

Beiträge zur Kenntniss der Structurflächen des
Kalkspathes und über die Beziehungen derselben
untereinander und zur Zwillingsbildung am Kalk-
spath und einigen anderen Mineralien.

Von

O. Mügge in Heidelberg.

Mit Tafel II.

Literatur.

1. CHR. HUYGHENS: *Traité de la Lumière* etc. Leide. MDCXC.
Chap. V. In's Englische übersetzt von BREWSTER, *Edinburgh Journal of Science* 1828. No. XVIII. p. 314—317.
2. DAV. BREWSTER: *Philosophical Transactions* 1815. p. 270.
3. — — *Edinburgh Transactions* Vol. VIII. p. 165.
4. — — *Transactions of the Geological Society*. Vol. V.
5. — — *Edinburgh Journal of Science*. 1828. No. XVIII. p. 311—314.
6. HÄIDINGER, *Pogg. Annal.* 1844. Bd. 63. p. 153.
7. PFAFF, *Pogg. Annal.* 1859. Bd. 107. p. 333.
8. — — *Pogg. Annal.* 1859. Bd. 108. p. 598.
9. DOVE, *Pogg. Annal.* 1860. Bd. 110. p. 286.
10. REUSCH, *Pogg. Annal.* 1867. Bd. 132. p. 441.
11. G. ROSE, *Abhandlungen der Berliner Akademie*. 1868. p. 57.
12. — — *Abhandlungen der Berliner Akademie*. 1868. p. 782.
13. REUSCH, *Pogg. Annal.* 1869. Bd. 136. p. 130, 135 u. 632.
14. BAUER, *Pogg. Annal.* 1869. Bd. 138. p. 337.
15. REUSCH, *Berl. Monatsber.* 1872. p. 243.
16. — — *Berl. Sitzgsber.* 1873. p. 442.
17. BAUER, *Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Gesellsch.* 1874. Bd. XXVI. p. 113.
18. — — *Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Gesellsch.* 1878. Bd. XXX. p. 320.
19. BAUMHAUER, *Z. f. Kryst.* 1879. Bd. III. p. 589.
20. BREZINA, *Z. f. Kryst.* 1880. Bd. IV. p. 518.
21. TSCHERMAK, *Mineralogische Mittheilungen*. 1881. p. 108.
22. BAUER, *N. Jahrbuch f. Mineralogie* etc. 1882. I. p. 319.

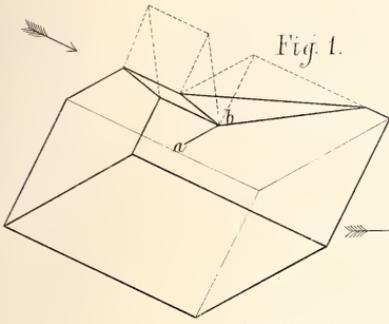


Fig. 1.

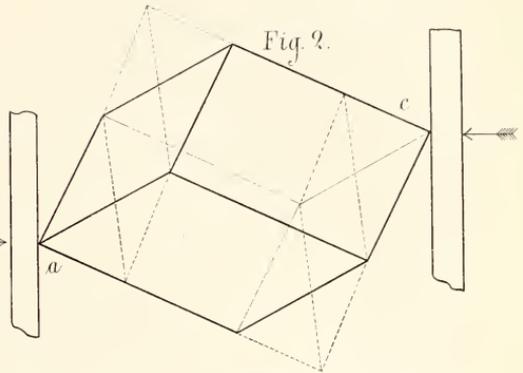


Fig. 2.

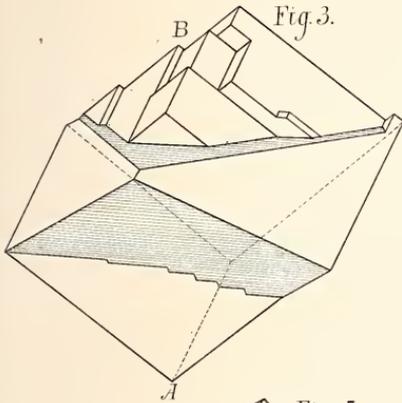


Fig. 3.

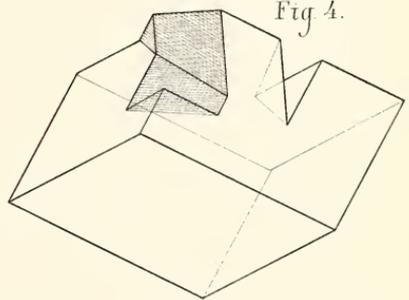


Fig. 4.

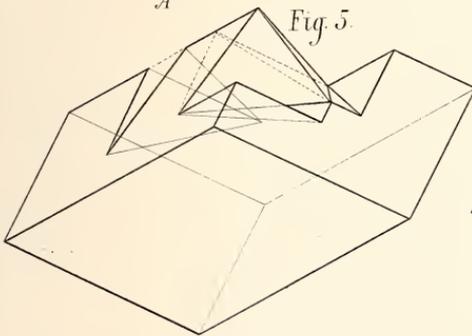


Fig. 5.

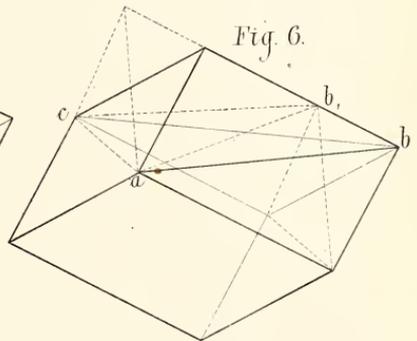


Fig. 6.

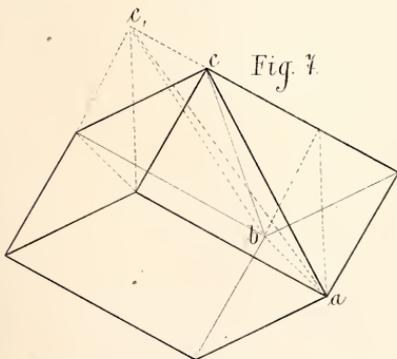


Fig. 7.

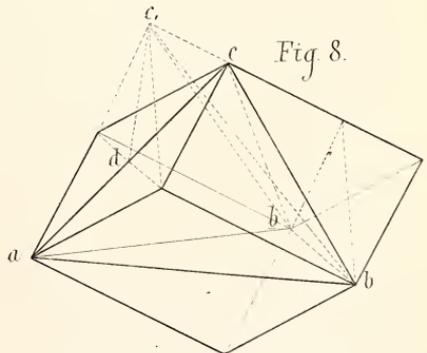


Fig. 8.

Aus den vorstehend angeführten Untersuchungen hat sich ergeben, dass ausser den Spaltflächen der Mineralien noch andere, für die Structur derselben wichtige Flächen existiren, welche als Gleit-, Bruch- und Zerreissungsflächen bezeichnet wurden. Der erste, welcher eine derartige Fläche beobachtete, und zwar am Kalkspath, ist nach BREWSTER's Angaben (5) HUYGHENS (1) gewesen. Er geht in dem citirten Aufsätze von der Vorstellung aus, dass der Kalkspath sich aus kleinsten, regelmässig angeordneten Theilchen von der Form eines abgeplatteten Rotationsellipsoides aufbaue und zeigt dann, dass unter der Annahme, die Cohäsion parallel einer bestimmten Fläche hänge ab von der Zahl der in ihr liegenden Berührungspunkte der Ellipsoide und sei stärker da, wo sich zwei derselben mit ihren (flachen) Polen berühren, als wo die Berührung im Äquator stattfindet, Spaltbarkeit am leichtesten stattfinden müsse, parallel dem Rhomboëder von 105° (wenn die grosse und kleine Axe der rotirenden Ellipse sich verhalten wie 1 : 2,8 ca.), schwieriger parallel der Basis und dem nächst stumpferen Rhomboëder $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$. Eine Trennung parallel dieser letzten Fläche wurde, wie oben erwähnt, denn auch schon von ihm, dann von BREWSTER, und nachher von zahlreichen anderen Forschern beobachtet, auf eine solche nach der Basis weist wenigstens ein von HUYGHENS angestellter Versuch hin, welchen ich weiter unten anführen werde. Es sei mir gestattet, im Folgenden nochmals auf die Gleitfläche $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ zurückzukommen; alsdann werde ich zu zeigen versuchen, dass am Kalkspath auch $\infty P2 (11\bar{2}0)$, $oR \times (0001)$ und vielleicht noch einige andere Flächen als „Structurflächen“ zu betrachten sind, d. h. als Flächen, parallel welchen eine Trennung, Verschiebung oder Drehung der kleinsten Theilchen besonders leicht stattfindet; endlich möchte ich auf einige Beziehungen dieser Structurflächen unter einander und zu den Zwillingsflächen am Kalkspath und einigen anderen Mineralien hinweisen.

I.

Auf das Vorhandensein der Gleitfläche hat man zuerst geschlossen aus der Lage der Zwillingsstreifen auf den Spaltflächen und der Neigung der in Zwillingsstellung befindlichen Theilchen gegenüber den nicht verschobenen. Die Fläche selbst wurde

allerdings, wie oben erwähnt, schon früh beobachtet, indessen gab erst BREZINA (20) eine Methode an, sie willkürlich und an jeder Stelle des Krystalls, etwa so wie die Spaltflächen, bloss zu legen*. Leichter noch lässt sich dies erreichen, wenn man zuerst nach der Methode von BAUMHAUER (19) einen Zwilling nach $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ hervorbringt, alsdann ein scharfes Messer in die einspringende Kante der beiden Spaltflächen setzt und dasselbe nun entweder mit ziemlich starkem Drucke im Sinne der Gleitfläche einpresst, oder einen kurzen, mässig festen Schlag in derselben Richtung darauf führt (Taf. II. Fig. 1.)**. Der in Zwillingstellung befindliche Theil trennt sich alsdann von dem Hauptindividuum parallel einer Fläche $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$. Da diese Fläche einen recht hohen Glanz hat*** (höher als der Glasglanz der Spaltfläche meiner Schätzung nach), so gelingt ihre Messung, auch wenn sie nur klein vorhanden ist; meist aber entsteht sie bei diesem Verfahren ganz gross, nur unterbrochen von einigen aus- und einspringenden Kanten, gebildet durch die Spaltflächen, deren Polkante sie abstumpft. Die als Rechteck erscheinende Fläche zeigt an einigen Stellen zwei aufeinander senkrechte Streifensysteme, entsprechend den Spaltdurchgängen von $R \times (10\bar{1}1)$, ist z. Th. aber auch völlig glatt, jedenfalls stets ganz eben. Durchsetzen das dem BAUMHAUER'schen Versuch unterworfenen Spaltungsstück bereits vorher Zwillinglamellen nach einer andern $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ Fläche, so findet zuweilen schon bei der Verschiebung der Theilchen eine Ablösung parallel der Gleitfläche statt. (Vergl. auch BREZINA. (19).) Ebenso glückt es zuweilen, sie frei zu legen, wenn man analog dem BAUMHAUER'schen Versuch das Messer parallel der kurzen Diagonale der Flächen eines Kalkspathrhomboëders $-2R \times (02\bar{2}1)$ aufsetzt.

Bei dem BAUMHAUER'schen Verfahren gelang es mir stets

* Über die Versuche BREWSTER's vergl. weiter unten und p. 47 Anmerkung.

** Sämmtliche Figuren sind der Deutlichkeit halber in der Stellung des negativen Rhomboëders gezeichnet.

*** Dies giebt auch schon BREWSTER (5. p. 312) an, welcher übrigens offenbar eine ganz ähnliche Methode bei Kalkspath, der Zwillinglamellen enthielt, benutzte; er sagt: „. . . a separation is effected by a smart and well directed blow . . .“ Mit der BREWSTER'schen Arbeit ist aber auch diese Methode wieder ganz in Vergessenheit gerathen.

nur, die eine Hälfte der Spaltform in Zwillingstellung zu überführen, eine Verschiebung des ganzen Rhomboëders erreicht man aber zuweilen, wenn man ein Spaltungsstück mit seiner Hauptaxe annähernd vertical stellt, und nun zwischen zwei gegenüberliegenden Randecken in einer horizontalen Ebene presst (Fig. 2). Meist aber verbleiben auch bei diesem Versuche einige Lamellen in der ursprünglichen Stellung und erscheinen dann als Zwillinglamellen in dem verschobenen Haupttheil; zuweilen halten sich auch beide Theile ungefähr das Gleichgewicht, so dass das Ganze dann einer rhombischen Säule mit der Basis ähnlich sieht. Der Angriffspunkt des Druckes geht dabei gern von den Randecken auf die nächsten Theile der Polkanten über; treibt man nun die Verschiebung nicht bis zum Äussersten, so bleibt der mittlere Theil des Stückes intact, und da zugleich die Theile der Polkanten bei a und c , welche von dem Druck betroffen wurden, meist völlig zu Pulver zerfallen, so erscheint das Ganze alsdann wie ein schwalbenschwanzähnlicher Durchkreuzungszwilling. Die Präparate dieser Art sind meist sehr stark von Sprüngen durchsetzt; sie verlaufen z. Th. parallel der gleich zu besprechenden Fläche $\infty P2$ ($11\bar{2}0$), z. Th. haben sie die Form vierseitiger Kanäle, deren rhombischer Querschnitt zwei Spaltflächen entspricht.

Aus allen diesen Versuchen, wie auch aus den älteren, oben angeführten, geht namentlich hervor, dass eine Verschiebung der Kalkspath-Theilchen parallel der Fläche $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ fast mit derselben Leichtigkeit stattfindet, wie die Trennung parallel $R \times (10\bar{1}1)$.

Die Fläche $\infty P2$ ($11\bar{2}0$) findet sich in der Literatur als Structurfläche zuerst bei BAUMHAUER (19) erwähnt; er fand, dass bei der Verschiebung der Theilchen in Zwillingstellung nach seiner Methode, das Präparat vielfach von Sprüngen durchsetzt wurde, die den Hauptschnitten ungefähr parallel verliefen, welche dem verschobenen und unverschobenen Theil nicht gemeinsam sind (z. B. ab in Fig. 1). Diese Beobachtung kann ich bestätigen und noch hinzufügen, dass zuweilen geradezu ein Zerfall des Stückes nach dieser Fläche stattfindet. Deutlicher und grösser erhält man sie aber, wenn man Spaltungsstücke zwischen zwei Polkanten presst. Während so parallel den zwei Flächen von $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ eine Verdichtung der Masse erreicht

wird, findet zugleich parallel der in der Richtung des Druckes liegenden Symmetrieebene eine Spannung statt, welche bei hinreichend gesteigertem Drucke ihre Auslösung in der Trennung der Theile parallel dieser Fläche findet*. Der Riss erfolgt dabei ebenso häufig nach einer seitlich verschobenen Ebene von $\infty P2$ ($11\bar{2}0$) als nach derjenigen, welche gerade durch zwei gegenüberliegende Polkanten von $R \times (10\bar{1}1)$ verläuft, und in welcher die Angriffslinie des Druckes liegt. Diese Fläche, welche ich als „Reiss“-Fläche bezeichnen möchte, hat z. Th. eine faserige Beschaffenheit; die Fasern verlaufen parallel den beiden mit ihr in einer Zone liegenden Spaltflächen. Diese Theile reflectiren indessen nicht hinreichend, um ihre Lage am Goniometer bestimmen zu können, entsprechen aber, soweit man dies mit dem blossen Auge und dem Anlege-Goniometer constatiren kann, der Lage einer Fläche $\infty P2$ ($11\bar{2}0$) genauer als andere, etwas muschlig gebrochene und glänzende Theile. Die Neigung dieser letzteren zu den Spaltflächen wurde an einigen Präparaten ermittelt zu:

$$\left. \begin{array}{l} 90^\circ 29' \\ 89^\circ 55\frac{1}{2}' \\ 89^\circ 54\frac{1}{2}' \end{array} \right\} \text{(ber. } 90^\circ) \quad \left. \begin{array}{l} 129^\circ 56\frac{1}{2}' - 125^\circ 20\frac{1}{2}' \\ 129^\circ 48\frac{1}{2}' - 128^\circ 6' \\ 129^\circ 59' - 128^\circ 46' \end{array} \right\} \text{(ber. } 127^\circ 27\frac{1}{2}').$$

Es entsprechen dieser Fläche vielleicht die auf den Spaltflächen parallel der Höhenlinie (ungefähr) auftretenden Streifen und treppenartigen Absätze der Spaltblättchen, welche man namentlich an nicht ganz homogenem Material häufiger beobachten kann.

Am Magnesit-, Dolomit- und Eisenspath kann man die Fläche auf dieselbe Weise herstellen, wegen der geringeren Homogenität des Materials ist sie dort allerdings unvollkommener.

Auf die Fläche $oR \times (0001)$ wurde meine Aufmerksamkeit gelenkt durch zwei in der hiesigen Sammlung befindliche Spaltstücke von Auerbach a. d. Bergstr., von welchen das grössere naturgetreu in Fig. 3 etwa zweimal vergrössert wiedergegeben

* So wurde diese Fläche ganz zufällig von Hrn. Prof. ROSENBUSCH und mir aufgefunden, als Spaltstücke, um die Zwillinglamellen nach der Methode von REUSCH zu erhalten, aus Versehen zwischen den stumpfen, anstatt zwischen den scharfen Kanten gepresst wurden; ich erkenne gern an, dass die Auffindung dieser Flächen der Ausgangspunkt der vorliegenden Untersuchungen wurde.

ist. Die Stückchen sind wesentlich Zwillinge nach $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ und zwar ist an dem dargestellten Exemplar der verschobene Theil (in der Figur der mittlere; der Deutlichkeit halber ist dieser in der Stellung des unverschobenen gezeichnet und umgekehrt) der grössere; man erkennt ihn an den zahlreichen Zwillinglamellen, welche ihn parallel $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ durchsetzen. Die bei *A* und *B* befindlichen Theile sind nicht in Zwillingstellung, beide von Spaltflächen begrenzt; sie enthalten ausser wenigen Zwillinglamellen parallel derjenigen Fläche $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$, nach welcher auch der mittlere Theil eingelagert ist, keine Lamellen nach einer anderen Richtung (während das zweite, kleinere Stück von Auerbach nach zwei Flächen $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ von zahlreichen Lamellen durchsetzt ist). Der in Zwillingstellung befindliche Theil wird nur auf den Seiten von Spaltflächen begrenzt; oben liegt eine grosse, nahezu gleichseitige dreieckige Fläche $oR \times (0001)$, gestreift parallel der einen Seite durch oscillatorische Combination mit $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ und $R \times (10\bar{1}1)$, so stark, dass alle drei Flächen nahezu im Gleichgewicht ausgebildet sind; die einzelnen Streifen sind ziemlich breit. Sowohl $oR \times (0001)$, wie auch $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ sind an beiden Stücken vollkommen eben und spiegelnd, und offenbar keine Krystallflächen. Zunächst ist es sehr wahrscheinlich, dass beide Stücke aus späthigen Massen von Auerbach a. d. Bergstr. herausgeschlagen sind, da sämtliche Flächen nicht die matte und angefressene Oberfläche der dort vorkommenden Krystalle zeigen; alsdann sind meines Wissens Flächen $oR \times (0001)$, $R \times (10\bar{1}1)$ und $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ von so spiegelnder Glätte und so völlig eben bisher nie beobachtet, und endlich sprechen dagegen das oscillatorische Auftreten und die zahlreichen kleinen, nicht in Zwillingstellung befindlichen Rhomboeder, welche aus der Basis hervorragen, in der Figur aber, um die Basis besser hervortreten zu lassen, fortgelassen sind.

Bei der Messung der Neigung von $oR \times (0001)$ und $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ zu den Spaltflächen ergab sich, dass die Neigung genau der geforderten entsprach, ausserdem aber, dass in der Zone beider Flächen noch eine Reihe allerdings schmalere, aber einfach und noch ziemlich hell reflectirender Flächen lagen, nämlich $\frac{2}{10}R \times (2.0.\bar{2}.10)$, $\frac{4}{7}R \times (40\bar{4}7)$, $\frac{7}{10}R \times (7.0.7.10)$ (ca) und $2R \times (20\bar{2}1)$; die letzten beiden waren nicht ganz sicher zu be-

stimmen. Da die Fläche $-\frac{1}{2}R \kappa(0\bar{1}\bar{1}2)$ hier auf eine ähnliche Weise entstanden zu sein schien, wie pg. 34 beschrieben, so wurden die dort erhaltenen Präparate geprüft, ob nicht etwa auch an ihnen Flächen $oR \kappa(0001)$ und mR mit $m < 1$ nachzuweisen wären. In der That ergab die Messung an 9 Präparaten noch folgende Flächen, welche neben der Gleitfläche entstanden waren. (Neben den Flächenzeichen sind die aus der Messung folgenden Indices, sowie die Differenz zwischen gerechnetem und gemessenem Neigungswinkel zu $oR \kappa(0001)$ angeführt.)

No.	Zeichen.	Indices.	Differenzen.
Auerbach	$\frac{2}{10}R \kappa(2.0.\bar{2}.10)$	0,18941	0° 44' 38"
	$\frac{4}{4}R \kappa(40\bar{1}7)$	0,56926	0° 5' 40"
	$\frac{7}{10}R \kappa(7.0.\bar{7}.10)$	0,68699	0° 30' —
	$2R \kappa(20\bar{2}1)$	1,9853	0° 10' 17"
1.	$\frac{3}{3}R \kappa(10\bar{1}3)$	0,31946	0° 42' 35"
—	$\frac{4}{10}R \kappa(4.0.\bar{4}.10)$	0,40221	0° 6' 30"
—	$oR \kappa(0001)$	—	0° 15' 34"
2.	$\frac{3}{3}R \kappa(20\bar{2}3)$	0,67331	0° 15' 40"
—	$\frac{4}{10}R \kappa(4.0.\bar{4}.10)$	0,39388	0° 18' —
8.	$\frac{4}{10}R \kappa(4.0.\bar{4}.10)$	0,39125	0° 5' 30"
—	$oR \kappa(0001)$	—	0° 25' 35"
13.	$oR \kappa(0001)$	—	0° 15' 25"
14.	$\frac{3}{10}R \kappa(3.0.\bar{3}.10)$	} 0,29334 und 0,30713	0° 0' 50" (Mittel)
37.	$\frac{3}{10}R \kappa(3.0.\bar{3}.10)$		
38.	$\frac{4}{10}R \kappa(4.0.\bar{4}.10)$	0,40734	0° 21' 30"
—	$\frac{3}{3}R \kappa(10\bar{1}3)$	0,32271	0° 32' 40"
39.	$\frac{4}{10}R \kappa(4.0.\bar{4}.10)$	0,39677	0° 9' 30"
40.	$\frac{3}{3}R \kappa(10\bar{1}3)$	0,32002	0° 38' 40"

Unter diesen Flächen kehrt dreimal auch $oR \kappa(0001)$ wieder, im übrigen sind es fast nur Flächen $\frac{m}{10}R \kappa(m.0.\bar{m}.10)$ und $\frac{m}{3}R \kappa(m.0.\bar{m}.3)$. Ich werde auf die Bedeutung dieser Flächen im nächsten Abschnitt zurückkommen. Vorerst möchte ich noch einige Versuche anführen, aus welchen ebenfalls hervorgeht, dass $oR \kappa(0001)$ die Bedeutung einer Structurfläche hat. Schon HUYGHENS hebt hervor, dass sich ein Kalkspathrhomboëder mit besonderer Leichtigkeit parallel der Basis schleifen lasse, er sagt (1. p. 94—95):

„Aussi voit on par expérience, qu'en usant le cristal sur une pierre un peu rude, directement sur l'angle solide équilatéral, on trouve à la vérité beaucoup de facilité à le diminuer en ce sens . . .“

Auffallender noch ist der folgende Versuch: Stellt man nach der p. 34 angegebenen Methode die Gleitfläche dar, führt den Schlag mit dem Hammer, aber heftiger als zur Abtrennung des verzwilligten Theiles nothwendig wäre, so tritt jetzt nicht etwa eine Fläche $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ die ganze Kante des Spaltstückes abstumpfend auf, das Messer gleitet vielmehr an der Stelle, bis zu welcher die Klinge beim BAUMHAUER'schen Versuche eingedrungen war, ab, und zwar parallel $oR \times (0001)$ (fig. 1). Die so entstandene Fläche $oR \times (0001)$ ist, wenn auch ziemlich eben, meist völlig matt; nur in einem Falle liess sich ihre Neigung am Reflexionsgoniometer annähernd bestimmen. Bei einer Breite des Bildes von ca. $2\frac{1}{2}^{\circ}$ und Einstellungsdifferenzen von $1\frac{1}{2}^{\circ}$ ergab sich im Mittel die Neigung zu $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ zu

$$153^{\circ} 37' 30'' \text{ (ber. } 153^{\circ} 44' 50'').$$

Die Zone $R : -\frac{1}{2}R (10\bar{1}1 : \bar{1}012)$ war genau erfüllt, die Neigung wurde auf die Gleitfläche bezogen, weil die Spaltfläche sehr zahlreiche Bilder gab. An vier anderen Präparaten wurde der Winkel zu den angrenzenden Spaltflächen mit dem Anlege-Goniometer gemessen zu:

$$\left\{ \begin{array}{l} 139^{\circ} \\ 137\frac{1}{2}^{\circ} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} 131^{\circ} \\ - \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} 135^{\circ} \\ 134^{\circ} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} 133^{\circ} \\ 132\frac{1}{2}^{\circ} \end{array} \right\}$$

Diese Daten weichen von der zu erwartenden Zahl ($135^{\circ} 24' 35''$) nicht unerheblich ab; trotzdem glaube ich diesem Versuch einige Bedeutung beilegen zu müssen, weil sich die Lage der entstehenden Fläche nicht sehr abhängig erweist von der Kraft, mit welcher das Messer eingetrieben wird. Mit blossem Auge ist eine Abweichung von der geforderten Lage besonders dann gut zu constatiren, wenn vor der Verschiebung des einen Theiles nach der BAUMHAUER'schen Methode bereits feine Zwillingslamellen nach einer andern Gleitfläche vorhanden waren. Trifft das Messer beim Eindrücken auf eine solche Lamelle, so geht die Verschiebung merklich schwerer vor sich, steht auch wohl ganz still, so dass dann die Trace der erzeugten Basis auf einer seit-

lichen Spaltfläche mit den erwähnten Zwillingslamellen zusammenfallen muss. Auf diese Weise konnte eine abweichende Lage indessen nur an wenigen Präparaten constatirt werden.

II.

Die oben erwähnte HUYGHENS'sche Construction (1) zeigt, dass nicht zufällig eine Fläche von so hervorragender Bedeutung für den Bau des Kalkspathes wie die Gleitfläche in einer Zone liegt mit zwei Spaltflächen und symmetrisch gegen diese selben Flächen, welche auch in krystallographischer Hinsicht mehr als bei vielen anderen Mineralien eine wahre Grundform repräsentiren. Dasselbe gilt für die schon von HUYGHENS als Structurfläche in Anspruch genommene, gegen die drei Hauptstructurflächen gleich geneigte Basis. Man wird daher fast erwarten dürfen, dass auch der Symmetrieebene des gesammten Formencomplexes $\infty P2 (11\bar{2}0)$, welche den Winkel je zweier Spalt- und Gleitflächen halbirt und auf den dritten senkrecht steht, eine ähnliche Bedeutung zukomme, und dass gewisse Beziehungen zwischen allen diesen Structurflächen vorhanden seien. Die folgenden Untersuchungen sind vielleicht geeignet, zur Erkenntniss dieser Beziehungen etwas beizutragen.

Das Gesetz, nach welchem die Verschiebung der Kalkspatheilchen bei dem BAUMHAUER'schen Versuche erfolgt, lässt sich wohl am einfachsten so ausdrücken: die Grundform bleibt bei der Verschiebung* sich selbst gleich; d. h.: denkt man sich nach der p. 35 angegebenen Methode das ganze Rhomboëder verschoben, so resultirt, trotzdem dabei ein Paar (stumpfer) Polkanten in (scharfe) Randkanten übergeht und umgekehrt, doch wieder die Spaltform. Wie wir im Folgenden sehen werden, gilt dies für keinen einzigen anderen Formencomplex des Kalkspathes, wenn er der gleichen Verschiebung unterworfen wird; das Spaltungsrhomboëder zeigt sich also auch in dieser Hinsicht als eine wahre Grundform.

Von den drei Flächen $-\frac{1}{2}R \kappa(01\bar{1}2)$ bleibt diejenige, parallel welcher die Verschiebung erfolgt, unverändert; sie liegt

* Richtiger wäre es, wie wir später sehen werden, zu sagen Drehung; ebenso ist die Bezeichnung von $-\frac{1}{2}R \kappa(01\bar{1}2)$ als Gleitfläche nicht ganz zutreffend.

auch in Bezug auf den verschobenen Theil wieder wie eine Gleitfläche; die beiden andern aber, welche in der ursprünglichen Stellung diejenigen beiden (stumpfen) Polkanten symmetrisch und gerade abstumpfen, welche bei der Verschiebung in (spitze) Randkanten übergehen, erhalten zwar ihren Zonenverband und ihre symmetrische Lage zu diesen Spaltflächen, werden aber eben deshalb zu Flächen $\infty P2 (11\bar{2}0)$ (was auch schon BREZINA [19] erkannte); das sind aber „Reissflächen“; eine Verschiebung parallel ihren Ebenen ist jetzt so wenig möglich wie Spaltung in dem verschobenen Theil parallel den Spaltflächen des unverschobenen.

Um dies experimentell zu prüfen, ist es nur nöthig, nach der p. 34 angegebenen Methode die Gleitfläche frei zu legen und nun die Verschiebung parallel einer andern $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ Fläche so auszuführen, dass die zuerst dargestellte Gleitfläche dem verschobenen Theile angehört (Fig. 4). War dabei die verschobene Gleitfläche wie gewöhnlich mit kleinen, keilförmigen, von zwei Spaltflächen begrenzten Stückchen besetzt, so lösen sich diese bei der Verschiebung ganz glatt ab, indem sie zu Pulver zerfallen, so dass die künstliche Fläche $\infty P2 (11\bar{2}0)$ in der Regel weniger unterbrochen ausgebildet ist, als die Gleitfläche, aus welcher sie hervorging. Meist zeigt sie eine Streifung nach drei Richtungen: zwei Streifensysteme entsprechen denjenigen der ursprünglichen Gleitfläche parallel dem Spaltrhomboëder; die dritte beruht auf Zwillingslamellen, welche den verschobenen Theil parallel der letzten Verschiebungsfläche durchsetzen.

Den jetzt in Zwillingsstellung befindlichen Theil des Präparates kann man analog dem p. 34 beschriebenen Verfahren entfernen und dadurch auch die letzte Verschiebungsfläche blosslegen; wiederholt man dies, nachdem man auch parallel der dritten Gleitfläche die Verschiebung vollzogen hat, so zeigt das entstandene Gebilde die Combination der Spaltform mit drei Flächen des nächst stumpferen Rhomboëders; an dem losgelösten, verschobenen Theile erkennt man die Combination $R \times (10\bar{1}1)$ mit zwei Flächen von $\infty P2 (11\bar{2}0)$ und einer Fläche von $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ (Fig. 5).

Dieser Versuch lässt sich auch umkehren: zerlegt man, wie früher angegeben, ein Spaltstück durch die Reissfläche $\infty P2 (11\bar{2}0)$

in zwei Hälften, so bleibt jene Fläche, soweit zu constatiren, sich selbst parallel, wenn man die Verschiebung nach derjenigen Gleitfläche vornimmt, welche auf ihr senkrecht steht; geht über in eine Fläche $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$, wenn man nach einer andern Gleitfläche verschiebt; in beiden Fällen übrigens ohne ihre Oberflächen-Beschaffenheit zu ändern.

Eine einfache Beziehung zwischen Reiss- und Gleitflächen erkennt man auch, wenn man sich erinnert, wie sie entstanden sind. Bei der Überführung der Theilchen in Zwillingsstellung nach der Methode von REUSCH, BAUMHAUER und der p. 35 angegebenen wirkt der Druck senkrecht zu einer Symmetrieebene; bei Entstehung der letzteren senkrecht zu einer Gleitfläche.

Für die drei Structurflächen $R \times (10\bar{1}1)$, $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ und $\infty P2 (11\bar{2}0)$ gilt nach dem Vorigen der Satz, dass sie bei der Verschiebung in Zwillingsstellung nach der Gleitfläche sämmtlich wieder Structurflächen werden, z. Th. von derselben Werthigkeit wie die ursprünglichen. Da wir früher Anzeichen dafür gefunden haben, dass auch $oR \times (0001)$ in der Tektonik des Kalkspathes eine Rolle spiele, so wollen wir untersuchen, welche Lage diese Fläche nach der Verschiebung einnehmen wird (Fig. 6).

Die Tracen von $oR \times (0001)$ auf den Spaltflächen sind ursprünglich die Linien ab , bc und ac ; die letztere bleibt offenbar unverändert, die beiden Randecken a und c bleiben Randecken; die dritte Randecke b dagegen wird zur Polecke b_1 verschoben, die ursprüngliche Basis kommt also in die Lage des ersten schärferen Rhomboëders $-2R \times (02\bar{2}1)$.

Diese Fläche kennen wir als Structurfläche des Kalkspathes bisher nicht; ich darf aber vielleicht darauf hinweisen, dass HAIDINGER (6) (vergl. auch TSCHERMAK. 20) an einem dem Kalkspath sehr verwandten Mineral, dem Dolomitspath, Zwillingslamellen und Absonderung parallel derselben beobachtete. Es ist mir, z. Th. wegen Mangels an Material bisher nicht möglich gewesen, diese Flächen näher zu untersuchen; Streifen, welche auf Zwillingslamellen nach dieser Fläche hindeuten, findet man in dem Dolomitspath aus Talk-Chlorit-Schiefer vom Zillerthal häufiger, sie sind indessen so fein, dass ich weder einen Reflex von dem verzwilligten Streifen, noch eigene, von dem Haupttheil abweichende Auslöschung desselben in sehr dünnen

Schliffen* erhalten konnte; vom Kalkspath beschreibt QUENSTEDT (Mineralogie 1877, p. 493) Contactzwillinge nach demselben Gesetze, und Herr Prof. KLEIN theilt mir mit, dass auch er dergleichen Zwillinge mehrfach beobachtet habe.

Die oben dargelegte Verschiebung von $oR \times(0001)$ in $-2R \times(02\bar{2}1)$ lässt sich auch experimentell prüfen, Krystalle mit der natürlichen Basisfläche sind indessen zu diesem Versuch nicht zu verwenden, da sie bei der erforderlichen Grösse stets zu wenig homogen sind. Schon die blossе Verschiebung gelingt schwer, fast unmöglich dürfte es sein, dabei die Basis intact zu erhalten. Auch hier ist man vielmehr auf das ausgezeichnete Isländische Material angewiesen. Schleift man an ein Spaltungsstück desselben eine Fläche $oR \times(0001)$ möglichst genau und gut spiegelnd an, so kann man sich überzeugen, dass diese künstliche Basisfläche nach der Verschiebung in der That in die Lage des nächst spitzeren Rhomboëders gelangt (vergl. auch PFAFF. 7). Ich verwandte dazu eine nach $oR \times(0001)$ geschliffene Platte, welche früher bei stauros-kopischen Messungen gedient hatte. Setzt man die Messer-Schneide auf diese Fläche möglichst genau parallel einer Trace von $R \times(10\bar{1}1)$ auf, so erfolgt die Verschiebung mit grosser Leichtigkeit. Die Neigung der ursprünglichen Basis zu den Spaltflächen betrug:

$$135^{\circ} 27\frac{1}{2}' ; 135^{\circ} 30' ; 135^{\circ} 11\frac{1}{2}' ; (\text{ber. } 135^{\circ} 23' 35'');$$

ebenso die Neigung der verschobenen Fläche zu den zwei seitlichen Spaltflächen:

$$129^{\circ} 29\frac{1}{2}' \text{ und } 129^{\circ} 10' ; (\text{ber. } 129^{\circ} 26' 25'').$$

Die Neigung der verschobenen Basis zur ursprünglichen wurde berechnet zu $169^{\circ} 23' 11''$ und gefunden zu: $169^{\circ} 20'$.

Bei Ermittlung dieser Neigung zeigte sich ausserdem, dass zahlreiche kleine dreieckige Grübchen, welche die Platte früher bei rohem Aufpoliren auf der Basis erhalten hatte, ebenfalls z. Th. von solchen verschobenen Basisflächen begrenzt waren; die Neigung derselben zur ursprünglichen Basis ergab sich nämlich zu:

* Wie der den Dolomit beherbergende Talk-Chloritschiefer, so enthält auch der Dolomitspath selbst zahlreiche mikroskopische Rutilkryställchen, z. Th. von der 10—20fachen Grösse der im Schiefer selbst vorkommenden.

169° 32' für die parallel der zweiten Gleitfläche verschobenen Theilchen, und 169° 26' für die parallel der dritten verschobenen.

Durch ein analoges Verfahren wie vorher lässt sich leicht zeigen, dass umgekehrt eine Fläche $-2R \times (02\bar{2}1)$ aus der Zone zwischen Basis und Gleitfläche nach der Verschiebung in die Lage von $oR \times (0001)$ gelangt. (Fig. 7, die ursprüngliche Lage ist abc , nach der Verschiebung abc_1 .)

Die experimentelle Prüfung ist indessen schwer auszuführen; natürliche Krystalle der Form $-2R \times (02\bar{2}1)$ sind auch hier nicht zu gebrauchen und die Herstellung künstlicher Flächen genau von der geforderten Lage ist weit schwieriger als vorher.

Es erübrigt noch zu untersuchen, welche Lage diejenigen beiden Flächen des nächst spitzeren Rhomboëders nach der Verschiebung einnehmen werden, welche nicht der Zone von Basis zu Gleitfläche angehören. Wie aus Fig. 8 hervorgeht, erscheinen diese Flächen nach der Verschiebung wieder als nächst spitzere Rhomboëder in Bezug auf den verschobenen Theil ($abcd$ geht über in bc_1d , ebenso die hinten liegende Fläche $\underline{ab}cd$ in $\underline{b}c_1d$). Der früher für $R \times (10\bar{1}1)$, $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ und $\infty P2 (11\bar{2}0)$ ausgesprochene Satz, dass Structurflächen durch die Verschiebung den Character als solche nicht verlieren, würde also auch hier zutreffen; man kann darin vielleicht eine Bestätigung dafür sehen, dass $oR \times (0001)$ und $-2R \times (02\bar{2}1)$ in der That die Bedeutung von Structurflächen haben.

Dass mindestens ein Zusammenhang zwischen $oR \times (0001)$ und $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ bestehe, geht einmal hervor aus dem p. 39 beschriebenen Versuche; dort entstand beim Eintreiben des Messers parallel der Zusammensetzungsfläche des Zwillinges die Basis von da an, wo die Zusammensetzungsfläche aufhörte; noch mehr aber aus dem umgekehrten Versuch: setzt man das Messer so auf ein nach $oR \times (0001)$ verzwilligtes Skalenoëder der Combination $R3 \times (21\bar{3}1) \cdot \infty R \times (10\bar{1}0)$ (z. B. Vorkommen von Moldowa), als ob man den Krystall nach $oR \times (0001)$ zerschlagen wollte, so entstehen, obwohl die Krystalle jenes Fundortes, wie ich mich an 14 zerschlagenen Exemplaren überzeugte, keine Spur einer Zwillingbildung nach $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ zeigen, als Theilungsflächen neben $R \times (10\bar{1}1)$ stets auch zwei Gleitflächen, meist

gross und glänzend genug, um ihre Lage auch am Goniometer bequem bestimmen zu können.

Es spricht ferner für einen solchen Zusammenhang, dass Zwillinge sowohl nach $-\frac{1}{2}R \kappa(0\bar{1}\bar{1}2)$ als auch nach $oR \kappa(0001)$ bei Auerbach a. d. Bergstr. in grosser Zahl sich finden*. Leider habe ich sie frei liegend nur an den oben beschriebenen zwei Exemplaren beobachten können. Da aber auch die nach $oR \kappa(0001)$ verzwilligten Krystalle jenes Fundortes fast stets vielfache Zwillingbildung nach zwei Flächen $-\frac{1}{2}R \kappa(0\bar{1}\bar{1}2)$ zeigen, die Verschiebung grösserer Massen erst nach der einen, dann nach der andern Gleitfläche aber, wie Versuche lehren, gar nicht oder nur schwer zu bewerkstelligen ist, so wird dadurch die Vermuthung nahe gelegt, dass der Druck, welcher gleichzeitig nach zwei Gleitflächen Verschiebung hervorzubringen strebte, seine Auslösung z. Th. in einer Verschiebung, Drehung oder Trennung der Theilchen parallel $oR \kappa(0001)$ gefunden habe. Experimentell ist dies schwer zu prüfen, da es an den kleinen für den Versuch brauchbaren Stücken nicht gelingt, einen gleich-grossen Druck gleichzeitig auf zwei Polkanten eines Spaltstückes wirken zu lassen, zwei aufeinander folgende Druckkräfte aber schwerlich dasselbe leisten. Ausserdem ist zu berücksichtigen, dass die oben beschriebenen Stückchen von Auerbach vermuthlich ganz in späthige Kalkmassen eingelagert waren, eine jede

* Die hiesige Sammlung bewahrt von diesem Fundorte einen fast modellgleichen Zwilling nach $-\frac{1}{2}R \kappa(0\bar{1}\bar{1}2)$ der Combination $R3 \kappa(2\bar{1}\bar{3}1)$ $R \kappa(10\bar{1}1)$ (letzteres Spaltfläche) auf, welcher mehr als 10 cm breit und 6 cm hoch ist. Dieser Krystall zeigt zugleich, dass, wenn auch der Zusammenhang der verschobenen Massentheilchen im Ganzen erhalten bleibt, doch eine Lockerung des Krystallgefüges dabei stattfindet, wie auch BAUMHAUER (19) schon daraus schloss, dass der verschobene Theil sich in derselben Zeit mit viel zahlreicheren Ätzfiguren bedeckt als der unverschobene. Dieser Zwilling ist nämlich parallel der Zwillingfläche von zahlreichen Furchen durchsetzt, gleichsam als sei mit einer Säge vielfach parallel ersterer eingeschnitten. Offenbar sind die Tagewässer in dieser Richtung besonders stark eingedrungen und haben einen Theil der Substanz, wie es scheint, grade die in Zwillingstellung befindlichen Lamellen fortgeführt, die unverschobenen Theile dagegen zurückgelassen. — Die riesigen nach $oR \kappa(0001)$ verzwilligten Skalenoëder desselben Fundortes dürften allgemein bekannt sein.

Änderung der äusseren Contouren durch Druck also ausserordentlich grosse Schwierigkeiten hatte.

Die eben entwickelte Ansicht über die Beziehung zwischen Basis und Gleitfläche wird indessen durch folgenden Versuch (welcher erst angestellt wurde, nachdem das Obige niedergeschrieben war), sehr wahrscheinlich gemacht. Nimmt man ein Präparat mit der Fläche $oR \times(0001)$, dargestellt nach der p. 39 angegebenen Methode und führt die künstliche Basis durch Verschiebung in die Lage des nächst spitzeren Rhomboëders, so bleibt die Fläche dabei meist nicht ganz eben, sondern bedeckt sich mit einem feinen Staube und zeigt nach Entfernung desselben eine zarte Körnelung und einen Moirée-artigen Glanz. Bei näherer Untersuchung erkennt man, dass diese Oberflächenbeschaffenheit herrührt von zahllosen, sehr feinen der Combinationskante des spitzeren Rhomboëders mit den Spaltflächen parallel verlaufenden Streifen, welche, wenn auch nur schwach, reflectiren und, wie die Messung ergibt, z. Th. Spaltflächen, z. Th. aber zwei Systemen von Flächen $\infty P2(11\bar{2}0)$ entsprechen; diese letzteren müssen also vor der Verschiebung die Lage von Gleitflächen gehabt haben. Obwohl nun am Goniometer vor der Verschiebung keine Spur von Reflex erhalten werden konnte, welche diesen entsprochen hätte, glaube ich doch, dass die früher erhaltenen Basisflächen nur Scheinflächen, gebildet durch gleichmässige oscillatorische Combination der drei Spalt- und Gleitflächen waren, halte es aber gleichwohl für möglich, dass bei sehr starkem, ganz gleichmässigem und allseitig wirkendem Drucke statt derselben eine wahre Krystallfläche, genau von der geforderten Lage entstehe und dass dies bei den oben beschriebenen Auerbacher Exemplaren der Fall gewesen sei. Hier sind durch den Gebirgsdruck zunächst wahrscheinlich Zwillinglamellen nach der Gleitfläche entstanden; weitere Druckkräfte bewirkten dann die Trennung der Theilchen, und zwar parallel der Gleitfläche für diejenigen, welche in Zwillingstellung übergeführt waren, nach der Basis für die nicht verschobenen Lamellen, so dass $oR \times(0001)$ und $-\frac{1}{2}R \times(01\bar{1}2)$ in oscillatorischer Combination auftreten mussten.

Eine Beziehung der früher erwähnten Flächen mR mit $m < 1 \times(10\bar{1}m)$ (welche übrigens an dem nicht verschobenen Theil auftreten) zu den übrigen Structurflächen des Kalkspathes auf-

zufinden, hat mir bisher nicht gelingen wollen. Messungen an sehr zahlreichen Präparaten werden erst lehren müssen, ob diesen Flächen in der That eine so constante Lage zukomme, wie es nach den bisherigen Versuchen den Anschein hat; oder ob nicht etwa in Zukunft, wenn überhaupt stets rationale, so doch untereinander ganz verschiedene Indices auftreten. Nach der gewöhnlichen Vorstellung vom Bau der Krystalle scheint mir die letztere Annahme, wonach jede Krystallfläche als Structurfläche fungiren kann, die wahrscheinlichere.

III.

Die Untersuchungen von BREWSTER (5) über die Gleitfläche am Calcit ergaben das erste Beispiel eines Zusammenhanges zwischen Structur- und Zwillingsflächen eines Minerals, aber erst nach den Versuchen von PFAFF (8), DOVE (9), REUSCH (10. 16. 15), G. ROSE (11) und BAUMHAUER (18) wurde dieser Zusammenhang (für den Calcit) gebührend betont und die bei der Entstehung der Gleitfläche eintretende Umlagerung der Theilchen namentlich von REUSCH erkannt*. Seine Vorstellung geht dahin (10. p. 447), dass der Druck eine Drehung der Theilchen um eine Axe, welche in einer Fläche $-\frac{1}{2}R \times (0\bar{1}\bar{1}2)$ und zugleich senkrecht zu einem Hauptschnitt liege, bewirke, derart, dass die Molekeln dadurch in eine neue Gleichgewichtslage gelangen. Diese Auffassung scheint auch mir durchaus die richtige zu sein; dass hierbei jedenfalls nicht allein eine Verschiebung, sondern auch eine Drehung der Theilchen stattfindet (und zwar um eine Axe, welche senkrecht zur Polkante von $R \times (10\bar{1}1)$ in $-\frac{1}{2}R \times (10\bar{1}2)$ liegt), geht zunächst aus einer Beobachtung von REUSCH

* Wie ROSEBUSCH und KLEIN (dies. Jahrb. 1881. B. I. -179-) wieder in Erinnerung gebracht haben, hatte schon BREWSTER (5) im Jahre 1828 eine klare Vorstellung von der Bedeutung der Gleitfläche nach $-\frac{1}{2}R (0\bar{1}\bar{1}2)$ gewonnen.

Wie es scheint und mit besonderer Berücksichtigung des Umstandes, dass BREWSTER bereits den weiter unten zu beschreibenden HUYGHENS'schen Versuch kannte, war ihm auch der Zusammenhang zwischen Gleitfläche und Umlagerung der Theile nahe getreten.

Das Verdienst, die volle Bedeutung dieses Zusammenhanges erkannt und die künstliche Bildung von Zwillingslamellen gelehrt zu haben, kommt indessen erst den späteren Beobachtern zu.

(10) hervor; er sah, wie Trennungsflächen parallel $-\frac{1}{2}R \times (10\bar{1}2)$ während des Druckes aufblitzten, dann aber bei nachlassendem Drucke wieder verschwanden und erklärt dies so, dass die Theilchen noch nicht bis in jene Stellung verschoben (richtiger gedreht) waren, von welcher aus sie mit beschleunigter Geschwindigkeit der neuen Gleichgewichtslage zustreben. Ebenso unzweifelhaft folgt dies aber daraus, dass der Sinn der Verschiebungsrichtung stets derselbe ist; die Theilchen bewegen sich stets über die (stumpfe) Polecke des Rhomboëders hin. In dieser Hinsicht ist auch ein bereits von HUYGHENS (1) angestellter Versuch recht instructiv, an den ich hier wohl kurz erinnern darf. Versucht man an einem Spaltungsstück eine künstliche Fläche $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ durch Abschaben der Rhomboëderkante mit dem Messer zu erzeugen, so gelingt dies leicht, wenn man das Messer von der (spitzen) Randecke zur (stumpfen) Polecke hin bewegt; es gelingt gar nicht bei entgegengesetzter Führung des Messers. Dieser Versuch ist offenbar so zu erklären*, dass zuerst durch das schräge Eindrücken des Messers fortwährend kleine Partien in Zwillingstellung wie bei dem BAUMHAUER'schen Versuche geführt werden, während dann sogleich die verschobenen Theile analog dem p. 34 beschriebenen Verfahren von den übrigen getrennt werden**. Auf eine grosse Stabilität der Stellung der verschobenen Theilchen deutet nach REUSCH namentlich der Umstand hin, dass man nur Zwillinglamellen oder Gleitbrüche erhält; ich möchte den Grund dafür darin sehen, dass, wie ich schon früher betont habe, sämtliche Structurflächen des Calcits, vor allem auch die Spaltflächen, bei der Drehung ihren Character als Structurflächen bewahren.

Die Vermuthung, dass allgemein eine Beziehung zwischen

* HUYGHENS nimmt auf Grund seiner Construction (1) an, dass das Messer im letzteren Falle über die Ellipsoide hinweg gleite, im ersten Falle dagegen dieselben wie die Schuppen eines Fisches von unten fasse.

** Die bei diesem Versuche erhaltene Gleitfläche ist meist so matt, dass ihre Messung am Goniometer nicht bequem ausgeführt werden kann. Dass sie aber in der That die geforderte Lage hat, geht daraus hervor, dass sie genau in die Lage einer Fläche $\infty P2 (11\bar{2}0)$ übergeht, wenn man die Verschiebung nach einer andern Gleitfläche vornimmt; die entstandene Fläche $\infty P2 (11\bar{2}0)$ ist dann fast ebenso glänzend, wie die früher auf analoge Weise hergestellte.

gewissen Structurflächen der Krystalle und ihren Zwillingsflächen bestehe, hat dann zuerst BAUER gelegentlich seiner Untersuchungen am Cyanit (18. p. 323) ausgesprochen, und sich dabei zum Theil schon auf dieselben Momente gestützt, welche ich im Folgenden noch einmal hervorheben möchte. Beim Calcit zunächst muss es überraschen, dass sämtliche hier als Structurflächen angesprochene Flächen (mit Ausnahme von ∞P_2 (11 $\bar{2}0$) als Symmetrieebene) als Zwillingsflächen desselben Minerals bekannt sind*. Es wird aber auch schwerlich zufällig sein, wenn an so zahlreichen anderen Mineralien Zwillingsflächen und Spalt-, Gleit-, oder sogenannte Bruch- und Absonderungsflächen z. Th. zusammenfallen, z. Th. letztere symmetrisch zu ersteren liegen (z. B. Cyanit, Kryolith, Feldspathe, Epidot, Glimmer, Gyps, Diallag, Malakolith, Korund, Eisenglanz); wenn ferner bei derselben gegenseitigen Lage beider Arten von Flächen besonders häufig polysynthetische Zwillingsbildung eintritt, wenn endlich diese polysynthetische Zwillingsbildung bei gewissen Mineralien an den eingewachsenen, dem Gebirgsdruck ausgesetzten Massen weit häufiger ist als an den aufgewachsenen derselben Art**. Ausgezeichnete Beispiele hiefür sind z. B. die Glimmer, bei welchen die Gleitflächen nach BAUER zugleich Zwillingsflächen sind; dasselbe gilt am Cyanit für die Fläche oP (001), wie aus den Untersuchungen desselben Forschers

* Ganz selten fungirt nach E. DANA als Zwillingsfläche auch $+2R$ κ (20 $\bar{2}1$) (TSCHERMAK, M. M. 1874. p. 180).

** Wir kennen allerdings polysynthetische Zwillingsbildung in ausgezeichneter Weise auch an aufgewachsenen Krystallen (z. B. Feldspathe, Epidot, Aragonit und isomorphe etc.), hier beruht sie jedenfalls nicht auf einer Umlagerung der Theilchen des ursprünglich einheitlichen, bereits fertig gebildeten Krystalls, sondern vermuthlich auf einer schon bei der Bildung der Krystalle erfolgten entgegengesetzt symmetrischen Lagerung derselben. Diese letztere Zwillingsbildung ist, wie ich glaube, von der oben besprochenen wohl zu unterscheiden (vergl. auch QUENSTEDT, Mineralogie. p. 493); während die erstere unter Einwirkung äusserer, vom Krystall unabhängiger Kräfte stattfand, wirken in diesem Falle wohl innere (Molekular-) Kräfte. Es weist darauf namentlich auch der Umstand hin, dass hier so häufig Gestalten entstehen, deren Symmetrie sich derjenigen anderer, z. Th. ähnlich, z. Th. gleich zusammengesetzter Körper, ausserordentlich nähert. Eine Beziehung zwischen Structur- und Zwillingsflächen ist natürlich auch in diesem Falle nicht allein möglich, sondern sogar wahrscheinlich (vergl. die Beispiele).

hervorgeht, der an diesem Mineral auch noch einige andere Structurflächen (Flächen unvollkommener Spaltbarkeit und Absonderung r und n) auffand, welche vermuthlich für die Erkennung des Zusammenhanges der übrigen nicht ohne Bedeutung sein werden. Andere Beispiele sind Blende, Diallag, Malakolith, Korund, Eisenglanz, Rutil. Um diese Beziehungen zwischen Structur- und Zwillingsflächen mit einiger Sicherheit weiter verfolgen zu können, bedarf es offenbar noch sehr zahlreicher Einzel-Untersuchungen; wir können aus den Verhältnissen am Calcit nicht auf diejenigen der meisten der vorher genannten Mineralien zurückschliessen, weil sie weniger symmetrischen Systemen angehören; wohl aber ist es vielleicht erlaubt, die regulären Körper, welche sich krystallographisch als ein specieller Fall der rhomboëdrischen entwickeln lassen, etwas näher zu betrachten.

Wir kennen unter ihnen solche mit Spaltbarkeit parallel dem Hexaëder, dem Octaëder und dem Rhombendodekaëder. Im ersten Falle sind Bleiglanz, Steinsalz und Sylvin ausgezeichnete Beispiele. Stellen wir alle drei Mineralien so auf, dass eine ihrer trigonalen Zwischenaxen vertical steht, so erscheinen ihre Spaltstücke als Rhomboëder von 90° Kantenwinkel. Die Fläche ∞O (110), welche am Steinsalz als Structurfläche (Gleitfläche nach REUSCH) auftritt, könnte z. Th. dem nächst stumpferen Rhomboëder des Kalkspathes, also den Gleitflächen desselben entsprechen (wie auch schon REUSCH und BAUER bemerken), z. Th. aber liegen sie analog den Flächen $\infty P2$ ($11\bar{2}0$) desselben. Dasselbe gilt für die Rhombendodekaëderfläche am Bleiglanz nach den Untersuchungen von BAUER (22). Während diese Flächen aber am Kalkspath entsprechend ihrer verschiedenen krystallographischen Werthigkeit, z. Th. den Character von Gleit-, z. Th. von Reissflächen haben, kommt den Flächen ∞O (110) lediglich der letztere zu. Es folgt dies einmal aus der Art ihrer Entstehung, welche derjenigen der Fläche $\infty P2$ ($11\bar{2}0$), nicht aber derjenigen der Gleitfläche des Kalkspathes analog ist; eine ähnliche Verschiebung wie bei dem BAUMHAUER'schen Versuch lässt sich eben bei regulären Mineralien — worauf auch schon BAUER aufmerksam macht — deshalb nicht vornehmen, weil eine Umlagerung parallel ∞O (110) nicht zu einer Zwillingsbildung, sondern nur zu einer parallelen Verwachsung führen könnte. Es folgt

dies weiter aus ihrer faserig-muschligen Beschaffenheit, welche mehr derjenigen von $\infty P2 (11\bar{2}0)$ als von $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ entspricht. Diese Auffassung der Fläche $\infty O (110)$ am Steinsalz hat auch schon G. ROSE (12) ausgesprochen; er vergleicht sie den Flächen $\infty P\infty (100)$ und $P\infty (10\bar{1})$ des Gypses, was aber mit Rücksicht auf die Entstehung der letzteren, die sie mehr als Bruchflächen kennzeichnen, nicht ganz zutreffend ist. Nehmen wir an, dass durch die Spaltbarkeit nach einem Rhomboëder die Lage der Gleitfläche als parallel dem nächst stumpferen bedingt sei, so können wir also bei regulären, nach dem Würfel spaltbaren Mineralien eine polysynthetische Zwillingsbildung, hervorgerufen durch Druck, überhaupt nicht erwarten. Damit ist nicht gesagt, dass solche Mineralien überhaupt keine Zwillinge bilden werden, dem würde auch die Thatsache widersprechen, dass am Bleiglanz Zwillinge sowohl nach $O (111)$ als auch nach $4O (144)$ und $3O3 (113)$, nach letzteren beiden Flächen sogar polysynthetische, bekannt sind; nur werden wir die Zwillinge nach den beiden letzten Gesetzen nicht als durch Druck entstanden annehmen dürfen; die Zwillinge erster Art entsprechen vielleicht denjenigen des Kalkspathes mit parallelen Verticalaxen, die am Bleiglanz zuweilen zu beobachtende Ablösung nach dieser Fläche derjenigen des Calcits nach $oR \times (0001)$.

Vollkommen spaltbar nach dem Oktaëder ist nur der Flusspath und der Diamant. Stellen wir auch hier eine trigonale Zwischenaxe vertical, so entsprechen jetzt die Spaltflächen z. Th. den Rhomboëderflächen des Kalkspathes, wir müssten demnach die Hexaëderflächen als Gleitflächen ansprechen. Da aber Zwillingsbildung nach $\infty O\infty (001)$ ebenfalls unmöglich ist, so könnten Gleitflächen und damit polysynthetische, durch Druck entstandene Zwillinge auch hier nicht vorkommen. Die Zwillinge der beiden Mineralien nach $O (111)$ sind vielleicht als Analoga derjenigen nach $R \times (10\bar{1}1)$ oder $oR \times (0001)$ des Calcits aufzufassen.

Erfolgt endlich die Spaltbarkeit eines regulären Minerals parallel dem Rhombendodekaëder, so sind bei Senkrecht-Stellung einer trigonalen Zwischenaxe drei Flächen desselben als einem Rhomboëder von 120° Polkantenwinkel zugehörig aufzufassen, drei andere Spaltflächen der rhomboëdrischen Symmetrieebene $\infty P2 (11\bar{2}0)$ als Analoga zuzuweisen; es werden also Spalt-

und Reiss-Flächen an einem solchen regulären Mineral zusammenfallen; die Gleitflächen müssten wir parallel 202 (112) suchen und nach derselben Fläche dürften wir also bei regulären Mineralien ganz allein polysynthetische, durch Druck hervorgerufene Zwillingbildung erwarten. An den wenigen nach ∞O (110) spaltbaren Mineralien kennen wir nun in der That eine solche Zwillingbildung, nämlich an der Zinkblende und, allerdings weit seltener, an einem Mineral der Nephelingsgruppe, dem Hauyn, und zwar, wie die gewöhnliche Ausdrucksweise ist, nach einer Oktaëderfläche. Dieselbe Verwachsung kann man aber auch ausdrücken durch das Gesetz: Zwillingfläche eine Fläche 202 (112), welche auf einer Oktaëderfläche senkrecht steht. Bei der Zinkblende entspricht der letztere Ausdruck des Gesetzes in manchen Fällen entschieden besser den thatsächlichen Verhältnissen als der erstere. Sowohl SADEBECK (Z. d. G. G. XXI. p. 624, und XXX. p. 598), wie auch GROTH (Mineralien-Sg. d. Univ. Strassburg. p. 25 u. 26) beschrieben Krystalle, welchen nach dieser Fläche, nicht parallel dem Oktaëder, die Zwillinglamellen eingelagert waren. GROTH hält diese Auffassung der Zwillingverwachsung der Blende sogar allgemein für naturgemässer, wogegen aber zu bemerken ist, dass sehr häufig, vielleicht meistens (z. B. Vorkommnisse von Rodna, Binnenthal, Santander) die Oktaëderfläche auch Verwachsungsfläche ist. Dass aber 202 (112) in der That eine Strukturfläche der Zinkblende ist, geht doch unzweifelhaft daraus hervor, dass sie an späthigen Blendestücken des letztgenannten Fundortes auftritt. Es sind diese grossen Spaltstücke durchsetzt von zahlreichen anders orientirten Lamellen, welche Spaltbarkeit nach zwei Flächen ∞O (110) erkennen lassen; diese beiden Spaltflächen werden durch eine Fläche 202 (112) gerade abgestumpft, deren Lage am Goniometer sehr bequem zu controliren war. Der Winkel zu den beiden Spaltflächen betrug 150° und $150^\circ 3'$, ihre Neigung zu einer Spaltfläche des Hauptindividuums $164^\circ 12'$. Da die Lamellen zugleich in der Zone $\infty O : O$ (110 : 111) liegen, so geht daraus hervor, dass nicht die hier als Strukturfläche auftretende Fläche 202 (112) Zwillingsebene für jene Lamellen ist, sondern eine Oktaëderfläche; unter dieser Annahme berechnet sich nämlich der letztgenannte Winkel zu $164^\circ 12' 24''$. Die als Zwillingfläche fungirende Oktaëderfläche tritt aber ebenfalls als

Strukturfläche auf, sie ist indessen bei weitem nicht so spiegelnd und so völlig eben, wie ∞O (110) und $2 O 2$ (112), immerhin war eine Messung noch recht gut möglich; der Winkel zur Spaltfläche ergab sich zu $144^\circ 40'$ (ber. zu $144^\circ 44' 8''$). Eine Methode zu finden, diese beiden neuen Strukturflächen auch willkürlich hervorzubringen, hat mir bisher nicht gelingen wollen, es ist dies auch bei der Sprödigkeit des Materials und der Vollkommenheit seiner sechs verschiedenen Blätterdurchgänge nicht eben zu verwundern; ich bin indessen noch mit weiteren Versuchen darüber beschäftigt.

Aus dieser Beziehung der Strukturverhältnisse eines* rhomboëdrischen Minerals auf reguläre Körper geht endlich noch eines hervor: die rhomboëdrische Basis entspricht, wie auch ein reguläres Mineral spalten mag, und welche Flächen demnach als Analoga der Rhomboëderflächen zu betrachten sind, stets einer Oktaëderfläche; die Rhomboëderflächen entsprechen entweder dem Würfel oder drei Flächen des Rhombendodekaëders oder drei Flächen des Oktaëders, von welchen aber nur die letzteren als Zwillingflächen fungiren können; ferner stumpft bei hexaëdrischer Spaltbarkeit ∞O (110), bei oktaëdrischer $\infty O \infty$ (001), bei rhombendodekaëdrischer $2 O 2$ (112) die Polkante der Spaltform ab, von welchen aber nur die letzte eine Bedeutung als Zwillingfläche gewinnen kann; der Zwilling- und eventuellen Strukturfläche — $2R \times (02\bar{2}1)$ des Kalkspathes würden ebenso im ersten Falle die Flächen O (111), im zweiten $\infty O \infty$ (001), im dritten dieselben Flächen entsprechen. Nehmen wir also auch für reguläre Körper den Satz an, dass als Zwillingflächen vorwiegend Strukturflächen fungiren werden, ein Satz, welcher, wie wir ge-

* Nach TSCHERMAK (20. p. 117) verhält sich der Natronsalpeter in Bezug auf die Lage der Schlagfiguren und Zwillingbildung nach der Gleitfläche ganz wie Calcit. Ich kann hinzufügen, dass die Freilegung der Gleitfläche und ihre Verschiebung zu $\infty P 2$ ($11\bar{2}0$) genau so erfolgt. Beide Körper sind also, wie schon BAUER (17) vermuthete, in vielen Strukturverhältnissen als identisch zu betrachten. — Wählt man bei anderen rhomboëdrischen Mineralien die Spaltform als Grundform, so kennen wir auch bei ihnen fast nur Zwillingbildung entweder nach der Basis, dem nächst stumpferen und nächst spitzeren Rhomboëder oder der Spaltform selber. (Antimon, Arsen, Tetradymit, Zinnober, Korund, Eisenglanz, Dolomit u. a.)

sehen haben, für den Kalkspath und andere Mineralien ziemlich wahrscheinlich ist, so müssten wir bei den regulären Körpern als Zwillingflächen vor allen andern das Oktaëder und Ikositetraëder 202 (112) erwarten. Dies trifft in der That zu; die ausser nach O (111) und 2 O 2 (112) beobachteten Zwillinge verschwinden nach der Häufigkeit ihres Auftretens geradezu gegenüber jenen ersten beiden. Wir dürfen darin umgekehrt eine Bestätigung unserer Voraussetzung sehen, dass nämlich Struktur- und Zwillingflächen vielfach identisch sind.

Mit weiteren Untersuchungen über diesen Gegenstand bin ich noch beschäftigt, und werden dieselben hoffentlich zur Erkenntniss der hier angedeuteten Beziehungen beitragen.

Am Schlusse dieser Arbeit gedenke ich mit besonderem Danke meines hochverehrten Lehrers, Herrn Prof. ROSENBUSCH in Heidelberg, welcher als Direktor des dortigen Mineralienkabinetts nicht allein die für diese Untersuchung nöthigen Materialien und Instrumente zur Verfügung stellte, sondern auch durch vielfache Anregung die Arbeit gefördert hat.

Heidelberg, im August 1882.

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: 1883

Band/Volume: [1883](#)

Autor(en)/Author(s): Mügge Johannes Otto Conrad

Artikel/Article: [Beiträge zur Kenntniss der Structurflächen des Kalkspathes und über die Beziehungen derselben untereinander und zur Zwillingsbildung am Kalkspath und einigen anderen Mineralien 32-54](#)