XII. Beitrag zur Zwillingsbildung.

Von

C. Viola in Rom.

(Hierzu Taf. VIII, Fig. 1 und 2.)

Einige neue Feldspathzwillinge.

Eine sehr beliebte und oft angewendete Methode, triklone Feldspäthe in den Dünnschliffen zu bestimmen, besteht nach A. Michel Lévy¹⁾ darin, die Auslöschungsschiefen von vier Individuen zu benutzen, welche nach dem Albit- und dem Karlsbader Gesetze orientirt sind. Durch den Zusammenhang dieser vier Auslöschungsschiefen in Bezug auf die Spur von (010) ist man im Stande, die Pole der betreffenden Schnitte der vier Individuen festzustellen, indem man einfach die gemessenen Auslöschungsschiefen mit dem von Michel Lévy entworfenen Diagramme vergleicht. Diese Methode würde also den Vortheil in sich schliessen, eine Feldspathbestimmung an jedem Schnitte vorzunehmen, während die alte Methode, wo die grösste Auslöschungsschiefe in einer bestimmten und leicht zu erkennenden Zone benutzt wird, von vielen Schnitten Gebrauch machen musste. Wie weit die neue, von Michel Lévy vorgeschlagene Methode gerechtfertigt ist, wird sich aus dem Folgenden ergeben. Ich verfüge über verschiedene Feldspathgesteine, welche schöne Feldspathmikrolithe aufweisen: es sind die Feldspathbasalte des Hernikerlandes²⁾ und die verschiedenen Leucittephrite der Provinz Rom³⁾. Hier will ich aber nur die Messungen angeben, die ich bei Feldspathmikrolithen des Feldspathbasaltes von Strathblane in Schottland gemacht habe. Die Bezeichnung 1 und 1' bezieht sich auf die nach dem Albitgesetze orientirten Individuen, ebenso 2 und 2', letztere aber in Bezug auf erstere nach dem Karlsbader Gesetze gedreht.

1) A. Michel Lévy, *Étude sur la Détermination des Feldspaths dans les plaques minces*. Paris 1894. Diese Zeitschr. **26**, 316.

2) C. Viola, *Mineralogisches und Petrographisches aus dem Hernikerlande in der Provinz Rom*. N. Jahrb. f. Min., Geol. u. s. w. 1899, **1**, 93. Diese Zeitschr. **35**, 199.

3) V. Sabatini, *I Vulcani Laziali*. R. comitato geologico, Roma 1900.

Drei Feldspathschnitte senkrecht zu (010) haben folgende Auslöschungen ergeben:

	$\overbrace{1 \quad 1'}$	$\overbrace{2 \quad 2'}$
I.	13^0	28^0
II.	14	29
III.	10	14

Ich erinnere nur daran, dass in dieser Stellung die Albitzwillinge in der Null- und der 45^0 -Stellung gleiche Beleuchtung haben; in der 45^0 -Stellung erscheinen die vier Individuen als ein Zwillingsskrystall von zwei Individuen, worin man das Karlsbader Gesetz erkennt, wenn kein zweites Gesetz vorhanden ist, ausser dem Albitgesetze.

Vergleicht man die oben angegebenen Auslöschungswinkel mit denjenigen der stereographischen Diagramme von A. Michel Lévy, so werden wir inne, dass sie für keinen Feldspath passen. Ich mache vorher darauf aufmerksam, dass der Feldspathbasalt von Strathblane Labradorit, ungefähr Ab_2An_3 , in der Grundmasse enthält. Selten habe ich auch Anorthit darin feststellen können.

Wir wollen jetzt sehen, wie wir die oben angegebenen Zahlen auffassen müssen, und zwar beginnen wir mit dem Schnitte III. Ich suche in den Diagrammen die Auslöschung von 10^0 und finde, dass die zweite Auslöschungsschiefe eine von 14^0 verschiedene ist, wie immer auch die Annahme gemacht sei, falls ein Karlsbader Zwilling vorläge. Hier folgen die zu -10^0 passenden Auslöschungsschiefen und die dazu gehörigen Pole, welche durch die üblichen Coordinaten λ und φ ($\varphi = 0^0$ in unserem Falle) bezeichnet sind.

Pol:	Auslöschung:	Feldspath:
$\lambda = +50^0$	$+26^0$	für Ab_7An_6
$+22$	$+30$	- Ab_2An_3
$+14$	$+50$	- An

Daraus folgt, dass die hier beobachteten Feldspathschnitte nicht gewöhnliche Karlsbader Zwillinge sein können. Verschieben wir den Pol $+22^0$ für Ab_2An_3 um etwa 52^0 (2×26^0) abwärts, so erhalten wir folgende zusammengehörige Pole mit den denselben entsprechenden Auslöschungsschiefen:

$\lambda = -22^0$	Auslöschung	-10^0
$\lambda = -30^0$	-	-13^0

Wir sehen also, dass wir, wenn wir richtige Resultate erhalten wollen, die nach dem Karlsbader Gesetze orientirten Individuen um circa 52^0 zu einander in der gemeinschaftlichen Ebene (010) drehen müssen; das will heissen, dass die zwei Individuen 1 und 2 nicht die Zone [001] gemeinschaftlich haben, wie es sein sollte, falls ein Zwillingsskrystall nach dem Karlsbader Gesetze vorläge, sondern die Zone [100], und gleichfalls haben

die Individuen 1' und 2' die Zone [100] gemeinschaftlich. Die Individuen 1 und 2' haben die Kante [100] gemein.

Es ist zu vermuthen, dass das gewöhnliche Karlsbader Gesetz dann zum Vorschein kommt, wenn die Richtung [004] besser entwickelt ist, als jede andere Richtung, und dass das Gesetz mit der gemeinschaftlichen Zone [100] dann einzutreten hat, falls die Richtung [100] besser entwickelt ist als jede andere. Unter dieser Vermuthung ist zu erwarten, dass auch folgendes Zwillingsgesetz nachgewiesen werden müsste, nämlich: Verbindungsfläche (010) und die Kanten c und a abwechselnd gemeinschaftlich. Das kommt aber wirklich auch vor. Ziehen wir nämlich die zwei anderen Schnitte I und II in Betracht. Hier ist die Auslöschung $43\frac{1}{2}^\circ$ (Mittel) mit der Auslöschung $28\frac{1}{2}^\circ$ (Mittel) mit gleichem Zeichen in Zusammenhang zu bringen. Unter der Annahme Ab_2An_3 suchen wir die Pole heraus, welche den beobachteten Auslöschungsschiefen entsprechen.

Pol:	Auslöschungswinkel:
$\varphi = 0, \quad \lambda = -38^\circ$	-43°
$\varphi = 0, \quad \lambda = -82^\circ$	-28°

Nun erhalten wir den Pol $\varphi = 0$ und $\lambda = -82^\circ$ aus dem Pole $\varphi = 0$ und $\lambda = -38^\circ$, indem wir letzteren um circa 60° nach aufwärts in der Mittellinie der Projection verschieben. Drehen wir daher das eine Individuum eines Karlsbader Zwillinges in Bezug auf das andere um circa 60° parallel der Fläche (010), so werden die Kanten c und a abwechselnd zur Deckung kommen. Ein solcher Zwilling hat daher die Fläche (010) und zwei in dieser Fläche gelegene Kanten abwechselnd gemein.

Ziehen wir in Rechnung, dass aus diesen Zwillingen durch Vermittelung des Albitgesetzes neue Zwillingarten entstehen, die nothwendigerweise beobachtet werden, so sehen wir, dass bei den triklinen Feldspäthen sieben Zwillingarten möglich sind, bei denen die Fläche (010) gemeinschaftlich ist. Diese Zwillinge lassen sich also auf folgende Weise beschreiben: Beide Individuen sind durch die Fläche (010) resp. (0 $\bar{1}$ 0) verbunden.

1. Sie haben ausserdem alle in der Fläche (010) liegenden Kanten gemein; Albitgesetz.
2. Die Zone [004] ist gemeinschaftlich; Karlsbader Gesetz der I. Art.
3. Nur die Kante [004] ist gemeinschaftlich; Karlsbader Gesetz der II. Art.
4. Die Zone [100] ist gemeinschaftlich.
5. Nur die Kante [100] ist gemeinschaftlich.
6. Die Kanten [100] und [004] decken sich abwechselnd.
7. Die Kante [100] des einen Individuums deckt sich mit der Kante [00 $\bar{4}$] des anderen, und umgekehrt die Kante [004] des einen deckt sich mit der Kante [100] des anderen.

Von diesen sieben Zwillingarten sind jedenfalls die fünf ersten wahrscheinlicher als die zwei letzten. Die Zwillingsgesetze 4, 5, 6 und 7 sind viel verbreiteter, als man sich denkt. Dieselben kann man nicht nur in dem Basalt von Strathblane, sondern überall da, wo eine mikrolithische Masse von Feldspath vorliegt, antreffen. Die Gesetze 4 und 5 sind verbreiteter als 6 und 7. Das Gesetz 4 ist ebenso wahrscheinlich wie 5, 6 wie 7.

Wollen wir die Michel Lévy'sche Methode für die Bestimmung der Feldspäthe anwenden, so muss jedesmal der Versuch gemacht werden, ob Zwillinge nach dem Karlsbader Gesetze vorliegen, oder ob noch andere Gesetze, unter denen die 4 und 5 sehr wahrscheinlich sind, auftreten können.

Diese Erscheinungen sind mit der Beobachtung in Einklang, dass die Feldspathmikrolithe zwar nach der Fläche (010) entwickelt, aber bald nach der Richtung c [004], bald nach der Richtung a [100] ausgebildet sind; und zwar liegen die Ausbildungsbedingungen bei der Krystallisation immer so, dass die Feldspathmikrolithe entweder nur nach der Richtung c oder nach der Richtung a verlängert erscheinen. Die hier erwähnten Verwachsungen von Individuen treten nicht allein auf; man braucht nur auf einen Dünnschliff einen Blick zu werfen, um sich zu überzeugen, dass zwei oder mehrere Individuen alle möglichen gegenseitigen Lagen haben. Aber solche Verwachsungen, welche sich genau gleichartig sehr oft wiederholen, sind jedenfalls die mit der Verbindungsfläche (010); und ferner sind von den letzteren wieder die häufiger auftretenden Verbindungen diejenigen, bei welchen noch ein Element gemeinschaftlich ist; und je mehr Elemente sich decken oder sich annähernd decken, um so wahrscheinlicher sind die Verbindungen.

Man kann sich vorstellen, dass die sieben regelmässigen Verwachsungen je nach der gegenseitigen Lage, welche zwei Krystallindividuen zufälligerweise bei ihrer Entstehung einnehmen, zur Ausbildung gelangen. Um einen Aufschluss darüber zu erhalten, stellte ich folgende Versuche an.

Versuche.

Aus einem triklinen Feldspathe habe ich Stengelchen parallel der Kante [100] herausgeschnitten, was in Folge der zwei Spaltungen (010) und (004) sehr leicht möglich ist. Diese kleinen Stengelchen wurden in eine Flüssigkeit (Methylenjodid) von gleichem specifischen Gewichte hinein gebracht, so dass sie in jeder beliebigen Stellung frei schweben konnten. Wenn man die schwere Flüssigkeit ruhig sich selber überlässt, so beobachtet man, dass die Stengelchen sich einander immer mehr nähern, bis sie sich schliesslich berühren, als ob zwischen denselben eine Anziehungskraft vorhanden wäre. Um diese Erscheinung zu beschleunigen, braucht man nur künstlich die Feldspathstengelchen zu nähern, da nachher die übrige Bewegung bis zur

vollständigen Berührung derselben von selbst und rasch vor sich geht. Haben sich die Stengelchen berührt und bewegt man nach einer kleinen Weile die Flüssigkeit von Zeit zu Zeit, so werden sich die Stengelchen nach ihrer verlängerten Richtung, bald im selben, bald im umgekehrten Sinne, orientiren. Schüttelt man dann leise die Flüssigkeit, so gehen die Stengelchen zwar auseinander, aber bei jeder eintretenden Ruhe stossen sie aufs Neue an einander. Ich kann nicht behaupten, dass, wenn man mehrere Stengelchen von gleicher Grösse und Länge in der Flüssigkeit schwimmen lässt, alle die parallele Stellung annehmen, sobald sie in Berührung treten; aber von allen möglichen vorkommenden Stellungen wiederholen sich jedenfalls diejenigen am meisten, welche mit ihrer verlängerten Richtung parallel orientirt sind. Es geschieht genau so, wie wenn auf dem Wasser hin und her schwimmende feine Holzstengelchen sich nach einer gewissen Zeit, wenn Ruhe eingetreten ist, parallel zu Gruppen neben einander ordnen.

Aus dem Albit, ganz besonders aus dem Albit von Schmirn, von dem ich viel zur Verfügung hatte, habe ich Stengelchen parallel zu [001] herausgeschnitten. Das Herausschneiden von solchen feinen Stengelchen ist in Folge der Spaltbarkeit (110) nicht gerade schwer. Auch solche Stengelchen wurden in die schwere Flüssigkeit gebracht, und sie verhalten sich darin genau so, wie die vorher genannten; sie bewegen sich gegenseitig, als ob sie sich anziehen würden, schliesslich treten sie in Berührung und orientiren sich nach der Richtung [001]. Interessant ist zu beobachten, dass, wenn Stengelchen parallel [001] und solche parallel [100] neben einander gebracht werden, sie eine derartige Stellung annehmen, dass die Richtung [001] mit der Richtung [100] parallel wird.

Weitere Versuche habe ich mit Albitplättchen ausgeführt. Albitplättchen parallel der Fläche (001), aber sonst beliebig geformt, in der schweren Flüssigkeit frei beweglich, treten zusammen und verbinden sich mit der Fläche (001). Auch Albitplättchen parallel der Fläche (010) verhalten sich ebenso: sie treten neben einander in Verbindung mit der Fläche (010) zusammen. Und werden schliesslich Plättchen parallel (001) mit Plättchen parallel (010) neben einander gebracht, so verbinden sie sich nach ihren verbreiterten Dimensionen, gleichgültig ob dieselben nach der Fläche (001) oder nach der Fläche (010) oder nach beiden gemessen werden.

Würde man künstlich bewirken, dass die Ausbildung der Feldspäthe bald nach der Fläche (001), bald nach der Fläche (010) geschieht, so sollte man erwarten, dass Zwillinge zum Vorschein kommen, die die Flächen (001) und (010) abwechselnd gemeinschaftlich erhalten. Solche Arten von Zwillingen sind aber noch nicht beobachtet worden und selbstverständlich sind sie auch unwahrscheinlich.

Weitere Aufschlüsse über diesen Gegenstand habe ich durch die leicht löslichen und leicht auskrystallisirenden Alaunkrystalle erhalten.

Bekanntlich krystallisirt der Alaun auf dem Boden des Gefässes in flachen Oktaëdern, die kaum auch die Flächen {400} und {440} erhalten. Diese flachen Oktaëder sind nach einer der Flächen {444} entwickelt, welche parallel zu dem Boden des Gefässes zu liegen kommt. Will man schöne frei ausgebildete Krystalle bekommen, so lässt man den Alaun auf Fäden und in einer gewissen Tiefe unterhalb des Wasserspiegels krystallisiren. Aus solchen gleichmässig ausgebildeten Krystallen habe ich Plättchen parallel der Fläche (400) herausgeschnitten. Man klebe dieselben auf eine Glasplatte fest und lege das Ganze auf den Boden des Gefässes, in das eine gesättigte Alaunlösung gebracht wurde. Tritt die Krystallisation ein, so setzen sich die Alaunkrystalle auf den Boden des Gefässes mit der Fläche (444); dasselbe geschieht auch an der Stelle, wo die nach (400) geschnittenen Alaunplättchen liegen; die Alaunkrystalle setzen sich auf diese mit der Fläche (444), als ob die Kryställchen bei ihrer Entstehung nach (444) abgeplattet wären, und es entsteht eine parallele Verwachsung von einer der Flächen {400} mit einer der Flächen {444}. Bei ruhiger Krystallisation bekommt man auf (400) eigentlich eine Incrustation von kleinen Individuen, die alle mit der Fläche (444) aufsitzen. Man kann auf diese Art so viele parallele Verwachsungen erhalten, als man nur will, und man würde fast berechtigt sein, solche parallele Verwachsungen als Zwillinge anzusehen. Man braucht nicht gerade Alaunplättchen parallel zu (400) zu verwenden, indem man denselben Zweck erreicht, welche Richtung auch immer die Alaunplättchen haben; auf jedem im Boden des Gefässes liegenden Alaunschnitt setzen sich die Alaunkryställchen mit der Fläche (444) parallel fest, und so sitzend wachsen sie fort. Dasselbe Resultat erhält man, wenn man in einer gesättigten Alaunlösung Alaunkrystalle hängen lässt, die eine andere Ausbildung besitzen, als die Flüssigkeit im Stande ist herauszubilden. Legt man z. B. grosse mehr würfelförmige Alaunkrystalle in ein kleines Gefäss, so wird man inne, dass die neue Krystallisation keine Vergrösserung der eingetauchten Alaunkrystalle bewirkt, sondern kleine oktaëderförmige Krystalle herausbildet, die sich grösstentheils auf die vorhandenen Würfelflächen mit den Oktaëderflächen ansetzen. Dabei ist die Orientirung in dieser Fläche eine ganz beliebige.

Diese Beobachtungen und Versuche, glaube ich, führen zu der Regel: Von allen denkbaren und möglichen Verbindungen zwischen zwei oder mehreren Individuen treten jedenfalls jene Verbindungen öfters auf, und daher sind sie die wahrscheinlichsten, bei denen die Individuen sich mehr und mehr parallel zu einem Elemente anordnen, nach welchem die Individuen am meisten ausgebildet erscheinen.

Wo die Störungen bei dem Ausrystallisiren einer Substanz recht klein ausfallen, da ist die wahrscheinlichste Erscheinung die, dass die Individuen

weiter wachsen. Die darauf folgende Wahrscheinlichkeit besteht in der parallelen Verwachsung von Individuen, und zwar am wahrscheinlichsten werden die Individuen nach solchen Elementen sich parallel stellen, welche am schnellsten zu erreichen sind, nachdem sie durch die Störung von der parallelen Anordnung weggebracht worden sind. Die Regel der wahrscheinlichsten Verbindungen von Individuen hat naturgemäss eine Bedeutung, so lange die angenommenen Störungen bei der Krystallisation nicht beträchtlich sind. Verhindern starke Störungen überhaupt die Krystallisation, so kann auch keine Rede davon sein, wie die Verbindungen der Individuen vor sich gehen können. Es scheint in Folge dessen bei der Verwachsung fast genau so zu gehen, wie bei der Formenentwicklung der Krystalle. Man kann auch hier behaupten, dass von allen denkbaren und möglichen Flächen die wahrscheinlichsten und daher die am meisten sich wiederholenden Krystallflächen die sind, welche bestimmten Orten am nächsten zu liegen kommen. Aber auch dieses Gesetz der Formenentwicklung gilt nur so lange, als bei der Krystallisation nicht starke Störungen in den Weg treten.

Folgerungen.

Nach der hier hervorgehobenen Regel der Krystallverwachsungen können wir ableiten, was man unter »Zwillingskrystall« zu verstehen hat.

Es ist begreiflich, dass, sobald alle möglichen und denkbaren Verbindungen von Individuen beobachtet werden, solche Verbindungen Zwillinge genannt werden müssen, welche die grösste Wahrscheinlichkeit des Auftretens besitzen; denn irgend eine andere Definition scheint mir willkürlich zu sein. Nun sind in allen Krystallsystemen die wahrscheinlichsten und besser entwickelten Flächen diejenigen, welche sich am meisten der I. Complication nähern, also im Allgemeinen $\{100\}$, $\{111\}$ und $\{110\}$. Unter Zwillingen dürfen wir daher nur solche Verbindungen verstehen, bei denen die Flächen des Hexaëders $\{100\}$, im Allgemeinen gefasst, des Oktaëders $\{111\}$ und des Dodekaëders $\{110\}$, und ihre resp. Zonen und Kanten am nächsten parallel zu liegen kommen. Wir dürfen nur von einem angenäherten Parallelismus sprechen, denn nur von einem solchen kann überhaupt in der Natur die Rede sein, so wie wir auch über die Krystallgestalten nur von den wahrscheinlichsten Flächen sprechen können.

Zwillingsaxe kann also sein eine Gerade, welche entweder senkrecht zu einer der genannten Flächen steht, oder in einer der genannten Flächen liegt und gleichzeitig eine Kante der ersten Complication ist oder senkrecht zu einer solchen Kante steht, oder endlich den Winkel halbiert, welchen zwei Kanten mit einander einschliessen. Mit Hülfe dieser Beschreibungsart können alle Zwillinge entwickelt werden, welche bei den triklinen Feldspäthen beobachtet worden sind, wo die gemeinschaftliche und Verbindungsfläche (010) ist. Auf gleiche Weise entstehen sieben Zwillingarten bei den

triklinen Feldspäthen, wenn die Fläche (004) Verbindungsfläche wird; drei davon kommen oft vor, nämlich:

- 1) das Manebacher Gesetz mit (004) und alle in dieser Fläche gelegenen Kanten gemeinschaftlich;
- 2) das Periklingesetz mit der Zone [040] gemeinschaftlich;
- 3) das Scopi'sche Gesetz¹⁾ mit der Richtung [040] gemeinschaftlich, als Zwillingssaxe senkrecht zu [040] und in (004) gelegen.

Es scheint mir, dass für die Beschreibung der Zwillingsgesetze die Angabe der sich deckenden Elemente der Angabe der Zwillingssaxe vorzuziehen wäre, nicht nur, weil eine solche Methode mehr den Naturerscheinungen entspricht, wie aus dem oben Gesagten hervorgeht, sondern weil sie eine vollständigere ist als die andere. Das oft beobachtete Zwillingsgesetz der monoklinen Pyroxene und Amphibole ist: Zwillingssaxe senkrecht zu (400). Für das monokline System (prismatische Symmetrie Groth's) hat dieses Zwillingsgesetz dieselbe Bedeutung, wie wenn die Zwillingssaxe die Kante [004] wäre, da die Axe, welche auf beiden Axen senkrecht steht und Symmetrieaxe ist, durch Drehung um 180° keine Veränderung in der Lage des Individuums hervorbringen kann. Durch eine solche Zwillingssaxe ist daher das Zwillingsgesetz dargelegt. Aber die Hauptsache bei diesem Gesetze für Amphibole und Augite²⁾ liegt nicht in der Zwillingssaxe, sondern in der Verbindungsebene. Die oft sich wiederholende Verbindungsebene ist nämlich nicht (400), sondern (410). Das vollständige definierte Zwillingsgesetz müsste also heissen: Verbindungsebene (410) und Deckzone [004]. Diese Beschreibungsart ist aber auch eine natürliche, denn in der Erscheinung kommen nur Elemente vor, die sich mit mehr oder weniger Vollständigkeit decken. Die Drehungsaxe ist offenbar eine fingirte Art, um die Deckung sich vorzustellen, nicht aber in der Natur vorhandene, denn zwei in Entstehung begriffene Individuen, wenn sie von dem vollständigen Parallelismus weggebracht worden sind, streben zur Deckung zu kommen, ohne die Drehung von 180° auszuführen.

Die nächste Frage, welche zu behandeln übrig bleibt, ist die, in welcher Beziehung die Zwillingbildung mit der vorhandenen Symmetrie der Krystalle steht, und welche Folgerung man aus einem Zwillingsgesetze für die Symmetrie ziehen kann. Im Allgemeinen kann man behaupten, dass die Krystallgestalt mit der vorhandenen Symmetrie im Zusammenhange steht. Aber die 32 Abtheilungen werden durch die Ausbildung der Krystalle nicht genau abgespiegelt. Die Flächen der ersten Complication, nämlich {400}, {411} und {410}, sind ebenso wahrscheinlich bei dem kubischen, hexa-

¹⁾ C. Viola, Feldspathstudien. Diese Zeitschr. **32**, 305, 309.

²⁾ C. Viola, Mineralogische und petrographische Mittheilungen aus dem Herikerlande in der Provinz Rom (Italien). N. Jahrb. f. Min., Geol. etc. 1899, **1**, 93. Ref. diese Zeitschr. **35**, 499.

gonalen, tetragonalen, wie bei dem rhombischen, monoklinen und triklinen Systeme; sie werden besser zur Entwicklung gelangen, als im Allgemeinen irgend welche Flächen von Complicationen höherer Ordnung, gleichgültig welches immer auch das Krystallsystem sei. Wir haben also zu erwarten, dass die wahrscheinlichsten Krystallverbindungen nach den Flächen der ersten Complication $\{100\}$, $\{111\}$ und $\{110\}$ erfolgen werden, und nach den zweizähligen, dreizähligen und vierzähligen Zonen, ganz gleich, ob diese Elemente die Rolle von Symmetrieelementen spielen oder nicht. Die Hauptsache dabei ist nur, dass diese Elemente besser ausgebildet werden, als beliebige andere.

Anstatt bekannte Beispiele hier zu wiederholen, werde ich einen sehr interessanten Fall vorbringen, der sich auf das Kieselzinkerz von Montepioni bezieht. Das reiche Material, welches ich voriges Jahr in Montepioni (Sardinien) von diesem Mineral gesammelt habe, veranlasste mich, zahlreiche Messungen anzustellen, die den Gegenstand einer späteren Publication bilden sollen. Ich entnehme daraus nur einige Resultate, welche die Frage der Krystallverbindung erleichtern können. Zwillinge von Kieselzinkerz mit der Zwillingfläche (004) wurden nicht beobachtet, aber fächerförmige Verwachsungen kommen sehr oft vor. Die Krystalle, welche eine solche Verwachsung eingehen, sind so orientirt, dass die Flächen (040) einen Büschel bilden, und zwar ungefähr um die Kante $[400]$, welche somit gemeinschaftlich bleibt. Da der Winkel zwischen den einzelnen Individuen sehr klein ist, so kann man sich vorstellen, dass dieselben in der Weise verwachsen, dass nach Möglichkeit die Flächen (040) nahe aneinander kommen, immer nach gleicher Richtung orientirt. Ein etwas idealisirtes Bild zeigt Fig. 4, Taf. VIII. Jedes Glied einer solchen radialen Verwachsung besteht wiederum aus zwei nach derselben Regel verwachsenen Individuen, die einen sehr kleinen Winkel mit einander einschliessen. Die Krystalle sind nach der Fläche (040) stark abgeplattet und nach der Richtung $[004]$ stark ausgebildet. Zwei Individuen scheinen nach der Fläche (040) verwachsen zu sein mit den Kanten $[004]$ parallel, als ob sie triklone Krystalle wären und nach der Fläche (040) verzwilligt wie nach dem Albitgesetze, oder als ob sie monokline Krystalle wären und nach der Fläche (100) verzwilligt. Da die Flächen der Zone $[004]$ dieser kleinen Krystalle sehr gestört und stark gestreift sind, so liegt für die Erkennung einer solchen Verwachsung nur der einspringende und ausspringende Winkel vor, welcher sich zwischen den Flächen (104) resp. $(\overline{1}04)$ einstellt.

Ich lasse hier einige Messungen folgen:

$$\begin{aligned} o(104) : c(004) &= 34^{\circ}27' \\ o'(\underline{1}04) : c'(\underline{0}04) &= 34 \quad 34 \\ o(104) : o'(\underline{1}04) &= 1 \quad 6 \quad -2^{\circ}20' \dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m(011) : c(001) &= 25^{\circ}54' \\
 m'(011) : c'(001) &= 25\ 54 \\
 p(301) : c(001) &= 61\ 20 \\
 p(301) : p'(301) &= 4\ 10 \dots
 \end{aligned}$$

Man sieht aus diesen wenigen Zahlen, dass die Flächen o und o' einen veränderlichen Winkel einschliessen; dasselbe gilt für die Flächen p und p' . Ja sogar der einspringende Winkel zwischen o und o' kann auch ein auspringender werden (s. Taf. VIII, Fig. 2).

Das vor uns liegende Gebilde hat ganz den Anschein, ein Zwillingsskrystall zu sein, dessen Verbindungs- und Zwillingsebene (010) ist und dessen Zwillingssaxe darauf senkrecht steht. Und wenn veränderliche Winkel dabei vorkommen, so könnten diese als kleine Störungen aufgefasst werden. Grössere Störungen sogar kommen in der Zone $[001]$ vor.

Daraus, dass die Ebene (010) eine Zwillingsebene sei, würde der Schluss folgen, dass sie keine Symmetrieebene sein könnte, falls eine Beziehung zwischen Symmetrie und Verzwillingung eingeräumt werden sollte, was oft für andere Mineralien geschehen ist. Man kann aber durch das reiche Material von Monteponi beweisen, dass das Kieselzinkerz wirklich rhombisch und dass (010) eine Symmetrieebene ist. Auch die physikalischen Erscheinungen sprechen dafür, dass das Kieselzinkerz die Symmetrieebene (010) besitzt. Das Gebilde kann daher kein Zwillingsskrystall sein, sondern ist eine parallele Verwachsung von zwei gleichen Individuen, bei deren Verwachsung die eingetretene Störung einen unvollkommenen Parallelismus verursacht hat. Wir sehen aber zugleich, dass parallele Verwachsung und Zwillingsskrystall nur zwei Ausdrücke sind, die in dem vorliegenden Falle dieselbe Bedeutung haben können, falls die Symmetrie auf die eine oder andere Weise gedeutet wird; die Symmetrie und die parallele Verwachsung, im Allgemeinen gefasst (also auch die Verzwillingung inbegriffen), haben vielmehr keine innige Beziehung miteinander. Eine Verzwillingung kann naturgemäss eine Symmetrie hervorbringen; eine vorhandene Symmetrie schliesst die Verzwillingung nicht aus. Wir sehen vielmehr, dass die Verzwillingung im Zusammenhange steht mit der Ausbildung der Krystallgestalt. Es handelt sich also um eine mehr oder weniger vollkommene parallele Verwachsung, welche die Symmetrie des Kieselzinkerzes nicht zu bestimmen vermag.

Bekanntlich stellte Mallard das Princip auf, dass die Krystalle sehr oft symmetrisch um jene Symmetrieelemente verwachsen, welche im Raumgitter des Krystalles fehlen. Man würde z. B. nach Mallard annehmen, dass im Kieselzinkerze die Symmetrieebene (010) und folglich auch (100) fehlt. Wallerant¹⁾ ist noch weiter gegangen, indem er das neue Gesetz

1) Fr. Wallerant, Sur une loi nouvelle relative aux groupements des cristaux. Compt. rendus 1898, **127**, 1250. Diese Zeitschr. **33**, 624.

aufstellte: dass sich die Krystalle nicht nur um die fehlenden Symmetrieelemente des Raumgitters, sondern auch der Moleküle gruppieren können. Zur Ableitung dieses Gesetzes hatte Wallerant die Beobachtung benutzt, dass zwei Flussspathindividuen so vereinigt waren, dass eine der dreizähligen Symmetriearien gemeinschaftlich war, und dass ein Individuum in Bezug auf das andere nicht um 180° resp. 60° gedreht war, sondern um circa $44^\circ 28'$. Diese beobachtete Verbindung führte zu der Hypothese, dass die Verwachsung von Flussspathindividuen sich wiederholen könnte, und zwar fünfmal, so dass daraus ein reguläres Ikosaeder mit zehn dreizähligen Symmetriearien etc. entstehen würde. Es müssten also, fügte Wallerant hinzu, die Moleküle des Flussspathes eine solche Symmetrie besitzen.

Die Versuche und Beobachtungen führen dagegen zu der Ueberzeugung, dass das Princip von Mallard nur eine unwahrscheinliche Hypothese ist, und dass in Folge dessen das neue Gesetz von Wallerant durch zwei Hypothesen unterstützt wird, die wiederum an Mangel von Beobachtungen leiden. Wenn die Untersuchung beweist, dass Flussspathindividuen sich nach der dreizähligen Axe gern vereinigen, so kann man daraus schliessen, dass dieselben nach der dreizähligen Axe besser zur Ausbildung gelangen, als nach einer anderen Richtung. Unter allen möglichen Verbindungen parallel dieser Axe kommt das gewöhnliche Gesetz vor, nämlich als Zwillingssaxe die dreizählige. Es kann aber auch der Fall vorkommen, dass zwei Individuen um circa $44^\circ 28'$ gegen einander gedreht sind, ohne dass eine solche Verbindung die Wahrscheinlichkeit habe, sich zu wiederholen. Nur wenn sie sich oft wiederholt, kann sie die Aufmerksamkeit auf sich ziehen und Gegenstand einer neuen Untersuchung bilden.