

Beiträge zur Mineralogie.

VII. Reihe¹.

Von

Max Bauer in Marburg.

Mit Taf. V und 2 Holzschnitten.

14. Ueber die Paramorphosen von Rutil nach Brookit von Magnet Cove, Arkansas.

Bei der Untersuchung der Pseudomorphosen von Kalkspath nach Aragonit von Klein-Sachsenheim² und der Pseudomorphosen von Aragonit nach Kalkspath, wahrscheinlich aus einer Manganerzgrube von Wermland (Schweden)³ habe ich nachgewiesen, dass hier keine Paramorphosen durch blosse moleculare Umlagerung vorliegen. Dasselbe hat v. LASAULX⁴ für die Pseudomorphosen von Kalkspath nach Aragonit aus Sicilien ausgesprochen. Mit grosser Wahrscheinlichkeit ist diess auch bei den meisten anderen Pseudomorphosen derselben Art nicht der Fall; man hat es bei ihnen wohl ebenfalls mit Umwandlungspseudomorphosen auf chemischem Wege zu thun.

Dass der Uralit nicht durch blosse moleculare Umlagerung aus Augit entstandene Hornblende ist, darauf ist schon mehrfach hingewiesen worden⁵.

Auch von dem Vorkommen von Markasit nach Schwefel-

¹ Dies. Jahrb. 1890. I. p. 10 ff.

² Dies. Jahrb. 1886. I. p. 62.

³ Dies. Jahrb. 1890. I. p. 12.

⁴ Dies. Jahrb. 1879. p. 505.

⁵ Siehe u. A. dies. Jahrb. 1888. I. p. -406-.

kies, welches BLUM¹ aus den Braunkohlenthonen von Liebnitz in Böhmen beschreibt, ist es sehr zweifelhaft, ob man es mit einer Paramorphose zu thun hat, da der neugebildete Markasit mit niedrigerem specifischen Gewicht nach BLUM'S Beschreibung den Raum des Schwefelkieses mit höherem Gewicht nicht ganz ausfüllt; es muss also jedenfalls eine Fortführung von Substanz stattgefunden haben. In der That werden diese Pseudomorphosen auch von SCHEERER² anders gedeutet. Er bestätigt an seinen Stücken das Vorkommen von Hohlräumen und gibt an, dass mit dem Markasit Reste des ursprünglichen Schwefelkieses gemengt sind. Die Entstehung der Pseudomorphosen denkt er sich zweifellos richtig so, dass der Schwefelkies theilweise weggeführt und dass die dadurch in dem umgebenden plastischen Braunkohlenthon entstandenen leeren Räume theilweise durch neugebildeten Markasit ausgefüllt worden sind. Es läge also eine Ausfüllungspseudomorphose von Markasit nach Pyrit vor, wobei die Hohlräume in den Pseudomorphosen und die Pyritreste ihre natürliche Erklärung finden würden. SCHEERER nennt ein solches Gebilde eine Pseudo-Paramorphose.

Auch die umgekehrte Pseudomorphose, die von Schwefelkies nach Markasit, wird beschrieben und zwar von Rodna in Siebenbürgen durch SILLEM³ und von der Grube Kurprinz bei Freiberg in Sachsen durch FRENZEL⁴. Hier kann die Bildung der Pseudomorphosen nicht wie bei Liebnitz vor sich gegangen sein, da es sich in den beiden letzten Fällen um aufgewachsene Krystalle handelt. Diese mussten erst einen Überzug einer anderen Substanz erhalten haben. Die Beschreibungen geben aber nicht genügende Anhaltspunkte zur Beurtheilung des Umwandlungsprozesses.

Es lag daher der Gedanke nahe zu untersuchen, ob andere im Mineralreich vorkommende Fälle des Auftretens einer Substanz in der Form einer mit ihr heteromorphen auf molekularer Umlagerung beruhen, also echte Paramorphosen sind oder ob solche in der Natur überhaupt gar nicht vorkommen.

Einen solchen, noch nicht nach allen Richtungen genügend

¹ Pseudomorphosen. 1. Nachtrag. 1847. p. 149.

² Der Paramorphismus 1854. p. 22.

³ Vergl. BLUM, l. c. 2. Nachtrag. 1852. p. 125 u. dies. Jahrb. 1851. p. 399.

⁴ Mineralog. Lexicon für das Königreich Sachsen. p. 201.

erforschten Fall bietet der nach den Beschreibungen von G. v. RATH¹ in der Form des Brookit (Arkansit) vorkommende Rutil von Magnet Cove, Hot Springs Co., Arkansas.

Das Material zu der Untersuchung der Pseudomorphosen von Rutil nach Brookit lieferte die daran ziemlich reiche Marburger Universitätssammlung; ferner stellte Herr Professor LASPEYRES die Originalstücke von G. v. RATH freundlichst zur Verfügung; sodann übergab mir Herr Geheimrath STRENG einen sehr schönen Krystall aus der Giessener Universitätssammlung und endlich wurden die Bestände einiger Mineralienhandlungen durchgesehen.

Die Untersuchung erstreckte sich zunächst auf die eigenthümlich gestalteten rutilähnlichen Brookitkrystalle, begrenzt von den Flächen $M = \infty P$ (110) und $z = \frac{1}{2}P$ (112), auf die G. v. RATH zuerst aufmerksam gemacht hat². Es sind meist ziemlich grosse (bis 40 mm lange) nicht ganz vollständige Krystalle von hellbraunrother Farbe und dem eigenthümlichen Moiréeschiller auf den Flächen, den G. v. RATH besonders hervorhebt. Die Form dieser Krystalle ist den Winkeln zufolge unzweifelhaft die des Brookits; aber ihr specifisches Gewicht fand G. v. RATH³ gleich dem des Rutils. An einem solchen Krystall von 32.715 gr Gewicht ermittelte er: $G = 4.199$, welche Zahl bei einer erneuten Wägung desselben, in der Bonner Sammlung aufbewahrten Stücks genau bestätigt werden konnte. Für andere ähnliche Stücke gibt G. v. RATH: 4.148; 4.193; 4.212; ich selbst fand an einem Krystall der Marburger Sammlung: 4.176. Für Brookit und Rutil findet man in der bekannten Zusammenstellung der specifischen Gewichte der Mineralien von M. WEBSKY⁴ und zwar für:

Brookit: $G = 3.85—4.22$: 4.20—4.22 (Ural)

¹ Pogg. Ann. 158. 1876. p. 407; Mineralog. Beiträge in den Verhandl. des naturh. Vereins von Rheinland u. Westphalen. Bd. 34. 1877. p. 48 des Sep.-Abdr.; dies. Jahrb. 1876. p. 397.

² Pogg. Ann. 158. 1876. p. 408 u. Taf. V Fig. 14; vergl. auch Ed. S. DANA. Americ. Journ. Science. III. ser. Bd. 32. 1886. p. 314 und Taf. VIII Fig. 1, sowie PENFIELD ibid. Bd. 31. 1886. p. 387 ff. (bes. Fig. 4. p. 388).

³ l. c. p. 409.

⁴ Die Mineralspecies nach den für das specifische Gewicht derselben angenommenen und gefundenen Werthen. Breslau 1868.

und speciell für:

Arkansit: 3.85—3.95; 3.952; 4.030—4.083;

Rutil: 4.2—4.3; 4.250—4.291; 4.207;

Nigrin: 4.438—4.554; 4.411; 4.56.

Die Zahlen für die specifischen Gewichte des in Rede stehenden Minerals erheben sich also nicht unbeträchtlich über die für den unveränderten Brookit gefundenen und nähern sich den höheren Werthen für den Rutil. G. v. RATH selbst hat für glänzend schwarze Arkansitkrystalle von Magnet Cove die Zahlen: 3.807; 3.962 und 4.074; für Brookitkrystalle von Tremadoc: 3.872 und 4.013 gefunden. Aus diesen Zahlen schloss er, dass die in der Brookitform vorhandene Substanz nicht Brookit sein könne, sondern Rutil sein müsse.

Das specifische Gewicht hat aber hierbei keine für sich allein entscheidende Bedeutung, denn die specifischen Gewichte der verschiedenen untersuchten Brookitvorkommnisse schwanken sehr bedeutend, und die oben angeführten Zahlen für die uralischen Brookite gehen noch etwas über die für die vorliegende Substanz gefundenen hinaus. Diess hängt wohl mit dem mehr oder weniger grossen Gehalt an Eisenoxyd zusammen, der beim uralischen Brookit nach HERMANN'S Analyse bis 4.50 % beträgt, während der Arkansit von Magnet Cove nur 1.36 Fe₂O₃ enthält. Da das Eisenoxyd (in den Eisenglanzkrystallen von Elba) ein Gewicht von 5.2—5.3 hat, so ist ein solcher Unterschied in der Zusammensetzung immerhin nicht ohne Einfluss. Auch das hohe specifische Gewicht des Nigrin ist durch den grossen, auf mechanischen Beimengungen beruhenden Eisengehalt dieser Abart des Rutil bedingt.

Zum weiteren Nachweis, ob hier trotz des höheren specifischen Gewichts nicht doch Brookitsubstanz, und kein Rutil vorliege, war demnach eine Untersuchung des Innern dieser Gebilde von grosser Bedeutung. Eine solche hat früher R. BLUM¹ gegeben. Er hat einen 34 mm langen Krystall durchgeschlagen und beobachtet, dass das Innere hauptsächlich von einer undeutlich körnigen bis dichten Masse gebildet wurde, während die Rutilnadelchen theils nur eine dünne Rinde ausmachten, theils wo sie unter schieferm Winkel zu den Flächen des früheren Brookits standen, ein stengliges

¹ Pseudomorphosen. 4. Nachtrag. 1875. p. 169.

Aggregat von säulenförmigen, gleichlaufenden Individuen zusammensetzten, das 2—3 mm dick war, so dass sich die Form des Brookits aussen nur von Rutilkryställchen erhalten zeigte. Das Innere zeigte die rothbraune Farbe des Rutils und hie und da auch undeutliche Blätterbrüche. Auf kleinen Hohlräumen, die zahlreich vorhanden und z. Th. mit Brauneisenocker erfüllt waren, ragten sehr kleine Rutilkryställchen von den Wandungen aus in das Innere hinein.

Diese Beschreibung könnte ebensogut für eine Verwachsung neugebildeten Rutils mit dem Brookitkrystall sprechen, denn die rothbraune Farbe des Innern ist nicht blos für Rutil charakteristisch, sondern ebenso für Brookit, und wenn auch der Arkansit von Magnet Cove schwarz ist, so kommt dort doch auch rothbrauner Brookit von der gewöhnlichen Art vor.

Ich habe daher, um diese Verhältnisse klar zu legen, eine mikroskopische Untersuchung einer solchen Pseudomorphose vorgenommen. Ein Krystall von der angegebenen Form Mz , an dem die makrodiagonalen Endkanten des Oktaeders z noch durch je zwei Flächen von $\alpha = \frac{1}{2}P\check{2}$ (124) zugeschärft waren und dessen Winkel sich nach der Messung mit dem Anlegegoniometer als die des Brookits ergaben, lieferte das spezifische Gewicht = 4.231, also noch etwas höher, als die von G. v. RATH untersuchten Krystalle. Senkrecht zu der Prismenkante M/M wurde eine Platte geschliffen, die bei genügender Düntheit mit über die ganze Fläche gleicher röthlich-gelbbrauner Farbe durchsichtig wurde, fast ohne Spur von Dichroismus. Die Structur war aber nicht über die ganze Fläche dieselbe. An einzelnen Stellen waren sehr deutliche Blätterbrüche zu bemerken und zwar über grössere Flächen ganz gleich orientirt, aber nicht an allen Stellen in derselben Weise. Auf grosse Erstreckung, und zwar die grösste Fläche des Präparats einnehmend, waren zwei auf einander senkrechte Spaltensysteme vorhanden, an anderen Stellen waren die zwei Spaltensysteme in gleicher Deutlichkeit vorhanden, aber nicht mehr auf einander senkrecht, sondern an verschiedenen Stellen mehr oder weniger schiefe Winkel mit einander einschliessend. Wieder an anderen, aber nur sparsamen und kleinen Stellen war nur ein einziges System von parallelen, aber wie die anderen ganz regelmässigen und geradlinigen Spalten zu sehen.

Endlich waren auch Flächen aber nur von geringer Ausdehnung vorhanden, in denen gar keine Spur von Blätterbrüchen zu bemerken war, sondern nur unregelmässige Sprünge. Diese zeigten sich gegen die mit Spaltbarkeit versehenen Felder scharf abgegrenzt, wie auch die Felder mit verschieden orientirter Spaltbarkeit scharfe Grenzen gegen einander erkennen liessen.

Eine grössere Anzahl ziemlich weit klaffender Risse durchzog neben den feinen Spaltungsrissen des Innern die mit Blätterbrüchen versehenen Stellen in derselben Richtung, wie die Blätterdurchgänge, nur in vereinzelt Fällen bis an den Rand des Präparats reichend. Sie sind sicherlich, wie auch die feinen Spalt-
risse, nicht erst durch den Schleifprocess entstanden, sondern in dem Krystall selbst vorhanden, denn sonst müssten sie vorzugsweise am Rande sich finden. Die Substanz ist auch hart und fest und, da der Schliff nicht sehr dünn gemacht wurde, schwerlich erst beim Schleifen zerrissen und zersprungen. Die Felder ohne Spaltbarkeit bilden einen fast vollkommen zusammenhängenden Complex, der nur an einer Stelle an den Rand des Präparats tritt, die wahrscheinlich der Ansatzfläche des Krystalls entspricht, ringsum ist er sonst von dem spaltbaren Theil des Präparats umgeben. Innerhalb der Felder ohne Spaltbarkeit waren einzelne kleine Flecken mit deutlicher Spaltbarkeit in scharfer Abgrenzung gegen jene zu bemerken. Beiderlei Felder, die spaltbaren und die nicht spaltbaren, zeigen sehr ausgeprägt die Oberflächensculptur stark lichtbrechender Substanzen.

Im parallelen polarisirten Licht erwies sich der gesammte nicht spaltbare Theil des Schliffs als optisch in der Hauptsache gleich orientirt. Die Auslöschungsrichtungen einzelner Stellen waren wohl etwas, aber sehr wenig von denen der übrigen abweichend, wie das bei einem Krystall von der Grösse des zur Untersuchung verwendeten (Dimensionen: 20:20:10 mm), der wie alle ähnlichen schon äusserlich den Aufbau aus hypoparallelen Subindividuen erkennen lässt, nicht zu verwundern ist. Diese nicht spaltbaren Flächentheile zeigen das abwechselnde Aufhellen und Verdunkeln anisotroper Krystalle bei einer Drehung des Präparats.

Die spaltbaren Flächentheile verhalten sich je nach der

Orientirung der Spaltungsrisse verschieden. Die Stelle mit nur einem System von Spalten zeigen in derselben Weise Aufhellung und Verdunklung, wie die zuletzt genannten und ebenso diejenigen Stellen, wo sich zwei Spaltensysteme unter schiefen Winkeln scheiden. Dagegen zeigen diejenigen Felder mit zwei zu einander senkrechten Spaltungsrisse, die an Umfang über alle andern zusammen überwiegen, das Verhalten isotroper Substanzen; sie bleiben bei einer völligen Umdrehung gleich dunkel. Untersucht man diese Stellen im convergenten Licht, so beobachtet man das Interferenzbild einer einaxigen Substanz mit positiver Doppelbrechung und trotz der geringen Dicke des Präparats sehr engen Ringen, was auf starke Doppelbrechung der Substanz hinweist. Auf den Stellen mit schief zu einander stehenden Spalten oder mit nur einem Spaltensystem oder endlich auf den Stellen ohne Spaltbarkeit kommt eine Interferenzfigur nicht zu Stande.

Es ist wohl kein Zweifel, mit welchen Substanzen man es hier zu thun hat. Die braunrothe, stark lichtbrechende und stark doppelbrechende, wenig dichroitische einaxige Substanz mit positiver Doppelbrechung und mit zwei gleichen, sehr deutlichen, auf einander senkrechten Blätterbrüchen ist Rutil, während die nicht spaltbaren Theile des Präparats, die keine Interferenzfigur geben, Brookit sind, dessen Form das ganze Gebilde besitzt.

Die Art und Weise, wie diese beiden Mineralien gegen einander liegen, lässt keinen Zweifel, dass der Rutil aus dem Brookit entstanden ist, und zwar durch Umwandlung in der Hauptsache von aussen nach innen. Wo der Brookit im Präparat an den Rand tritt, ist wahrscheinlich die Stelle, mit welcher der Krystall aufgewachsen war; gegen diese Stelle hin schritt die Umwandlung von aussen nach innen vor und der jetzt noch vorhandene Brookit ist der der Umwandlung bisher noch entgangene Rest des ursprünglichen Minerals. Dieses steht aber ebenfalls schon im Beginne der Umwandlung und zwar erfolgt diese z. Th. wahrscheinlich auch von innen aus, wie die kleinen darin eingesprengten Rutilpartien zeigen.

Dass diese Umwandlung ohne chemische Veränderung vor sich gegangen ist, ist höchst wahrscheinlich, soweit man ohne Analyse dies beurtheilen kann. Zu einer solchen fehlt mir

das Material. Eine chemische Umänderung könnte kaum in etwas anderem bestehen, als in Ausscheidung, vielleicht auch in Aufnahme von Fe_2O_3 . BLUM (l. c.) nimmt auch an, dass bei der Umwandlung Fe_2O_3 ausgeschieden worden sei und dass sich daraus der Brauneisenerocker gebildet habe, der die Hohlräume des von ihm auf dem Querbruch untersuchten Krystalls erfüllt. Solcher Brauneisenerocker ist an meinen Krystallen nicht zu sehen, überhaupt weist nichts auf eine chemische Veränderung des Brookits hin. Wenn man vielleicht aus der fast vollkommen gleichen Farbe des neugebildeten Rutil und des ursprünglichen Brookits auf nahezu gleichen Eisengehalt beider Substanzen schliessen darf, so läge in der That kein Grund vor, an einer nur durch moleculare Umlagerung entstandenen Paramorphose von Rutil nach Brookit zu zweifeln.

Mit einer solchen stimmen auch die vielen feinen Spaltungsrisse und die gleichfalls zahlreichen, zum Theil weit klaffenden Sprünge in den zu Rutil umgewandelten Partien der Substanz. Der Rutil ist specifisch schwerer, als der Brookit, also das Volumen der nämlichen Masse TiO_2 in der Form des Rutil kleiner als in der des Brookits. Es musste also bei der Umwandlung ein Schwinden des Volumens stattfinden, das die Bildung von Contractionsrissen zur Folge haben konnte. Die nachfolgende Betrachtung zeigt eine bemerkenswerthe Analogie zwischen den vorliegenden Bildungen und einer zweifellos durch moleculare Umlagerung entstandenen Paramorphose, so dass der Gedanke an einen auch hier vorliegenden gleichen Process nur verstärkt werden kann.

Der bei der Umlagerung neu gebildete Rutil ist, wie oben gezeigt wurde, zwar nicht durch die ganze Masse hindurch gleich orientirt, aber doch auf den relativ grössten zusammenhängenden Strecken. Die vorliegende Paramorphose gleicht in dieser Beziehung bis zu einem gewissen Grade der von C. KLEIN¹ beobachteten künstlichen Umlagerung von Aragonit in Kalkspath durch vorsichtiges Erwärmen, wo allerdings durch die ganze Masse hindurch die neugebildeten Kalkspathkrystalle gleich orientirt waren, und zwar mit ihren Hauptaxen der Verticalaxe des Aragonits parallel. Die grösste

¹ Nachrichten der kgl. Gesellsch. d. Wissensch. Göttingen. 3. Nov. 1883.

Masse des neugebildeten Rutil bei den hier vorliegenden Paramorphosen ist ganz analog orientirt: die Hauptaxe desselben ist der Verticalaxe des ursprünglichen Brookitkrystals parallel, und man erhält daher bei der gewählten Schliffrichtung das charakteristische Axenbild des Rutil. Eine viel geringere Menge des neugebildeten Rutil geht schief zu den Prismenflächen des Brookits und dadurch, dass diese schiefliegenden Rutilpartien die Prismenflächen des Brookits schneiden, entsteht auf diesen der von G. v. RATH hervorgehobene Moiréeschiller, ebenso wie durch den schiefen Schnitt der Hauptmasse des Rutil mit den Oktaëderflächen des ursprünglichen Brookits auf diesen. Überall ist der neugebildete Rutil nach aussen mit regelmässigen Flächen begrenzt, welche mit den umgebenden Brookitflächen sehr kleine Winkel bilden. Auf einer und derselben Brookitfläche wechseln diese mit den derselben sehr nahe liegenden Rutilflächen felderweise ab, so dass bei einer geringen Drehung des Krystals bald auf den Flächenelementen des Brookits, bald auf denen des Rutil Reflexion stattfindet. Diese Erscheinung ist der sogenannte Moiréeglanz.

Eine gesetzmässige Beziehung der Lage der neugebildeten schiefen Rutilkrystalle zu der Begrenzung des Brookits habe ich nicht festzustellen vermocht, wie eine solche bei künstlichen Paramorphosen zwischen der ursprünglichen Substanz und der durch Umlagerung neugebildeten nicht selten vorkommt. Vielleicht findet sich eine solche bei Bearbeitung eines reicheren Materials, welches zahlreichere Schiffe nach verschiedenen Richtungen in den umgewandelten Brookitkrystallen herzustellen gestattet.

Man findet nach dem Vorstehenden und nach dem früher bekannten bei Magnet Cove zwei Abänderungen von Brookit. Einmal ist es der schwarze Arkansit in verhältnissmässig kleinen, vorzugsweise von $M = \infty P (110)$ und $e = P\bar{2} (122)$ begrenzten Krystallen. Diese sind nach dem mir vorliegenden Material noch alle durchaus frisch und nicht in Rutil umgewandelt. Sodann ist es der echte rothbraune Brookit in grösseren Krystallen von der Eingangs erwähnten rutilähnlichen Form, die anscheinend alle, soweit ich beobachten konnte, eine mehr oder weniger vollständige Umwandlung in Rutil

erlitten und dadurch das erhöhte, je nach dem weiter oder weniger weit vorgeschrittenen Zustand der Umlagerung etwas schwankende spezifische Gewicht erlangt haben. EDW. S. DANA gibt a. a. O. ebenfalls an, dass die Rutil-ähnlich gestalteten Brookitkrystalle häufig in Rutil umgewandelt seien, ebenso aber auch die Krystalle von der anatasähnlichen Form, die es in seiner Fig. 24 abbildet. Alle Krystalle von dieser Form, die ich selbst beobachtet habe, sind schwarzer Arkansit und anscheinend durchaus frisch und unverändert. Jedenfalls sind aber nach allen diesen Beobachtungen die rothbraunen Brookite in grösserem Umfang der Umwandlung in Rutil unterworfen gewesen, als die schwarzen Arkansite.

Dieser Unterschied hängt vielleicht mit chemischen Differenzen, und zwar mit solchen im Eisengehalt zusammen. Nimmt man an, dass der rothbraune Brookit von Magnet Cove nahe denselben Eisengehalt hat, wie der gleichfalls rothbraune Brookit vom Ural, für den durch die Analysen von HERMANN und ROMANOWSKY 4.50 resp. 3.28 Fe_2O_3 ermittelt worden sind, so ist der schwarze Arkansit erheblich eisenärmer, da die Analyse von DAMOUR nur 1.36 Fe_2O_3 für ihn ergeben hat.

Wenn es nach dem Obigen durchaus wahrscheinlich ist, dass man es bei den grossen rutilähnlichen Brookitkrystallen ganz in der von G. v. RATH gedachten Weise mit Umlagerungen in Rutil, also mit echten Paramorphosen von Rutil nach Brookit zu thun hat, so sind andere von G. v. RATH gleichfalls als derartige Paramorphosen aufgefasste Gebilde von Magnet Cove keine solchen, sondern es sind Rutilkrystalle, die von Anfang nichts anderes als Rutil gewesen sind.

Gewisse Zwillingsbildungen des Rutils ahmen die gewöhnliche Arkansitform, die von den vertical gestreiften Flächen $M = \infty P (110)$ und den glatten $e = P\bar{2} (122)$ gebildet wird, zuweilen mehr oder weniger täuschend nach, so dass dadurch Verwechslungen in dem angegebenen Sinne entstehen können.

Die genannte Arkansitform, welche in Fig. 2 so abgebildet ist, dass die Makrodiagonale b auf der Ebene des Papiers senkrecht steht, hat ein ganz dihexaëderähnliches Aussehen, und ein ebensolches können die gewöhnlichen Rutilsechslinge nach $P\infty (101)$ haben, bei denen die einzelnen Individuen nur

von dem meist stark vertical gestreiften Prisma $g = \infty P (110)$ begrenzt sind. Ein solcher, wo die Hauptaxen der 6 Individuen alle in der Ebene des Papiers liegen, ist in Fig. 1 dargestellt.

Die in beiden Figuren eingeschriebenen Winkel und die Flächenstreifung geben die Unterschiede der beiden Bildungen und ich habe mich an einzelnen solchen Krystallen mit Sicherheit durch Messung der Winkel davon überzeugen können, dass nicht Brookit-, sondern Rutilformen vorliegen. In der Natur sind diese Rutilkrystalle entweder mit allen 6 Individuen ausgebildet oder es sind deren weniger, z. B. nur II, III und IV (Fig. 1), so dass der Krystall an der Stelle, wo die drei anderen Individuen sein müssten, mit breiter Fläche aufgewachsen ist.

Von den gewöhnlichen von Magnet Cove, wie von zahlreichen andern Fundorten bekannten Rutilverwachsungen dieser Art unterscheiden sich die vorliegenden Bildungen, namentlich die grösseren, die bis 30 mm Durchmesser haben, zum Theil dadurch, dass jedes einzelne Individuum sich über die benachbarten hinaus fortsetzt. Auf den Flächen g , welche das scheinbare Dihexaëder bilden (Fig. 1), erheben sich zahlreiche langgezogene schmale geradlinige Leisten, welche beinahe alle den Endkanten des scheinbaren Dihexaëders parallel gehen. Jede Fläche g trägt also, oder kann wenigstens tragen, zwei Systeme solcher Leisten, die sich vielfach durchschneiden, wie auf Individuen II oder IV, oder sich nicht treffen, wie auf III. Die auf jeder solchen Fläche g hervorragenden Leisten sind oben von einer ebenen Fläche begrenzt, die derjenigen anstossenden Fläche g parallel ist, mit der die erstere Fläche g eine der Leiste parallele Kante, eine Endkante des scheinbaren Dihexaëders bildet, also so, dass die mit III bezeichneten Leisten auf g_4 oben von einer Fläche parallel mit g_3 begrenzt sind etc. Diese schmalen Begrenzungsflächen der Leisten sind genau in derselben Richtung gestreift, wie die genannten anstossenden Flächen g , mit denen sie parallel sind. Man sieht also deutlich, dass diese Leisten nichts anderes sind als Fortwachsungen eines mittleren Individuums über die Flächen g der beiden anstossenden Individuen hinaus. Nicht immer sind diese Leisten so regelmässig, wie in der Figur; sie

gehen zuweilen nicht genau der betreffenden Kante parallel, oder sie bilden durch Zusammendrängen mehrere rauhe Flächentheile auf den scheinbaren Dihexaëderflächen etc. Immer aber lässt sich die Zugehörigkeit zu denjenigen Rutilindividuen erkennen, denen sie nach dem Obengenannten parallel sind. Diese Erscheinung ist dann, bei kleineren Krystallen namentlich, zuweilen etwas modificirt. Die einzelnen, den Vielling bildenden Individuen sind nicht selten durch Parallelverwachsung langer und dünn prismenförmiger oder nadelförmiger Rutilkryställchen gebildet, die nach oben und nach unten von oktaëdrischen Endflächen begrenzt sind. G. v. RATH bildet dies in den Verhandlungen des nat.-histor. Vereins für Rheinl. und Westph. XXXIV auf Taf. I. Fig. 12 (auch POGG. Ann. 158. Taf. V. Fig. 13) ab, wo nur für die auf Arkansit bezüglichen Signaturen M und e die auf Rutil bezügliche Signatur g zu setzen ist. Solche Rutilnadelchen parallel mit einem mittleren Individuum wachsen aber vielfach über die Prismenflächen der beiden anstossenden Rutilindividuen hinaus fort in ganz derselben Weise, wie es die Leisten in den oben beschriebenen grösseren Rutilkrystallen thun und man erhält dann eine Ausbildung des Rutilsechslings, wie sie von G. v. RATH (l. c.) Fig. 11 und auch z. Th. in Fig. 12 links dargestellt ist, nur müssten in Fig. 11 die ein zweites System solcher Rutilnadelchen darstellenden Parallellinien (oben rechts in der Figur) der von der oberen Ecke aus nach vorn verlaufenden Kante parallel gehen, wie sie es an den von mir untersuchten Stücken auch in der That thun.

Manchmal ahmt der Rutil von Magnet Cove auch durch eine andere eigenthümliche Ausbildung der Zwillinge nach dem gewöhnlichen Gesetz rhombische Formen nach, die für Arkansit gehalten werden können und auch dafür gehalten worden sind. Diese Verwechslung ist um so eher möglich, als die betreffenden Krystalle schwarz sind wie der Arkansit, nicht roth wie der gewöhnliche Rutil.

Während bei den oben besprochenen Rutilzwillingen die Zwillingsflächen P_{∞} (101) auch, wie dies gewöhnlich der Fall, Verwachsungsflächen sind, ist bei den nun zu besprechenden Bildungen die Verwachsungsfläche senkrecht zur Zwillingsfläche. Schematisch sind dieselben in Fig. 3—5 dargestellt.

Zwei nach vorn geneigte Flächen des Hauptoktaeders $s = P(111)$, nämlich s' und $\underline{s'}$ spiegeln gleichzeitig, fallen daher in eine Ebene, ebenso die entsprechend nach hinten gelegenen Flächen s . Die letzteren bilden daher mit den ersteren eine in den Figuren horizontal liegende einheitliche gerade Kante. In dieser schneiden sich die vorderen und die hinteren Flächen s in einem Winkel, der dem Endkantenwinkel von s am Rutil: $s/s = 123^\circ 8'$ entspricht; die Messungen haben, der nicht sehr vollkommenen Flächenbeschaffenheit entsprechend, Abweichungen bis zu $10'$ von diesem Winkel ergeben. Man hat es also hier sicher mit Rutilformen zu thun, und auch die Spaltbarkeit und das spezifische Gewicht sind die des Rutils. In den beiden mit einander verwachsenen Individuen geht nach dem Obigen eine Endkante ununterbrochen hindurch, sie haben also die Abstumpfungsfäche $P_\infty(101)$ dieser Endkante als Zwillingsfläche gemein, der Verlauf der vertical gestreiften Prismenflächen g' und $\underline{g'}$, dem ersten Prisma $g = \infty P(110)$ angehörig, und die dadurch bestimmte Zwillingsgrenze zeigen aber, dass die Verwachsungsfläche auf der Zwillingsfläche senkrecht steht. In Fig. 3 sind in beiden Individuen die Flächen s vollständig vorhanden, in Fig. 4 und 5 sind beide Individuen etwas in einander hineingeschoben, so dass die mittleren Flächen s nicht mehr in ihrem vollen Umfang vorhanden sind; in Fig. 5 sind ausserdem die beiden mittleren Flächen g (g' und $\underline{g'}$), welche in der Mitte in Fig. 3 und 4 einen einspringenden Winkel bilden, nicht zur Ausbildung gelangt.

Dieser in Fig. 5 dargestellte Zwilling hat grosse Ähnlichkeit mit den herzförmigen Rutilzwillingen, wie sie nach den Beschreibungen von MILLER, DES CLOIZEAUX, N. v. KOKSCHAROW und Andern von Brasilien, vom Ural etc. bekannt geworden sind und bei welchen als Zwillings- und Verwachsungsfläche $3P_\infty(301)$ angegeben wird. Läge hier dieser letztere Zwilling vor, so müssten die Flächen s' und $\underline{s'}$ in der Zwillingsfläche einen einspringenden Winkel von $170^\circ 28'$ mit einander machen und ebenso müssten sich die horizontalen Kanten s'/s' und $\underline{s'}/\underline{s'}$ unter einem einspringenden Winkel von $169^\circ 9'$ schneiden, während hier die Flächen s' und $\underline{s'}$ und die

Kanten s/s sich über die Zwillingsgrenze ununterbrochen fortsetzen. Übrigens geben nicht alle Beschreibungen jener herzförmigen Zwillinge, als deren Zwillingsfläche $3P\infty$ (301) angegeben wird, die sichere Überzeugung, ob nicht auch bei ihnen vielleicht Zwillinge der hier beschriebenen Art, Zwillingsfläche $P\infty$ (101), Verwachsungsfläche senkrecht darauf, vorliegen, da eingehende Messungen meist fehlen. Durch Messung beglaubigt ist übrigens gerade ein Rutilzwilling nach $3P\infty$ (an dem aber auch eine weitere Verwachsung nach $P\infty$ (101) vorkommt) von Magnet Cove und zwar durch HESSENBERG¹.

Das Vorkommen und die Ausbildung der vorstehend beschriebenen Rutilzwillinge ist nun stets derart, dass sie mit der unteren, von den Prismenflächen g gebildeten Ecke aufgewachsen sind, so dass von dem ganzen Krystall fast nur das obere, von den Flächen s gebildete Ende ausgebildet ist, während die Prismenflächen beinahe ganz fehlen. In Fig. 5 ist dies durch die Grenzlinie mm darzustellen gesucht: das Stück über derselben ist ausgebildet, das darunterliegende fehlt; auch die noch weiter zu besprechenden Fig. 6, 7 und 9 stellen dieses Verhalten dar. Das obere Ende in Fig. 5 stellt ersichtlich einen scheinbar rhombischen Krystall dar, dessen Form man auf den ersten Anblick eher auf Arkansit als auf Rutil zu beziehen geneigt ist; erst eine genaue Untersuchung gibt die richtige Deutung.

Übrigens setzt sich diese Zwillingsbildung auch polysynthetisch fort, wie dies Fig. 6 mehr schematisch in leicht verständlicher Weise darstellt, die scheinbar rhombische Form dieser Zwillinge ist aber auch bei solchen Fortwachsungen vorhanden. In der Natur sind die einzelnen Individuen jedoch gewöhnlich nicht regelmässig in einer geraden Linie an einander gereiht, sondern sie liegen, wie in Fig. 9, auch in mehrfacher Wiederholung vor und hinter einander. Es entstehen dadurch scheinbar complicirte Zwillingsstöcke, bei denen aber die entsprechenden Oktaëderflächen s in der oben beschriebenen Weise gleichzeitig spiegeln, während die, wenn auch nur

¹ Mineralog. Notizen No. 5. Abhandlgn. SENCKENB. naturforsch. Ges. IV. 205.

in geringer Ausdehnung vorhandenen gestreiften Prismenflächen g sich in zwei Richtungen in der in der Figur dargestellten Weise durchschneiden.

Formen, wie in Fig. 7, scheinen ebenfalls vorzukommen, doch habe ich sie nicht mit genügender Sicherheit beobachtet. Sie stellt, wie leicht zu sehen, einen Zwilling nach demselben Gesetz und mit derselben Verwachsungsfläche vor, wie die obigen, aber die in den Fig. 3—5 vorhandenen beiden Individuen sind der Lage nach vertauscht, das dort rechts liegende liegt hier links und umgekehrt, so dass die in Fig. 3—5 nach unten convergirenden Prismenkanten in Fig. 7 nach unten divergiren. Auch hier spiegeln die Flächen s' und $\underline{s'}$ gleichzeitig.

Eine weitere Complication aller dieser Erscheinungen kann schliesslich noch dadurch eintreten, dass an die in der beschriebenen Weise verwachsenen Individuen weitere in der beim Rutil gewöhnlich vorkommenden Weise zwillingsartig angefügt sind, nämlich so, dass die Zwillingsfläche $P\infty$ (101) auch die Verwachsungsfläche ist. Wenn diese Zwillingsverwachsung sich dann noch weiter cyklisch fortsetzt, so kommen so complicirte Gruppen zu Stande, dass es schwierig ist, jedes einzelne Individuum in seiner gesetzmässigen Stellung zu den anderen richtig zu erkennen.

Nach demselben Gesetz und in derselben Weise verwachsen kommen als Seltenheit auch Drillinge vor. In einzelnen der beschriebenen Zwillingsstücke divergiren die vertical gestreiften Prismenflächen der Rutilkrystalle nicht nur nach zwei, sondern nach drei Richtungen, so dass zwei seitliche Richtungen gegen eine mittlere, welche mit diesen beiden in einer Ebene liegt, symmetrisch sind. Rechts und links von der mittleren Richtung liegen die entsprechenden Flächen s wieder genau in derselben Ebene, so dass sie gleichzeitig spiegeln. Hier ist also an je zwei gegenüberliegenden Endkanten eines mittleren Individuums je ein anderes Individuum in der oben geschilderten Weise zwillingsartig angewachsen, wie es Fig. 8 schematisch darstellt. Die Flächen s_1 und \underline{s}_1 der beiden Individuen I und II, ebenso s_2 und \underline{s}_2 der Individuen I und III haben dieselbe Lage und die Prismenflächen verlaufen in der aus der Figur ersichtlichen Richtung. Es

scheint sogar, als ob in derselben Weise auch an die beiden andern Endkanten des Individuums I in derselben Weise zuweilen Zwillingindividuen angewachsen wären, so dass ein Fünfling, wie zuweilen beim Zinnstein, vorhanden wäre, in welchen ein centrales Individuum von vier andern umgeben ist. hierüber liess aber mein Material keine sichere Beobachtung zu.

In der Natur sind diese Drillinge ebenso complicirt gebaut, wie die oben beschriebenen und in Fig. 6 dargestellten Zwillinge. Sie sind mit dem unteren Ende angewachsen, so dass von den Prismenflächen auch hier nur wenig vorhanden ist und die einzelnen Individuen wiederholen sich mehrfach vor-, hinter- und nebeneinander in derselben Weise, wie in Fig. 9. Die Coincidenz der Flächen *s* in der beschriebenen Weise und die Richtung der gestreiften Prismenflächen lassen aber über das Gesetz keinen Zweifel.

Durch welche Ursache die Umlagerung des Brookits in Rutil bewirkt worden ist, bin ich nicht im Stande, anzugeben oder auch nur zu vermuthen. Nach den Untersuchungen von H. ROSE ist es bekannt, dass Brookit durch Glühen in Rutil übergeführt werden kann, sogar unter Umständen unter Beibehaltung der Form. Auf diesem Wege sind aber die hier vorliegenden Paramorphosen ihrem ganzen Vorkommen nach sicherlich nicht entstanden.

15. Ueber die Pseudomorphosen von Rutil nach Anatas.

Die Pseudomorphosen von Rutil nach Anatas werden in der mir zugänglichen mineralogischen Literatur zuerst in den Schriften der russ. kaiserl. mineralogischen Gesellschaft Bd. II. 1842. p. 276 und p. 359 erwähnt¹, ohne dass dieselben aber in ihrer wahren Natur erkannt worden wären. Nach der gefälligen Mittheilung des Herrn E. FEDOROW in St. Petersburg aus den genannten mir nicht zugänglichen Schriften hat A. TANKOW (A. T. unterzeichnet) der erwähnten Gesellschaft unverwaschene diamantführende Sande aus Brasilien vorgelegt zusammen mit den die Diamanten begleitenden Mineralien. Unter diesen wird als bemerkenswerth erwähnt „Rutil oder Anatas (oxydirtes Titan, nach den letzten Untersuchungen

¹ N. v. KOKSCHAROW, Materialien Bd. IV. 1862. p. 118, Fussnote.

VON VAUQUELIN Titansäure), welches in der Form des Oktaëders auskrystallisirt ist; dieses Mineral wird von den Brasilianern „Captivos“ genannt.“ An der zweiten genannten Stelle (p. 359) wird als specieller Fundort das bekannte Diamantengebiet von Serro-do-Frio angegeben.

Als Pseudomorphosen werden diese Gebilde zuerst, wie es scheint, von DAMOUR¹ angeführt. Er erwähnt sie ebenfalls unter dem Namen „Captivos“ als charakteristische Begleiter des Diamants in den diamantenführenden Sanden von Diamantina und Accaba Sacco in Brasilien. Nach seiner Beschreibung sind die Krystalle trübe, röthlich oder braun und haben innere Hohlräume. Die Rutilnadeln, aus denen die früheren Anataskrystalle jetzt bestehen, durchkreuzen sich nach verschiedenen Richtungen. Das specifische Gewicht gibt er = 4.06 an.

R. BLUM erwähnt diese Angaben von DAMOUR in seinem dritten Nachtrag (1863) nicht, jedoch beschreibt er dort (p. 264) einen in seinem Besitze befindlichen Krystall aus den Diluvialsanden von Itabira di Matto dentro, Prov. Minas Geraës, Brasilien. Dieser Krystall, 5 mm gross, aber unvollständig, war an den Kanten und Ecken zugerundet, liess jedoch die Anatasform noch deutlich erkennen. Er bestand aus einem Aggregat von feinstenglicher bis fasriger Beschaffenheit, so dass die Individuen, von den Flächen schief auslaufend, sich im Innern treffen. Zwischen der compacten Masse sind Hohlräume und auch an der Oberfläche finden sich kleine Löcher. Das Aggregat hat ganz das Ansehen des Rutils; das specifische Gewicht ist nach der Bestimmung von DELFFS: $G. = 4.018$. Im vierten Nachtrag (1879), p. 168, erwähnt dann BLUM diese Pseudomorphosen auch aus dem Magneteisensande von Poço alto in Brasilien, aber ohne nähere Beschreibung, nachdem er solche in seiner Mineralogie, 4. Aufl. 1874. p. 406 vom Rio Paraûna angeführt hatte.

Ebensolche Krystalle von Diamantina wurden sodann noch von E. BERTRAND² beschrieben. Einer davon, beinahe ganz in Rutil umgewandelt, zeigt zwei sehr deutliche und glänzende

¹ Bull. soc. géol. France. (2.) Bd. 13. 1856. p. 550; vergl. J. ROTH, Allg. u. chem. Geologie. Bd. I. 1879. p. 111.

² Bull. soc. min. France. II. 1879. p. 30.

Blätterbrüche in dem nicht umgewandelten Theile, welche sich unter $136^{\circ} 36'$ schneiden, dem Seitenkantenwinkel des Hauptoktaeders P (111) des Anatases. Dadurch ist das ursprüngliche Vorhandensein des letzteren Minerals unzweideutig festgestellt. Begrenzt sind die Krystalle nur von $\frac{1}{2}$ P (112), einem dem regulären in der Form ziemlich nahe stehenden Oktaeder. Im Gegensatz zu den meisten sonst bekannten Bildungen dieser Art sind die von BERTRAND beschriebenen zum Theil sehr schön durchsichtig.

Wie die uralischen Diluvialablagerungen, speciell die Goldsande vom Flusse Sanarka im Orenburger Gouvernement, welche u. A. die uralischen Euklase geliefert haben, in mancher Hinsicht grosse Ähnlichkeit mit den brasilianischen Diamantseifen zeigen, so ist dies auch bezüglich des Vorkommens der hier in Rede stehenden Gebilde der Fall. Dieselben Pseudomorphosen von Rutil nach Anatas haben sich auch an der genannten uralischen Localität gefunden. N. v. KOKSCHAROW¹ beschreibt zwei von dort aus den Goldseifen des Kaufmanns BAKAKIN stammende „pseudomorphe Rutilkrystalle nach Anatas“ von röthlich brauner Farbe und von einer oktaëdrischen Form, welche dem regulären Oktaeder nahe steht. Beim Zerschlagen bemerkt man, dass sie aus einer Menge Rutilnadeln bestehen, die sich in verschiedenen Richtungen schneiden. Sie unterscheiden sich nicht im geringsten von den brasilianischen Captivos, die in diesem Lande als charakteristische Begleiter der Diamanten als Merkmal zur Auffindung der letzteren dienen. Sie legten deshalb N. v. KOKSCHAROW den Gedanken nahe, es könnten auch im Sanarkagebiete jeden Augenblick Diamanten gefunden werden, welche Erwartung aber leider bis heute noch nicht in Erfüllung gegangen ist.

Später hat P. JEREMEJEW in seiner Beschreibung einiger Mineralien, welche auf den Goldwäschen der Ländereien der Orenburger Kosaken und Baschkiren gefunden werden, Beobachtungen über die uralischen Captivos mitgetheilt². Darnach zeigen einige Krystalle die Flächen der Hauptpyramide

¹ Materialien etc. Bd. IV. 1862. p. 118 (vgl. Ref. in dies. Jahrb. 1865. p. 323).

² Russ. Bergjournal. III. Bd. 1887. p. 263—309 und darnach: dies. Jahrb. 1889. II. - 264 -.

P (111), andere die der stumpferen Pyramide $\frac{3}{5}P$ (335), die dem regulären Oktaëder in der Form ebenfalls nahe steht, denn der Winkel der Endkanten ist nach der Rechnung von P. JEREMEJEW = $107^{\circ} 45' 20''$, der der Seitenkanten = $112^{\circ} 54' 40''$.

Wie es scheint, sind bisher die genannten Diluvialablagerungen in Brasilien und im Ural die einzigen Fundorte von sicher bestimmten Pseudomorphosen von Rutil nach Anatas geblieben. Vereinzelt werden allerdings auch sonst Durcheinanderwachsungen beider Mineralien erwähnt, bei denen die Möglichkeit derselben Pseudomorphose nicht ausgeschlossen ist. SELIGMANN¹ beschreibt eine solche Pseudomorphose, ist aber selbst zweifelhaft. Dieselbe fand sich unter den Stufen der gelben Anatase vom Culm de Vi im Tavetsch; sie ist wie die brasilianischen Pseudomorphosen, von der Form $\frac{1}{2}P$ (112), die dem Anatas eingewachsenen Rutilnadeln liegen im Gegensatz zu den brasilianischen und uralischen Vorkommen alle unter einander parallel. WISER² erwähnt eine Verwachsung von Rutilnadeln mit Anataskrystallen, bei der man vielleicht an eine Umwandlung des Anatas in Rutil denken könnte (WISER selbst spricht nicht davon, ebensowenig die beiden folgenden Beobachter). Dieselbe stammt vom Mont Orsino (Urserenspitze) beim Lucendro am St. Gotthard; die Rutilnadeln sind mit dem Anatas innig verwachsen, ja sie durchdringen denselben stellenweise. Eine Verwachsung von als Sagenit ausgebildetem Rutil mit Anatas in krystallographisch definirbarer Weise beschreibt H. WICHMANN³ vom Schwarzkopf bei Fusch im Salzburgischen. Die Ebenen des Sagenitgitterwerks coincidiren mit der Basis der Anataskrystalle, eine der drei Richtungen der Rutilprismen mit einer der Combinationskanten dieser Basis zu den Oktaëderflächen. Nach der Beschreibung, welche v. LASAULX⁴ von dem Anatas in dem Gneissgranit des Golfes von Vannes in Morbihan in Frankreich gibt, finden sich in den Krystallen dieses Minerals Rutilleisten, die parallel liegen und gleichzeitig auslöschen, ob schon sie durch Anataskörner getrennt sind.

¹ Sitzungsber. niederrhein. Gesellsch. 1885. p. 118.

² Dies. Jahrb. 1844. p. 164.

³ TSCHERMAK, Mitthlg. Bd. VIII. 1887. p. 328.

⁴ Zeitschr. f. Kryst. Bd. VIII. 1884. p. 74.

Diese Beispiele solcher Verwachsung (Durcheinanderverwachsung) von Rutil mit Anatas, bei denen man vielleicht an eine beginnende Umwandlung des Anatas in Rutil denken kann, liessen sich noch vermehren. Dagegen ist, wie es scheint, noch nie eine Verwachsung der beiden Mineralien gefunden worden, wo Anatas in Rutil eingeschlossen wäre, so dass an eine beginnende Umwandlung von Rutil in Anatas gedacht werden könnte, wie auch noch keine wirkliche Pseudomorphose von Anatas nach Rutil beobachtet worden ist, ebensowenig wie eine solche von Brookit nach Rutil.

Das Material von brasilianischen Captivos, das ich der Zuvorkommenheit des Herrn C. KLEIN in Berlin verdanke, ist ohne nähere Fundortsangabe. Es sind zwei Krystalle, der eine kleinere ca. 1 cm lang, ziemlich scharfkantig und eckig, der andere grössere ca. 1.5 cm lang, ziemlich stark abgerundet. Beide bestehen aus mehreren parallel aneinander gewachsenen Individuen, welche eine dem regulären Oktaëder nahestehende Form haben. Nach den Ermittlungen von E. BERTRAND wäre es das Oktaëder $\frac{1}{2}P$ (112) und meine allerdings nur sehr annähernden Messungen mit dem Anlegegoniometer würden dem nicht widersprechen; eine genauere Messung lässt die Flächenbeschaffenheit nicht zu.

Die Oberfläche ist im Ganzen matt und rauh, zeigt aber durch die zahlreich auftretenden Rutilprismen eine Art Moiréeschiller. Die Farbe ist rothbraun, in stellenweise etwas verschiedenen Abänderungen. Die Masse ist im Allgemeinen undurchsichtig und auch an den Kanten nicht durchscheinend, ausgenommen an einer noch zu besprechenden Stelle.

Rutilprismen sind an der Oberfläche des ersten Krystalls in grosser Zahl zu erkennen, besonders u. d. M. im auffallenden Licht. Die einzelnen stark vertical gestreiften Prismenflächen glänzen lebhaft und heben sich dadurch auf der matten zwischenliegenden Anatasmasse deutlich hervor, sowie auch durch eine etwas mehr ins Roth gehende Farbe. Regelmässige Endbegrenzung der Prismen habe ich nirgends beobachtet.

Die Rutilprismen haben an diesem Krystall zum allergrössten Theil eine bestimmt gesetzmässige Lage gegen die oktaëdrische Begrenzung. Sie sind mit ihren Kanten der Oktaëderfläche parallel, weichen jedenfalls von dieser Stellung wenig ab;

die Prismenflächen gehen von diesen Kanten aus schief zu den Oktaëderflächen, und zwar nach beiden Seiten annähernd gleich schief. Die Kanten der Rutilprismen sind zum überwiegenden Theil senkrecht zu den Oktaëderkanten, entweder stellenweise nur zu einer einzigen Kante oder auch auf derselben Fläche zu zweien oder zu allen drei. Es entsteht so auf den Flächen da und dort ein mehr oder weniger dicht gedrängtes sagenitartiges Gitterwerk. An solchen Stellen kommt die matte Oberfläche der Anatassubstanz kaum zum Vorschein, doch liegen die Rutilprismen an anderen Stellen auch mehr einzelt, aber auch da kaum jemals in einer andern Richtung zu den Oktaëderkanten, als in der genannten.

Die durch die Abwechslung der Rutil- und Anatassubstanz hervorgebrachte Rauigkeit der Oktaëderflächen wird noch vermehrt durch grössere Löcher in denselben. Diese sind dadurch entstanden, dass früher dort vorhanden gewesene grössere Zusammenhäufungen von Rutilprismen ausgebrochen sind. Man sieht dies daran, dass ein noch erhalten gebliebener Rest dieser letzteren die Wände dieser Löcher bedeckt, entweder alle unter einander parallel, oder mehrere Parallelgruppen von unter einander verschiedener Orientirung bildend.

An dem zweiten abgeriebenen Krystall ist an der Oberfläche die Lage der Rutilprismen nicht zu erkennen. Dagegen sieht man an einer Bruchfläche, dass eine äussere rothbraune Schicht von fasriger Beschaffenheit, deren Fasern alle untereinander parallel, aber schief zu der benachbarten Oktaëderfläche gehen, in der Dicke von ca. 1 mm einen inneren Kern von Anatas umschliesst. Die Grenze zwischen Schale und Kern ist ganz regelmässig und der anliegenden Oktaëderfläche parallel. Der Anatakern ist viel heller, als der angrenzende Rutil; er ist gelblich weiss, stark durchscheinend und zeigt fettartigen Diamantglanz, sowie deutliche Spuren von Spaltbarkeit in zwei Richtungen, die zwei Oktaëderflächen entsprechen. Der Winkel dieser Blätterbrüche war nicht mit genügender Sicherheit zu messen. Die Farbe des Anatas lässt erkennen, dass an dieser Stelle der Rutil den Anatas nur bedeckt, aber nicht durchdringt. Wären hier Rutilpartien auch nur von geringer Grösse eingewachsen, so müssten sie

sich mit ihrer dunkeln Farbe auf dem hellen Anatas deutlich hervorheben, was nicht der Fall ist.

Auf einer Bruchfläche an einer andern Stelle desselben Krystalls ist die Farbe überall beinahe gleichmässig röthlich braun, wie an der Oberfläche. Der hellgefärbte Anatas fehlt hier vollständig und ebenso die fasrige Hülle von Rutil. Es sieht aus, als ob die letztere ursprünglich den ganzen Krystall umgeben hätte und an der hier betrachteten Stelle weggebrochen wäre. Bei genauer Betrachtung erkennt man auch auf dieser Bruchfläche Rutil neben Anatas. Partien von Rutil von etwas mehr ins Roth gehender Farbe bestehen auch hier aus feinen Nadelchen und Fäserchen, die man unter der Lupe und noch deutlicher u. d. M. lebhaft glänzen sieht. Sie sind an den einzelnen zusammenhängenden Stellen untereinander stets parallel und meist schief zu den Oktaëderflächen geneigt. Der Rutil ist hier im Innern etwas mehr angehäuft als gegen aussen hin und erfüllt auch einige schmale Schnüre, die sich von innen nach aussen erstrecken. auf deren Wänden die Rutilfäserchen senkrecht stehen. Es ist aber keine Scheidung zwischen einem Kern und einer Schale vorhanden, wie an erstgenannter Stelle, Rutil und Anatas ist hier unregelmässig gemengt. Wie erwähnt, ist die ursprünglich wahrscheinlich den ganzen Krystall umgebende fasrige Rutilhülle wohl an dieser Stelle abgebrochen, die äussere Abrollung des Krystalls hindert aber die deutliche Beobachtung. Der Anatas ist von einer mehr ins Braune gehenden Farbe, hat einen ausgesprochenen diamantartigen Fettglanz und stellenweise sieht man deutlich kleine Spaltungsflächen in verschiedenen Richtungen. Der Anatas ist also hier wesentlich anders beschaffen, als an der zuerst erwähnten Stelle desselben Krystalls, wo er nicht mit Rutil durchwachsen ist. Ob dieser Unterschied mit der schon begonnenen Umbildung in Rutil zusammenhängt, lässt sich bei der Spärlichkeit des Materials nicht entscheiden. Es ist aber wahrscheinlich, dass reichlich eingelagerter Rutil in mikroskopisch kleinen Theilchen im Anatas der zweiten Bruchfläche resp. Fehlen derselben in der ersten das erwähnte abweichende Aussehen der Anatassubstanz bedingt.

Zur genaueren Beobachtung dieser Verhältnisse und des inneren Baues der Pseudomorphosen überhaupt wurde eine

Anzahl von Dünnschliffen angefertigt, deren Material dem zweiten abgerollten Krystall mit dem stellenweise gelblich-weissen Anatas entnommen wurde; keiner derselben traf aber diese letztere Anataspartie mit ihrer fasrigen Rutilhülle. Die Schriffe sind theils senkrecht zur Axe des Anatases, theils nach anderen Richtungen orientirt. Die sehr bröckliche Beschaffenheit des Materials, soweit es aus Rutilfasern besteht, bewirkte, dass trotz aller Sorgfalt beim Schleifen die grösseren Rutilpartien fast ganz verloren gingen und dass, um den Rest zu retten, nur sehr wenig dünne Präparate erzielt werden konnten, die daher auch einen verhältnissmässig nur geringen Grad von Durchsichtigkeit erreichten. Die Anatassubstanz ist viel fester als der Rutil, zerbröckelt aber aus weiter unten zu besprechenden Gründen stellenweise ebenfalls an den Rändern der Präparate.

Die mikroskopische Betrachtung der Schriffe lässt sofort dieselben zwei Bestandtheile erkennen, welche sich bei der makroskopischen Betrachtung der Bruchflächen oder bei der Beobachtung derselben u. d. M. im auffallenden Lichte ergeben hatten.

Der Rutil fällt zunächst in die Augen; derselbe ist mit seiner charakteristischen Farbe ziemlich klar durchsichtig und stets deutlich fasrig, wenigstens, wo er grössere zusammenhängende Partien bildet. In diesen sind die Fasern stets mit einander parallel, die Orientirung der Fasern gegen die Ausenbegrenzung liess sich aber nicht mit genügender Sicherheit feststellen, da der Rand der Schriffe fast stets beim Schleifen durch Abbröckeln verloren ging.

Die Rutilpartien liegen alle isolirt ringsum von dem unten speciell zu besprechenden Anatas umgeben. Dieser bildet gewissermaassen eine Grundmasse, in welcher der Rutil porphyrartig eingeschlossen ist. Die Rutilpartien sind von sehr verschiedener Grösse, die grössten bis 1 mm lang und beinahe ebenso breit. Von da sinkt die Grösse bis zu kleinen Punkten herab, die aber durch ihre Farbe sich als Rutil erweisen. Je geringer die Grösse, desto undeutlicher ist die Fasrigkeit, die bei den allerkleinsten Partien nicht mehr deutlich zu erkennen ist. Die grösseren Rutilpartien bröckeln auch im Innern durch das Schleifen aus und es entstehen dadurch Löcher, welche

mit abgebrochenen kreuz und quer durcheinander liegenden Rutilfasern erfüllt sind. Die an ihrer ursprünglichen Stelle erhalten gebliebenen Rutilnadeln sind aber, wie schon erwähnt, in jeder zusammenhängenden Partie einander parallel. Ob alle in einem Präparat vorhandenen Rutilnadeln einander parallel sind, auch die verschiedenen getrennten Partien angehörig, liess sich nicht entscheiden, da alle Schlitze in eine Anzahl von Stücken zerbrachen, deren gegenseitige Stellung nicht mehr deutlich zu erkennen war. Die grösseren zusammenhängenden Rutilpartien fanden sich stets im Innern der Krystalle, nach aussen hin waren nur die kleineren bis kleinsten, diese aber in grosser Menge, auf grössere Erstreckung, ein ziemlich gleichmässiges Gemenge mit ebenso kleinen zwischenliegenden Anataspartien bildend.

Die Begrenzung der Rutilpartien gegen den umgebenden Anatas ist überall vollkommen unregelmässig. Eine gerade Begrenzungslinie beider Substanzen wurde nirgends beobachtet.

Der den Rutil einschliessende Anatas hat jenem gegenüber eine mehr braune Farbe. Aber bei der geringsten erreichbaren Dicke der Präparate, bei welcher der Rutil ziemlich vollkommen durchsichtig wird, ist der Anatas trübe und höchstens schwach durchscheinend. Daher geben die Schlitze senkrecht zur Axe keine Interferenzfigur und anders gerichtete geben auch nur an den hellsten Stellen eine bemerkbare Aufhellung und Verdunklung beim Drehen zwischen gekreuzten Nicols. Beides findet über die ganze Fläche der Präparate gleichzeitig statt, wie es bei einem einheitlichen Krystall nicht anders zu erwarten ist.

An einzelnen Stellen zeigt der Anatas einen schaligen Aufbau in ähnlicher Weise, wie es MALLARD¹ von diesem Mineral und speciell von den brasilianischen nach der Basis tafelförmigen blauen Krystallen beschreibt, wo auf Schliffen nach der Basis blaue und gelbliche Streifen parallel mit den Seiten sich rechtwinklig durchschneiden. Im vorliegenden Falle sind es zwei Systeme von schmalen, geradlinig gegen einander abgegrenzten, je unter einander parallelen Streifen von abwechselnd etwas heller und dunkler brauner

¹ Explication des phénomènes optiques anomaux etc. 1877. p. 85.

Farbe, die heller braunen auch etwas besser durchsichtig, als die dunkleren, alle gleichzeitig auslöschend. In Schliffen parallel der Basis durchkreuzen sie sich senkrecht, in anderen dagegen schiefwinklig.

Vom Rande aus sieht man, vielleicht durch das Schleifen veranlasst, einzelne geradlinige Spalten den Streifen eine Strecke weit in das Innere des Krystalls hinein folgen und wo das Schleifen eine vollkommene Zertrümmerung des Randes verursacht hat, sind die Bruchstücke von regelmässig parallel-epipedischer Form und deren ziemlich geradlinige Begrenzung folgt in der Richtung ebenfalls den genannten Streifen. Da die Schalenbildung höchst wahrscheinlich parallel den Flächen des die Krystalle begrenzenden Oktaeders $\frac{1}{2}P$ (112) vor sich gegangen ist, so sind die geradlinigen Risse und die regelmässige Begrenzung der randlichen Bruchstücke wohl Folge einer Absonderung nach den Begrenzungsflächen der Schalen und nicht der Spaltung, denn sie gehen bei jeder Orientirung des Schliffes den Schalen parallel, während durch die Spaltung hervorgebrachte Risse den Flächen des Hauptoktaeders P (111) parallel sein müssten.

Bemerkenswerth ist, dass stellenweise die Rutilnadelchen genau in der Richtung der erwähnten Streifen dem Anatas eingewachsen sind.

Die ganze Fläche der Präparate ist von kleineren und grösseren Hohlräumen durchsetzt. Diejenigen derselben — stets die grössten von allen und von ganz unregelmässiger Begrenzung — welche in den ausgedehnteren Rutilpartien liegen, sind, wie oben erwähnt, alle durch das Schleifen erst entstanden. Die zahlreichen kleineren Löcherchen sind theils unregelmässig eckig, theils regelmässig geradlinig viereckig. Sie enthalten niemals losgerissene Rutilfäserchen eingeschlossen und sind also sicherlich wohl nicht erst durch das Schleifen entstanden. Sie finden sich hauptsächlich da, wo Rutil und Anatas innig gemengt sind. Da auch DAMOUR und BLUM ihre Krystalle als von Hohlräumen durchsetzt beschreiben — bei den meinigen sind sie makroskopisch nicht besonders deutlich zu bemerken — so ist es wohl wahrscheinlich, dass die Masse auch zahlreiche primäre, nicht durch den Schleifprocess entstandene Hohlräume enthält.

Schliesslich sei noch erwähnt, dass einzelne unregelmässig begrenzte, durchsichtige, wasserhelle, lebhaft polarisirende fremde Körnchen, offenbar von Quarz, in die Krystalle eingewachsen sind.

Das Material zur Untersuchung der uralischen Captivos habe ich durch die Vermittlung des Herrn E. FEDOROW von Herrn P. JEREMEJEV in St. Petersburg erhalten. Beiden Herren sage ich für ihre Liebenswürdigkeit auch hier meinen Dank. Es sind drei oktaëdrische Krystalle. Der eine ist ein regelmässig ausgebildetes Oktaëder mit etwas abgerundeten Kanten und Ecken, in der Richtung der Axen 4—5 mm messend, der zweite ist ein Bruchstück eines ebensolchen und ungefähr ebenso grossen Oktaëders, aber mit ganz scharfen Kanten und Ecken und der dritte eine Parallelverwachsung mehrerer Oktaëder mit scharfen Kanten und Ecken, die ganze Gruppe gleichfalls ungefähr von den genannten Dimensionen.

Die Oktaëder sind sehr ähnlich einem regulären und würden, wie die brasilianischen, ohne genauere Untersuchung für solche gehalten werden. An dem zweiten Krystall konnte ich zwei in einer Ecke zusammenstossende Kanten annähernd mit dem Reflexionsgoniometer messen. Ich erhielt Werthe von $107^{\circ} 55'$ resp. $108^{\circ} 29'$, jeder um $\frac{1}{2}^{\circ}$ unsicher, welche mit dem Winkel der Endkanten des von P. JEREMEJEV beobachteten Oktaëders $\frac{3}{5}P$ (335) genügend übereinstimmen, für welche $107^{\circ} 45' 20''$ berechnet worden sind. Dies würde einen Unterschied gegen die brasilianischen Krystalle ergeben, für welche, wie oben erwähnt, E. BERTRAND das Oktaëder $\frac{1}{2}P$ (112) durch Messung bestimmt hat.

Die Farbe der Oberfläche der Krystalle ist rothbraun, wie bei den brasilianischen, vielleicht etwas dunkler. Auch das ganze sonstige Aussehen ist bei beiden Vorkommnissen sehr übereinstimmend, so dass es unmöglich ist, sie mit Sicherheit von einander zu unterscheiden.

Das specifische Gewicht habe ich für alle drei Krystalle zusammen im Pykrometer zu 4.087 bestimmt. Die nahe übereinstimmenden Zahlen für die brasilianischen Krystalle sind oben angegeben.

Betrachtet man den ersten Krystall im auffallenden Licht u. d. M. — mit der Lupe sind die im Folgenden zu beschrei-

benden Erscheinungen nicht deutlich zu erkennen — so sieht man kleine Rutilprismen in grosser Zahl an dessen Oberfläche. Dieselben ragen ausserordentlich wenig mit ihren Enden aus den Oktaëderflächen heraus, auf denen sie eine Art Moiréeschiller hervorbringen. Ihre längsgestreiften Prismenflächen, ihre fuchsrothe Farbe und ihr starker Glanz lassen sie auf dem zwischenliegenden, vollkommen ungestreiften, etwas dunkler gefärbten und matten Anatas deutlich hervortreten. Regelmässige Endbegrenzung wurde an den Prismen niemals deutlich beobachtet. Auf allen Flächen des Oktaëders sind die Rutilprismen mehr oder weniger reichlich vorhanden und vielfach zu grösseren zusammenhängenden Gruppen zwischen der Anatasubstanz angehäuft. Auf jeder Oktaëderfläche sind die Rutilprismen ausnahmslos in einer einzigen Richtung angeordnet, und zwar senkrecht zu einer auf dieser Fläche liegenden Kante. Nur bei sehr sorgfältigem Suchen bemerkt man ab und zu ein einzelnes Rutilsäulchen, das anders orientirt ist und dann stets auf einer anderen Kante derselben Fläche senkrecht. Die Rutilprismen sind entweder auf den beiden in einer Kante aneinanderstossenden Flächen senkrecht zu der gemeinsamen Kante (Fig. 1 p. 244) oder sie sind auf zwei solchen Flächen verschieden gegen die gemeinsame Kante orientirt. Stets haben die auf zwei parallel gegenüberliegenden Flächen auftretenden Rutilprismen dieselbe Richtung. Bei genauer Beobachtung sieht man, dass die Prismen nicht in den Oktaëderflächen selbst liegen, sondern dass sie mit diesen einen gewissen Winkel einschliessen. Stellt man den Krystall so, dass eine Kante, zu der die Prismen in beiden anstossenden Oktaëderflächen senkrecht sind, horizontal liegt und dass diese beiden Flächen gleich gegen den Horizont geneigt sind, so sieht man die Prismenflächen rechts und links von der Oktaëderkante gleichzeitig glänzen. Die auf der einen Oktaëderfläche auftretenden Prismen sind also die gerade Verlängerung derjenigen, welche auf der in der gemeinsamen Kante anstossenden Oktaëderfläche sichtbar sind. Die Prismen gehen somit alle in gleicher Orientirung senkrecht zu der Kante durch den Anatastrystall hindurch und sie machen, soweit man sieht, mit den beiden Oktaëderflächen jedenfalls sehr nahe gleiche Winkel. Darnach müssen die Prismen zum

mindesten sehr nahe in der Richtung derjenigen Eckenaxe des Oktaeders verlaufen, welche auf der Richtung der betreffenden Oktaederkante senkrecht steht. Wo die Prismen auf zwei aneinanderstossenden Flächen nicht gleich gerichtet sind, liegen sie zu den Oktaederflächen in ganz entsprechender Weise, nur gehen sie von der betreffenden Fläche aus nicht durch den ganzen Krystall hindurch, sondern sie hören

im Innern auf, ehe sie die in der gemeinsamen Kante anstossende zweite Oktaederfläche erreichen.

Die specielle Orientirung der Rutilprismen an dem vorliegenden Krystall ist in der Fig. 1 dargestellt. Da, wie erwähnt, auf allen Paaren paralleler Gegenflächen die Orientirung der Prismen dieselbe ist, so genügt die Abbildung der vier nach vorn gelegenen Flächen, um die Orientirung der Rutilprismen auf allen

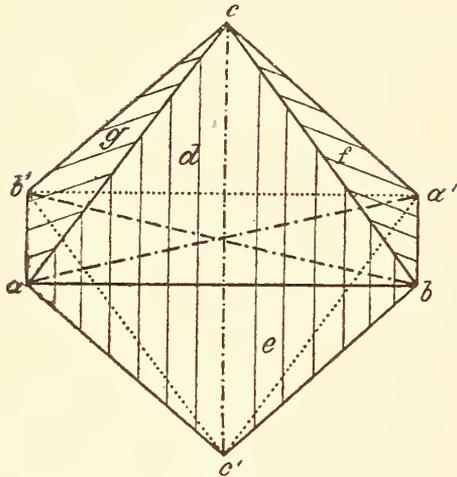


Fig. 1.

Oktaederflächen zur Darstellung zu bringen.

Die vier Flächen e und d und die ihnen parallelen bilden die Kanten ab und a'b', welche nach einer annähernden Messung einer Seitenkante des Krystalls entsprechen. Auf allen vier Flächen sind die Rutilprismen senkrecht zu den Kanten ab resp. a'b', wie die Höhenlinien der dreieckigen Oktaederfläche andeuten. Sie liegen in Ebenen normal zu den Kanten ab und a'b' und sind nach dem Obigen der Axe cc' parallel. Auf der Fläche g und ihrer parallelen Gegenfläche sind die Prismen senkrecht zur Kante ac, sie liegen also in einer Ebene normal zu dieser und sind der Axe bb' parallel. Endlich sind die Prismen, die man auf der Fläche f beobachtet, parallel zu der Axe aa'. Die Prismen des Rutils sind also alle in der Richtung der drei Axen des Anatasoktaeders orientirt. Dabei könnte natürlich die Erscheinungsweise an anderen Krystallen in der verschiedenartigsten Weise variiren. Auf jeder einzelnen Oktaederfläche könnten z. B. Prismen von allen drei Richtungen auftreten, sie wären dann senkrecht zu den drei auf der Fläche liegenden Kanten etc. Wenn die

Prismen genau zu den Axen parallel sind, so können sie natürlich nur auf den Seitenkanten des Oktaëders genau senkrecht stehen, nicht aber auf den Endkanten, wenn der Krystall wie hier dem quadratischen System angehört. Nur bei einem regulären Oktaëder wären sie auf allen Kanten senkrecht. Da sich aber das vorliegende Oktaëder von einem regulären nur wenig unterscheidet, so sind auch die Abweichungen der Rutilprismen von der normalen Lage zu den Endkanten nur gering, so dass sie sich durch Messung nicht feststellen lassen.

Wie der erste Krystall verhält sich das p. 242 aufgeführte Aggregat mehrerer parallel verwachsener Oktaëder, sofern auch bei ihnen sich äusserlich auf den Oktaëderflächen bemerkbare Rutilprismen zeigen. Auch hier sieht man häufig die letzteren senkrecht zur Richtung der Kanten der Anatasoktaëder verlaufen, die complicirte Verwachsung der zahlreichen Oktaëder hindert aber, zu erkennen, ob diese Lage auch hier dieselbe ist, wie beim ersten Krystall, oder ob hier auch andere Orientirungen vorkommen.

Ganz anders verhält sich der zweite an seiner Oberfläche vollkommen intacte Krystall, der nur in einem Bruchstück vorliegt. Auf seiner Oberfläche lässt sich keine Spur von Rutilprismen erkennen; dieselbe ist überall ganz gleichartig gebildet und zeigt auch u. d. M. auf dem ganzen Bereich der Flächen die matte Beschaffenheit der an den beiden anderen Krystallen zwischen den Rutilprismen befindlichen Anatasubstanz. Die innere Beschaffenheit dieses Krystalls sieht man schon auf der Bruchfläche, welche etwa durch den Mittelpunkt und schief zu allen Kanten und Flächen hindurchgeht. Auf dieser Bruchfläche erkennt man bereits mit der Lupe, noch besser im auffallenden Licht u. d. M. einen schmalen, scharf geradlinig nach innen abgegrenzten äusseren Rand von etwas dunklerer, mehr ins Braune gehender Farbe und vollkommener compacter Beschaffenheit ohne alle Hohlräume, welcher einen inneren, ungefähr $\frac{2}{3}$ der ganzen Fläche einnehmenden Kern von mehr röthlicher und etwas hellerer Farbe und mit zahlreichen kleinen Hohlräumen durchsetzt, umschliesst. Die geraden Begrenzungslinien zwischen Kern und Rand sind ringsum den Oktaëderflächen parallel.

Um einen genaueren Einblick in den Bau dieses Krystalls zu erhalten, wurden von demselben zwei Platten in der ungefähren Richtung der Bruchfläche abgeschnitten und Dünnschliffe aus den abgeschnittenen Lamellen hergestellt. Die polierte Schliefffläche zeigte noch deutlicher als die rauhe Bruchfläche den äusseren Rand und den Kern in ihrer scharf geradlinigen gegenseitigen Abgrenzung und beide in ihrer eben beschriebenen charakteristischen Beschaffenheit.

Auch u. d. M. zeigte sich, dass der Rand und der Kern durchaus scharf geradlinig gegen einander abgegrenzt sind, nur an einer kleinen Stelle dringt der Kern buchtenartig etwas in den Rand ein, so dass er beinahe die äussere Grenze des Krystalls erreicht. Der Rand zeigt sich auch u. d. M. vollkommen compact und ohne Hohlräume, während der Kern von zahlreichen kleinen Löchern durchsetzt ist. Als die Schliffe eine gewisse Dünne erreicht hatten, fing der Kern an, auszubröckeln, während der Rand vollkommen intact blieb. Bei einem Präparat wurde das Schleifen so weit getrieben, dass fast der ganze Kern ausgebröckelt war. Dabei wurde der Rand nicht durchsichtig, kaum durchscheinend. Etwas besser durchscheinend wurde der Kern, aber auch nicht vollkommen durchsichtig. Er erwies sich als zusammengesetzt aus lauter langgezogenen glänzenden Prismen mit deutlicher Längsstreifung, zwischen denen andere Substanz nicht mit Sicherheit zu erkennen war. Umgekehrt erwies sich der Rand so gut wie ganz frei von solchen Prismen; an einigen wenigen Stellen zeigten sich etwas mehr aufgehellte lange Linien, welche wohl einzelne sparsame, der Randpartie eingelagerte Prismen darstellen könnten. Alle diese Prismen sind Rutil, die Randpartie besteht noch ganz oder doch so gut wie ganz aus dem ursprünglichen Anatas, während der Kern so gut wie vollständig in Rutil umgewandelt ist.

Auch an diesem Krystall ist die Orientirung der Rutilprismen eine regelmässige. Zunächst sieht man, besonders im auffallenden Licht, auf den nicht mit einem Deckgläschen versehenen Präparaten, dass alle Prismen unter einander genau parallel sind. Die Orientirung gegen die Oktaederflächen und -Kanten liess sich nicht mit vollkommener Bestimmtheit ermitteln, da die Schliffe nicht senkrecht zu einer

Axe, sondern schief durch den Krystall hindurch gehen. In dessen liegen die Prismen wenig schief gegen eine durch Winkelmessung als eine Seitenkante ermittelte Richtung, und es ist daher in hohem Grad wahrscheinlich, dass die Prismen auch hier wie im ersten Krystall senkrecht zu dieser Kante sind und in der Richtung einer Axe, und zwar der Hauptaxe verlaufen. Ob dies durch den ganzen Krystall hindurch der Fall ist, oder ob in anders gerichteten Schliften, von anderen Theilen des Krystalls anders gerichtete Prismen auftreten, liess sich bei der Spärlichkeit des kostbaren Materials nicht weiter verfolgen.

Fasst man alle die angeführten Beobachtungen zusammen, so findet man auch bei diesen Pseudomorphosen keinen Grund, von der ursprünglichen Deutung derselben als Paramorphosen abzugehen. Es ist keine Veranlassung, daran zu zweifeln, dass man es mit einer molecularen Umlagerung der Anatasin die Rutilsubstanz zu thun hat. Ein Hauptgrund für die Annahme einer solchen liegt für mich, wie auch bei den Paramorphosen von Rutil nach Brookit (siehe die vorhergehende Abhandlung) in der Orientirung der neugebildeten Rutilprismen einmal gegen einander und dann gegen die Krystallform des ursprünglichen Anatases.

Die Rutilprismen sind auf grössere Erstreckung unter einander genau parallel, sie verhalten sich also, wie gewisse künstlich leicht darstellbare moleculare Umlagerungen, z. B. der verschiedenen Modification des Ammoniaksalpeters. Wenn man ein Korn dieser Substanz schmilzt und erkalten lässt, so sind die bei verschiedenen Temperaturen der Reihe nach entstehenden verschieden krystallisirten Abänderungen so gebildet, dass jedesmal grössere zusammenhängende Flächen sich als vollkommen gleich orientirt erweisen.

Ebenso hat auch die gesetzmässig regelmässige Orientirung der Rutilprismen zu der Anatasform, wie sie zuweilen und besonders bei dem ersten uralischen Krystall hervortritt, ihr Analogon bei der unzweifelhaften molecularen Umlagerung des Aragonits in Kalkspath. Bei der uralischen Paramorphose gehen alle Rutilprismen je einer der drei Axen des Anatskrystalles parallel, allem Anschein nach die meisten parallel der Hauptaxe desselben, während bei Aragonit allerdings alle

neugebildeten Kalkspathkrystalle mit ihrer Hauptaxe der Verticalaxe des Aragonits parallel orientirt sind.

Die Umlagerung ist in den verschiedenen Krystallen in verschiedener Richtung verlaufen, theils innen beginnend und nach aussen fortschreitend, theils umgekehrt. Bei dem einen uralischen Krystall ist offenbar der Process von innen nach aussen mit äusserster Regelmässigkeit vor sich gegangen und die Grenze zwischen dem neugebildeten Rutil und dem Anatas hat sich stetig genau parallel den Flächen des ursprünglichen Anataskrystalls nach aussen hin vorgeschoben, nur an einer kleinen Stelle ist ein rascheres Fortschreiten nach aussen erfolgt. Hier ist eine unregelmässige Grenze beider Substanzen vorhanden, welche sonst ringsum scharf geradlinig und parallel mit den äusseren Krystallflächen gegen einander abschneiden.

In der umgekehrten Richtung ist wenigstens in der Hauptsache der Process in dem grösseren der brasilianischen Krystalle verlaufen, an der eine ziemlich dicke zusammenhängende Rutilschicht einen Anataskern umgibt, beide gleichfalls scharf gegen einander abgegrenzt. Aber hier ist auch der Kern schon innen angegriffen, wie die in demselben eingewachsenen grösseren und kleineren Rutilpartien zeigen. Es scheint also, dass, während die Umwandlung in der Hauptsache von aussen nach innen fortschritt, und zwar allem Anschein nach ebenso regelmässig wie bei dem erwähnten uralischen Krystall von innen nach aussen, gleichzeitig auch von verschiedenen Punkten im Innern aus derselbe Process vor sich ging, wenn auch in schwächerem Maasse. Ebenso scheint auch bei den beiden anderen uralischen Krystallen, welche sich an der Oberfläche ganz von Rutilprismen durchwachsen gezeigt haben, die Umwandlung wesentlich von aussen nach innen fortgeschritten zu sein. Um alle diese Verhältnisse aufzuklären, würde ein grösseres Material von Schliffen, als das mir zur Verfügung stehende, erforderlich sein.

Auch die Eingangs erwähnten Verwachsungen von Rutil und Anatas aus den Alpen und aus der Gegend von Vannes zeigen eine regelmässige, auf grösseren Flächen gleiche Orientirung der dem Anatas an- und namentlich auch der eingewachsenen Rutilprismen. Der Gedanke liegt daher nach dem Obigen nahe, dass auch bei ihnen eine mehr oder weniger

weit fortgeschrittene Umlagerung des Anatas in Rutil vorliegen könnte.

Wenn eine moleculare Umlagerung stattgehabt hat, so muss, den specifischen Gewichten von Anatas und Rutil zufolge, eine Contraction bei dem Vorgange eingetreten sein. Auf diese würden die vielen im Innern der Pseudomorphose vorgefundenen kleinen Hohlräume wenigstens zum Theil zurückzuführen sein. Jedenfalls liegt das specifische Gewicht auch der vorliegenden Bildungen zwischen dem des Rutils (4.2—4.3) und des Anatas (3.83—3.93). Ich habe für den grösseren brasilianischen Krystall, der das Material zu den Schliften geliefert hat, gefunden: $G. = 4.055$, nahe übereinstimmend mit den von BLUM und DAMOUR gefundenen Zahlen: $G. = 4.018$ resp. $= 4.06$ und dem oben angegebenen Werthe für die uralischen Krystalle. Der Krystall mit dem specifischen Gewicht: $G. = 4.055$ würde, wenn man für Rutil und Anatas die Mittelwerthe $G. = 4.2$ resp. $= 3.9$ benutzt, 32% Anatas nach dem Gewicht und 35% nach dem Volumen enthalten, der Rest wäre Rutil.

Was als Grund der Umlagerung anzusehen ist, lässt sich auch hier nicht feststellen: höhere Temperatur ist aber sicherlich auch bei der Bildung dieser Paramorphosen nicht thätig gewesen, so wenig, wie bei der Umlagerung des Brookits in Rutil.

Da die Titansäure als Anatas und Brookit durch moleculare Umlagerung in Rutil überzugehen im Stande ist, so muss unter den in der Erdkruste vorliegenden Verhältnissen der Rutil die stabilste Modification der Titansäure darstellen, denn, wie schon oben erwähnt, sind Paramorphosen von Anatas und Brookit nach Rutil, also Umlagerungen von Rutil in Anatas und Brookit bis jetzt noch nicht auch nur andeutungsweise bekannt geworden. Dass auch bei höherer Temperatur der Rutil die stabilste Modification der Titansäure ist, haben die Versuche von H. ROSE gezeigt, wornach, der Zunahme des specifischen Gewichts zufolge, durch Glühen Anatas und Brookit in Rutil übergehen, und zwar z. Th. unter Beibehaltung der Form, so dass künstliche Paramorphosen entstehen.

Letztere können sich hier bilden, weil bei der Umlagerung keine Volumenvermehrung, sondern eine Contraction

eintritt. Bei dem Überführen von Aragonit in Kalkspath durch Erhitzen können schwerlich zusammenhängende Paramorphosen entstehen. Wegen der mit der Umlagerung verbundenen Volumenvermehrung zerfällt der Aragonit in ein Haufwerk von Kalkspathrhomboëderchen, statt seine Krystallform beizubehalten. Nur bei grosser Vorsicht können die bei der Erhitzung gebildeten Kalkspathrhomboëderchen ihre orientirte Lage behalten, wie in dem KLEIN'schen Versuch, aber auch so entsteht nur ein lose zusammenhängendes System von Kalkspaththeilchen. Dem entsprechend wären vollkommen oder zum grössten Theil vollendete Paramorphosen von Anatas oder Brookit nach Rutil überhaupt kaum zu erwarten, der Krystall würde wahrscheinlich bei der Umlagerung zerfallen. Aber eine nur wenig weit fortgeschrittene Umlagerung des Rutil in die genannten Mineralien könnte wohl immerhin zunächst ihren Zusammenhalt bewahren, wenn sie überhaupt vorkommen, was nach dem Obigen aber, wie es scheint, nicht der Fall ist.

16. Ueber den Schwerspath von Perkins' Mill, Templeton, Canada, sog. Michel-lévyt.

LACROIX hat ein Baryumsulphat von dem genannten Fundort beschrieben¹, das er gewisser von ihm beobachteter Erscheinungen wegen, die mit Schwerspath unvereinbar schienen, für monoklin und daher für eine zweite heteromorphe Modification der Verbindung $BaSO_4$ hielt. Er belegte dasselbe mit dem Namen Michel-lévyt.

Das Mineral fand sich in derben Massen im körnigen Kalk eingewachsen, der ganz in der Nähe auch Apatit führte, welcher früher abgebaut wurde. Es zeigte drei Spaltungsrichtungen, alle von sehr verschiedener Vollkommenheit. Der erste Blätterbruch war sehr vollkommen und lebhaft perlmutterglänzend; er lieferte sehr dünne regelmässige und ebene Spaltungsplättchen, die sich mit Leichtigkeit schon mit dem Finger abblättern liessen. Er machte mit dem wenigsten vollkommenen Blätterbruch, der ziemlich unterbrochen war und keinen Perlmutterglanz zeigte, einen Winkel von $102-103^\circ$ (sehr nahe dem Schwerspathprismenwinkel von $101^\circ 40'$).

¹ Comptes rendus Bd. 108. 1889. p. 1126 (vgl. das Ref. in dies. Heft).

Senkrecht zu beiden ging eine Spaltbarkeit von mittlerer Vollkommenheit, die ebenfalls perlmutterglänzende und ebene Spaltungsplättchen lieferte, beides aber doch weniger ausgezeichnet, als beim ersten Blätterbruch.

Letzterer wurde von LACROIX als das Orthopinakoid $h^1 = \infty P \infty (100)$, der unvollkommenste Blätterbruch als die Basis $p = 0P (001)$ und der mittlere Blätterbruch als das Klinopinakoid $g^1 = \infty P \infty (010)$ eines monoklinen Krystallsystems aufgefasst.

Die optische Untersuchung schien diese Deutung des Krystallsystems als eines monoklinen zu bestätigen. Eine Elasticitätsaxe, und zwar die grösste, welcher der kleinste Brechungscoëfficient n_p entspricht, fand sich senkrecht zu g^1 , also in der Richtung der Orthodiagonale. Von den beiden in der Ebene g^1 liegenden Auslöschungsrichtungen wurde für die eine, welche durch den stumpfen Winkel p/h^1 hindurchgeht, ein Winkel von 46° gegen die Fläche h^1 , also von 56° gegen p ermittelt; sie würde also von der Halbirungslinie des Winkels $p/h^1 = 102^\circ$ um circa 5° abweichen. Diese Auslöschungsrichtung ist die Axe der kleinsten Elasticität, welcher der grösste Brechungscoëfficient n_g entspricht. Senkrecht dazu liegt dann, durch den spitzen Winkel p/h^1 hindurchgehend, die Axe der mittleren Elasticität, welche den genannten Winkel gleichfalls nahezu halbirt.

Die optische Axenebene fand sich senkrecht zu g^1 , der Axenwinkel nahe $= 90^\circ$ und die Orthodiagonale schien LACROIX die erste Mittellinie zu sein. Das Mineral würde darnach, da die erste Mittellinie die Axe der grössten Elasticität ist, zu den negativen gehören.

LACROIX wurde also zur Annahme der monoklinen Krystallisation geführt durch die Abweichung der in der Ebene g^1 liegenden Elasticitätsaxen von den Halbirungslinien der stumpfen und spitzen Winkel p/h^1 , in Verbindung mit der Verschiedenheit der Spaltbarkeit nach p und h^1 , und mit einer polysynthetischen Zwillingsbildung nach h^1 , von welcher im Verein mit anderen Zwillingsbildungen unten noch weiter die Rede sein wird.

Die grosse Wichtigkeit der Frage, ob das Baryumsulphat in zwei heteromorphen Modificationen in der Natur vorkommt,

hat EDW. S. DANA veranlasst, die Angaben von LACROIX an authentischem Material zu prüfen¹.

Nach seinen Angaben findet sich das Mineral in grosskörnigen bis grobkörnigen Aggregaten, im krystallinischen Kalk eingewachsen. Die Zusammensetzungsstücke haben zum Theil eine Grösse von mehreren Quadratzollen. DANA bestätigt die Angaben von LACROIX über die Spaltbarkeit hinsichtlich der Winkel, wie auch der relativen Vollkommenheit der Spaltung. Er macht aber darauf aufmerksam, dass diese letzteren Verhältnisse zwar an den meisten Stücken zu beobachten sind, aber doch nicht an allen. An einzelnen, allerdings wenig zahlreichen Stücken ist die Vollkommenheit des ersten Blätterbruchs nach h^1 viel geringer, als an den meisten; manchmal findet man nur einzelne leichter spaltbare und daher stark perlmutterglänzende Stellen zwischen solchen auf derselben Fläche, die nur geringe Spaltbarkeit und keinen Perlmutterglanz zeigen und manchmal ist die Spaltung über die ganze Fläche h^1 hinweg nicht vollkommener, als auf p . In diesem Falle lassen sich dann h^1 und p überhaupt nicht mehr von einander unterscheiden. Dann ist aber das Mineral auch bezüglich der Spaltbarkeit in keiner Weise mehr vom Schwerspath unterschieden. Bei beiden schneiden sich zwei gleiche unvollkommenere Blätterbrüche unter einem Winkel von circa 102° ($101^\circ 40'$) und ein dritter vollkommenerer Blätterbruch steht senkrecht auf den beiden.

Andererseits hat aber DANA auch beobachtet, dass nicht nur der Fläche h^1 eine vollkommene Spaltbarkeit parallel geht, sondern ebenso auch der Fläche p ; beide sind dann auch gleich vollkommen perlmutterglänzend. An den ebenfalls wenig zahlreichen Stücken, welche dieses Verhalten zeigen, lässt sich dann h^1 und p ebensowenig mehr von einander unterscheiden, wie im vorigen Falle. Unter allen Umständen zeigt aber g^1 unabänderlich dieselbe Leichtigkeit der Spaltung und denselben Perlmutterglanz.

DANA schliesst aus der wechselnden Beschaffenheit der Spaltbarkeit nach p und h^1 , dass dem Mineral die Spaltungs-

¹ Americ. Journal of Science. Bd. 39. 1890. p. 61 und Zeitschr. für Kryst. Bd. 17. 1890. p. 393—396 (vgl. das Ref. in diesem Heft).

verhältnisse des Schwerspaths zukommen, dass dasselbe aber in Folge des Gebirgsdrucks eine lamellare Absonderung und dadurch Perlmutterglanz erlangt habe meist nur auf einer der beiden schief zu einander liegenden, den Prismenflächen am Schwerspath entsprechenden Flächen, die dann LACROIX als h^1 auffasst oder auch in selteneren Fällen auf diesen beiden Flächen. Die leichte Absonderung nach h^1 resp. nach h^1 und p und der Perlmutterglanz auf einer dieser Flächen oder auf beiden wäre also nach DANA eine secundäre Erscheinung, während bei normalen Verhältnissen nach p und h^1 eine gleiche unvollkommene Spaltbarkeit vorhanden sein müsste; die wenigen Stücke, die dieses Verhalten zeigen, wären dann durch den Druck weniger oder gar nicht afficirt worden.

Auch die optischen Untersuchungen, welche DANA anstellte, erwiesen sich der Annahme des monoklinen Systems nicht günstig, sie entsprechen vielmehr wie die Spaltbarkeit der rhombischen Symmetrie. Er fand wie LACROIX, dass ein optischer Hauptschnitt mit g^1 parallel geht, aber abweichend von LACROIX, dass die beiden in g^1 liegenden Auslöschungsrichtungen die beiden Winkel der Flächen p und h^1 von 102° und von 78° genau halbiren.

Da ausserdem die Brechungscoëfficienten nach den Bestimmungen von LACROIX bei dem vorliegenden Mineral von denen des Schwerspaths nur sehr wenig abweichen und das specifische Gewicht gleichfalls dasselbe ist, wie bei dem letztgenannten Mineral (LACROIX fand: $G. = 4.39$), so schloss DANA, dass hier nicht eine zweite krystallisirte Modification der Verbindung $BaSO_4$ vorliege, sondern ein durch secundäre Einflüsse etwas veränderter, im wesentlichen aber normaler Schwerspath, für welchen LACROIX die Zusammensetzung: 96.9 $BaSO_4$, 2.0 $SrSO_4$, 1.2 $CaSO_4$ ermittelte.

Einige Erscheinungen brachten DANA auf den Gedanken, es möchte bei dem hier vorliegenden Schwerspath eine ähnliche Zwillingslamellirung nach $6P\infty$ (601) vorhanden sein, wie ich sie an Schwerspathen von anderen Fundorten beobachtet¹ und gleichfalls auf Druckwirkung zurückgeführt habe. Ich hegte daher den Wunsch, den Michel-lévyt auch meinerseits

¹ Dies. Jahrb. 1887. I. 37.

zu untersuchen. Die liebenswürdige Zuvorkommenheit des Herrn EDW. S. DANA setzte mich in den Besitz zahlreicher Stücke, für deren Überlassung ich demselben auch hier meinen Dank ausspreche. Es gereicht mir zur besonderen Freude, die Resultate seiner Untersuchungen in allen wesentlichen Punkten bestätigen zu können. Wenn ich hier auf den Gegenstand noch einmal ausführlicher zurückkomme, so geschieht dies nur, weil ich dieselben in einigen Punkten noch etwas zu vervollständigen in der Lage bin. Jedenfalls steht aber der Hauptpunkt fest, dass hier von einem Dimorphismus des Baryumsulphats in keiner Weise die Rede sein kann, sondern dass ein Schwerspath vorliegt, der allerdings in einigen Einzelheiten von den anderen bisher bekannt gewordenen Schwerspathen etwas abweicht.

Was zunächst die Spaltbarkeit anbelangt, so habe ich dieselbe Veränderlichkeit beobachtet, wie DANA, ausgenommen die gleiche Vollkommenheit der Blätterbrüche auf p wie auf h^1 , die an meinen Stücken nicht zu sehen war; wohl habe ich aber eine gleiche unvollkommene Spaltbarkeit nach diesen beiden Flächen beobachtet, wie sie dem normalen Schwerspathe entspricht.

Zur Untersuchung der optischen Verhältnisse suchte ich zunächst Schlitze nach der Basis (der Fläche g^1 LACROIX) anzufertigen. Die leichte Zerbröckelung des Minerals nach der einen Prismenfläche (h^1 LACROIX), aber auch, wenn gleich weniger nach der andern (p LACROIX) verhinderte jedoch die Herstellung sehr dünner Präparate und dickere ergaben keine sicheren Resultate.

Dagegen lieferte das Zerbrechen der Stücke Spaltungsplättchen in der Richtung von g^1 und h^1 von solcher Dünne, dass sie ohne weitere Vorbereitung der Untersuchung unterworfen werden konnten. Diese gewährten über alle Verhältnisse den vollkommensten Aufschluss, trotzdem dass sie, namentlich die in der Richtung von g^1 , zum Theil kaum die Grösse von Bruchtheilen eines Quadratmillimeters überschritten. Die besten Präparate, besonders in der letztgenannten Richtung, wurden erhalten, indem man das krümmliche Haufwerk von Bruchstückchen, das beim Zerbrechen der grösseren Stücke stets abfällt, unter dem Mikroskop durchsuchte, die

geeigneten kleinen Plättchen isolirte und in Canadabalsam einbettete. Nach h^1 lassen sich wegen der sehr vollkommenen Absonderung leicht auch grössere Spaltungsplättchen von genügender Dünne erhalten durch einfaches Abblättern mit dem Fingernagel. Plättchen nach g^1 lassen sich aber von genügender Dünne durch beabsichtigtes Abspalten kaum darstellen, man ist hier auf die zufällig entstehenden Spaltungsplättchen beschränkt.

Die Plättchen nach g^1 und h^1 sind bei einigermaassen regelmässiger Ausbildung u. d. M. auf den ersten Blick an ihrer Form zu unterscheiden, die letzteren bilden Quadrate oder Rechtecke, die ersteren sind schiefwinklig begrenzt.

Bei den rechtwinkligen Spaltungsplättchen nach h^1 ist die eine Begrenzungslinie meist schärfer geradlinig, die andere darauf senkrechte ist häufig viel weniger regelmässig, zuweilen bildet sie sogar eine krumme Linie. In der ersteren Richtung verlaufen viele geradlinige Risse, in der zweiten sind ebenfalls Risse vorhanden, die aber wie die Begrenzungslinie des Plättchens selbst meist weniger scharf gerade und auch weniger zahlreich zu sein pflegen. Beide Richtungen kann man darnach meist, aber doch nicht immer sicher von einander unterscheiden. Auf Plättchen, deren Lage am Krystall bekannt ist, sieht man, dass die zahlreicheren und regelmässigeren Risse und die regelmässiger geradlinigen Begrenzungslinien der Fläche g^1 , die andern p parallel gehen. Beide Begrenzungslinien und die entsprechenden Rissysteme stehen genau auf einander senkrecht.

Die optische Untersuchung im parallelen Lichte ergibt, dass die beiden Auslöschungsrichtungen auf solchen Plättchen genau den beiden Begrenzungslinien parallel gehen.

Die Richtung der grössten Elasticität in Plättchen parallel h^1 findet sich stets senkrecht zu g^1 , die der kleinsten senkrecht zu der Kante p/h^1 .

Im convergenten Licht erhält man das Interferenzbild eines zweiaxigen Krystalls schon in der Luft. Dieses Bild liegt aber nicht central, sondern es ist stark zur Seite gerückt. Nur der eine lange Rand der Figur erscheint im Sehfeld, während der grösste Theil derselben mit den beiden Lemniskatenpolen unsichtbar bleibt. Wenn die Grenz-

linien des Plättchens mit den Schwingungsebenen der beiden Nicols zusammenfallen, dann geht der schwarze Balken, der auf der Axenebene senkrecht steht, geradlinig über das Sehfeld und halbirt den etwas eingebogenen farbigen Lemniskatenrand. Trotz der Unvollkommenheit der Interferenzfigur sieht man deutlich, dass die Kante p/h^1 der Verbindungslinie der beiden Lemniskatenpole, also der Axenebene entspricht, und dass das Interferenzbild auf dem Plättchen nach der stumpfen Kante p/h^1 hin verschoben erscheint, so dass der nach dieser Kante hin liegende Theil der Interferenzfigur nicht in das Sehfeld tritt. Die Axenebene ist demnach senkrecht zu g^1 , sie ist aber ebenso wie die Mittellinie, die dann in g^1 liegen muss, schief zur Fläche h^1 und geht durch den stumpfen Winkel p/h^1 hindurch.

Diese Lage der optischen Axenebene und der Mittellinie ergibt sich noch weiter aus der Beobachtung von Spaltungsplättchen nach g^1 , welche unten beschrieben werden sollen und welche zugleich in Verbindung mit den angeführten Beobachtungen zeigen, dass die hier in Rede stehende Mittellinie jedenfalls die erste ist. Der Axenwinkel ist jedenfalls nicht sehr gross, er kann aber nicht gemessen werden, da die Lemniskatenpole nicht in das Sehfeld fallen.

Alle diese Verhältnisse sind ganz genau übereinstimmend mit denen, welche unter entsprechenden Umständen auf einem prismatischen Spaltungsplättchen oder einem damit parallelen Schliff von Schwerspath zu beobachten sind.

Die Spaltungsplättchen nach g^1 sind stets sehr viel kleiner und viel weniger zahlreich, als die nach h^1 . Sie sind kenntlich an ihrer zwar geradlinigen, aber schiefwinkligen Begrenzung, durch welche eine bald mehr rhombische, bald mehr schmal leistenförmige Gestalt hervorgebracht wird. Zuweilen sieht man, dass die eine Begrenzungslinie schärfer geradlinig ist, als die andere und dass ihr zahlreichere und regelmässiger Spaltrisse parallel gehen. Dann ist die erstere Richtung die der Fläche h^1 , die andere die von p ; vielfach ist aber ein solcher Unterschied auch nicht mit Sicherheit wahrzunehmen. Die beiden Begrenzungslinien schneiden sich unter einem Winkel von 102° — 103° , genau wie es LACROIX ebenfalls an Spaltungsplättchen nach g^1 u. d. M. gefunden

hat und wie es auch die Messung des Winkels p/h^1 an geeigneten Stücken mit dem Anlegegoniometer ergibt.

Im parallelen polarisirten Licht zeigen diese Plättchen nach g^1 dieselbe Beschaffenheit, wie sie DANA von Schliffen nach g^1 beschreibt. Die Auslöschungsrichtungen halbiren ganz genau den spitzen und stumpfen Winkel von 78° und 102° . Ich habe in dem spitzen Winkel mittelst der BERTRAND'schen Platte stets einen von 39° nur um wenige Minuten abweichenden Werth für den Neigungswinkel der Auslöschungsrichtung gegen die Begrenzungslinien resp. die beiden Rissysteme der Plättchen gefunden und entsprechend in dem stumpfen Winkel. Die Beobachtungsfehler sind hier sehr gering, da die Plättchen sehr klar und durchsichtig und die Begrenzungslinien resp. die entsprechenden Spaltrisse — wenigstens stets das eine System derselben — scharf geradlinig sind. Anders ist es bei Schliffen nach g^1 , die wegen der Bröckligkeit des Materials nicht sehr dünn werden können. Diese bleiben daher mehr oder weniger trübe, die Beobachtung wird weniger sicher und die diagonale Auslöschung lässt sich nicht so genau constatiren. Hierauf sind wohl, wie das auch DANA schon hervorhebt, die um 5° abweichenden Zahlen von LACROIX zurückzuführen.

Von den beiden auf g^1 befindlichen Auslöschungsrichtungen ist die brachydiagonale die Richtung der kleineren, die makrodiagonale die der grösseren Elasticität in der Ebene des Plättchens.

Im convergenten Lichte erhält man in der Luft kein Interferenzbild auf Plättchen nach g^1 . Sind dieselben aber im Canadabalsam eingebettet, so findet Axenaustritt statt. Das Axenbild ist vollkommen central. Die Mittellinie ist also auf g^1 senkrecht. Der Axenwinkel ist so gross, dass man u. d. M. nur den mittleren Theil der Interferenzfigur, nicht aber die Lemniskatenpole und die Hyperbel im Sehfeld hat. Die Axenebene geht der Brachydiagonale des Plättchens parallel und halbirt den stumpfen Winkel desselben.

Da das Axenbild nicht in der Luft, sondern erst im Canadabalsam sichtbar wird und der Axenwinkel sehr gross ist, so hat man es hier mit der zweiten Mittellinie zu thun. Sie ist negativ, da die Richtung der kleinsten Elasticität

in dem beobachteten Plättchen die beiden Lemniskatenpole verbindet, so dass also die Richtung der grössten Elasticität in dem Krystall dieser Mittellinie entspricht. Wie oben erwähnt, nahm LACROIX diese Richtung wenigstens mit Wahrscheinlichkeit für die erste Mittellinie. Dies ist also nicht richtig. die erste Mittellinie geht der Fläche g^1 parallel und halbirt den stumpfen Winkel p/h^1 .

Diese Beobachtungen ergeben nunmehr auch mit Sicherheit die Lage der Elasticitätsaxen für den ganzen Krystall. Die grösste Elasticitätsaxe ist senkrecht zu g^1 ; die mittlere und die kleinste liegen in g^1 , und zwar halbirt die mittlere den spitzen, die kleinste den stumpfen Winkel p/h^1 , was mit den Angaben von LACROIX übereinstimmt. Die Axe der kleinsten Elasticität ist nach dem obigen der ersten Mittellinie parallel; die Krystalle sind positiv.

Beobachtet man basische Spaltungsplättchen oder entsprechende Schiffe von Schwerspath, so findet man wieder eine vollkommene Übereinstimmung aller Verhältnisse mit den beschriebenen.

Vergleicht man überhaupt die Eigenschaften des vorliegenden Minerals mit denen des Schwerspaths, so findet man in keinem Punkt einen wesentlichen Unterschied.

Die Zusammensetzung ist, wie die oben angeführte Analyse von LACROIX zeigt, die des Schwerspaths, ebenso das spezifische Gewicht. Die Krystallform z. Th. und die Spaltbarkeit weichen nicht von denen des Schwerspaths ab. Die optischen Verhältnisse stimmen in allen Punkten überein: Die Axenebene halbirt den stumpfen Winkel von 102° , die positive Mittellinie steht auf dieser Kante senkrecht. Für die Brechungscoefficienten erhielt LACROIX beim Michel-lévyt mit dem BERTRAND'schen Refraktometer für Na-Licht die folgenden Zahlen (1. Reihe), welche verglichen sind mit den von ARZRUNI am Schwerspath ebenfalls für Na-Licht und bei 20° C. gefundenen Werthen¹ (2. Reihe):

1) $\alpha = 1.6364$	$\beta = 1.6413$	$\gamma = 1.6459$
2) $\alpha = 1.63609$	$\beta = 1.63457$	$\gamma = 1.64531$

Es sind also nur Unterschiede von einigen Einheiten der vierten, resp. der dritten Dezimale vorhanden. Die Axen der

¹ Zeitschr. f. Kryst. I. 1877. p. 165.

grössten, mittleren und kleinsten Elasticität liegen beim Michel-lévyt genau ebenso gegen die Spaltungsflächen, wie beim Schwerspath. Nimmt man noch hinzu, dass der Michel-lévyt die Härte, die Schmelzbarkeit und das Decrepitiren beim Erhitzen zeigt, wie der Schwerspath, so wird man überzeugt sein, wie es ja auch DANA schon geschlossen hat, dass das vorliegende Mineral nichts anderes ist, als Schwerspath, der nur die eine Besonderheit zeigt, dass in der Richtung der einen Prismenfläche die Spaltbarkeit meist sehr viel vollkommener ist, als nach der andern, ja vollkommener, als nach der Basis.

Aber die Betrachtung von Spaltungsplättchen nach der Basis (g^1 LACROIX) gibt auch über diese Erscheinung vollkommen befriedigenden Aufschluss. Man bemerkt nämlich auf den meisten derselben die polysynthetische Zwillingsbildung, welche LACROIX erwähnt und mit der der Plagioklase vergleicht, ohne sie näher zu beschreiben, deren Existenz aber DANA bezweifelt. Ein solches verzwilligtes Plättchen ist in Fig. 2 abgebildet. Die beiden seitlichen Begrenzungslinien, denen die Zwillingsflächen parallel gehen, sind vollkommen geradlinig, die obere und untere Begrenzungslinie zeigt häufig sehr scharf aus- und einspringende Winkel von $156^\circ = 2 \cdot 78^\circ$, durch welche die scharf geradlinig verlaufenden Zwillingsgrenzen hindurch gehen. An den äusseren Ecken des Plättchens findet man dieselben Winkel von 78° resp. 102° , wie an den einfachen, nicht verzwilligten Plättchen nach g^1 . Die Breite der besonders im polarisirten Licht prachtvoll hervortretenden Zwillingslamellen ist eine sehr verschiedene: bald wechseln breitere und schmalere in unregelmässiger Reihenfolge mit einander ab, bald sind sie allesamt ausserordentlich schmal, bald endlich sind in ein grösseres Hauptindividuum mehr oder weniger zahlreiche dünne Lamellen eingewachsen, welche meist über das ganze Plättchen hingehen, manchmal aber auch sich im Innern desselben auskeilen. Stets halbiren die Auslöschungsrichtungen jedes Plättchens die in den Zwillingsgrenzen aneinanderstossenden Winkel von 102° und von 78° und die entsprechenden

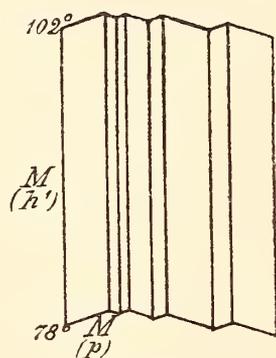


Fig. 2.

Auslöschungsrichtungen liegen in zwei aneinanderstossenden Plättchen symmetrisch zu der gemeinsamen Zwillingsgrenze. Dabei sind je die geraden und die ungeraden Lamellen in der Gesamtreihenfolge einander parallel und löschen gleichzeitig aus. Um von der Auslöschungslage des einen Systems von Lamellen zu derjenigen der andern zu gelangen, muss der Krystall um 78° gedreht werden.

Es findet hier also eine polysynthetische Zwillingsbildung statt, wobei die eine Prismenfläche M Zwillingsfläche ist. Diese Zwillingsbildung ist ebenso schön ausgebildet wie bei den Plagioklasen und auf den ersten Blick würde man sicher glauben, einen triklinen Feldspath zu sehen. Die Zwillingsbildung nach der einen Prismenfläche erzeugt nach dieser eine leichte Absonderung und Perlmutterglanz, während die andere Prismenfläche, nach welcher keine Zwillingslamellen eingewachsen sind, ihre normale unvollkommene Spaltbarkeit und keinen Perlmutterglanz bemerken lässt. Dies sind die Verhältnisse, wie sie die meisten Stücke des Vorkommens zeigen. Wenn die beiden Prismenflächen die unvollkommene Spaltung und also das Verhalten des normalen Schwerspaths zeigen, dann findet nach keiner der beiden Flächen Zwillingsbildung statt und wenn beide Prismenflächen leichte Trennung und Perlmutterglanz erkennen lassen, dann findet die polysynthetische Zwillingsbildung in gleicher Weise nach beiden Prismenflächen statt. Die Zwillingslamellen bilden dann zwei Systeme, die sich unter 102° durchschneiden. In diesem Falle sieht man auf der einen Prismenfläche eine regelmässig geradlinige Streifung in der Richtung der Prismenkante. Diese ist aber mit blossem Auge und mit der Loupe kaum zu erkennen, auch nicht u. d. M. im gewöhnlichen Lichte, tritt aber deutlich hervor, wenn das Plättchen zwischen gekreuzten Nicols sich nahe in der Dunkelstellung befindet. Sind beide Begrenzungslinien der Plättchen den Schwingungsebenen der Nicols parallel, dann sind beide Streifensysteme ausgelöscht, das eine ist aber um eine geringe Kleinigkeit heller als das andere. Dreht man um wenige Grade, so sind beide Streifensysteme etwas verschieden gefärbt, und zwar je die abwechselnden gleich. Bei weiterer Drehung verschwindet die Erscheinung mit fortschreitender Aufhellung bald gänzlich.

Finden sich auf einer Prismenfläche einzelne isolirte Partien mit vollkommenerer Absonderung nach der Prismenfläche und daher perlmutterglänzend, umgeben von solchen Partien derselben Fläche, in welchen keine Absonderung stattfinden und auf denen daher auch kein Perlmutterglanz zu beobachten ist, dann gehen die Zwillingslamellen nicht über die ganze Prismenfläche weg, sondern sie keilen sich nach einzelnen Richtungen oder ringsum aus je nach den speciellen obwaltenden Verhältnissen.

Die polysynthetische Zwillingsbildung nach der Prismenfläche $M = \infty P (110)$ erklärt also alle Strukturverhältnisse des Michel-lévyt vollständig. Sie ist auch diejenige Eigenschaft, durch welche allein der Schwerspath von Perkins' Mill sich von andern Schwerspathvorkommen unterscheidet. Diese Zwillingsbildung ist bisher am Schwerspath noch nicht beobachtet worden.

Da jene lamellare Zwillingsbildung sich an einem im körnigen Kalk eingewachsenen Mineral findet, das dem Gebirgsdruck ausgesetzt war, niemals aber an aufgewachsenen Krystallen, auch nicht an solchen desselben Fundorts, von welchen unten noch die Rede sein wird, so liegt der Gedanke nahe, dass man es hier ebenso wie bei den Zwillingslamellen nach $6P\infty (601)$ mit einer durch Druck hervorgebrachten Zwillingsbildung nach Gleitflächen zu thun habe. Die Gleitflächen hätten hier das Symbol $\infty P (110)$ und würden, wie die nach $6P\infty (601)$ zu einer Symmetrieebene des Krystalls senkrecht stehen und einer Symmetrieaxe parallel laufen¹. Allerdings würde in diesem Falle eine Gleitfläche einer, wenn auch nur wenig vollkommenen Spaltungsfläche parallel gehen. Die Gleitbarkeit nach den Prismenflächen ist aber ebenfalls nur unvollkommen, ebenso wie die nach dem genannten Makrodoma, sonst würden die entsprechenden Erscheinungen an dem so häufig in ähnlicher Weise vorkommenden Schwerspath sicherlich nicht so selten zu beobachten sein, wie es thatsächlich der Fall ist.

DANA hat (Zeitschr. für Kryst. l. c. p. 396) auf den perlmutterglänzenden Prismenflächen noch eine Streifung parallel der basischen Kante beobachtet; die Streifen stehen dicht

¹ TH. LIEBISCH, Physikal. Krystallographie. 1891. p. 109.

gedrängt und schienen ihm einer wahrscheinlich durch Druck hervorgebrachten steilen Pyramide von $5-8^{\circ}$ Neigung gegen das Prisma anzugehören. Diese Streifung habe ich an meinem Material nicht wiedergefunden.

Auf derselben Fläche fand er öfters noch eine Reihe von ähnlichen Linien mit ungefähr 45° Neigung gegen die basische Kante, zuweilen durchkreuzt von einem zweiten dazu senkrechten Liniensystem, das gegen dieselbe basische Kante in entgegengesetzter Richtung unter 45° geneigt ist. Dieselbe Streifung habe auch ich beobachtet, aber an dem Schwerspath von Perkins' Mill nicht besonders deutlich. Dagegen tritt sie in ausgezeichneter Weise hervor an einem derben weissen Schwerspath der Marburger Sammlung, der von unbekanntem Fundort wahrscheinlich aus dem Elsass stammt. Die Untersuchung desselben hat über die Erscheinung näheren Aufschluss gegeben.

Spaltungsplättchen nach einer Prismenfläche lassen u. d. M. im gewöhnlichen Licht eine Anzahl sehr schmaler geradliniger Streifen erkennen, welche über die Fläche des Plättchens unter circa 45° gegen die basische Kante geneigt sind. Die Messung des Winkels u. d. M. ergibt ziemlich genau 45° . Die Grenzen der Streifen sind stets gezackt, es sieht aus, wie wenn schmale leistenförmige Hervorragungen über die obere Fläche des Spaltungsplättchens nach dieser Fläche unregelmässig abgebrochen wären. Im polarisirten Licht zeigt ein solches Plättchen eine sehr feine dicht stehende Streifung in der Richtung dieser Linien dadurch, dass sehr schmale helle und dunklere resp. verschieden gefärbte Zonen mit einander abwechseln, wobei sich stets die abwechselnden gleich verhalten. Diese Streifen entsprechen auch der Lage und der Breite nach jenen im gewöhnlichen Lichte schon sichtbaren Streifen, die Streifung tritt nur im polarisirten Licht deutlicher hervor.

Wenn die beiden Begrenzungslinien der Plättchen den Nicolhauptschnitten parallel liegen, so ist das eine Streifen-system vollkommen verdunkelt, die Auslöschungsrichtungen dieser Streifen sind also der basischen und der Prismenkante auf dem Plättchen parallel. Bei dieser Stellung ist das andere Streifen-system aufgehellte. Dreht man das Präparat herum,

so wird auch das erste Streifensystem aufgehellt, aber das zweite erleidet bei keiner Lage des Plättchens vollkommene Auslöschung, sondern es ändert nur die Farbe.

Die ganze Erscheinung ist demnach so, wie wenn dem grossen Hauptindividuum zahlreiche ebene, unter einander parallele Lamellen so eingelagert wären, dass ihre Schnitte mit der Prismenfläche zu der basischen Kante unter 45° geneigt sind. Diesen Lamellen entsprechen die Streifen, welche keine Auslöschung erleiden, während die Streifen mit gerader Auslöschung nach den Begrenzungslinien des Plättchens dem Hauptindividuum angehören. Die eingelagerten Lamellen müssen schief zu der Prismenfläche des Hauptindividuums liegen. Senkrecht zu dieser einfallende Lichtstrahlen gehen daher nicht durch die Lamellen allein, sondern auch durch den über und unter den Lamellen liegenden Theil des Hauptindividuums, und das Zusammenwirken dieser beiden verschieden orientirten Theile hindert die vollkommene Auslöschung im Bereich der eingelagerten Lamellen. Zwischen je zwei Lamellen kann ein Lichtstrahl, wenn diese nicht ganz dicht gedrängt liegen, durch das Hauptindividuum allein hindurchgehen, ohne dass er eine Lamelle berührt. An diesen Stellen muss dann, wie es der Beobachtung entspricht, die erwähnte gerade Auslöschung stattfinden.

Die Lamellen können nun nach den Flächen eines rhombischen Oktaeders oder eines Domas eingelagert sein. Die Beobachtung von basischen Spaltungsplättchen zeigt, dass letzteres der Fall ist. Solche Plättchen zeigen ähnliche Streifen, wie die prismatischen, und diese verlaufen, wie die Messung der Winkel zeigt, genau in der Richtung der Brachydiagonale. Schliffpräparate nach der Basis zeigen dies manchmal noch deutlicher. Die ganze Basis bedeckt sich in der Richtung der Brachydiagonale mit feinen Linien, die ihre Entstehung dem Ausbröckeln der scharfen Kanten der schief zur Basis stehenden Lamellen verdanken.

U. d. M. zwischen gekreuzten Nicols zeigt die ganze Fläche des Plättchens vollkommene Verdunkelung; die Schwingungsrichtungen des Hauptindividuums und der nach einer Brachydomenfläche eingelagerten Lamellen fallen also genau

zusammen. Manchmal sieht man aber in der Dunkelstellung die Streifung in der Richtung der Brachydiagonale so, dass ganz dunkle und sehr wenig aufgehellte Linien mit einander abwechseln. Diese letzteren befinden sich aber ebenfalls in der Maximalverdunkelung; sie werden bei der Drehung des Plättchens nach beiden Seiten hin heller und treten am deutlichsten hervor, wenn man das Plättchen um wenige Grade aus der Dunkelstellung herausgedreht hat. Bei weiterer Drehung verschwindet die Streifung sehr bald und macht einer gleichförmigen Färbung des Plättchens Platz.

Es ist nach alledem kein Zweifel, dass diese Streifen, welche auf der Prismenfläche 45° mit der basischen Kante machen, einer polysynthetischen Zwillingsbildung nach den Flächen eines Brachydomas ihre Entstehung verdanken. Eine Brachydomenfläche, welche auf der Fläche des Spaltungsprismas 45° mit der basischen Kante einschliesst, hat gegen die Verticalaxe eine Neigung von $37^\circ 47'$. Das Brachydoma, dessen Flächen hier Zwillingsflächen sind, ist also das am Schwerspath so verbreitete: $o = P\infty (011)$. Rechnet man hieraus den Winkel, den die Lamellen auf der Prismenfläche mit der basischen Kante bilden, so erhält man $45^\circ 30'$, die Differenz von $30'$ geht nicht über die möglichen Messungsfehler hinaus.

Auch diese Lamellen und die dadurch hervorgebrachte Streifung sind wohl wie die andern auf Druckwirkung zurückzuführen, doch scheint die Verschiebbarkeit nach den Prismenflächen leichter vor sich zu gehen, als nach den Flächen des Brachydomas o . Dies folgt daraus, dass die Streifung nach den Prismenflächen viel schärfer und ausgeprägter ist als nach den Flächen des Brachydomas o .

Auf den Prismenflächen des Michel-lévyts sieht man zuweilen und zwar schon mit blossem Auge, verhältnissmässig breite Linien auftreten, welche nach Lage und Beschaffenheit der Zwillingsbildung nach $6P\infty (601)$ angehören könnten. Diese nicht sehr scharf geradlinigen Streifen sind aber selten und es ist mir nicht gelungen, mit meinem Material den bestimmten Nachweis dafür zu erhalten.

Ein günstiger Zufall hat mir erlaubt, die Krystallform des Schwerspaths von Perkins' Mill noch genauer zu bestim-

men. An einem meiner Stücke fand sich ein kleiner Drusenraum, auf welchem kleine undeutliche Kryställchen sassen, überzogen mit einer dünnen braunen Schicht von Eisenhydroxyd. In Salzsäure löste sich etwas Kalk auf, der dem Stück anhing und der erst an dem Aufbrausen erkannt wurde; ebenso löste sich auch, wenigstens zum grössten Theil, die Eisenhydroxydhaut. Dabei kam ein Kryställchen zum Vorschein, das mit den andern undeutlicheren dem Ansehen nach ganz gleich gestaltet, aber von etwas glänzenderen Flächen begrenzt war. Alle diese Kryställchen sind nichts anderes als die derbe Masse, auf der sie sitzen, denn die Blätterbrüche der letzteren gehen ununterbrochen in die Kryställchen hinein. Die sonst derbe Masse ist auf dem Hohlraum deutlicher auskrystallisirt.

Das genannte Kryställchen ist nach der Basis tafelförmig und am Ende der Makrodiagonale aufgewachsen. Obwohl kaum 1 mm lang und breit und noch etwas dünner, gestattete es Messungen, die wenigstens zur Bestimmung der Flächen hinreichten. Die beobachteten einfachen Formen sind die folgenden:

$$\begin{array}{llll} a = \infty P \infty (100); & M = \infty P (110); & o = P \infty (011); & l = \frac{1}{4} P \infty (104) \\ k = \infty P \infty (010); & z = P (111); & r = \frac{1}{12} P \infty (0.1.12); & d = \frac{1}{2} P \infty (102) \\ P = 0P (001) & & & u = P \infty (101) \end{array}$$

a ist sehr schmal aber glänzend; k sehr gross aber matt; matt sind auch die Flächen M und die darüber sitzenden kleinen Flächen von z; alle drei sind nicht messbar, aber nach der Flächen- und Zonenentwicklung nicht zweifelhaft. Die Makrodomen sind glatt und glänzend, d hat die breitesten, l und u nur schmale Flächen. Von den Brachydomen ist o verhältnissmässig breit, r ist nur sehr schmal, beide sind aber glänzend. r ist bisher beim Schwerspath noch nicht beobachtet worden, wohl aber die entsprechende Fläche: $\xi = \frac{1}{12} P \infty (0.1.12)$ beim Cölestin, nach AUERBACH an dem von Herrengrund in Ungarn. r findet sich an dem Kryställchen an beiden überhaupt vorhandenen Kanten P/o als schmale Abstumpfung derselben.

Die gemessenen Winkel sind verglichen mit den aus dem Axenverhältniss:

$$a : b : c = 0.8152 : 1 : 1.3136$$

berechneten die folgenden:

	gem.	ber.		gem.	ber.
P : o . . .	127° 25'	127° 17'	P : l . . .	158° 20'	158° 4'
P : g . . .	173 50	173 45	P : d . . .	141 5	141 8
g : o . . .	133 35	133 32	P : u . . .	121 57	121 49
			P : a . . .	90 5	90 0

Zu erwähnen ist noch, wie schon oben angedeutet, dass in den Kryställchen von den Drusenräumen keine Spur von den Zwillingslamellen nach der Prismenfläche sich finden, obgleich die derben Massen, deren Fortsetzung in die Drusen hinein die Kryställchen darstellen, die Erscheinung in grösser Schönheit zeigen. Letztere waren dem Gebirgsdruck ausgesetzt, erstere nicht.

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: 1891

Band/Volume: [1891](#)

Autor(en)/Author(s): Bauer Max Hermann

Artikel/Article: [Beiträge zur Mineralogie 217-266](#)