Die Zwillingsverwachsung der triklinen Feldspathe nach dem sogen. Periklin-Gesetze und über eine darauf gegründete Unterscheidung derselben[1].

Von

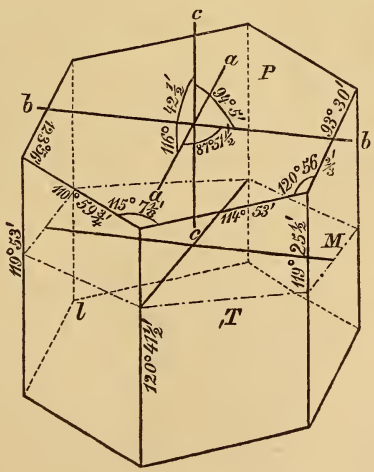
Prof. **G. vom Rath** in Bonn.

(Hierzu Taf. XIII und 2 Holzschnitte.)

Albit und Anorthit, die beiden ausgezeichneten Grenzglieder der triklinen Feldspathe oder Plagioklase, welche bekanntlich durch eine Reihe von Zwischengliedern verbunden werden, haben eine sehr ähnliche Krystallform. Bei dieser grossen Formähnlichkeit ist es zum leichtern Verständniss des Folgenden nöthig, den wesentlichen Unterschied in ihren Axenelementen hervorzuheben.

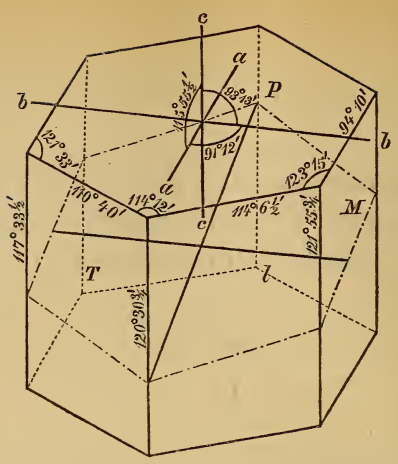
In die nebenstehenden Figuren

Albit



[1] Aus dem Monatsber. der kön. Akademie d. Wiss. zu Berlin, Febr. 1876.

Anorthit



sind für beide Species die Winkel der einfachen Combinationsform (gebildet durch das rhomboidische verticale Prisma, das Brachypinakoid und die Basis) eingetragen, ebenso die Axen und ihre ebenen Winkel.

Die ebenen Winkel der Basis, welche einerseits durch die Flächen T und M, andrerseits durch l und M gebildet werden, sind begreiflicher Weise verschieden. Legen wir uns die Frage vor, wie die betreffende, das rhomboidische Prisma Tl schneidende Ebene sich um die Makroaxe (Axe b) drehen müsste, damit jene ebenen Winkel einander gleich werden, so erkennen wir sogleich, dass beim Albit die (zunächst parallel P gedachte) Ebene sich vorne heben, hinten senken muss, während beim Anorthit das Umgekehrte stattzufinden hat. Jene ebenen Winkel werden alsdann gleich sein, wenn die kurze, d. h. die im Brachypinakoid liegende Diagonale der schneidenden Ebene einen rechten Winkel mit der Makroaxe bildet. Die so gelegte Ebene können wir den rhombischen Schnitt des rhomboidischen Prisma nennen. In den Figuren sind die rhombischen Schnitte durch gestricheltpunktirte Linien bezeichnet. Man erkennt leicht, dass einer nur kleinen Verschiedenheit des Axenwinkels γ [2] eine sehr bedeutend veränderte Lage des rhombischen Schnitts entsprechen muss. Während beim

[2] Winkel der Axen a und b.

Anorthit ($\gamma = 91^0\ 11^2/_3{}'$) die genannte Ebene mit P den Winkel von $15^0\ 58^1/_4{}'$ bildet, beträgt derselbe beim Albit ($\gamma = 87^0\ 51^1/_2{}'$) $21^0\ 57'$ bei entgegengesetzter Neigung. — Diese rhombischen Schnitte spielen bei der hier zu besprechenden Zwillingsverwachsung der Plagioklase eine sehr wichtige Rolle. Betrachten wir mit Bezug auf diesen Punkt zunächst den Albit.

Die Ansichten über das Gesetz jener Zwillingsbildung des Albit — in Folge deren dies Mineral die bekannte charakteristische, parallel der Makroaxe verlängerte Form annimmt, für welche Breithaupt den Namen Periklin aufstellte, — haben mehrfach gewechselt. Es liegt hier nämlich eine Verwachsung vor, deren Zwillingsebene — zu welcher beide Individuen symmetrisch stehen — keine krystallonomische Fläche ist. Auch berühren sich die Individuen nicht mit der Zwillingsebene; und demzufolge ist — wie es auch bei andern Systemen der Fall zu sein pflegt — die Verwachsungs- oder Verbindungsebene häufig unregelmässig, selten ganz ebenflächig. Die Definition der gesetzmässigen Verwachsung geschieht demnach hier durch Angabe einer Linie, um welche als Axe gedreht, das eine Individuum in die Stellung des andern kommt.

Mohs, Breithaupt und Naumann (in seinen früheren Werken) definirten das in Rede stehende Zwillingsgesetz mit den Worten: „Drehungsaxe parallel der Makrodiagonale, Drehungswinkel 180^0". Als charakteristisches Zeichen dieser Verwachsung wurde die ein- resp. ausspringende Zwillingskante in der Fläche M (Brachypinakoid) hervorgehoben. Die Zeichnungen, welche in den Werken der genannten Forscher diesen sog. Periklin-Zwilling veranschaulichten, zeigten den Verlauf der Zwillingskante auf M parallel zur Kante P : M, d. h. zur brachydiagonalen Axe. Die gleiche Richtung der Zwillingskante ist bis jetzt in allen den Periklin darstellenden Figuren beibehalten worden und zwar unterschiedslos ob die Autoren den von den genannten Forschern gewählten Ausdruck des Zwillingsgesetzes annahmen oder durch eine andere, wenig verschiedene Definition ersetzten. So liegt hier die verwirrende Thatsache vor, dass diejenigen Forscher, welche das Gesetz richtig bestimmten, Figuren zeichneten, welche ihrer Definition widersprachen und also auch mit der Natur nicht im Einklang waren, während die Zeichnungen anderer Forscher wohl

mit dem von ihnen gewählten Ausdruck des Zwillingsgesetzes, beide indess nicht mit der richtigen Beobachtung übereinstimmen.

Auf den eben angedeuteten Widerspruch zwischen dem Zwillingsgesetze „parallel der Makrodiagonale“ und den in den Werken der erstgenannten verdienstvollen Forscher enthaltenen Figuren machte in einer gründlichen und scharfsinnigen Arbeit (Poggendorff's Ann. Bd. 34, S. 109—229 und 301—319) Dr. G. E. Kayser aufmerksam, indem er zeigte, dass — die Richtigkeit des Zwillingsgesetzes vorausgesetzt — die über M verlaufende stumpfe Kante nicht parallel zur Kante P : M gehen könne. Er legte ferner dar, dass zwei sehr ähnliche Gesetze hier zur Sprache kommen: 1) Drehungsaxe die Makrodiagonale, gekennzeichnet durch die Nichtparallelität der Zwillingskante mit der Kante P : M; oder 2) Drehungsaxe die Normale zur Brachydiagonale in der Basis (P), charakterisirt durch die Parallelität der genannten Kanten.

Die Linien, welche in den beiden von Kayser unterschiedenen Gesetzen als Drehungsaxen sich darstellen, bilden — beide in der Basis P liegend — einen Winkel von weniger als 1^0 miteinander, wenn wir die Axenelemente Breithaupt's für den Periklin zu Grunde legen. Die Erscheinungsweise der Zwillinge nach dem einen und nach dem andern Gesetze wird also voraussichtlich eine sehr ähnliche sein.

Da zudem die Perikline nicht ganz ebenflächig sind, zuweilen auch bedeckt mit einer Rinde kleinster, nur annähernd parallelgestellter Albitkryställchen, so ist es wohl begreiflich, dass die Unterscheidung, welches Gesetz vorliege, schwierig ist. Ein ausgezeichneter Forscher, Herr Quenstedt, sagt sogar von den Periklin-Krystallen aus dem Pfundersthal: „Sie sind durch aufgelagerten Chlorit zu undeutlich, als dass man ihre Lage genau ermitteln könnte. Auch sind derartige Untersuchungen so minutiös, dass von einer mathematischen Sicherheit überhaupt nicht die Rede sein kann.“ (Mineralogie S. 232.) Kayser glaubte in den allermeisten Fällen das zweite Gesetz (Drehungsaxe die Normale zur Brachydiagonale) annehmen zu müssen. Nur für einen einzigen Krystall oder Krystallgruppe behielt er „nach langen Zweifeln“ das Gesetz der Makrodiagonale bei, also entsprechend der ursprünglichen Fassung des Periklingesetzes durch Mohs und Breithaupt. Jenem merkwürdigen, in der Berliner Sammlung

befindlichen Krystall widmete später G. Rose — welcher wie kein anderer sich um die Kenntniss der Plagioklase Verdienste erworben — in seiner Arbeit „über die regelmässigen Verwachsungen, welche bei dem Periklin vorkommen“ (Pogg. Ann. Bd. 129, S. 1—15) eine erneute Untersuchung (s. Taf. II, Fig. 6) mit dem Ergebnisse, dass auch hier das zweite Gesetz vorliege und demnach die Normale zur Brachydiagonale als Zwillingsaxe zu betrachten sei. Der ausgezeichnete Forscher glaubte nun den Schluss ziehen zu müssen, dass bei den Periklin-Zwillingen des Albit nur dies eine Gesetz vorkomme. — Und in der That ist es gewiss höchst unwahrscheinlich, dass die Natur bei demselben Mineral zwei Verwachsungsformen gleicher Art, d. h. ohne krystallonomische Symmetrie-Ebene bilden sollte, deren Rotationsaxen eine so wenig verschiedene Richtung zeigen. — Zwar sind auch die Drehungsaxen des tafelförmigen sog. Albitzwillings und der Periklin-Verwachsung nur um wenige Grade in ihrer Richtung verschieden, aber das Gesetz der Bildung ist hier ein gänzlich verschiedenes, da der tafelförmige Albitzwilling eine krystallonomische Symmetrie-Ebene besitzt.

Die Beziehung der Periklin-Zwillinge auf das Gesetz der Normalen zur Brachydiagonale fand nun eine fast allgemeine Annahme und es stehen bei denjenigen Autoren, welche die ältere Auffassung (Gesetz 1) geben oder beibehalten haben, die Figuren, wie oben angedeutet, nicht im Einklange mit dem Text der Beschreibung. Man bleibt demnach im Zweifel, ob den Figuren oder dem Text des betreffenden Autors eine grössere Glaubwürdigkeit beizumessen ist. Nach der Arbeit von G. Rose scheint sich in bestimmter Weise nur Hr. Schrauf (Labradorit, Sitzb. d. K. Ak. d. Wiss. Bd. 60, Dez.-Heft 1869) für die Mohs-Breithaupt'sche Definition des Periklinzwillings ausgesprochen zu haben unter ausdrücklicher Hervorhebung eines Irrthums in der betreffenden Figur seines grossen Atlas-Werkes.

Ich darf hier vielleicht daran erinnern, dass ich, gestützt auf ausgezeichnete Anorthitkrystalle, deren Übersendung ich der Freundschaft des Hrn. Scacchi verdanke, nachweisen konnte (Pogg. Ann. Bd. 147, S. 22), dass die Periklin-ähnlichen Zwillinge dieses Plagioklas mit einer Drehung um die Makroaxe verbunden sind (1. Gesetz). Die grosse Analogie der Plagioklase unter einander machte auch für die andern Glieder dieser Gruppe und

namentlich für den Albit dieselbe Verwachsung wahrscheinlich. Auch dürfen wir nicht übersehen, dass die Makrodiagonale eine hervorragend krystallonomische Linie ist, — nicht aber die Normale zur Brachydiagonale; dass demnach der Ausdruck des Gesetzes gemäss Mohs und Breithaupt als der einfachere und wahrscheinlichere bezeichnet werden muss, im Vergleiche zu der Definition von Kayser, welche weder der Zwillingsebene noch der Drehungsaxe einen krystallonomischen Werth gibt. Zu einem Zweifel an der Richtigkeit des von Kayser definirten Gesetzes, nach welchem die Kanten P : M beider Individuen sowohl unter einander als auch mit der Zwillingskante parallel sein müssten, berechtigen auch die Angaben der ausgezeichnetsten Beobachter über den Verlauf der erwähnten Kanten. Des Cloizeaux (Manuel p. 321; 1862) sagt ausdrücklich, dass die Kanten P : M der beiden Individuen nicht genau parallel sind: „dans quelques cas assez rares c'est le contraire qui s'observe". Auch G. Rose hebt hervor (a. a. O. S. 5), dass die ein- und ausspringenden Kanten der Flächen M, welche zufolge des von Kayser definirten Gesetzes (2) parallel sein müssten, dies häufig nicht sind, vielmehr die Zwillingskante einen weniger schrägen oder oft ganz unregelmässigen Verlauf auf den Flächen M nimmt.

Nicht darf ich unterlassen, hier zu erwähnen, dass es Geschenke einiger verehrter Freunde waren (Prof. A. Koch in Klausenburg: Labradore aus einem Trachyt von Vischegrad bei Gran. HH. Brögger und Reusch in Christiania: Oligoklas von Bamle bei Langesund. Hr. Seligmann in Coblenz: Periklin-Albit von Pfunders), wodurch meine Aufmerksamkeit auf diese Zwillingsverwachsung und zwar zunächst auf den Verlauf der Kante über M$\underline{\text{M}}$ gelenkt wurde. — Der grosse Albit-Krystall, welcher in seinen wesentlichsten Zügen durch die Figuren 11 und 11 a dargestellt ist, zeigt auf den M-Flächen drei stumpfe Zwillingskanten. Betrachtet man die Gruppe in der Stellung der Figur 11 a, in der die P-Flächen zu Linien sich verkürzen, so erscheint die mittlere ausspringende Kante genau parallel den Kanten P : M, während die beiden seitlichen einspringenden Zwillingskanten nach dem hinteren Ende des Krystalls, an welchem die Flächen x erscheinen würden, konvergiren. Der angedeutete Verlauf der drei Kanten tritt an diesem Gebilde — und zwar auf beiden Seiten

desselben in identischer Weise — so zweifellos und überzeugend hervor, dass man die schiefe Richtung der äussern Kanten als durch das Gesetz der Zwillingsverwachsung begründet und keineswegs durch zufällige Unregelmässigkeiten oder Störungen der Flächen verursacht erachten muss. Die merkwürdige Gruppe ist demnach als ein Doppelzwilling mit Durchkreuzung nach zwei Gesetzen aufzufassen: „Drehungsaxe die Normale zur Basis P“ und „Drehungsaxe die Makrodiagonale“; sie besteht aus vier Individuen, von denen ein jedes zwei getrennte Stücke bildet. — Genau dieselben Wahrnehmungen gestatten zwei andere treffliche Stufen aus Pfunders im hiesigen mineralogischen Museum, und zwar der neu erworbenen Krantz'schen Sammlung angehörig, und bestätigen die eben gegebene Deutung; auch lassen sie an zerbrochenen Stellen erkennen, dass jene Zwillingskanten nicht etwa nur eine Erscheinung der Oberfläche sind, sondern Trennungsebenen angehören, welche durch den ganzen Krystall stetig fortsetzen. Betrachten wir nun den Albit und seine Zwillingsbildung nach dem Gesetze der Makrodiagonale etwas näher.

In den Figuren 1 und 2 sind einfache Combinationen dargestellt:

$$T = (\infty c : a : b);\ \infty P'$$
$$l = (\infty c : a : b');\ \infty 'P$$
$$M = (\infty c : \infty a : b);\ \infty \breve{P} \infty$$
$$P = (c : \infty a : \infty b);\ oP$$
$$x = (c : a' : \infty b);\ ,P,\infty$$

Bei der grossen Analogie aller triklinen Feldspathspecies verdient die Aufstellung Des Cloizeaux's Nachahmung[3], der zufolge bei allen Plagioklasen in der normalen Stellung die stumpfe Kante P : M zur Rechten liegt. Fig. 2 würde die Form des Periklin darstellen, wenn diese parallel der Makrodiagonale ver-

[3] In Bezug auf die Signatur der Flächen des rhomboidischen Prisma T l glaubte ich von dem bisherigen Brauch nicht abweichen zu dürfen, welchem zufolge nun allerdings mit T bald die zur Rechten, bald die zur Linken liegende Prismenfläche bezeichnet wird. Besser würde es gewiss sein, auch hierin Des Cloizeaux's Beispiel zu folgen, und bei allen Plagioklasen mit T entweder stets die rechte oder stets die linke Fläche zu bezeichnen. Um jeder Verwechslung vorzubeugen, habe ich daher, wo es nöthig schien, den Prismenflächen auch die Des Cloizeaux'sche Signatur beigefügt.

längerte Ausbildungsweise überhaupt bei einfachen Albitkrystallen vorkäme, was nicht der Fall ist. Die Zwillinge parallel der Makrodiagonale sind in den Figg. 3 u. 4 wiedergegeben. Dreht man die eine Hälfte des Zwillings 180° um die gemeinsame Makroaxe, so kommt sie in die Stellung der andern Hälfte. Es gibt zweierlei Zwillinge dieses Gesetzes, von denen die einen mit den oberen, die andern mit den unteren P-Flächen verbunden sind. Die erstere Art Fig. 4 weist das obere Individuum in der gewendeten, das untere in der normalen Stellung auf; umgekehrt ist es bei Fig. 3. Die basischen Flächen liegen nicht überdeckbar, mit incongruenten Rändern auf einander, wie es in den Zeichnungen deutlich zu erkennen ist. Die Winkel des Albits sind bekanntlich (in auffallendem Gegensatze zum Anorthit) schwankend und demnach differiren auch die von den verschiedenen Autoren angenommenen Axenelemente.

Aus den von Breithaupt für den Periklin angegebenen Winkeln

$$P : M = 86^0\ 41'; \quad T : M = 120^0\ 18'; \quad T : l = 120^0\ 37';$$
$$P : T = 114^0\ 45'; \quad P : x = 127^0\ 46'$$

berechnete ich folgende Axenelemente (I):

$$a : b : c = 0{,}638128 : 1 : 0{,}55822$$
$$\alpha = 93^0\ 18^1/_2'; \quad \beta = 116^0\ 51^3/_4'; \quad \gamma = 89^0\ 13^1/_3'$$
$$A = 93^0\ 19'; \quad B = 116^0\ 51^5/_6'; \quad C = 89^0\ 11'.$$

Alle Winkel beziehen sich auf den rechten obern Octanten. Der Winkel der brachydiagonalen Axen unserer Zwillinge berechnet sich demnach wenn wir die obigen Elemente zu Grunde legen $= 1^0\ 33^1/_3'$, der Winkel der Verticalaxen $= 6^0\ 37'$. Für die gewöhnlichen Albit-Varietäten, z. B. die ausgezeichneten Krystalle von Schmirn, ergeben die Messungen von den obigen etwas abweichende Werthe. Als die wahrscheinlichsten Winkel der Krystalle von Schmirn möchte ich die folgenden betrachten:

$$P : M = 86^0\ 30'; \quad P : n = 133^0\ 15'; \quad P : o = 122^0\ 15';$$
$$n : o = 133^0\ 2'; \quad o : x = 152^0\ 30'\ ^4.$$

---

[4]) Der Winkel P : M ist den Messungen Des Cloizeaux's und Marignac's entnommen; in Bezug auf die vier andern s. Pogg. Ann. Ergänzungsbd. V. S. 428.

Es entsprechen denselben folgende Axenelemente:

$$a : b : c = 0{,}636484 : 1 : 0{,}559250$$
$$\alpha = 94^0\ 5^1/_3{}'; \quad \beta = 116^0\ 42^1/_2{}'; \quad \gamma = 87^0\ 51^1/_2{}'$$
$$A = 93^0\ 30'; \quad B = 116^0\ 37^3/_4{}'; \quad C = 89^0\ 39^1/_3{}'$$

Diesen Axenelementen entspricht demnach als Winkel der Brachyaxen unseres Zwillings $4^0\ 17'$, während die Vertikalaxen, resp. die Kanten T : l, $\underline{T} : \underline{l}$ sich unter $8^0\ 10^2/_3{}'$ schneiden. Unter Voraussetzung dieser Elemente sind die Figg. 3 u. 4 gezeichnet, indem jene oben berechnete Divergenz der Brachyaxen von nur $1^0\ 33^1/_4{}'$ nicht deutlich genug hätte zur Anschauung gebracht werden können. Den Periklinen von Pfitsch und Pfunders, sowie denen von Oberwald im Cant. Wallis kommt indess jedenfalls eine nur geringe Divergenz der Brachyaxen zu, welche nur unmerkbar von dem oben angegebenen Winkel ($1^0\ 33'$) abweichen kann. Die zum Zwilling verbundenen Individuen können nun entweder ohne oder mit Überwachsung der incongruenten Ränder verbunden sein. Im ersteren Falle treffen die Flächen der Zwillingsindividuen nicht genau zu Kanten zusammen; im zweiten Falle entstehen ringsum durch Überwachsung Zwillingskanten, deren Ebene dem oben entwickelten rhombischen Schnitt entspricht. Es wiederholen sich hier auf das Genaueste alle Erscheinungen, welche in meiner frühern Arbeit über den Anorthit dargelegt wurden (Pogg. Ann. Bd. 147, S. 22—63). Während bei den herrlichen Krystallen des vesuvischen Minerals nachgewiesen werden konnte, dass ein Fehlen der schiefen Zwillingskante auf M (resp. ein scheinbar paralleler Verlauf derselben zur Kante P : M) stets auch incongruente Ränder bedingt, ist ein gleicher Nachweis bei der unvollkommeneren Ausbildung des Periklins nicht immer möglich. Die Beziehungen zum Anorthit lassen indess keinen Zweifel an der Thatsache, dass auch in denjenigen Fällen, in denen man eine scheinbar zur Kante P : M parallele Zwillingsgrenze zu beobachten glaubt, dennoch kein anderes Zwillingsgesetz als das der Makrodiagonale eingesetzt wird.

Untersuchen wir nun die Lage der Ebene der Überwachsungskanten oder mit anderen Worten der congruenten Berührungsebene des Periklinzwillings! Es kann dies geschehen, indem wir in Fig. 3 ein sphärisches Dreieck bilden aus den beiden Flächen M und dem rechts vorragenden Theile der basischen Fläche P des

untern Individs. Die Ecke des körperlichen Dreiecks liegt am Ende der Makroaxe. Noch weit einfacher gelangen wir indess zu dem gleichen Resultat, indem wir die Lage des rhombischen Schnitts berechnen. Die Rechnung ergibt für den Winkel, unter welchem die Berührungsebene und die Basis sich schneiden — unter Voraussetzung der Axenelemente I — 13° 11′ und für den ebenen Winkel, welchen in der Fläche M die Zwillingskante mit der Kante P : M bildet, — 13° 12$^1/_3$′; und für die Axenelemente II : 21° 54′ resp. 22° 0′.

An einem der oben erwähnten Doppelzwillinge konnte ich den ebenen Winkel auf M, welchen die Zwillingskante mit der Kante P : M bildet, mit ziemlicher Genauigkeit messen = 13°, in befriedigender Übereinstimmung mit der auf die Breithaupt'schen Winkel gegründeten Rechnung. Auch die beiden andern Doppelzwillinge ergeben einen ähnlichen Winkel.

Andere Krystalle zeigen indess für jenen ebenen Winkel auf M, der sich häufig mit genügender Sicherheit messen lässt, einen grösseren Werth. So bestimmte ich an einem vortrefflichen Albitzwilling nach dem Periklingesetz von Kragerö jenen ebenen Winkel = 22°. Die Axenelemente dieses Vorkommens scheinen demnach mit denen der Krystalle von Schmirn (II) nahe übereinzustimmen. — Der Albit von Kragerö (aus der Krantz'schen Sammlung), begleitet von Eisenglanz, bildet wohlausgebildete, bis 25 Mm. grosse Krystalle, welche nach mehreren Gesetzen verwachsen sind. Am häufigsten ist das Gesetz „Drehungsaxe die Verticale". Diese letzteren Krystalle gewinnen dadurch ein ungewöhnliches Ansehen, dass neben dem P (oP) des einen Individuums gewöhnlich nur die Fläche o = P, des andern entwickelt ist. Die Krystalle sind tafelförmig parallel M; T, l, z, f nur klein. Zahlreiche Lamellen nach dem Gesetze der Normalen zu M sind eingeschaltet. An mehreren Krystallen findet sich der Periklin-Zwilling, charakterisirt durch die einspringende Kante auf M, welche, ziemlich geradlinig verlaufend, mit der Kante P : M nach vorn unter dem Winkel von ca. = 22° convergirend, den Beweis für das Gesetz der Makrodiagonale liefert. An einem dieser Krystalle wurden mittelst des grossen Goniometers folgende Winkel annähernd bestimmt:

P : n = 133° 35′; P : l = 110° 55′; P : z = 99° 45′;
P : M = 86° 48′.

Für diese Krystalle fand ich folgende Zusammensetzung:

Albit von Kragerö. Spec. Gew. 2,600.

Kieselsäure . . .	66,30	Ox. 35,36
Thonerde	20,90	9,76
Kalk	0,35	0,01
Natron (Verlust) .	12,10	3,12
Glühverlust . . .	0,35	
	100,000.	

Sauerstoffproportion = 0,96 : 3 : 10,87.

Es offenbart sich demnach in der Richtung der Zwillingskante auf M ein feines Kennzeichen für den Winkel γ, der seinerseits wieder zumeist abhängt von den Kanten der verticalen Flächen. Um den Einfluss einer selbst nur kleinen Veränderung der Kante T : l auf die Richtung der Zwillingslinie in M deutlich zu erkennen, müssen wir bei constant angenommenen Kanten P : M, P : l, M : l, dem rhomboïdischen Prisma T : l successive andere Winkelwerthe geben. Wir legen den Rechnungen zu Grunde die aus den Axenelementen II folgenden Werthe P : M = 86° 30′, P : l = 111° (genauer 110° 59′ 45″), M : l = 119° 53′ (genauer 119° 52′ 42″). Es ergibt sich ferner der ebene Winkel der Basis, welcher den Flächen P und l anliegt, = 123° 55$^3/_4$′.

Die Kante T : l des Albits ist bekanntlich die am meisten schwankende des ganzen Systems (s. Des Cloizeaux Manuel p. 318); sie wird angegeben von G. Rose = 122° 15′, von Marignac und Des Cloizeaux als Mittel einer grossen Zahl von Messungen der Albite des Mont Blanc = 121° 45′, von Marignac zufolge seiner Beobachtungen am Periklin = 121° 5′, von Breithaupt für den Periklin = 120° 37′. Bekanntlich nähert sich das verticale Prisma des Albits zuweilen gar sehr einem rhombischen, es würde aber eine Gleichheit der Kanten M : l und M : T stattfinden, wenn T : l = 120° 14′.

Den Einfluss dieser 5 verschiedenen Winkelwerthe auf die Richtung der Zwillingskante, sowie auf einige andere Winkel des Systems erkennt man aus folgender Tabelle.

T : 1	T : M	P : T	*C* (Winkel der Axenebenen an der Verticalaxe)	*α* (Winkel der Axen b und c)	*γ* (Winkel der Axen a und b)	Neigung der Zwillingskante auf M	
						zur Verticalen;	zur Kante P : M
122° 15′	117° 52′	115° 8¾′	88° 51¾′	94° 29⅙′	86° 58¼′	75° 48′	**12° 29⅚′**
121° 45′	118° 22′	115° 3⅔′	89° 8½′	94° 20⅚′	87° 16⅚′	79° 12⅚′	**15° 53½′**
121° 5′	119° 2′	114° 56½′	89° 26⅓′	94° 11¾′	87° 37′	82° 24¼′	**19° 6′**
120° 37′	119° 30′	114° 51⅓′	89° 46⅚′	94° 1¾′	87° 59½′	86° 46¾′	**23° 28½′**
120° 14′	119° 53′	114° 47′	89° 51½′	94° 55′	88° 14½′	87° 50⅔′	**24° 32⅓′**

Es ergibt sich demnach, dass der ebene Winkel der Zwillingskante auf M sich sehr bedeutend ändert, während die Kante des rhomboidischen Prisma und mit ihr die andern angegebenen Winkel nur geringen Änderungen unterliegen. In der That, während der Kantenwinkel T : l nur um 2° 1′ abnimmt, wächst der ebene Winkel zwischen Kante P : M und der Zwillingslinie um mehr als 12°. Diese letztere ist demnach ein wahrer Multiplicatorzeiger, welcher die kaum nachweisbaren Veränderungen der Prismenkante und den geringsten Wechsel im Werth des Winkels α deutlich als einen ebenen Winkel an die Oberfläche des Krystalls trägt.

Eine Parallelität der Zwillingslinie mit Kante P : M würde eintreten, wenn die Basis (P) rhombisch, d. h. die beiden ebenen Winkel, welche den Kanten M : l und M : T anliegen, gleich würden. Es entspräche dies einem Werthe der Kante T : l von 117° 55$^1/_3$′, welcher indess niemals vorkommt. — Es braucht kaum erwähnt zu werden, dass sämmtliche angegebenen Winkel nur Geltung haben unter Voraussetzung der oben als konstant betrachteten Kanten P : M, P : l und M : l. Ein Schwanken derselben verändert selbstverständlich die in der Tabelle berechneten Winkel. Indess sind eben den Messungen zufolge diese drei Kanten konstanter als T : l. Die Bestimmungen von P : M schwanken von 93° 36′ bis 93° 19′, für P : l von 110° 50′ bis 110° 48′, für M : l von 120° 16′ bis 119° 5′.

Wollte man nun, mit Rücksicht auf den zuweilen parallel erscheinenden Verlauf der Zwillingskante zur Kante P : M (bedingt durch die fehlende Überwachsung), an der Alleingültigkeit des Gesetzes der Makrodiagonale zweifeln und für gewisse Fälle die Normale zur Brachydiagonale, im Sinne des von Kayser aufgestellten Gesetzes, als Drehungsaxe supponiren, so erwäge man, um die Irrthümlichkeit einer solchen Voraussetzung zu erkennen, das Folgende. Eine Drehung zweier Albit-Individuen um die Normale zur Brachyaxe wurde von G. Rose (a. a. O.) vortrefflich entwickelt und in meisterhaften Figuren dargestellt, von denen zwei in den Figg. 5 und 6 wiedergegeben sind. Man erkennt, dass die bei dieser Verwachsung entstehenden incongruenten Ränder der Basis eine durchaus verschiedene Lage besitzen, wie bei einem Zwillinge parallel der Makrodiagonale. Gleichen sich nun durch Überwachsung die vorragenden Ränder aus, oder mit an-

dern Worten, stellt sich die Ebene des rhombischen Schnittes her, so muss dieselbe eine ganz schiefe Lage haben, wie die Fig. 6 es deutlich zeigt. Die Berührungsebene der Individuen geht nun nicht parallel der Makroaxe, sie fällt nicht in die Zone P : x, sondern sie ist parallel der Brachyaxe und besitzt eine von Links nach Rechts stark geneigte Lage, und zwar müsste diese Senkung rechts hinab bei beiden, auch hier möglichen Zwillingsmodificationen eintreten. Eine solche zur Makroaxe schief geneigte Berührungsfläche — die nothwendige Consequenz eines Zwillingsgesetzes parallel der Normalen zur Brachydiagonale — nimmt man indess bei den Zwillingen, welche aus- resp. einspringende Kanten auf M zeigen [5], niemals wahr. Stets geht die Berührungsebene — ohne Unterschied, ob die Individuen mit oder ohne Überwachsung verbunden sind — parallel der Makroaxe.

Einfache Zwillinge des Albits nach dem Gesetze der Makrodiagonale scheinen nicht vorzukommen. Dieselben sind vielmehr stets durchkreuzt, wie Fig. 7 es veranschaulicht. Ein solcher Kreuzzwilling zeigt an beiden Enden der Makroaxe einspringende Kanten. Die beiden Enden sind aber verschieden, das linke entspricht der Fig. 3, das rechte der Fig. 4. Diese Durchkreuzung bedingt es, dass man nie eine ausspringende, sondern nur einspringende Zwillingskanten wahrnimmt; es müsste denn sein, dass die Zwillingsbildung sich oftmals wiederholt und dadurch der Krystall zu einer polysynthetischen Gruppe mit abwechselnd aus- und einspringenden Winkeln wird. In Bezug auf die Aufwachsung der stets nur mit einem Ende frei ausgebildeten Krystalle verhalten sich die beiden Seiten des Zwillings unterschiedslos. Dies ist die Ursache, wesshalb man — was bereits G. Rose hervorhebt — gleich häufig Zwillinge der ersten (Fig. 3) wie der

---

[5] Dieser letztere Zusatz ist nöthig, denn es kommt bei den Plagioklasen und namentlich bei dem Labrador in der That eine Zwillingsbildung vor, zufolge deren die Individuen sich mit einer schiefen Fläche berühren. Das Gesetz lautet: Drehungsaxe die Kante P : M, Drehung 180°. Die Individuen legen nun sowohl die P- als auch die M-Flächen in parallele Ebenen. Die incongruenten Ränder der basischen Flächen gleichen sich nun in jener schiefen Verwachsungsfläche aus. (Vergl. Websky, Diallag, Hypersthen und Anorthit in Gabbro von Neurode, Ztschr. d. d. geol. Ges. Bd. XVI. 1864. S. 537. Taf. XVII. Figg. 7, 8, 9).

zweiten Art (Fig. 4) erblickt. Gewöhnlich begrenzen sich die Individuen nicht so regelmässig mit einer zu P und x normalen Fläche, wie die Fig. 7 es darstellt; vielmehr verläuft die Grenze über die genannten Flächen regellos. Zuweilen alterniren von der rechten oder von der linken Seite, über die Mitte hinübergreifend, die Zwillingsblätter. Häufig brechen auch in der Fläche P des einen Individs unregelmässig umgrenzte Partien des andern hervor, welche genau in gleicher Ebene liegen, doch sich durch eine andere Streifungsrichtung kennzeichnen; es ist dies jene rauhe, etwas gekrümmte Streifung, parallel der Kante mit T, welche bereits in früheren Darstellungen deutlich hervorgehoben wurde. Nicht ganz selten verräth sich auch die Durchkreuzung der Individuen durch eine schwache Einkerbung der Kante P : r, so dass alsdann die Analogie mit einem früher dargestellten Anorthit-Zwilling in der That sehr überraschend ist.

Die Zwillingsgrenze auf M erscheint durchaus nicht immer gradlinig und regelmässig, wie in der Fig. 7 dargestellt, vielmehr oft äusserst regellos. Diese unregelmässige, zuweilen zickzack- oder schlangenförmige Grenze erschwerte früheren Beobachtern die Wahrnehmung der schiefen Richtung der Zwillingskante zur Kante P : M. Diese äusserst regellose Begrenzung der Individuen, welche in Fig. 8 naturgetreu wiedergegeben ist (s. andere sorgfältige Darstellungen in der Arbeit G. Rose's) kommt zum Theil auf Rechnung einer diese Perikline bedeckenden jüngern Albitbildung. Zahllose Albitkrystalle, welche zu einer geschlossenen Hülle sich verbinden, bedecken ein jedes der zum Zwilling verbundenen Individuen, mit diesem parallel gestellt. Die beiden Stellungen der neugebildeten Albit-Rinde begrenzen sich nicht genau an der Zwillingskante des Periklins. Bald greifen die Krystallgebilde der einen Stellung, bald die der andern über die Periklingrenze hinweg, dieselbe maskirend und jenen äusserst unregelmässigen, gezähnelten Verlauf bewirkend. Interessant ist die Wahrnehmung, wie zuweilen das eine Periklin-Individuum eine weit dickere Überrindung mit neuer Albit-Substanz bedingt als das andere, so dass gewisse Theile der Flächen M, T und l höher liegen, bis 1 Mm., als die andern. Durchschlägt man einen Periklin, dessen M-Flächen jenen äusserst unregelmässigen Verlauf der Grenze darbieten, annähernd parallel den M-Flächen (was

nicht ganz leicht gelingt), so nimmt man auf der Bruchfläche eine wesentlich verschiedene Vertheilung der Individuen wahr (s. Fig. 9). Der feingekrümmte Verlauf zeigt sich nun nicht mehr, vielmehr lässt die mannigfach gebrochene Grenze wesentlich zwei Richtungen erkennen, eine verticale und eine andere, welche dem rhombischen Schnitt — also der vom Gesetze der Makrodiagonale geforderten Begrenzungsfläche — entspricht. In dieser letztern Richtung erstrecken sich geradlinig schmale, zuweilen haarfeine Partien des einen Individs in das andere hinein; es sind dies die Querschnitte von alternirenden Blättern. Diese interessante Vertheilung der Zwillingsindividuen, welche man am besten bei Lampenlicht mittelst der Loupe wahrnimmt, lässt wegen der stets wieder einsetzenden Richtung parallel der vom Gesetz der Makrodiagonale geforderten Zwillingskante keinen Zweifel an der Richtigkeit der oben dargelegten Auffassung.

Wir kehren nun zurück zu dem bereits oben erwähnten polysynthetischen Gebilde Fig. 11, dessen Bau durch die ideale Fig. 10 vollkommen verständlich werden wird. Die vier Individuen, von denen ein jedes in zwei Hälften getheilt ist, besitzen parallele Makroaxen, zweierlei Richtungen der Brachyaxen und eine vierfache Stellung der Verticalaxen. Gleiche Brachyaxen besitzen die Individuen I und III, sowie II und IV. Nach dem Gesetze der Makroaxe sind verbunden die Krystalle I und II, sowie III und IV; während das Zwillingsgesetz, dessen Ausdruck ist: „Drehungsaxe die Normale zur Basis P“ der Stellung der Individuen I und III, sowie II und IV zu Grunde liegt. Je zwei nach dem Gesetze der Makrodiagonale verbundene Krystallstücke berühren sich entweder nur mit einem einzigen Punkte, so I und II, I a und II a, III a und IV a, III und IV, oder sie liegen mit der Basis auf einander, haben aber nur einen Punkt des Kantenverlaufs gemeinsam, die Mitte der Kante P : M; so die Krystallstücke II und I a, I und II a etc. Je zwei nach dem Gesetze der Normalen zu P gruppirte Stücke, z. B. I a und II a, II und IV, besitzen eine congruente Umgrenzung der Basis. Von besonderem Interesse sind wohl die keilförmigen, sich bald schliessenden bald öffnenden Räume, welche in der Richtung der Medianebene die Gruppe durchsetzen und welche gleich den incongruenten Rändern der Basis durch Fortwachsung ausgeglichen werden müssen. In dieser

Weise entsteht der in Fig. 11 dargestellte Durchkreuzungsvierling des Albits. Der Ausgleich der incongruenten Ränder, welcher im rhombischen Schnitt erfolgt, erzeugt zwei, ringsum durch gestrichelt-punktirte Linien bezeichnete Ebenen, welche nach hinten convergiren. Das Krystallgebilde Fig. 11 verdient auch dadurch unsere Aufmerksamkeit, dass nur die Flächen M je zwei parallele Seiten resp. Kanten aufweisen. Die Flächen P besitzen keine parallele Seiten, indem die Kanten P : M nach vorne convergiren und zwar unter Annahme der Axenelemente I mit dem Winkel $1^0\ 33^1/_4{}'$, oder, wenn wir die Elemente II zu Grunde legen, mit $4^0\ 17'$. Diese letzteren sind bei Construction der Fig. 10 und 11 angenommen, um die Nichtparallelität deutlich zur Anschauung zu bringen. Die obere und die untere P-Fläche sind congruent, nicht aber mit ihnen die mittlere Ebene, die Zwillingsebene der Individuen I und III oder II und IV. Die ausspringende Zwillingskante der Flächen M geht nicht parallel den Kanten P : M der Basis. Die Kante der Flächen T der Krystallstücke I a und III a (vorne rechts) läuft parallel der scharfen Kante P : T (hinten links) des Individs I u. s. w.

Bekanntlich ist der von Breithaupt als besondere Species unterschiedene Hyposklerit von Arendal seiner chemischen Zusammensetzung, sowie seiner Form nach ein Albit. Auch die Periklinverwachsung findet sich sehr ausgezeichnet bei dem Hyposklerit. Die Zwillingsgrenze (stets einspringend) bildet auf M mit der Kante P : M den Winkel von etwa 22^0 wie bei dem Albit von Kragerö.

Für Albit und Anorthit gilt demnach dasselbe Zwillingsgesetz, „der Makrodiagonale“, welches sich indess insofern verschieden äussert, dass die Zwillingsgrenze beim Albit je nach den wechselnden Winkeln des verticalen Prisma's, weniger geneigt wie die Kante P : M, mit dieser einen Winkel von 13^0 bis 22^0 bildet, während beim Anorthit die Zwillingskante steil nach vorne abwärts neigt, mit P : M 16^0 einschliessend. Es erhebt sich nun die Frage, wie verhalten sich in dieser Hinsicht die Kalknatronfeldspathe. Ermöglicht die Richtung der Zwillingskante auf M, ihre steilere oder geringere Neigung zur Verticalaxe, vielleicht eine Unterscheidung der verschiedenen Glieder, welche in allmäligem Übergang den Albit mit dem Anorthit verbinden.

Die HH. W. C. Brögger und Reusch beschrieben in ihrer trefflichen Arbeit „Vorkommen des Apatit in Norwegen“ (Ztschr. d. deutsch. geol. Ges. Bd. 27, S. 676) unter den Mineralien, welche den Apatit von Vestre Kjörrestad in Bamle unfern Langesund begleiten, einen merkwürdigen Plagioklas unter dem Namen Esmarkit. Die Krystalle, im Innern von lichtgrünlicher Farbe, zeigen eine dunkele, unebene, zuweilen runzelige Rinde, wodurch sie in hohem Grade an die Plagioklase von Bodenmais, Lojo und Orijärfvi erinnern. Wie die gen. Autoren bereits genau schildern, sind diesen Krystallen in zwei Richtungen geordnete Zwillingslamellen eingeschaltet, von denen die einen, dem Gesetz „Drehungsaxe die Normale zu M“ entsprechend, auf P hervortreten, die andern, erzeugt durch die Zwillingsbildung der Makrodiagonale, auf M. Diese letzteren Streifen sind zur Verticalaxe etwas weniger geneigt als die Kante P : M, indem sie mit letzterer einen Winkel von ungefähr 4^0 einschliessen (Fig. 14a). Die von HH. Brögger und Reusch an zehn verschiedenen Krystallen und Spaltstücken gemessenen ebenen Winkel schwanken zwischen $3^0\ 22'$ und $6^0\ 42^3/_4{}'$, während die an einem Spaltungsstück gemessene Kante P : M $86^0\ 5^1/_2{}'$ ergab.

Dieser in grossen Krystallen mit doppelter Streifung vorkommende Plagioklas wurde nun als identisch betrachtet mit einem andern sehr ähnlichen, doch nur in spaltbaren Stücken gleichfalls zu Bamle vorkommenden triklinen Feldspath, für welchen eine Analyse Pisani's (s. Compt. rend. 55, 450) die Zusammensetzung eines etwas zersetzten (1,3 pCt. Wasser) und unreinen Anorthit ergeben hatte (Des Cloizeaux, Sur la véritable nature de l'Esmarkite. Ann. de chimie et de phys. 4. sér. t. XVIII, 1869). Die genannten norwegischen Forscher hatten die Güte, mir einen vortrefflichen Krystall jenes sogen. Esmarkit zu verehren, welcher in Fig. 14, 14a dargestellt ist. Nach dem Vorgange Des Cloizeaux's neigt auch hier P zur Rechten hinab.

$T = \infty{}'P$; $l = \infty P'$; $z = \infty{}'\breve{P}3$; $f = \infty \breve{P}'3$; $M = \infty \breve{P} \infty$;

$P = oP$; $n = 2{}'\breve{P}\infty$; $e = 2{}_{,}\breve{P}'\infty$; $o = P_{,}$; $p = {}_{,}P$.

Wenn nun wirklich die Richtung der Zwillingslinien auf M ein Kennzeichen für die Unterscheidung der Plagioklase sein soll,

so kann der dargestellte Krystall von Bamle, da jene Linien mit der Kante P : M nach vorn convergiren, kein Anorthit sein. Meine Untersuchung ergab:

Plagioklas von Vestre Kjörrestad in Bamle.

Kieselsäure	61,91	Ox. 33,02	
Thonerde	23,68	11,06	
Kalk	4,45	1,27	3,76
Natron (Verlust) . .	9,64	2,49	
Glühverlust	0,32		
	100,00		

Sauerstoffproportion 1,02 : 3 : 8,95.

Das untersuchte Mineral ist demnach ein typischer Oligoklas und die Streifung auf M hat sich als ein sicherer Führer bewährt. Es sind also auf jener Apatit-Lagerstätte von Bamle zwei verschiedene Plagioklase zu unterscheiden: der von Pisani analysirte Anorthit mit einem spec. Gew. 2,737 und der obige Oligoklas, dessen optische Eigenschaften Hr. Des Cloizeaux die Güte hatte zu ermitteln, in Bestätigung der auf die chemische Zusammensetzung gegründeten Bestimmung. In einer brieflichen Mittheilung (5. Jan.) bemerkt Hr. Des Cloizeaux, dass auch der Anorthit von Bamle (der sog. Esmarkit) eine Streifung auf M trage, dass dieselbe indess mit der Kante P : M nicht nach vorne, sondern nach hinten convergire unter einem Winkel von etwa 14°.

Das Zwillingsgesetz der Makrodiagonale findet sich ebenfalls an den ausgezeichneten Oligoklas-Krystallen von Arendal. Diese Zwillinge erwähnt auch bereits Kayser (a. a. O. S. 118). Die Verwachsungsebene der Individuen, welche hier stetig und nicht so zackig und springend wie häufig beim Albit verläuft, scheint beim ersten Anblick der Krystalle fast genau parallel P zu sein. Ohne Zweifel haben diese Oligoklas-Krystalle dazu beigetragen, Kayser in seiner irrigen Auffassung des Periklingesetzes zu bestärken. Indem er den am Oligoklas beobachteten Grenzverlauf auf den Albit übertrug, glaubte er darin einen Beweis zu finden, dass die schiefe Richtung der Zwillingskante bei letzterem Mineral nur durch Störungen bedingt sei; während in Wahrheit die angenäherte Parallelität, welche man beim Oligoklas beobachtet, daher rührt, dass der Axenwinkel γ hier nur sehr wenig spitzer als ein Rechter ist, wahrscheinlich in einzelnen Fällen wirklich

genau ein Rechter sein kann. Zu Arendal kommt der Oligoklas in verschiedenen Ausbildungsweisen vor, theils vollkommen Periklinähnlich (s. Fig. 12, 12a, 13), theils vom Ansehen des gewöhnlichen Orthoklas, „diesem — wenn man von den Winkelunterschieden absieht — zum Verwechseln ähnlich“ (Kayser). Beide Arten der Ausbildung gestatten bei sorgsamer Betrachtung keinen Zweifel an der Nichtparallelität jener Kantenlinien, sie convergiren nach vorn, also im Sinne des Albit zum Beweise, dass bei diesen Oligoklasen der Winkel γ einige Minuten schärfer als 90°. — Durch gütige Vermittlung der HH. Brögger und Reusch erhielt ich zur Untersuchung einen dem Hrn. Esmark gehörigen ausgezeichneten Oligoklas-Krystall von der Grube Langsev bei Arendal, dessen frei ausgebildetes Ende in Fig. 13 dargestellt ist. Es ist ein Oligoklas-Periklin (26 Mm. in der Makroaxe, 15 in der Brachyaxe, 10 in der Verticalen messend), wie alle Perikline, ein Kreuzzwilling. Am Krystall ist das untere oder gewendete Individ im Vergleich zum oberen oder normal gestellten etwas verkümmert; in der Zeichnung ist demselben eine grössere Ausdehnung gegeben. Dem obern Individ ist nun ein keilförmiges Krystallstück eingeschaltet, dessen Stellung derjenigen des untern Individs entspricht. Von den beiden nach hinten unter einem sehr spitzen Winkel convergirenden Begrenzungsflächen dieses Keils geht die untere genau parallel der Kante P : M, während die obere durch einen einspringenden Winkel bezeichnet, nach vorn mit der Kante P : M convergirt. Durch eine genaue Prüfung überzeugt man sich, dass die untere Begrenzung des Keils durch einen vorragenden Rand gebildet wird, dass also hier eine incongruente Verbindung stattfindet, während oben die charakteristische schiefe Überwachsungskante in der Ebene des rhombischen Schnitts erscheint. Wenn man den incongruenten Rand übersieht (welcher in der Figur der Deutlichkeit halber breiter angegeben ist, als er in der That ist), so könnte man vielleicht die Frage aufwerfen, welche von beiden Kanten des keilförmigen Stücks ist die Zwillingsgrenze? Während die obere unzweifelhaft auf das Gesetz der Makrodiagonale deutet, glaubt man in der untern parallelen Begrenzung eine Verbindung parallel der Normalen zur Brachyaxe zu sehen. So würde sich die Frage bieten: „Kann ein Krystall, der von einem andern umschlossen wird, mit diesem

an der obern Seite nach einem andern Gesetze verwachsen sein als an der untern?", eine Frage, deren Beantwortung durch jenen incongruenten Rand bereits gegeben ist. Der ebene Winkel der schiefen Zwillingsgrenze mit der Kante P : M wurde zu $4^1/_4{}^0$ bestimmt, fast gleich der Schiefe des Oligoklas von Bamle.

Ähnliche Zwillingskeile, nur mit stumpferem Winkel, bemerkt man häufig am Albit; dieselben erklären sich in gleicher Weise durch eine incongruente und eine andere überwachsene Kante. Auch beim Anorthit wurden früher ähnliche keilförmige Zwillingsstücke nachgewiesen (s. Pogg. Ann. Bd. 147, S. 51, Taf. II, Fig. 15 und 17). Ein wesentlicher Unterschied liegt nur darin, dass beim Anorthit die untere Begrenzung des Keils durch die Überwachsungskante, die obere durch den incongruenten Rand gebildet wird.

Die Arendaler Oligoklase „vom Ansehen des Orthoklases" tragen zahlreiche Zwillingslamellen, theils parallel M, theils parallel der Makrodiagonale. Beide verschiedene Lamellen durchschneiden sich, was beim Anorthit niemals bemerkt wurde. Die Streifen auf M haben dieselbe Neigung zur Kante P : M, welche eben beschrieben wurde. Während die Lamellen parallel M als feine Linien sich darstellen, erscheinen die nach dem Gesetze der Makrodiagonale verbundenen Krystallstücke meist als ziemlich breite Lamellen. Der Arendaler Oligoklas zeichnet sich durch die oft vorherrschende Entwicklung der Fläche $r = {}^3/_4\bar{P}, \infty$ aus. Auch die Winkel des Oligoklas sind schwankend, wenn auch wohl nicht in demselben Maasse wie diejenigen des Albits. Vorzugsweise ist es wieder die Kante T : l, welche Veränderungen unterliegt; Des Cloizeaux mass an den Krystallen von Arendal 120° 20′, am Sonnenstein 120° 42′; vesuvische Krystalle aus ein und derselben Druse zeigten ein Schwanken jener Kante zwischen 120° 35′ und 120° 51′; s. Oligoklas vom Vesuv, Pogg. Ann. Bd. 138 S. 464. Schon Brögger und Reusch geben für den Oligoklas von Bamle den ebenen Winkel zwischen 3° 22′ und 6° 43′ schwankend an. Es würde eine Änderung der Prismenkante um einige Minuten genügen, um unsern Multiplicatorzeiger bis zur Parallelität mit der Kante P : M emporzuheben. Ich darf hier erinnern an den Oligoklas vom Antisana (Zeitschr. d. deutsch. geolog. Ges. Bd. 27, S. 301, 1875), sowie an den Oligoklas vom Vesuv (Pogg. Ann.

a. a. O.), welche — wie früher ausführlich geschildert wurde — eine zur Kante P : M parallele Zwillingsgrenze auf M zeigen. In diesem Falle besitzt der Plagioklas eine rhombische Basis. Mit Bezug auf diese neue Betrachtung der Richtung der Zwillingskante auf M ist es von Wichtigkeit, dass eine Parallelität dieser Kante mit der Brachydiagonale bei folgenden Mischungen nachgewiesen ist:

Oligoklas vom Antisana (spec. Gew. 2,599). Kieselsäure 64,3; Thonerde 22,3; Kalk 3,1; Kali 2,1; Natron 7,9.

Oligoklas von Niedermendig (spec. Gew. 2,611). Kieselsäure 63,1; Thonerde 23,3; Kalk 4,2; Kali 0,6; Natron 8,9 (s. Pogg. Ann. Bd. 144, S. 238).

Oligoklas vom Vesuv (spec. Gew. 2,601). Zwei Analysen, ausgeführt mit den geringen Quantitäten 0,449 und 0,374, ergaben: Kieselsäure 62,4 und 60,6; Thonerde 22,9 und 23,4; Kalk 2,9; Kali 2,7; Natron 7,4.

Andesin vom Vesuv (spec. Gew. 2,647). Kieselsäure 58,5; Thonerde 26,55; Kalk 6,4; Kali 0,9; Natron 7,7.

Die Abhängigkeit der Richtung unserer Zwillingslinie von der chemischen Zusammensetzung, welche bei Betrachtung des Albits, des Oligoklas und Anorthit unzweifelhaft hervortritt, wird zugleich auch — wie schon beim Albit nachgewiesen wurde — durch die Veränderlichkeit der Kantenwinkel bedingt. Während ein Parallelismus der genannten Kanten für den Oligoklas den Grenzwerth des bald sich etwas hebenden, bald sich etwas senkenden Weisers zu bezeichnen scheint, kommt diese Parallelität als charakteristische Mittelrichtung wahrscheinlich dem Andesin, sowie denjenigen Plagioklasen zu, welche zwischen Andesin und Labrador stehen. Zu diesen letzteren gehört der labradorisirende Feldspath von Ojamo in Finnland, von welchem die Krantz'sche Sammlung sehr schöne Spaltungsstücke besitzt. Dieser Plagioklas von Ojamo zeigt überaus deutliche Zwillingslinien sowohl auf P als auch auf M, welche beide vollkommen parallel gehen der Kante P : M. Wenn nun auch dieser Plagioklas kein Andesin ist, wie man nach den ältern Analysen von Bonsdorf und Laurell glauben könnte, deren Untersuchungsmaterial durch beigemengte Kieselsäure verunreinigt war, so haben wir es hier

doch mit einem zwischen Andesin und Labrador stehenden Plagioklas zu thun, wie zwei neue von mir ausgeführte Kieselsäure-Bestimmungen beweisen (deren Material auf das Sorgsamste vom beibrechenden Quarz befreit war), = 55,83 und 55,69. Spec. Gew. 2,649.

Der Farbenschiller des labradorisirenden Feldspaths von Ojamo tritt wie bei den echten Labradoren in der Ebene M hervor; auch die optischen Eigenschaften des finnischen Minerals wurden durch Hrn. Des Cloizeaux als entsprechend denjenigen des Labradors erkannt.

Von besonderem Interesse war es nun, an einem typischen Labrador die Zwillingsverwachsung nach dem Gesetze der Makrodiagonale aufzufinden und zu untersuchen. Jene oben bereits erwähnte Zusendung des Prof. A. Koch in Klausenburg, Labradorkrystalle aus dem Trachyt von Vischegrad, ermöglichte den Nachweis, dass wirklich als Resultat der bezeichneten Verwachsung beim Labrador auf M eine Zwillingskante entsteht, welche stärker abwärts sinkt, als die Kante P : M; — zum Beweise, dass beim Labrador wie beim Anorthit der Axenwinkel γ grösser als ein Rechter ist. Die Labradore von Vischegrad sind von einer etwas verschiedenen Ausbildung: A. Krystallgruppen (bis 8 Mm. gross) ursprünglich eingewachsen in einem Labrador-Hornblende-Trachyt, welcher auch Biotit und nach der Beobachtung von Prof. Koch spärlich Augit führt. Diese Krystalle sind in hohem Grade polysynthetisch, vorherrschend ist das Zwillingsgesetz „Drehungsaxe die Verticale"; eingeschaltete Lamellen gehören dem Gesetze „Drehungsaxe die Normale zu M" an; auf dieser Fläche M sieht man ausserdem als Beweis einer Zwillingsbildung „parallel der Makrodiagonale" eine stumpfe einspringende Kante, welche steiler nach vorne neigt als die Kante P : M. Diese meist zusammengehäuften Krystalle erinnern an die von Professor Tschermak beschriebenen Labradore von Vöröschpatak (Mineral. Mitth., gesammelt von Tschermak, 1874, S. 270). B. Kleine Krystalle (bis 4 Mm. gross), aus einem trachytischen Tuffe stammend, mehr vom Ansehen einfacher Krystalle, wenngleich auch sie sämmtlich Zwillings-Lamellen und -Stücke tragen. Diese Gebilde sind vorzugsweise umschlossen von den Flächen P, y, M, indem T, l, o, p, n nur untergeordnet auftreten; manche

dieser Kryställchen zeigen sehr deutlich die nach vorn steiler als P : M geneigte Zwillingskante.

Dass die Plagioklase von Vischegrad wirklich Labrador sind, wird durch eine Analyse des Prof. A. Koch bewiesen. Dieselbe ergab:

Plagioklas von Vischegrad (spec. Gew. 2,66).

Kieselsäure	50,40	Ox. 27,38	
Thonerde	30,65	14,28	
Kalk	10,53	3,01	4,42
Kali . . . . , . . .	3,36	0,57	
Natron	3,27	0,84	
Glühverlust	1,69		
	99.90		

Sauerstoffproportion 0,93 : 1 : 5,75.

Bei der besondern Wichtigkeit, welche diese Plagioklase für die Prüfung der vorgetragenen Ansicht über die Richtung der Zwillingskante als unterscheidendes Kennzeichen zu haben schienen, glaubte ich — schon mit Rücksicht auf den erheblichen Glühverlust und den dadurch angedeuteten bereits etwas verwitterten Zustand der von Prof. Koch untersuchten Krystalle — wenigstens einige Bestimmungen an den frischesten zur Verfügung stehenden Kryställchen — wiederholen zu sollen.

Kieselsäure	51,23
Thonerde nebst einer kleinen Menge Eisenoxyd .	31,68
Kalk	12,04
Kali, Natron (aus dem Verlust)	4,51
Glühverlust	0,54
	100,00

Wenngleich auch diese Analyse auf einen bereits etwas verwitterten Zustand des untersuchten Minerals hinweist, so kann doch an der Richtigkeit der Bestimmung „Labrador“ kein Zweifel sein. — Einige der Krystalle B schienen ursprünglich in Drusen aufgewachsen zu sein, so glänzend waren ihre Flächen. Es konnten die folgenden Winkel am Fernrohr-Goniometer bestimmt werden.

In Klammern stehen zur Vergleichung die Werthe des Anorthit:

P : T	= 110°	40′	(110° 40′)	
P : y	= 98	45	(98° 46′)	
	99	0		
P : M	= 86	50	(85° 50′)	
P′ : M′	= 86	20		
T : y	= 136	55	(136° 23′)	
T′ : y′	= 136	40		
y : o	= 142	15	(142° 13′)	
	„	25		
M : o	= 115	10	(115° 6′)	
		17		
P : P	= 172	35	ausspr.	(171° 40′)
M : $\bar{M}$	= 172°	30′	einspr.	(171° 20′)

Obgleich diese Messungen nicht genau genug sind, um auf sie eine Berechnung der Axenelemente des Labradors begründen zu können, so lassen sie doch die grosse Annäherung dieses Plagioklases an den Anorthit erkennen. — Unter diesen Labradoren befand sich auch ein etwa 3 Mm. grosser Doppelzwilling (Fig. 16, 16a), dessen Studium — sowohl an und für sich, als auch besonders mit Beziehung auf den grossen Albitkrystall Fig. 11 nicht ohne grosses Interesse ist. Wahrhaft bewundernswerth ist die Analogie des winzigen Kryställchen aus trachytischem Tuff und der grossen Albitplatte aus Drusen des Chloritschiefers der Centralalpen. Auch der Labrador bietet beiderseits auf den vereinigten M-Flächen drei stumpfe Zwillingskanten dar: die mittlere, welche in einer zu P parallelen Ebene liegt, ausspringend; die anderen einspringend. Entgegengesetzt zum Albit, convergiren hier die beiden schiefen Zwillingskanten nach vorn hin. Der Winkel, welchen die charakteristische Kante mit der Brachyaxe (Kante P : M) bildet, ist erheblich geringer als beim Anorthit (16° 2′). Ich schätzte ihn angenähert auf 10°. Es liegt hierin der sichere Beweis, dass der Axenwinkel γ beim Labrador etwas mehr sich dem Rechten nähert als beim Anorthit. Die Fig. 15 wird den Bau der Krystallgruppe Fig. 16 vollkommen verständlich machen. — Während bei der Albitgruppe die Kanten P : M der Krystallstücke I und II nach vorn convergiren, divergiren sie beim Labrador in dieser Richtung. So liegt der Berührungspunkt von I und II nicht vorn, wie beim Albit, sondern auf der Hinterseite. In Folge dess muss bei der aufrechten Stellung

der Krystalle die Überwachsungskante nach vorn hinabsinken. Die Verschiedenheit mit der Albitgruppe tritt namentlich hervor, wenn wir die durch Fortwachsung auszugleichenden Räume in der Medianebene mit einander vergleichen. Gewiss ist es bemerkenswerth, dass auch bei diesem durchkreuzten Labrador-Doppelzwilling die Gruppirung in der Weise erfolgt, dass nur die ausspringende Kante, welche dem Gesetze der Normalen zu P ihre Entstehung verdankt, und umgekehrt nur die einspringenden Kanten der Verwachsung parallel der Makrodiagonale zum Vorschein kommen. Angesichts der beiden polysynthetischen Gebilde, welche — trotz scharf bestimmbarer Unterschiede die höchste Analogie zeigend — von so unähnlicher Lagerstätte stammen und ihrer Bildungszeit nach so fern stehen, gewinnen wir die Überzeugung, dass die Art und Weise ihrer Entstehung eine nicht ganz unähnliche müsse gewesen sein.

Der Labrador scheint nicht eben häufig eine Zwillingsverwachsung parallel der Makrodiagonale zu bilden. So gelang es mir z. B. nicht, bei den Labradoren von der Paulsinsel auf der Fläche M Zwillingslamellen zu sehen, wenigstens keine solchen, welche auf der genannten Fläche nicht vollkommen in's Niveau mit dem Hauptkrystall fallen. Wohl aber erkannte ich Zwillingsblätter im Labrador des Gabbro von Hausdorf in Schlesien, und überzeugte mich — den Angaben früherer Beobachter entgegen — auf das Bestimmteste, dass sie nicht parallel, sondern schief zur Kante P : M verlaufen, also auch hier dem Gesetze der Makrodiagonale entsprechen.

Das Studium von Gebilden von der Art, wie sie der vorliegenden Untersuchung zum Gegenstande dienten, liefert wohl den Beweis, dass mathematische Gesetze mit grösster Strenge den Bau und die Stellung der Krystalle beherrschen.

Erklärung der Tafel XIII.

Fig. 1. Albit; die stumpfe Kante P : M liegt oben zur Rechten.

„ 2. Albit, verlängert in der Richtung der Makrodiagonale.

„ 3, 4. Albit, Zwilling nach dem Gesetze „Drehungsaxe die Makrodiagonale"; die basischen Flächen liegen mit incongruenter Begrenzung auf einander; in 3 steht das obere Individ normal, in 4 das untere.

Fig. 5, 6. Ideale Albit-Zwillinge (Periklin) nach dem nicht vorkommenden Gesetze "Drehungsaxe die Normale in P zur ‚Brachyaxe'", mit incongruenten (5) und mit überwachsenen (6) Rändern (Copien nach G. Rose).

„ 7, 7a. Albit, Durchkreuzungszwilling nach dem Gesetze der Makrodiagonale. Die Berührungsebene, der rhombische Schnitt, bildet mit P den Winkel von etwa 22°.

„ 8, 9. Albit-Zwilling (Periklin), die Begrenzung der Individuen auf M (8), und im Bruche parallel M (9) zeigend.

„ 10, 11. 11 a. Albit (Periklin), Durchkreuzungsdoppelzwilling, nach den Gesetzen: „Drehungsaxe die Normale zur Basis" und „Drehungsaxe die Makrodiagonale".

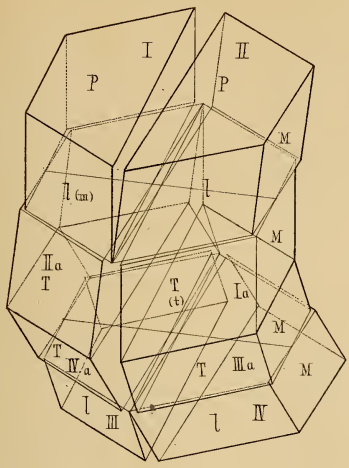
„ 12, 12 a. Oligoklas, Kreuzzwilling nach dem Gesetz der Makrodiagonale von Arendal; die Berührungsebene, der rhombische Schnitt, schneidet P unter etwa 4°.

„ 13. Oligoklas von Arendal, Grube Langsev, gleich dem vorigen, mit einer eingeschalteten keilförmigen Zwillingslamelle.

„ 14, 14 a. Oligoklas von Kjörrestad in Bamle, Norwegen, mit Zwillingsstreifen sowohl nach dem Gesetze „Drehungsaxe die Normale zu M", als auch nach dem Gesetze der Makrodiagonale. Die durch das letztere Gesetz bedingten Streifen (auf M) bilden mit der Kante P : M den Winkel von circa 4°, und sind weniger nach vorn geneigt als P.

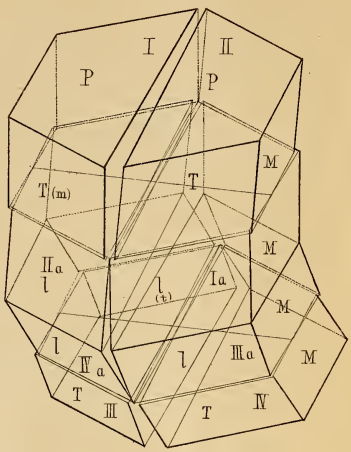
„ 15, 16, 16 a. Labrador von Vischegrad bei Gran aus Trachyttuff; Durchkreuzungsdoppelzwilling nach den Gesetzen der Normalen zur Basis und der Makrodiagonale.

10.

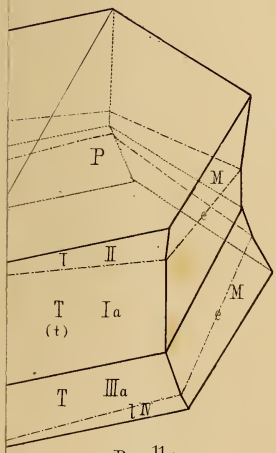


13.

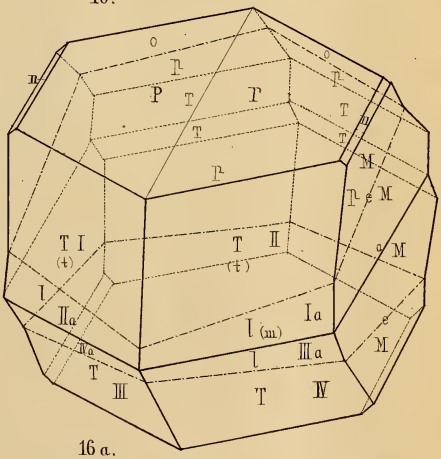
15.



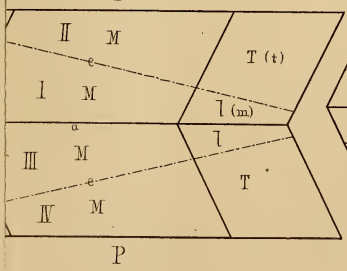
11.



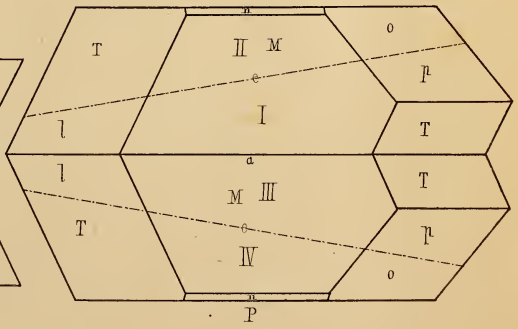
16.

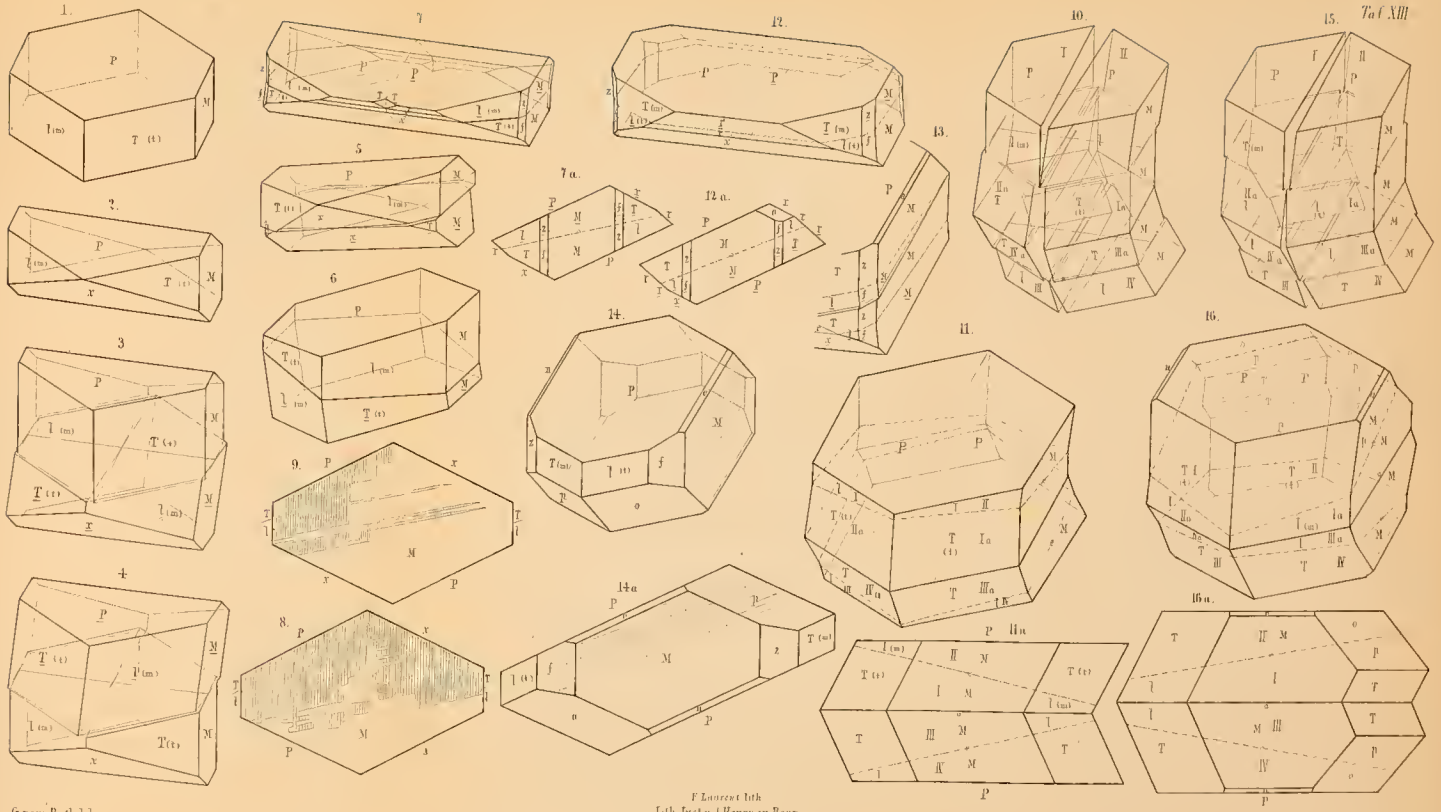


11 a.



16 a.





G vom Rath del

F Laurent lith
Lith. Inst. v. J. Henry in Bonn

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

Jahr/Year: 1876

Band/Volume: 1876

Autor(en)/Author(s): Rath Gerhard vom

Artikel/Article: Die Zwillingsverwachsung der triklinen Feldspathe nach dem sogen. Periklin-Gesetze und über eine darauf gegründete Unterscheidung derselben 593-715