fig. 2). — Recht selten schreitet der Schalenbau nach $oP(001)$ fort, dann pflegt damit auch Zwillingbau und Theilbarkeit nach dieser Fläche verbunden zu sein. — Als Sanduhrformen (Taf. V Fig. 3) pflegt man diejenige Art des Schalenbaus zu bezeichnen, welche entsteht, wenn die Lücken gegabelter Krystalle sich später mit neu angesetzter Pyroxensubstanz ausfüllen, eine Erscheinungsform, welche zuerst von L. VAN WERVEKE† beschrieben und abgebildet wurde.

Corrosionserscheinungen sind zumal an den älteren Pyroxenen der Eruptivgesteine nicht allzuseiten; — mechanische Deformationen in der Form von Knickungen, Zerbrechungen, Zertrümmerungen,

* Amer. Journ. 1889. XXXVII. 441.

** Journ. of the College of Science. Imperial University. Tokio, Japan. III. 82.

*** Jahrb. d. Hamburger wissenschaftl. Anstalten. VIII. 29. Hamburg. 1891.

† L. J. 1879. 482 u. 822.

Verbiegungen und Torsionen kommen bei den Pyroxenen aller Gesteine gelegentlich vor, sind aber in den krystallinen Schiefem deswegen recht selten, weil die Pyroxene bei den mechanischen Processen, welche solche Wirkungen haben, nicht bestandfähig scheinen; sie werden dabei in Amphibole umgewandelt.

Die monoklinen Pyroxene spalten mit wechselnder Vollkommenheit nach dem Prisma von $87^{\circ}6'$. Die dieser Spaltung entsprechenden Risse sind fast stets deutlich und zahlreich, auch recht dicht gedrängt, aber sie verlaufen meistens nicht ununterbrochen und scharf geradlinig durch den ganzen Krystall, sondern sie springen oft ab, anastomosiren mit einander und zeigen rauhe Ränder. In den Schnitten, welche annähernd senkrecht zur Prismenaxe liegen, bilden sie zwei nahezu senkrecht gekreuzte Systeme (Taf. IX Fig. 5), in den Schnitten der Prismenzone laufen sie parallel, in allen andern schneiden sie sich in rhombischen Figuren, deren Winkel von der Lage des Schnitts gegen den Krystall abhängig ist (Taf. XIX Fig. 3). J. THOULET* hat die Winkel berechnet, welche die Spalt- risse in den verschiedenen Schnitten der drei Hauptzonen mit einander einschliessen, und dieselben tabellarisch zusammengestellt. Die Unvollkommenheit der Blätterdurchgänge erlaubt jedoch kaum so genaue Messungen des Neigungswinkels der Spaltklüfte, dass man daraus mit einiger Sicherheit die Schnittlage, zumal ohne Zuhülfenahme optischer Erscheinungen, berechnen könnte. — Ausser der prismatischen Spaltbarkeit findet sich, besonders beim Diallag und bei den Diopsiden, seltener bei den Augiten und den Akmiten auch wohl eine Spaltbarkeit nach einem oder beiden vertikalen Pinakoiden; dieselbe ist stets recht unvollkommen und wird nur durch kurze, bald absetzende Klüfte und Sprünge angedeutet. — Bei den nach $oP(001)$ verzwilligten Individuen der Diopsid- und Diallagreihe ist auch stets eine recht vollkommene Theilbarkeit nach dieser Fläche wahrzunehmen (Taf. XVIII Fig. 4), welche aber wohl nur Folge der Zwillingslamellirung und des damit verbundenen Schalenbaus ist, und nicht einem eigentlichen Cohäsionsminimum Ausdruck giebt. Die ihr entsprechenden Risse schneiden sich mit den Spaltklüften der prismatischen Blätterdurchgänge unter Winkeln, welche von $74^{\circ}11'$ auf $\infty P\infty(010)$ bis 90° auf $\infty P\infty(100)$ in der Prismenzone wachsen. — In den Zwillingen nach der Querfläche

* Variation des angles plans des clivages sur les faces des principales zones dans le pyroxène, l'amphibole, l'orthose et les feldspaths tricliniques. Ann. Mines 1878. (7.) XIV. 3—23.

fallen natürlich die prismatischen Spaltbarkeiten zusammen, die Spaltrisse nach αP bilden in denselben in der Prismenzone Winkel, welche von $148^{\circ}22'$ bis 180° wachsen. Es giebt in manchen basaltischen Gesteinen, besonders des Kaiserstuhls, Augite, welche weder makro- noch mikroskopisch Blätterdurchgänge irgend welcher Art beobachten lassen; sie sind jedoch auf wenige Vorkommnisse beschränkt. — Bei lang prismatischer Ausbildung zeigen alle monoklinen Pyroxene, ebenso wie die rhombischen, eine unregelmässige Zerklüftung, welche annähernd senkrecht zur Prismenaxe liegt. — $H. = 5-6$.

Sämmtliche monokline Pyroxene werden auch bei tiefer Färbung leicht durchsichtig, nur die Akmite sind im Allgemeinen nicht sehr lichtdurchlässig. Die Farben im durchfallenden Lichte sind mit der chemischen Zusammensetzung sehr verschiedene und wechseln daher z. B. bei isomorph geschichteten Individuen an ein- und demselben Krystall. Die Diopside und Diallage sind zumeist fast farblos bis hellgrünlich, letztere auch wohl braun, die Augite und Akmite grün oder braun bis violett in den verschiedensten Nüancen durchsichtig. Tief braunrothe bis braunviolette Färbung scheint auf nicht unbedeutenden Titangehalt hinzuweisen, wie auch A. KNOR* angiebt. Seltener und fast ausschliesslich auf gewisse trachytische und andesitische Gesteine beschränkt sind gelbdurchsichtige Augite. Eigentlich rothe bis braunrothe Farbe dürfte auf einen Mangan-gehalt schliessen lassen, wie das auch PETERSEN (l. c. p. 54) annimmt; doch kommt solche Färbung secundär bei geglühten Augiten vor und lässt sich oft durch künstliches Glühen bei fast grünen Augiten erzeugen. Da nun die chemische Zusammensetzung der Gesteinsgemengtheile höchst wahrscheinlich, oder vielmehr nothwendig eine Function des Gesteins, als der Mutterlauge zur Zeit der betreffenden Mineralbildung ist, so sind die gleichaltrigen Pyroxene eines bestimmten Gesteins von gleicher Farbe, während die Pyroxene verschiedener Generationen auch in demselben Gestein kleinere oder grössere Farbenverschiedenheit zeigen. Man kann es als einen Erfahrungssatz gelten lassen, dass die Pyroxene der sauren und alkalireichen Gesteine vorwiegend grüne, diejenigen der basischen und alkaliarmen Eruptivgesteine braune Farbe besitzen. Die monoklinen Pyroxene der Schiefer pflegen farblos oder grünlich zu sein.

* Ueber die Augite des Kaiserstuhlgebirges im Breisgau. Z. X. 1836. X. 58.

Die Lage der optischen Axen in der Symmetrie-Ebene haben alle monoklinen Pyroxene gemeinsam; ebenso besitzen sie alle ein hohes Brechungsvermögen und starke positive Doppelbrechung. Der Winkel der optischen Axen und die Neigung der Bissectricen gegen die Vertikalaxe ist dagegen beträchtlichen Schwankungen unterworfen, so dass bei einer gemeinsamen Besprechung der optischen Orientirung die Akmite und die damit verwandten Pyroxene zunächst ausser Acht gelassen werden sollen.

Von zahlenmässigen Bestimmungen über die optischen Verhältnisse in Na-Licht oder bei Tageslicht mögen hier Platz finden:

	α	β	γ	c : c	2 V	
Diopsid, Ala	1.6727	1.6798	1.7026	38° 54'	58° 59'	DES CLOIZEAUX
" "	1.6707	1.6776	1.6996	—	59° 9'	DUFET
" Nordmarken Typus V	1.6710	1.6780	1.7000	39° 6½'	58° 43'	WÜLFING
" "	IV 1.6734	1.6804	1.7029	39° 35'	58° 57'	"
" "	I 1.6986	1.7057	1.7271	44° 42'	60° 28'	"
Kokkolith, Arendal	—	1.690	—	40° 22'	58° 38'	TSCHERMAK
Hedenbergit, Tunaberg	1.7320	1.7366	1.7506	47° 10'	59° 52'	WÜLFING
Diallag, Cape Lizard	1.679	1.681	1.703	—	—	MICHEL-LEVYU. LACROIX
Augit, Auvergne	1.706	1.712	1.728	—	—	"
" "	1.712	1.717	1.733	—	—	"
Diopsid, Ducktown	—	1.690	—	40° 19'	54° 32'	A. SCHMIDT
Augit, Borislau	—	1.70	—	45° 30'	61°	TSCHERMAK
" Frascati	—	1.74	—	54°	68°	"
" Böhmen	—	—	—	46° 40'	59° 28'	OSANN

Hieraus ergeben sich als Durchschnittswerthe für

	$\frac{\alpha + \beta + \gamma}{3}$	$\gamma - \alpha$	$\gamma - \beta$	$\beta - \alpha$	c : c
Diopsid	1.683	0.028	0.022	0.006	39°
Hedenbergit	1.743	0.019	0.014	0.005	47°
Diallag	1.688	0.024	0.022	0.002	—
Basaltischer Augit	1.719	0.022	0.016	0.006	> 45°

Dem entspricht das deutliche Relief der Durchschnitte und ihre leuchtenden Interferenzfarben. Das erstere theilen sie mit den rhombischen Pyroxenen, von denen sie, wie schon F. BECKE (T. M. P. M. 1883. V. 572) hervorhob, die starke Doppelbrechung unterscheidet.

Für alle monoklinen Pyroxene mit Ausnahme des Akmit liegt die positive spitze Bissectrix im stumpfen Axenwinkel β und bildet mit der durch die prismatische Spaltbarkeit markirten Vertikalaxe einen allerdings wechselnden, aber stets einen grossen Winkel.

Schnitte parallel der Symmetrieebene zeigen daher das Dunkelheitsmaximum zwischen gekreuzten Nicols bei starker Neigung der prismatischen Spaltbarkeit gegen die Nicolhauptschnitte und diese bedeutende Auslöschungsschiefe (zwischen 39° und 54°) ist eine der charakteristischsten Eigenschaften der monoklinen Pyroxene. Fig. 167 zeigt an einem eisenarmen Diopsid nach DES CLOIZEAUX in der Symmetrieebene, also mit zum Punkt verkürzten $b = \bar{b}$ die Lage der optischen Axen und der Bissectricen. Schon TSCHERMAK führte den Nachweis dafür, dass die Ursache der Abweichungen in dem Winkel $c : c$, d. h. der Auslöschungsschiefe, in der wechseln-

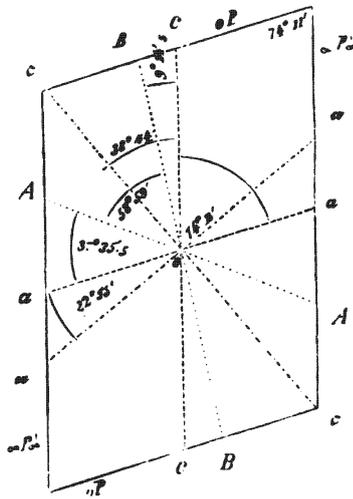


Fig. 167.

den chemischen Zusammensetzung zu suchen sei und wies auf den Eisengehalt als eines der bedingenden Hauptmomente hin. J. WILK* bestätigte diese Abhängigkeit des Winkels $c : c$ von dem in Procenten ausgedrückten Gehalt an FeO an einer grösseren Anzahl, zumal finnländischer, Pyroxene, FLINK** an schwedischen. HERWIG*** suchte das bestimmende Moment in dem Einfluss der mit dem Diopsidmolekül $\text{Ca Mg Si}_2 \text{O}_6$ isomorph gemischten Summe der übrigen

* Om förhållandet mellan de optiska egenskaperna och den kemiska sammansättningen hos pyroxen- och amphibolarterna. Finska Vetensk. Soc. Förhdl. 1882. XXIV. u. 1883. XXV.

** Z. X. 1886. X. 449.

*** Einiges über die optische Orientirung der Mineralien der Pyroxen-Amphibolgruppe. Programm des Gymn. Saarbrücken. 1884.

Eisen-, Thonerde- und Mangan-haltigen Molekulargruppen. DÖLTER* geht die gleichen Wege und sucht besonders die verschiedene Wirkung der chemischen Zusammensetzung bei thonerdefreien und thonerdehaltigen Pyroxenen aufzufinden. Dass eine Beziehung zwischen der Auslöschungsschiefe und der chemischen Zusammensetzung bestehe, geht aus den bisher vorliegenden Untersuchungen mit Sicherheit hervor; dieselbe in ein Gesetz zu formuliren, scheint bei dem heutigen Stande unserer Kenntniss von der chemischen Zusammensetzung und Constitution der monoklinen Pyroxene noch nicht allgemein thunlich. Für die Diopsid-Hedenbergitreihe hat WÜLFING (l. c.) folgende Gesetzmässigkeiten in den Beziehungen des optischen Verhaltens zur chemischen Constitution darthun können. 1) Für das reine Diopsidmolekül $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ ist der Winkel $c : c = 37^\circ 50' \pm 10'$ anzunehmen; 2) in der ganzen Reihe ist die Bissectrix c_p stärker gegen die Vertikalaxe geneigt als c_v , ein wichtiger Unterschied gegenüber dem Aegirin; 3) die Brechungsexponenten α , β , γ nehmen sämmtlich mit zunehmendem Eisengehalt zu, die Dispersion der Brechungsexponenten α und β wächst wenig, die von γ nicht unerheblich mit zunehmendem Eisengehalt; 4) die Doppelbrechungen $\gamma - \alpha$, $\gamma - \beta$, $\beta - \alpha$ ändern sich vom Diopsidpol aus zuerst wenig, doch zeigt sich beim Hedenbergit eine deutliche Abnahme derselben; 5) für 2V existirt ein Maximalwerth für eine Mischung mittlerer Zusammensetzung; doch sind die Schwankungen überhaupt klein, nur $1^\circ 30'$.

Bei der Häufigkeit des zonaren Baues (isomorpher Schichtung) und des Auswachsens gegabelter Wachstumsformen zu normal begrenzten Krystallen, wobei die später angesetzte Substanz andere Farbe, also auch andere Zusammensetzung hat, erklärt es sich durch die Abhängigkeit des Winkels $c : c$ von der chemischen Constitution leicht, dass die Auslöschungsschiefe in ein und demselben Individuum in den verschiedenen Zonen und Keilen um sehr Beträchtliches schwanken kann, eine Thatsache, die von allen Beobachtern gleichmässig constatirt wird.

Die Dispersion der Bissectricen a und c ist im Allgemeinen sehr gering nach den Messungen von WÜLFING; sie beträgt nur wenige Minuten zwischen $c : c_{II}$ und $c : c_{II}$. Die Auslöschungen sind in Folge davon höchst vollkommen auch im weissen Lichte. Dagegen ist diese Dispersion in gewissen titanreichen Augiten

* L. J. 1885. I. 43—68.

der alkalireichen basischen Gang- und Ergussgesteine so beträchtlich, dass eine vollkommene Auslöschung im weissen Lichte zwischen gekreuzten Nicols überhaupt nicht mehr stattfindet. Von der Stellung des Dunkelheitsmaximums erhält man dann bei Drehung des Präparats nach der einen Seite bräunliche, nach der andern bläuliche Farben*, während ohne diese Bissectricen-Dispersion in beiden Fällen dieselben Interferenzfarben auftreten sollten. Die gelbliche Farbe tritt auf, wenn man einen Schnitt nach (010) im Sinne des Uhrzeigers dreht. Die Dispersion ist hier also von demselben Charakter, wie bei Aegirin (S. 535).

Das Verhalten der Schnitte nach den drei Hauptzonen im parallelen polarisirten Lichte zwischen gekreuzten Nicols ergibt sich aus dem Vorhergehenden. In Schnitten der Zone $oP : \infty P\infty$ (001 : 100) bilden die Spaltrisse rhombische Figuren, deren vorderer Winkel von $84^{\circ} 49'$ bis $87^{\circ} 6'$ zuerst wächst, dann bis 0° abnimmt, während der seitliche von $95^{\circ} 11'$ bis $92^{\circ} 54'$ zuerst abnimmt, dann stetig bis 180° wächst. Die Auslöschung ist stets symmetrisch zu den Spaltrissen, sie halbirt ihre Winkel, so lange sie sich schneiden, sie liegt zu denselben parallel und senkrecht, wenn sie einander parallel sind. Es ist das Verhalten aller monoklinen Mineralien, da die Zonenaxe mit einer Axe des Elasticitätsellipsoids zusammenfällt. — Schnitte der Zone $\infty P\infty : \infty P\infty$ (010 : 100) sind daran kenntlich, dass die Spaltrisse stets parallel laufen; die Auslöschungsschiefe hat ihr Maximum auf der Symmetrie-Ebene und nimmt stetig ab bis auf 0° in den Schnitten nach $\infty P\infty$ (100). — In den Schnitten der Zone $oP : \infty P\infty$ (001 : 010) bilden die Spaltrisse rhombische Figuren, deren vorderer Winkel von $84^{\circ} 49'$ bis 0° stetig abnimmt, während der seitliche von $95^{\circ} 11'$ bis 180° wächst. Die Auslöschung liegt auf dem Schnitt nach oP (001) symmetrisch zu den Spaltrissen, wird dann rasch beträchtlich schief, erreicht ein Maximum, welches wenig über der Auslöschungsschiefe auf $\infty P\infty$ (010) liegt und sinkt dann langsam auf die dieser Fläche entsprechende Schiefe (Fig. 167) herab. A. MICHEL-LÉVY hat die Auslöschungsschiefe auf den Schnitten der orthodiagonalen und klinodiagonalen Zonen berechnet; dieselben ändern sich natürlich mit den Winkeln $c : c$ und $2V$ und sind daher andere bei den verschiedenen monoklinen Pyroxenen.

Das Verhalten der häufigsten Zwillinge nach $\infty P\infty$ (100) zwi-

* HUNTER und ROSENBUSCH, Ueber Monchiquit. T. M. P. M. 1890.

schen gekreuzten Nicols im parallel polarisirten Licht ergibt sich aus der Thatsache, dass die Zwillingssebene, welche stets zugleich Verwachsungsebene ist, senkrecht zur Symmetrie- und Axenebene liegt. Da die beiden Individuen das Prisma gemein haben, so werden Schnitte aus der Zone $001 : 100$ die Spaltungsrisse ebenso zeigen, wie ein einfacher Krystall, die Grenze der Zwillingshälfte halbirt die Spaltrisse symmetrisch und die Auslöschung für beide Hälften ist zu dieser Grenze parallel und senkrecht. Es sind also immer beide Individuen gleichzeitig dunkel; da aber die Schnittfläche das Elasticitätsellipsoid beider Hälften in verschiedener Richtung schneidet, so zeigen dieselben in den Hellstellungen eine verschiedene Interferenzfarbe. — In Schnitten der Prismenzone zeigen beide Individuen schiefe Auslöschung, und zwar liegen die Auslöschungsrichtungen derselben symmetrisch zu den Nicolhauptschnitten, gegen diese nach links und rechts unter gleichem Winkel; sie schwanken zwischen dem Maximum auf $\infty P\infty$ (010) und 0° auf $\infty P\infty$ (100). — Die dritte Hauptzone ($oP : \infty P\infty$) ist beiden Individuen nicht gemeinschaftlich. Ein Schnitt, der das eine Individuum nach oP (001) trifft, schneidet das andere im Sinne eines $+mP\infty$. Für das erste Individuum werden die Auslöschungen in der genannten Zone ebenso wechseln, wie in einem einfachen Krystall; für das zweite Zwillingseindivuum wachsen dieselben von 0° bei basalem Schnitt für Individuum I bis zum Maximum auf $\infty P\infty$ (010) in stetiger Weise und in anderem Maasse, als für das erste Individuum. Es muss demnach eine Schnittlage geben, für welche beide Individuen gleichzeitig auslöschen.

Bei schiefen Schnitten durch Zwillinge nach $\infty P\infty$ (100), welche also keiner der drei Hauptzonen angehören, kann die Zwillingsgrenze (Projection von $\infty P\infty$ auf die Schnittebene) schief gegen die prismatischen Spaltrisse werden und die Auslöschungen sind dann natürlich unsymmetrisch zur Zwillingsgrenze. Man hatte solche Erscheinungen auf ein makroskopisch noch nicht beobachtetes Zwillingsgesetz gedeutet, wobei eine Prismenfläche Zwillingsebene wäre und nicht mit der Verwachsungsebene zusammenfalle. Dass hier wahrscheinlich ein specieller Fall des häufigsten Zwillingsgesetzes vorliege, wies Fr. BECKE* nach.

Die sonstigen vorkommenden Zwillinge sind von zu geringer praktischer Bedeutung, um das Verhalten der Durchschnitte im polarisirten Licht hier ableiten zu müssen.

* T. M. P. M. 1885. VII. 98—107.

Aus Fig. 167 ergibt sich, dass alle Schnitte der orthodiagonalen Zone Axen- oder Bissectricen-Austritt im convergenten Lichte zeigen werden. Spaltblättchen nach oP (001) oder $\infty P\infty$ (100) lassen eine Axe mehr oder weniger randlich, bisweilen nahezu senkrecht im Gesichtsfelde erscheinen; auf den ersteren liegt dieselbe im Allgemeinen im stumpfen Winkel β , bei grossem Winkel $2V$ kann sie aber gelegentlich in den spitzen Winkel β fallen. Den Austritt der spitzen Bissectrix zeigen die wie ein negatives Hemidoma, den der stumpfen die wie ein positives Hemidoma geführten Schnitte. Um jede Axe sieht man wegen der starken Doppelbrechung selbst in sehr dünnen Schliften einen oder mehrere lebhaft gefärbte Axenringe, was bei den rhombischen Pyroxenen nicht der Fall ist. — Die geneigte Dispersion ist in den zur spitzen Bissectrix senkrecht geführten Schnitten deutlich sichtbar. Die eine Hyperbel hat in der Diagonalstellung ein lebhaftes Roth innen und Blau aussen, an der andern Hyperbel liegen die Farben umgekehrt und sind merklich matter. Nach DES CLOIZEAUX' Angaben bewegen sich bei Erwärmung einer Platte auf $195^{\circ}.8$ C. die optischen Axen in demselben Sinne, die Hyperbel mit den blassen Farben entfernte sich von der Bissectrix um $1^{\circ} 34'$, die andere näherte sich ihr um $0^{\circ} 36'$, der scheinbare Winkel derselben wuchs also nur um $0^{\circ} 58'$. Die Bissectrix folgte der Bewegung der am weitest verschobenen Axe und erlitt eine Dispersion von $1^{\circ} 5'$.

Zwillinge nach dem Orthopinakoid zeigen auf dieser Fläche (die Diopsidkrystalle lassen die Erscheinung direct wahrnehmen) den Austritt zweier nicht zusammengehöriger Axen, wie man sich leicht deutlich macht, wenn man sich Fig. 167 parallel c durchschneidet und die eine Hälfte um eine zu c Normale um 180° dreht. Die Nichtzusammengehörigkeit der beiden Axen erkennt man daran, dass in der Parallelstellung zwischen gekreuzten Nicols der dunkle Querbalken ausbleibt, während die beiden Axenbalken sich zusammenfügen.

Der Pleochroismus der monoklinen Pyroxene pflegt gering zu sein, zumal in dünnen Schliften, und bewirkt im Allgemeinen nur das Auftreten verschiedener Nüancen der Eigenfarbe grün oder braun. Es kann derselbe jedoch gelegentlich ein recht bedeutender werden. So fand TSCHERMAK am schwarzen basaltischen Augit von Frascati c olivengrün, b grasgrün, a nelkenbraun. Die monoklinen Augit-Einsprenglinge der Trachyte und Andesite haben oft b bräunlichgelb bis röthlich. a und c grünlich; sie ähneln also den

rhombischen Pyroxenen, bei denen jedoch *a* und *c* erkennbare Farbenverschiedenheit zeigen. — In den Augiten der Tephrite ist oft *b* röthlich, bräunlich, violett oder grün, *a* und *c* gelblich, bei den titanreichen Augiten der basaltischen Gesteine, zumal der Nephelinsteine, pflegt *b* röthlichviolett, *a* und *c* gelblichgrau bis gelblichrosa zu sein, oder *c* nähert sich in der Farbe mehr derjenigen von *b*. — Die Absorptionsunterschiede der Hauptschwingungsrichtungen sind stets gering, ein gegenüber den Hornblenden zu betonendes Verhalten.

Die chemische Zusammensetzung der monoklinen Pyroxene ist eine noch nicht vollständig aufgeklärte. Nach der Auffassung TSCHERMAR'S hätte man in ihnen isomorphe Mischungen der Molekularverbindungen $\text{Ca Mg Si}_2 \text{O}_6$, $\text{Ca Fe Si}_2 \text{O}_6$, $\text{Mg Al}_2 \text{Si O}_6$, $\text{Mg Fe}_2 \text{Si O}_6$, $\text{Fe Al}_2 \text{Si O}_6$ zu sehen, in denen statt Eisen kleine Mengen von Mangan erscheinen können, und denen überdies das im Akmit herrschende Molekül $\text{Na Fe Si}_2 \text{O}_6$ beigemischt sein kann. Die Verbindung $\text{Ca Mg Si}_2 \text{O}_6$ wäre in den farblosen Diopsiden fast rein vorhanden, $\text{Ca Fe Si}_2 \text{O}_6$ im Hedenbergit, die sesquioxydhaltigen Moleküle kennt man nicht selbständig. Die Pyroxene der Diopsid- und Diallagreihe beständen vorwiegend aus isomorphen Mischungen des Diopsid- und Hedenbergit-Moleküls mit nur ganz untergeordneten Mengen der Sesquioxyd-haltigen Verbindungen, deren reichlicheres Auftreten im Gegentheil chemisch die Glieder der Augitreihe charakterisiren würde. Nun haben die Sonderanalysen, welche an den gesteinsbildenden monoklinen Pyroxenen letzthin von MERIAN, MANN, DÖLTER*, KNOP**, OSANN***, TEALL†, HAWES††, OEBBEKE†††, HUNTER*† u. A. ausgeführt wurden, dargethan, dass dieselben oft nicht unbedeutende Mengen von TiO_2 besitzen, dass ferner eine dem Spodumen-Molekül ($\text{Li Al Si}_2 \text{O}_6$) analoge, im Jadeit herrschende Verbindung $\text{Na Al Si}_2 \text{O}_6$ in isomorpher Mischung vorhanden ist. Ausserdem scheinen die die rhombischen Pyroxene constituirenden Molekülgruppen $\text{Mg}_2 \text{Si}_2 \text{O}_6$ und $\text{Fe}_2 \text{Si}_2 \text{O}_6$ beziehungsweise nach WÜLFING'S Darlegungen ein Molekül $\text{Mg Fe Si}_2 \text{O}_6$ in hier

* Die Vulkane der Capverden und ihre Producte. Graz. 1882.

** Z. X. 1885. X. 58—81 und Z. X. 1885. X. 72.

*** L. J. 1884. I. 45—49.

† Q. J. G. S. 1884. XL. 640.

†† Proceed. U. S. nat. Museum. 1881. 22 June. pg. 132.

††† L. J. B.-B. I. 1881. 471.

*† T. M. P. M. 1890. XI. 462.

und da nicht ganz unbedeutenden Mengen aufzutreten und wenn man die Reinheit des analysirten Materials annimmt, so würde selbst hiermit die mögliche Mannichfaltigkeit, welche die Dehnbarkeit der Bisilicatformel gestattet, noch nicht erschöpft sein. Es bedarf offenbar fortgesetzter analytischer Arbeiten an sorgfältig ausgesuchtem Material, um die Constitution der monoklinen Pyroxene festzustellen und die Gesetze aufzufinden, nach denen ihre Zusammensetzung von derjenigen des Gesteins abhängt, in welchem sie sich bildeten. Dass eine solche, theoretisch nothwendige, Abhängigkeit vorhanden sei, lassen die Untersuchungen von MANN und MERIAN deutlich erkennen.

Die Pyroxene schmelzen im Ganzen leicht zu Gläsern, in denen mikroskopische Krystallbildungen bei anhaltender Schmelzung gern auftreten. Von Salzsäure werden sie nur schwer oder gar nicht angegriffen. Der Aufschluss mit Kieselflussssäure behufs Nachweises der Basen gelingt oft erst nach mehrmaliger Behandlung. Die grünen und gelben Arten lassen sich durch Glühen auf Platinblech roth bis braun färben durch Ausscheidung von Eisenoxyd, wie man im Dünnschliff oft recht deutlich erkennen kann.

Das specifische Gewicht der gesteinsbildenden Pyroxene wurde bei Anwendung durchaus reiner Substanz niemals unter 3.3 gefunden. Es ist am niedrigsten in den eisenarmen Diopsiden und Dialagen, steigt mit dem Eisengehalt stark und erreicht sein Maximum in denjenigen Pyroxenen, in welchen das Akmitmolekül reichlich vertreten ist; es erreicht hier den Werth 3.55. Dieses hohe specifische Gewicht ist ganz besonders wichtig für die mechanische Trennung von den Amphibolen, deren Dichte bei analoger Zusammensetzung meist beträchtlich niedriger ist, als dasjenige der Pyroxene.

Die künstliche Darstellung der monoklinen Pyroxene von der Zusammensetzung der Diopside und Augite aus Schmelzfluss gelingt ausserordentlich leicht und wurde besonders von FOUQUÉ und MICHEL-LÉVY bei ihren petrogenetischen Synthesen unter den mannichfaltigsten Bedingungen beobachtet. Die Entstehung derselben bei Hüttenprocessen ist eine bekannte Thatsache und wurde besonders von J. H. L. VOGT* eingehend studirt. A. DAUBRÉE**

* Studier over slaggen. Bihang till k. Svenska Vet.-Akad. Handlingar. Bd. IX. No. I. 1884. — Beiträge zur Kenntniss der Gesetze der Mineralbildung in Schmelzwasser u. s. w. Archiv for Math. og Naturvid. Kristiania. 1890.

** C. R. 1856. XLV. 792.

erhielt Diopsidkrystalle durch Einwirkung überhitzten Wassers auf eisenhaltiges Glas; LECHARTIER durch Krystallisation in einem Schmelzfluss von Chlorcalcium oder Natriumsulphat.

Die Umwandlungsvorgänge, welche die monoklinen Pyroxene in grosser Häufigkeit und Mannichfaltigkeit wahrnehmen lassen, sind sehr wechselnde, je nach ihrer chemischen Zusammensetzung und nach den sie bedingenden geologischen Momenten. Sie mögen daher bei Besprechung der einzelnen Arten erörtert werden.

Als Malakolith sollen hier die gesteinsbildenden monoklinen, thonerdefreien bis thonerdearmen, nicht nach dem Orthopinakoid schalig gebauten Pyroxene zusammengefasst werden. Derselbe ist anscheinend nur spärlich in den Eruptivgesteinen vorhanden. In rundum ausgebildeten Krystallen trifft man ihn in den Augitgraniten von Laveline und wohl auch von andern Fundorten. Mit einiger Wahrscheinlichkeit lassen sich auch die farblosen bis hellgrünen Pyroxene mancher Quarzporphyre und diejenigen der Kersantite und mancher Minetten hierherstellen. Für sie alle sind neben der vollkommenen Spaltbarkeit nach dem Prisma Andeutungen von Blätterdurchgängen nach den vertikalen Pinakoiden, und eine wohl markirte Querklüftung sowie die leichte Umbildung in grünliche fasrige Aggregate charakteristisch, welche dem Serpentin angehören. Diese Umbildung beginnt mit Vorliebe an den Querklüften, die Fasern stellen sich parallel unter einander und senkrecht zu den Kluftwänden. Dadurch zerfällt ein Krystall in reihenförmig geordnete Fragmente, die nun ihrerseits gern in regellos filzige Faseraggregate übergehen, denen oft sehr reichlich Calcit beigemischt ist. Unerwiesen ist es bisher, ob die in gewissen silurischen Diabasen Schwedens, in carbonischen des nördlichen Englands und in den triadischen Diabasen des Connecticutsandsteins der Vereinigten Staaten, in Gangdiabasen von dem Gneiss von Rio de Janeiro u. s. f., welche man als Salitdiabase bezeichnet. auftretenden farblosen, gern nach oP (001) verzwilligten monoklinen Pyroxene zum Malakolith gestellt werden dürfen. Der Gang ihrer Umwandlung in Serpentin schien dieses allerdings recht wahrscheinlich zu machen, doch spricht entschieden gegen eine solche Deutung der sehr kleine Axenwinkel, den Hovvæ (unveröffentlichte Beobachtung) allenthalben constatiren und an einem Vorkommen von New Haven als $2E = 36^{\circ} 9'$ messen konnte. Am Salit von Sala, der

* C. R. 1868. LXVII. 41.

zu den Diopsiden gehört, ist $2E = 112^{\circ} 26'$. — In der Formation der krystallinen Schiefer sind die Malakolithe sehr verbreitet, vorwiegend an körnigen Kalk gebunden, in welchem sie theils schwebende Krystalle, theils stenglige bis körnige Aggregate bilden. Aus den körnigen Kalken lässt sich der Malakolith in jene vorwiegend aus Kalk- und Magnesiasilikaten gemengten lagerförmigen Gesteine verfolgen, welche in den Gneissen den Kalklagern geognostisch gleichwerthig scheinen. An solchen Malakolithen beobachtete SCHUMACHER* die paramorphe Umsetzung in Amphibol. Verwandt hiermit ist das Auftreten eines farblosen monoklinen Pyroxen in säulenförmigen Individuen in manchen Amphiboliten und Gneissen, welches zuerst von E. KALKOWSKY**, dann auch von F. BECKE*** u. A. beobachtet wurde. Auch hier fehlt noch der chemische Nachweis für die Richtigkeit der Einreihung bei den Diopsiden. — Die Kalksilikathornfelse der Granit-Schiefercontactzonen enthalten den Malakolith zumeist recht reichlich neben Granat und Epidot. Vor der Verwechslung mit letztgenanntem Mineral bewahrt am leichtesten die Beobachtung im convergenten Lichte. Bei Malakolith liegt die Axenebene parallel zu Längsaxe und Spaltrissen, bei dem Epidot senkrecht zu denselben Richtungen. Vom Zoisit unterscheidet den Malakolith die starke Doppelbrechung. — Die groben Malakolithaggregate von Sala, Arendal, Stambach, Gefrees u. a. O. lassen oft eine Umbildung in Talkschuppen wahrnehmen. — Eine constante Mikrostruktur besitzen die Malakolithe nicht; an Einschlüssen trifft man besonders Flüssigkeits- und Gasinterpositionen von cylindrischer Gestalt, die parallel den Spaltflächen geordnet sind.

Diallage. Die chemische Zusammensetzung der gesteinsbildenden Diallage ist im Allgemeinen diejenige der Malakolithe mit einer nicht eben beträchtlichen Beimischung der Molekulargruppe $(Mg Fe)(Al, Fe)_2 SiO_6$, zu welcher sich in den alkalireichen Gesteinen (Augitsyeniten) auch das Akmitmolekül $(Na Fe Si_2 O_6)$ gesellt. Morphologisch sind sie durch den meistens vollständigen, oder doch nahezu gänzlichen Mangel äusserer Krystallbegrenzung und das Vorhandensein einer sehr deutlichen Theilbarkeit nach $\infty P\infty$

* E. SCHUMACHER, Die Gebirgsgruppe des Rummelsbergs bei Strehlen. Z. D. G. G. 1878. XXX. 498.

** E. KALKOWSKY, Ueber den Salit als Gesteinsgemengtheil. T. M. M. 1875. 45—50.

*** FR. BECKE, Die Gneissformation des niederösterreichischen Waldviertels. T. M. P. M. 1882. IV. 297. 375 et passim.

(100) neben der prismatischen Spaltbarkeit charakterisirt (Taf. XIX Fig. 4). Nicht allgemein und weit weniger deutlich ist auch eine Theilbarkeit nach $\infty P\infty$ (010) und nur in einzelnen Fällen eine solche nach oP (001) zu beobachten. Die Theilbarkeiten nach den drei Pinakoiden scheinen nicht eigentliche Spaltbarkeit zu sein, sondern in einem z. Th. mit Zwillingsbildung nach oP (001) und $\infty P\infty$ (100) verbundenen Schalenbau ihre Ursache zu haben, der nicht selten durch fremde Einlagerungen parallel diesen Flächen noch deutlicher wird. Die Zwillingsbildungen sind die gleichen, wie beim Malakolith; ihre Ausbildungsform ist meistens die lamellarer polysynthetischer Verwachsung. Ueber mechanische Deformationen, welche mit Zwillingslamellirung verbunden waren, berichtete L. VAN WERVEKE*. — Der Diallag ist ausserordentlich oft mehr oder weniger von Lamellen eines rhombischen Pyroxens (Bronzit) durchdrungen (Taf. XVI Fig. 5); dieselben haben mit dem Diallag das Prisma gemein und ihr $\infty P\infty$ (010) fällt dann natürlich zusammen mit $\infty P\infty$ (100) des Diallag. Die rhombische Natur dieser Lamellen erkennt man am besten in Schnitten parallel $\infty P\infty$ (010), in denen die Bronzitstreifen gerade auslöschen, während der Diallag das Maximum der Auslöschungsschiefe zeigt. Im convergenten Licht sieht man bei hinreichender Breite der allerdings meistens sehr schmalen Bronzitlamellen auf diesen eine Bissectrix austreten; umgekehrt zeigen Spaltblättchen nach $\infty P\infty$ (100) in den Diallaglamellen den randlichen Austritt einer Axe, während nun die Bronzitlamellen parallel ihrer Axenebene getroffen wurden. — Verhältnissmässig seltener finden sich parallel der Absonderung nach $\infty P\infty$ im Diallag Säulchen von Hornblende, die mit einiger Sicherheit als primär angesehen werden könnten.

Ausserordentlich oft begegnet man im Diallag, wie schon G. ROSE** beobachtete, denselben blättrigen mikroskopischen Interpositionen, welche bei Bronzit und Hypersthen des weiteren besprochen wurden (S. 457). Dieselben liegen vorwiegend auf der Absonderungsfläche derart parallel geordnet, dass sie in Schnitten parallel dieser

* L. VAN WERVEKE, *Eigenthümliche Zwillingsbildung an Feldspath und Diallag*. L. J. 1863. II. 97.

** G. ROSE, *Ueber die Gabbroformation von Neurode in Schlesien*. Z. D. G. G. 1867. XIX. 280. 294; cf. auch F. ZIRKEL, *Geologische Skizzen von der Westküste Schottlands*. Ibidem 1871. XXIII. 59. 94. — R. HAGGE, *Mikroskop. Untersuchungen über Gabbro*. Kiel. 1871. — F. BECKE, *Gesteine von Griechenland*. T. M. P. M. 1878. I. 473.

breit und in der Richtung der Prismenaxe verkürzt, in Schnitten nach $\infty P\infty$ (010) sehr schmal und in der Richtung der Prismenaxe verhältnissmässig verlängert erscheinen. Schnitte senkrecht zur Prismenaxe zeigen sie gleichfalls als schmale Striche, deren Längsrichtung mit der Symmetrieaxe zusammenfällt. Sie bedingen den metallischen Schiller auf der Querfläche, welcher sofort fehlt, wenn diese Interpositionen nicht vorhanden sind. Nur selten liegen diese Einschlüsse auch auf einer Schiefendfläche.

Alle Längsschnitte lassen mehr oder weniger deutlich eine fasrige bis stenglige Structur wahrnehmen, wie sie auch der Bronzit besitzt; dieselbe verbindet sich auch hier oft mit dem Erscheinen cylindrischer Hohlräume, die gar oft mit Eisenerzen, Carbonaten und andern Zersetzungsproducten theilweise oder ganz erfüllt sind. Die fasrige Structur scheint nicht immer die Folge stengliger Aggregation zu sein.

Die Diallage werden mit graugrüner bis grüner, auch in manchen Gesteinen mit brauner Farbe durchsichtig, Brechungsvermögen. Stärke der Doppelbrechung, Auslöschungsschiefe und Axenwinkel sind nahezu dieselben, wie bei den Malakolithen. Doch scheint es nach den bisher vorliegenden Untersuchungen*, als wenn die so häufige Wasseraufnahme bei den Diallagen einen nicht unbedeutenden Einfluss auf den Axenwinkel ausübe. Derselbe sinkt recht oft beträchtlich unter den für die Diopsidreihe charakteristischen Werth; so fand WEBSKY für Diallag von Volpersdorf $2V_a = 47^\circ 51'$. Das wichtigste optische Charakteristikum des Diallag, zumal gegenüber den rhombischen Pyroxenen und dem Bastit ist der randliche Austritt einer optischen Axe auf Spaltblättchen nach $\infty P\infty$ (100) im convergenten Licht.

Pleochroismus ist bei den Diallagen nur selten in deutlicher Weise wahrnehmbar, und zwar pflegt dann b gelblich, a und c grünlich zu sein. Absorptionsunterschiede sind kaum zu beobachten im Dünnschliff.

Der Diallag ist ein wesentlicher Gemengtheil des Gabbro und seiner Derivate, sowie mancher Peridotite und Serpentine und bildet in diesen Gesteinen blättrige Massen von oft recht bedeutenden Dimensionen. Dieselben umschliessen die älteren Gemengtheile dieser Gesteine, zumal gern Magnetit, Titaneisen, Chromit und

* M. WEBSKY, Ueber Diallag, Hypersthen und Anorthit im Gabbro von Neurode. Z. D. G. G. 1864. XVI. 531.

Olivin. Möglicherweise sind durch winzige Einschlüsse solcher Mineralien die kleinen Quantitäten von TiO_2 und Cr_2O_3 bedingt, welche analytisch im Diallag nachgewiesen wurden. Häufig ist in diesen Gesteinen eine bald regellose, bald parallele Umwachsung des Diallag durch rhombische Pyroxene und durch Hornblende*. — In der Formation der krystallinen Schiefergesteine begegnet man dem Diallag im Ganzen sehr selten. Er ist hier beschränkt auf die Olivinfelse und Olivinschiefer (sog. Chromdiopsid) und ihre Derivate, sowie auf gewisse Amphibolite, welche man mit einer der Sicherheit nahe kommenden Wahrscheinlichkeit als dynamometamorphe Gabbros betrachten darf, und auf die als Trappgranulite bezeichneten Gesteine.

Die Veränderungsvorgänge, welche am Diallag zu beobachten sind, lassen sich in zwei Gruppen theilen. Sehr allgemein und unter allen Verhältnissen trifft man eine durch Wasseraufnahme eingeleitete Umwandlung zu fasrigen und schuppigblättrigen Aggregaten von Serpentin, beziehungsweise Chlorit, welche nicht selten die Mikrostructur des Mutterminerals sehr getreu bewahren, und denen meistens in kleinerer oder grösserer Menge Kalkcarbonat oder Epidot beigemischt sind. — Gegenüber diesem Vorgange der normalen atmosphärischen Verwitterung muss man die ebenfalls sehr verbreitete Umwandlung in Amphibolmineralien wohl auf gebirgsbildende Prozesse zurückführen, da dieselbe wesentlich auf die Gabbros im Bereich der krystallinen und phyllitischen Schiefer beschränkt erscheint. Diese Umwandlung in Amphibolmineralien pflegt von der Peripherie nach dem Centrum hin fortzuschreiten, so dass bei grösseren Dimensionen des Diallags die centralen Partien unverändert erscheinen, und es ist mit diesem Vorgange oft eine bedeutende Deformation der blättrigen Krystalloide zu mehr oder weniger langgestreckten Fasern verbunden (Flasergabbro). Die so entstehenden Amphibolmineralien gehören anscheinend dem gemeinen Strahlstein, auch wohl dem Smaragdit an. Wie weit es berechtigt ist, diesen Process als eine einfache Paramorphose zu betrachten, können erst chemische Untersuchungen an dem Muttermineral und seinem Derivat lehren. Dass solche amphibolisirten Diallage durch Hinzutritt der normalen Verwitterung gleichfalls in

* AL. CATHREIN, Ueber die chemische Zusammensetzung der Diallage von Wildschönau und Ehrsberg. Z. X. 1882. VII. 249; — J. H. KLOOS, Studien im Granitgebiet des südlichen Schwarzwalds. L. J. B.-B. 1884. III. 20.

ROSENBUSCH, Physiographie. Bd. I. Dritte Auflage.

Gemenge von Serpentin und Chlorit mit Calcit, beziehungsweise Epidot übergehen können, ist leicht verständlich. Ueber derartige Vorgänge vergleiche man aus der neueren Literatur die Arbeiten von JOH. LEHMANN*, G. H. WILLIAMS**, FR. H. HATCH*** u. A.

Augit. Die thonerdehaltigen monoklinen Pyroxene gehören zu den verbreitetsten Gemengtheilen der krystallinen Gesteine. Der eigentliche, gemeine und basaltische, Augit bildet in den eruptiven Felsarten mit porphyrischer Structur, seltener in denen mit körniger Structur rundum ausgebildete Krystalle der Form Fig. 160 und gehört alsdann zu den älteren Ausscheidungen aus den Magmen. Dieses ist der Fall in gewissen Minetten†, seltener in Quarzporphyren, sehr häufig in den quarzfreien Porphyren, Porphyriten, Melaphyren, Tescheniten, Lipariten, Trachyten, Phonolithen, Andesiten und basaltischen Gesteinen. In Form unregelmässiger Stengel und Körner erscheint er häufig in den körnigen Massengesteinen, Eläolithsyeniten, Augitdioriten, Diabasen und Pikriten, und in den porphyrischen Felsarten oft dann, wenn er einer zweiten jüngeren Generation von Pyroxenen als Gemengtheil der sogenannten Grundmasse angehört. — Zonare Structur in Folge isomorpher Schichtung ist ungemein verbreitet.

Die Spaltbarkeit nach dem Prisma ist fast stets sehr deutlich, daneben treten, zumal in Diabasen, pinakoidale Blätterdurchgänge auf, welche ihm wohl ein diallagähnliches Ansehen geben, aber nirgends die Vollkommenheit der Absonderung dieses Minerals erreichen. Umgekehrt ist bei manchen, zumal basaltischen und phonolithischen Augiten die Spaltbarkeit nach ∞P (110) bisweilen so unvollkommen, dass sie sich mikroskopisch nicht durch Kluftsysteme ausspricht, auch makroskopisch nicht darstellbar ist.

Die Farben im durchfallenden Licht sind grün oder braun, seltener gelb bis roth oder violett; die Auslöschungsschiefen auf $\infty P \infty$ (010) übersteigen den Werth von 40° wohl stets, wenn nicht reichliche Mengen des Akmitmoleküls beigemischt sind. Die Axen-

* Ueber die Entstehung der altkrystallinischen Schiefergesteine etc. Bonn. 1884. 190 sqq.

** On the paramorphosis of pyroxene to hornblende in rocks. Amer. Journ. 1884. XXVIII. No. 166. October.

*** Ueber den Gabbro aus der Wildschönau in Tyrol und die aus ihm hervorgehenden schiefrigen Gesteine. T. M. P. M. 1885. VII. 75—87.

† G. LINCK, Geognostisch-petrographische Beschreibung des Grauwackebietes von Weiler bei Weissenburg. Strassburg i. E. 1884. pg. 47.

winkel schwanken stark und sinken nicht selten unter das Minimum der Diopside, ohne dass bisher nachgewiesen wäre, worin die Ursache hierfür liege; im Allgemeinen ist dieselbe jedoch grösser, als bei Diopsiden und Diallagen.

Die chemische Zusammensetzung schwankt nach dem vorliegenden Analysenmaterial stark, zumal in der relativen Menge von $MgAl_2SiO_6$ und $MgFe_2SiO_6$, sowie in der Menge des isomorph beigemischten Akmitmoleküls.

Die Augite der Eruptivgesteine umschliessen nebst den mit ihnen associirten Mineralien älterer Entstehung (zumal Eisenerze, Apatit, Olivin, Glimmer) Interpositionen von Glas überaus häufig und oft in grosser Menge. Dieselben sind meistens rundlich, eiförmig oder regellos gestaltet, besitzen aber auch wohl die Form ihres Wirthes. Weniger allgemein verbreitet sind Fluidaleinschlüsse und unter diesen wurde mehrfach liquide Kohlensäure nachgewiesen. — Ebenso sind Gasinterpositionen keine seltene Erscheinung.

Gesetzmässige Verwachsungen mit Amphibolmineralien, wobei diese mit dem Augit die vertikale Axe und die Symmetrieebene gemein haben (Taf. XIX Fig. 5), sowie mit Glimmern der Biotitreihe, deren Basisfläche alsdann mit einer Prismenfläche des Augits zusammenfällt, sind mehrfach, zumal in Dioriten, Tescheniten und Tephriten, sowie Eläolithsyeniten beobachtet worden. — Regellose Verwachsungen, welche bis zu förmlichen Perimorphosen sich entwickeln können, finden sich besonders mit Nephelin in Tephriten und Nephelingesteinen, wenn die Entwicklung des Augits bis in die Periode der Nephelinkristallisation hinein fortdauert

Die normale Verwitterung der Augite der Eruptivgesteine führt sehr allgemein zur Chloritbildung. Dieselbe beginnt meistens von der Peripherie her, seltener von einschlussreichen Stellen des Krystallinnern und schreitet dann auf den Blätterdurchgängen vor. Es entstehen bald parallelfasrige und parallelschuppige oder auch filzige, grüne Aggregate (Taf. XIX Fig. 6) von geringer Doppelbrechung, welche nach und nach die gesammte Augitsubstanz ersetzen. Dieselben sind oft durchspickt mit stark lichtbrechenden Körnchen und Stacheln von Pistazit oder von kleinen Körnchen an seiner Spaltbarkeit und starken Doppelbrechung leicht kennbaren Calcits und umschliessen ferner oxydische Eisenerze und gar nicht selten Anataspyramiden. Ein weiteres Fortschreiten der Verwitterung zerstört alsdann den Chlorit wieder, an dessen Stelle

ein Gemenge von Carbonaten, Limonit, Thon und Quarz tritt*. — Die Zersetzung unter Mitwirkung stärkerer Säuren in flüssigem oder gasförmigem Zustand, also die vulkanische Zersetzung liefert unter Wegführung aller Basen Pseudomorphosen von Opal oder Chalcedon nach Augit**, ein Vorgang, der ganz wesentlich auf saurere Gesteine der Trachyt- und Andesitfamilie beschränkt scheint. — Sehr verbreitet, aber wahrscheinlich mit Vorliebe an dynamometamorphe Gebiete gebunden, ist die Umwandlung des Augit in ein Hornblendemineral, die Uralitisirung. Sie findet sich fast ausschliesslich in den Augitdioriten und Diabasen, sowie den älteren porphyrischen Aequivalenten jener und wird bei Uralit des Näheren besprochen werden.

Ob die in manchen Gneissgebieten (Vogesen, niederösterreichisches Waldviertel u. s. w.) verbreiteten Augitgneisse mit grühdurchsichtigen monoklinen Pyroxenen einen wirklichen Augit oder einen tiefer grüugefärbten Malakolith enthalten, ist bisher nicht untersucht worden. Der augitische Gemengtheil dieser Gneisse ist fast stets mit grüner, sehr selten mit brauner Farbe durchsichtig und bildet vorwiegend unregelmässige Körner oder nach der vertikalen Axe gestreckte Stengel, in denen man nie andere als Flüssigkeitseinschlüsse und auch diese nur selten wahrnimmt. Die Verwitterungsphänomene sind am ähnlichsten denjenigen der granitischen Malakolithe. Verwachsungen mit und Umsetzungen in Amphibolmineralien sind auch hier mehrfach beobachtet worden. —

Die Fassait genannten lauchgrünen und gelbgrünen Abarten des gemeinen Augits scheinen auf die Contactmetamorphosen der mergeligen Kalke an älteren und jüngeren Eruptivgesteinen beschränkt zu sein.

Mit dem Namen Omphacit bezeichnet man die niemals krystallographisch begrenzten, meistens rundliche Körner oder kurzstengelige Aggregate bildenden, hellgrünen, gemeinen Augite der Eklogite. Dieselben bekunden sich durch ihre Spaltbarkeit und grosse Auslöschungsschiefe als Pyroxene. Im durchfallenden Lichte sind sie sehr hell grün bis nahezu farblos. Sehr häufig ist der Omphacit mit einer grünen Hornblende (Smaragdit) verwachsen und zwar so, dass auch hier beide Mineralien die vertikale Axe

* A. KNOP, Ueber Pseudomorphosen von Cimolit nach Augit im Basalt von Sasbach am Kaiserstuhl. L. J. 1877. 699.

** M. KISPATIC, Ueber die Bildung der Halbopale im Augitandesit von Gleichenberg. T. M. P. M. 1881. IV. 122—146.

und die Symmetrieebene gemeinsam haben. Bei manchen Autoren findet man die Bezeichnung als Omphacit* auch für solche Pyroxene angewendet, die nach Spaltbarkeit und chemischer Zusammensetzung zum Diallag gehören, speciell für die sogenannten Chromdiopside der Olivingesteine. — Der Omphacit umschliesst oft in grossen Mengen die für Eklogite so charakteristischen Rutilkryställchen und Körner.

Akmit und Aegirin sind nahe verwandte Varietäten einer und derselben Art von natron- und eisenreichen Pyroxenen, von denen der Aegirin die bei weitem grösste Verbreitung in den Gesteinen hat. Immerhin hat jedes dieser Mineralien seine Eigenthümlichkeiten in krystallographischer und auch in optischer Hinsicht, wie besonders W. C. BRÖGGER dargethan hat, auf dessen inhaltsreiches Werk ich für alle Einzelheiten verweise. So sind Zwillinge nach (100), oft mit mehreren zwischengeschalteten schmalen Lamellen, bei Akmit die Regel, beim Aegirin im Ganzen selten, der Akmit ist stets prismatisch nach ∞P ($110:1\bar{1}0 = 87^{\circ}4'$), der Aegirin zwar auch meistens nach dieser Form mit $110:1\bar{1}0 = 87^{\circ}11'$, aber auch nach der Grundpyramide P ($\bar{1}11:\bar{1}\bar{1}1 = 119^{\circ}45'$). Mit dem Prisma ist in der Vertikalzone wohl meistens $\infty P\infty$ (100), und zwar als grösste Fläche combinirt, den Krystallen Tafelform gebend, $\infty P\infty$ ist gemeiniglich klein oder fehlt ganz; auch (100) kann vollkommen fehlen (Langesund). Die terminale Endigung wird bei dem Akmit oft durch die steilen Pyramiden gegeben, die ihm den Namen eintragen, beim Aegirin fast stets durch P ($11\bar{1}$), dessen Polkante gern durch $P\infty$ ($10\bar{1}$) abgestumpft wird. Selten ist die Endigung durch letztere Form allein. BRÖGGER hielt für den Aegirin geneigtflächige Hemiëdrie für wahrscheinlich, welche G. H. WILLIAMS (Amer. Journ. 1889. XXXVIII. 115) für andere Glieder der Pyroxenfamilie darthat. — Sehr oft fehlen auch die terminalen Flächen bei den gesteinsbildenden Aegirinen, sie enden spiessig und zackig unregelmässig und wenn dann auch die Flächen der Prismenzone in Folge der starken vertikalen Streifung sich verwischen, so entstehen langschilfige Stengel, die sich oft angenähert parallel oder büschelförmig aggregiren und sich gern pinselartig an andere Pyroxene oder auch an Nepheline ansetzen. Ja sie aggregiren sich

* O. LUEDECKE, Der Glaukophan und die glaukophanführenden Gesteine der Insel Syra. Z. D. G. G. 1876. XXVIII. 260. — A. SCHRAUF, Beitrag zur Kenntniss des Associationskreises der Magnesiasilikate. Z. X. 1882. VI. 321.

zu den zierlichsten Blumenkohl- und Eisblumen-ähnlichen Formen, wobei die schlanken Nadeln oft ganz trichitisch gebogen sind (Phonolith).

Wo Akmit und Aegirin parallel verwachsen (Rundemyr bei Eker in Norwegen), da liegt der Akmit peripherisch, aber er überzieht, wie BRÖGGER zuerst beobachtete, meistens nur die Flächen von $\infty P \infty$ (100), $\infty P \infty$ (010), P (111) und $P \infty$ (101), nicht auch die Prismen- und steile Pyramidenflächen. Immerhin kommen auch Lamellen von Akmit in Aegirin und reine Akmitkrystalle vor.

Die Spaltung geht nach ∞P (110) und ist vollkommener als in der Augitreihe; eine Spaltung nach $\infty P \infty$ (010) tritt bei Aegirin oft mit grosser Deutlichkeit hervor. Eine nicht selten glatte Theilbarkeit nach ∞P (001), die besonders bei grossen Individuen vorkommt, möchte BRÖGGER für Absonderung halten.

Das Brechungsvermögen und die Doppelbrechung sind bei Akmit und Aegirin höher, als bei den übrigen Pyroxenen; auch die optische Orientirung weicht wesentlich ab. Allerdings liegt auch hier die Axenebene in der Symmetrieebene, aber die Axe der grössten Elasticität ist spitze Bissectrix, der Aegirin also optisch negativ und diese Bissectrix liegt sehr nahe an der Vertikalaxe $a : c = 4^{\circ} - 5^{\circ}$ (in Zwillingen ist auf (010) die Neigung $a : a$ nicht über 10°) im stumpfen Winkel β (Fig. 168). Es tritt somit auf Schnitten nach dem Orthopinakoid die positive stumpfe Bissectrix fast senkrecht aus*. Der Axenwinkel ist gross, die Dispersion $\rho > \nu$ um a . Bei Akmit ist

$a : c$ etwas grösser als bei Aegirin, wie man deutlich bei Verwachsungen desselben in den Vorkommnissen von Rundemyr beobachtet; BRÖGGER giebt hier für Aegirin $a : c = 3\frac{1}{2}^{\circ} - 4^{\circ}$, für Akmit $5\frac{1}{2}^{\circ} - 6^{\circ}$.

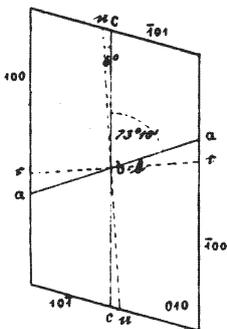


Fig. 168.

* Bei DES CLOIZEAUX und TSCHERMAK wird die fast mit der Prismenaxe zusammenfallende Elasticitätsaxe als c , die nahezu auf $\infty P \infty$ (100) senkrechte als a angegeben. Die im Texte angeführte Orientirung des Elasticitätsellipsoids wurde mit dem Quarzkeil an Dünnschliffen nach 100 und 010 in parallelem und convergentem Lichte übereinstimmend am Akmit von Porsgrund und am Aegirin von Låven gefunden. Auch J. WIJK (l. c.) bestimmte die fast mit c zusammenfallende Axe als a .

Ich hätte früher die Endflächen P (111) und $P \infty$ (101) als $P \infty$ (011) und ∞P

An zahlenmässigen Bestimmungen liegt vor

	α	β	γ	2V	2E	$\alpha : c$
AegirinLangesund	—	1.753	—	63° 28'	134° 27'	2 $\frac{1}{3}$ -3 $\frac{1}{3}$ ° BRÖGGER* f. Na-Licht
"	1.7590	1.7929	1.8054	62° 35'	—	3 $\frac{1}{2}$ ° WÜLFING für Eosin
"	1.7630	1.7990	1.8126	62° 13'	—	4° " " Na-Licht
"	1.7714	1.8096	1.8238	61° 44'	—	4° 58' " " Tl-Licht
"	—	1.8084	—	—	—	4° 30' SANGER** " Na-Licht
"	—	1.8050	—	—	—	— WÜLFING*** " Na-Licht
"	—	1.8086	1.8196	—	—	4° 15' " † " Na-Licht
" Kola	1.777	1.801	—	—	—	4°-5° W. RAMSAY †† für weisses Licht.

Nach den Werthen für β scheinen die optischen Verhältnisse recht beträchtlichen Schwankungen zu unterliegen, was auch WÜLFING für den Aegirin des Langesund hervorhob. Aus WÜLFING'S Messungen für Na-Licht ergibt sich $\frac{\alpha + \beta + \gamma}{3} = 1.7915$, $\gamma - \alpha = 0.0496$, $\gamma - \beta = 0.0136$, $\beta - \alpha = 0.360$.

Die immerhin nicht unbeträchtliche Bissectricen-Dispersion ($\alpha_e : c = 3^\circ 30'$, $\alpha_{tl} : c = 4^\circ 58'$) führt in Schnitten, die nicht in der Orthozone liegen, zu der für die Titanaugite (S. 520) erwähnten Erscheinung, dass die Auslöschungen unvollkommen und die Interferenzfarben bei dem Drehen aus der Auslöschungsstellung nach rechts oder links verschieden sind. Da der Winkel $\alpha : c$ für roth kleiner ist, wird ein Schnitt gelblich, wenn man im Sinne des Uhrzeigers dreht, bläulichviolett bei andersinniger Drehung.

BRÖGGER betont die stark geneigte Dispersion; in der Diagonalstellung ist die eine Hyperbel durchweg farbig mit blau aussen, rost-roth innen, die andere Hyperbel zeigt nur geringe Färbung.

(001) gedeutet und daher in der 2. Auflage dieses Buches die Axe a in den spitzen Winkel β verlegt. Die Messungen BRÖGGER'S und die Aetzversuche WÜLFING'S haben dargethan, dass das nicht richtig war. Mit der Auffassung, die jetzt auch hier adoptirt ist, stimmen auch die Modalitäten der Verwachsung von Aegirin und Augit, wie sie sich besonders deutlich in den Theralithen studiren lassen.

* β und 2V wurden berechnet aus 2E und den Messungen des spitzen und stumpfen Axenwinkels (H_a und H_o) in Baryumquecksilberjodid, dessen $n = 1.746$. — Der Werth $\alpha : c$ wächst in äusseren helleren Zonen der Krystalle bis circa 6° .

** Bestimmung durch Minimalablenkung im Prisma.

*** Bestimmung an SANGER'S Prisma.

† Bestimmung an Prismen, welche Herr Dr. MAX KOCH geschliffen hatte.

†† Petrographische Beschreibung der Gesteine des Lujaur-Urt. Fennia. III. No. 7. 40. Der Werth für α ist nur nahezu genau nach der Orientirung des Prismas. Messungen des Axenwinkels um c in Jodmethylen ergaben, dass $2V_o > 114^\circ$ war.

Der Pleochroismus ist sehr beträchtlich am Aegirin, weniger am Akmit und hat früher oft zu Verwechslung mit Amphibol Veranlassung gegeben. Es wurde beobachtet an

Akmit Rundemyr	a dunkelbraun	b hellbraun	c grünlichgelb	(in dicken Schlifffen)
" "	grünlichbraun	gelb	grünlichgelb	(in sehr dünnen Schlifffen)
" "	hellbräunlich	grünlichgelb	bräunlichgelb	BRÖGGER
" "	mit Stich ins Grüne	mit Stich ins Braune		
Akmit Ditró	dunkelbraun	bräunlichgrün	bräunlichgrün	BECKE
Aegirin Låven	rein grün bis blaugrün	olivengrün	grasgrün ins Gelbliche	
" Langesund	tief olivengrün bis grasgrün	olivengrün bis grasgrün	braun bis braun-gelb mit Stich ins Grüne	BRÖGGER
" Eker	tief grasgrün	heller grasgrün	gelbbraun bis gelb	
" Kola	rein grün	gelbl. grasgrün	braungelb	RAMSAY
" Särna	blaugrün	saftgrün	gelbgrün	TÖRNEBOHM
" Azoren	dunkelgrün	gelbgrün	schmutziggelb	PACHECO

Die Absorption ist deutlich $a > b > c$.

Sp. G. = 3.5—3.6, also grösser als bei den übrigen Pyroxenen. — Chemische Zusammensetzung wesentlich $\text{NaFeSi}_2\text{O}_6$ mit kleinen Mengen des Diopsid-, Hedenbergit- und Augit-Moleküls. Schmilzt leicht unter starker Gelbfärbung der Flamme. In der geschmolzenen Perle finden sich reichlich Krystallskelette von Magnetit (?).

Der Aegirin hat an manchen Fundorten eine deutliche Zonarstruktur mit nach aussen hin etwas heller werdender Farbe. Er verwächst sehr oft in paralleler Stellung mit den andern gesteinsbildenden Pyroxenen und umhüllt diese dann; nirgends wird er von jenen umhüllt. Auch mit Gliedern der Amphibolfamilie kommt er, wiewohl sehr selten, in derart paralleler Verwachsung vor, dass die beiden die Symmetrie- und Prismenaxe gemein haben. Der Biotit verwächst mit Aegirin so, dass $oP(001)$ jenes auf $\alpha P(110)$ dieses liegt.

Der Aegirin und Akmit der Gesteine sind im Allgemeinen sehr frisch. Doch beobachtete BRÖGGER eine von innen nach aussen längs der prismatischen Spaltbarkeit fortschreitende Umwandlung in Analcim, der gewöhnlich eudnophitisch doppelbrechend ist, in den Pegmatitgängen des Langesund.

Akmit und Aegirin scheinen ganz auf die Eruptivgesteine beschränkt zu sein und hier besonders in den alkalireichen Magmen

zu entstehen. So sind sie in Na-reichen Graniten und Syeniten, sowie in den Eläolithsyeniten Südnorwegens, Grönlands, von Monchique und von Ditró, Brasilien, Nord-Amerika, Canada u. s. w. nachgewiesen*. Sie umschliessen hier Erze, Apatit, Biotit und gelegentlich, zumal randlich, Eläolith, Sodalith und Orthoklas. — Unter den jüngeren Gesteinen sind es die Phonolithe und Leucitophyre, sowie verwandte Gesteine**, in denen dem Aegirin oder Akmit nahestehende oder richtiger gesagt, an dem Akmitmolekül reiche monokline Pyroxene vorkommen; ebenso finden sie sich in gewissen phonolithähnlichen Trachyten der Azoren nach MÜGGE'S*** Untersuchungen. In derartigen akmitischen Pyroxenen herrscht die gleiche Mikrostructur, wie bei den geologisch äquivalenten Augiten. — Es ist hervorzuheben, dass bisher die sonst so häufige Umlagerung in Amphibol an den akmitischen Pyroxenen nicht wahrgenommen wurde.

WH. CROSS (Amer. Journ. 1890. XXXIX. 365) beschreibt eine pyroxenische Neubildung auf Gängen in Gneiss, die er nach ihrem optischen Verhalten mit Aegirin identificirt. Das wäre eine auffallende Genesis; doch begegnet man dem Aegirin auch wohl in unfrischen Eläolithsyeniten und verwandten Gesteinen in solcher Verbindung mit Zeolithen, dass er mit diesen wohl gleichaltrig sein muss. Allerdings wird er in den von Cross beschriebenen Vorkommnissen von Custer Co., Colorado, von neugebildetem Calcit und Quarz begleitet.

Als Aegirin-Augit bezeichne ich eine Gruppe von gesteinsbildenden Augiten, welche mit sattgrüner Farbe durchsichtig werden, einen ägirinartigen Pleochroismus besitzen, bei idiomorpher Gestaltung wesentlich durch $\infty P \infty$ tafelartigen Habitus besitzen und nur klein die Flächen ∞P (110), $\infty P \infty$ (010) und P (11 $\bar{1}$) zeigen, und bei denen die Auslöschungsschiefe auf $\infty P \infty$ (010) meist kleiner ist, als 35°. Von besonderer Wichtigkeit ist für dieselben aber,

* C. W. BRÖGGER, Die silurischen Etagen 2 und 3 im Christianiagebiet und auf Eker. Christiania. 1882. 264. 279. — L. VAN WERVEKE, Ueber den Nephelinsyenit der Serra de Monchique. L. J. 1880. II. 160. 277. — F. BECKE, Akmit aus dem Eläolithsyenit von Ditró. T. M. P. M. 1878. I. 554. — A. E. TÖRNBERGM, Om den s. k. fonoliten från Elfdalen. G. F. i Stockholm Förhdl. 1883. VI. 395 und Nephelinsyenit från Alnö. Ibidem VI. 543.

** C. DÖLTER, Die Vulkane der Capverden und ihre Producte. Graz. 1882. passim.

*** O. MÜGGE, Petrographische Untersuchungen an Gesteinen der Azoren. L. J. 1883. II. 215.

dass die der Vertikalaxe nächst gelegene Elasticitätsaxe der grössten und nicht, wie in der Diopsidreihe, der kleinsten Elasticität entspricht, worauf zuerst BRÖGGER (l. c.) hinwies. Diese Elasticitätsaxe liegt im spitzen Winkel β , d. h. im Sinne der Diagonale des

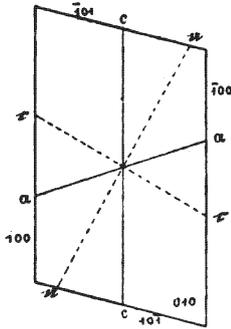


Fig. 169.

stumpfen Winkels des von den Kanten P : P und ∞ P : ∞ P bei klinodiagonalem Schnitt gebildeten Rhombus (Fig. 169). Ob diese Richtung den stumpfen oder spitzen Axenwinkel halbire, ist noch nicht untersucht worden.

Ihr Pleochroismus ist a grasgrün, b sattgrün, c gelblich bis bräunlich mit Stich ins Grünliche.

Die Aegirin-Augite sind regelmässige Gemengtheile vieler Leucitophyre, Phonolithe und mancher Eläolithsyenite, fehlen aber — soweit meine Kenntniss reicht — den Leucititen.

Leucitbasalten und verwandten Gesteinen in sehr bezeichnender Weise.

Nach den Analysen von P. MANN und A. MERIAN enthalten diese Aegirin-Augite neben den Diopsid-, Hedenbergit- und Augitmolekülen beträchtliche Mengen von Alkalien, z. Th. in der Form des Aegirinmoleküls, z. Th. wie es scheint, in anderer Bindung.

Sie umwachsen ebenso wie der Aegirin normale Augitkerne und gehen nach aussen, wie die abnehmende Auslöschungsschiefe darthut, bisweilen geradezu in Aegirin über.

Der Auslöschungsschiefe nach kann man, wie besonders BRÖGGER und WÜLFING hervorheben, hiernach eine Reihe vom Diopsid mit $c : c = 37^\circ$ durch die basaltischen Augite mit $c : c = 54^\circ$ und die Aegirin-Augite mit $c : c = 60^\circ$ bis zum Aegirin mit $c : c = 94^\circ$ aufstellen.

Anhang. Mehr von ethnographischem, als von petrographischem Interesse ist der Jadeit, der von DAMOUR als selbständige Mineralart aufgestellt wurde. Derselbe bildet stenglig-fasrige Aggregate, an denen eine prismatische Spaltbarkeit wahrnehmbar ist. Der Spaltwinkel wird von verschiedenen Autoren* zu $85^\circ 20'$ bis

* A. DAMOUR, Nouvelles analyses sur la jadeite et sur quelques roches sodifères. Bull. Soc. min. Fr. 1881. IV. 157. — H. FISCHER, Mikroskopisch-mineralogische Miscellen. Z. X. 1880. IV. 371. — J. A. KRENNER, Ueber Jadeit. L. J. 1883. II. 173. — A. ARZRUNI, Neue Beobachtungen am Nephrit und Jadeit. Zeitschr. f. Ethnologie. Berlin. 1883. 184.

89° 25', also annähernd übereinstimmend mit dem Pyroxenprisma angegeben; doch betont ARZRUNI die Ungleichwerthigkeit der Spaltflächen und die in Querschnitten zu ihnen unsymmetrische Lage der Auslöschungsrichtungen und stellt deshalb den Jadeit in das triklone Krystallsystem, während KRENNER für denselben die monokline Krystallisation angiebt. COHEN* wies denselben in einem südafrikanischen Eklogit nach. — F. W. CLARKE und G. P. MERRILL** analysirten und beschrieben amerikanische Vorkommnisse.

Der Jadeit ist farblos oder doch nahezu farblos mit einem Stich ins Grünliche oder Blaugrünliche. Die Doppelbrechung ist gross, nach MICHEL-LÉVY und LACROIX $\gamma - \alpha = 0.029$, daher lebhaft Interferenzfarben. Die Axenebene liegt in der Symmetrieebene, senkrecht zu welcher nach DES CLOIZEAUX eine schlechte Spaltbarkeit vorhanden ist; die Auslöschungsschiefe ist gross 31°—45°, der Charakter der Doppelbrechung positiv nach KRENNER, welcher für gelb $2H_u = 82^\circ 48'$ fand. Auf der Fläche $\infty P\infty$ (100) tritt eine Axe mit schönfarbigen Ringen aus. Dispersion schwach $\rho < \nu$. Die optische Orientirung ist darnach analog derjenigen des Diopsid und beweist entschieden die hohe Bedeutung des Fe-Gehaltes für die Lage der optischen Constanten.

H. = 7—7.5. — Sp. G. = 3.2—3.4. Chem. Zusammensetzung wesentlich $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$, also ein Akmit, in welchem das Eisenoxyd durch Thonerde vertreten wird. Unschwer schmelzbar mit starker Na-Färbung der Flamme. — Paramorphe Umlagerung in Amphibol wurde von ARZRUNI beobachtet. — Nahe verwandt scheint der Chloromelanit, in welchem die häufigeren Pyroxenmoleküle in stärkerer Beimengung auftreten.

Das Spodumen oder Triphan ($\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$) hat neben der Spaltbarkeit nach ∞P (110) mit 87° einen sehr deutlichen Blätterdurchgang nach $\infty P\infty$ (100), einen unvollkommenen nach $\infty P\infty$ (010). Formen, Zwillingsbildung und optische Orientirung sind wie in der Diopsidreihe. Erscheint selten accessorisch in Granit und krystalinen Schieferen. Ueber die Umbildung der Vorkommnisse dieses Minerals von Norwich in Albit, Mikroklin, Muscovit und Lithiumnephelin vergl. G. J. BRUSH und E. S. DANA, Amer. Journ. 1880. Octob. XX. No. 118. S. 257. Ein fasriges Umwandlungsproduct desselben, der Kymatolith, hat die chemische Zusammensetzung des Jadeit.

* L. J. 1879. 864.

** Procced. U. S. National Museum. 1888. XI. 115.