13. Ueber die Krystallformen des Kupferkieses.

Von Herrn A. Sadebeck in Berlin.

Hierzu Tafel XIV.

Bis zum Jahre 1822 wurden die Krystalle des Kupferkieses dem regulären System zugezählt, und so sind sie von Romé de l'Isle und Haüy beschrieben. Durch die Symmetrieverhältnisse wurde Haidinger darauf geführt, Messungen mit dem Wollaston'schen Reflexionsgoniometer anzustellen, und er fand den Seitenkantenwinkel des Grund-Oktaëders 108° 40′, also 48′ kleiner als den Winkel des regulären Oktaëders, wodurch er bewies, dass der Kupferkies dem quadratischen System einzureihen ist. In seinem ersten Aufsatz: On the crystallisations of Cooper Pyrites, in den Memoirs of the Wernerian natural history Society, Vol. IV, 1821—22, P. I, Edinburgh. 1822, beschreibt er eine ansehnliche Anzahl von einfachen Krystallen und giebt kurz die drei Zwillingsgesetze an. Die Zwillingskrystalle handelt er später genauer ab im Edinburgh Journal of Science III, 66—99: „on the regular composition of crystallized bodies“ und eine kurze Notiz giebt er in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie Bd. V, S. 177. Auf diese Arbeiten ist unsere Kenntniss des Kupferkieses basirt, und alle Zeichnungen in den verschiedenen Handbüchern sind Copieen der von Haidinger entworfenen Figuren. Einige neue Formen sind noch angegeben in: An Elementary introduction to Mineralogy by William Philipps, herausgegeben von Brooke und Miller; ferner giebt Kayser eine Notiz über die Krystalle vom Ramberg bei Daaden in seiner Beschreibung der Bergemann'schen Mineralien-Sammlung.

Der geringe Umfang der Literatur der Krystalle des Kupferkieses beruht hauptsächlich auf der Ausführlichkeit und Schärfe der Haidinger'schen Arbeiten, welche dem Mineralogen eine schnelle Deutung der häufigeren Krystallgestalten ermöglichte, dann aber wohl auch in der Beschaffenheit des Minerals selbst.

Es giebt wenige Sammlungen, welche gute Suiten von Kupferkies-Krystallen aufzuweisen haben, und es ist gerade hier gutes und viel Material zu einem genaueren Studium nöthig, da die Mannichfaltigkeit in der Entwickelung der Krystalle so gross ist wie bei wenigen anderen Mineralien und die vielfachen Verzerrungen und Krümmungen der Flächen der richtigen Deutung hinderlich sind. Das Studium dieser Krystalle hatte für mich besonders deshalb so grosses Interesse, weil der Kupferkies der einzige Repräsentant der tetraëdrischen Hemiëdrie des quadratischen Systems ist. Ich stellte mir folgende Aufgaben: 1) die Unterschiede der beiden Tetraëder auf rein krystallographischem Wege festzustellen und 2) die Lage der Tetraëder bei den Zwillingen zu bestimmen. Diesen beiden Theilen habe ich noch einen dritten angefügt über die Entwickelungsformen der Krystalle bei den verschiedenen Fundorten, wobei notürlich die Grenze das mir zu Gebote stehende Material war. Ich habe im Wesentlichen die Sammlung der Berliner Universität benutzt und die des Herrn Tamnau, welchem ich dafür zu grossem Dank verpflichtet bin. Ich habe die Hoffnung, dass dieser Theil meiner Arbeit allmälig auch von anderen vervollständigt werden wird, was um so wünschenswerther ist, als Haidinger interessante Combinationen ohne Fundort angiebt, die ich nicht beobachtet habe.

I. Hemiëdrie des Kupferkieses.

Die von Haidinger angenommene Grundform ist ein Oktaëder von $108^{0}\,40'$ in den Seitenkanten und $109^{0}\,53'$ in den Endkanten; danach ist das Verhältniss der Axen:

$$\begin{array}{lcl} \text{Hauptaxe } (a) : \text{Nebenaxe} & = 0{,}98502 : 1 & (\text{Naumann}) \\ c \quad : \quad a & = 1 \quad : 1{,}01527 & (\text{Weiss}). \end{array}$$

Nach Naumann ist $a : \sqrt{\frac{33}{34}}$, also log. $a = 0{,}99352$, während ich bei directer Berechnung aus den Winkeln log. $a = 0{,}99344$ gefunden habe. Die Winkel habe ich mit einem Mitscherlich'schen Goniometer gemessen und habe dieselben Resultate wie Haidinger erhalten.

Die tetraëdrische Ausbildung dieser Form hat Haidinger erkannt, aber er hat die beiden Tetraëder nicht scharf unterschieden, das heisst, er hat zu ihrer Unterscheidung keine krystallographischen Mittel aufgesucht. Er sagt nur, dass das Haupttetraëder meist gestreift, das Gegentetraëder meist glatt ist.

An Stelle der Namen Haupt- und Gegentetraëder möchte ich nun zunächst zwei andere Namen vorschlagen: Tetraëder erster Stellung und Tetraëder zweiter Stellung. Zu dieser Bezeichnung hat mich Herr G. Rose veranlasst, da die Namen Haupt- und Gegentetraëder glauben machen, dass das erstere auch immer vorherrschend ausgebildet ist, was jedoch nicht der Fall ist. Unter dem Tetraëder erster Stellung verstehe ich dasjenige, welches aus dem Grund-Oktaëder entstanden ist, indem sich die dem Beschauer rechts liegende obere Fläche mit ihren dazugehörigen ausgedehnt hat; unter dem Tetraëder zweiter Stellung dasjenige, welches entstanden ist durch Ausdehnung der oben links liegenden Oktaëderfläche mit ihren dazugehörigen. Das Tetraëder erster Stellung bezeichne ich mit S, das zweiter Stellung mit S'. Dasjenige Tetraëder, welches in den meisten Fällen eine vorwiegende Entwickelung zeigt, habe ich als Tetraëder erster Stellung aufgefasst, und es ist hier dasselbe wie das, welches Haidinger Haupttetraëder genannt hat. Nach der Lage der beiden Tetraëder in Bezug auf die Grundform lag es am nächsten, die Tetraëder rechtes und linkes zu nennen. Diese Namen sind aber schon vergeben; denn Herr G. Rose hat sie für weitere Hemiëdrieen, z. B. beim Quarz für Rhomben- und Trapez-Fläche in Anwendung gebracht. Er hat auch gezeigt, wie man die beiden Stellungen auf rein krystallographischem Wege unterscheiden müsse, indem er beim Boracit*) nachgewiesen hat, dass an dem glatten Tetraëder (erster Stellung) die Flächen von $\frac{1}{2}$ $(a:\frac{1}{3}a:\frac{1}{5}a)$ auftreten, an dem rauhen dagegen (zweiter Stellung) die Flächen von $\frac{1}{2}$ $(a:2a:2a)$. Diesen Formen des regulären Systems entsprechen im quadratischen System die Skalenoëder. Es kam also hier darauf an, zu untersuchen, durch welche Skalenoëder die beiden Tetraëder ausgezeichnet sind. Ich nenne Skalenoëder erster Stellung solche, welche ihre stumpfe Endkante (Kante Y Naumann**)) über der Fläche des Tetraëders erster

*) Riess und Rose: Ueber die Pyroelectricität der Mineralien, t. 2, f. 15.

**) Wenn ich im Verlaufe der Arbeit kurz Naumann citire, so bezieht sich dies auf sein Lehrbuch der reinen und angewandten Krystallographie, Leipzig, 1830.

Stellung liegen haben, Skalenoëder zweiter Stellung solche, bei denen die Kante Y über der Fläche des Tetraëders zweiter Stellung liegt. Diejenigen Skalenoëder, welche ich selbst beobachtet habe, sind Skalenoëder erster Stellung. Am häufigsten treten auf die beiden:

$$y = \tfrac{1}{2}\,(a:3a:c),\ \text{Taf. XIV, Fig. 18,}$$

$$\text{und } s = \tfrac{1}{2}\,(a:5a:\tfrac{5}{3}c),\ \text{Taf. XIV, Fig. 21.}$$

Das erste dieser beiden Skalenoëder gehört in die Endkantenzone der Grundform; es stumpft die Kante zwischen $(a:\infty a:c)$ und S schief ab. Dieses Skalenoëder ist sehr häufig bei den Krystallen von Ramberg bei Daaden, und Kayser*) führt es auch der Lage nach an, hat aber sein krystallographisches Zeichen nicht bestimmt. Ich habe das Zeichen berechnet aus den Winkeln, die das Skalenoëder mit dem Tetraëder erster Stellung und dem ersten stumpferen Oktaëder bildet; die der Rechnung zu Grunde liegenden Winkel sind:

$$y/S = 158^{0}\,6'$$

$$y/P\infty = 166^{0}\,50'.$$

Die Flächen dieser Form sind glatt, treten aber immer nur untergeordnet auf, und zwar vielfach mit Wiederholungen, wodurch die Streifung auf S nach der Kante der Grundform erzeugt wird.

Das Skalenoëder $\frac{1}{2}\,(a:5a:\frac{5}{3}c)$ ist genau durch seine Zonen bestimmt. Es liegt einerseits in der Diagonalzone der Grundform, das heisst, es stumpft die Kante zwischen dem ersten schärferen Oktaëder und dem Tetraëder erster Stellung schief ab, andererseits ist die Kante, die es mit dem ersten stumpferen Oktaëder bildet, parallel der, welche letzteres mit der hinteren Fläche S macht. Dies ist ersichtlich aus Taf. XIV, Fig. 15 und 23, welche Figuren einen Krystall in seiner natürlichen Ausbildung in schiefer und horizontaler Projection darstellen. Lege ich die Fläche s durch den Endpunkt der Hauptaxe, so sind in der Ebene der Nebenaxen 2 Punkte bestimmt, deren Coordinaten sind:

$$x = 2, \qquad y = 1$$

$$\text{und } x' = -\tfrac{1}{2}, \quad y' = +\tfrac{1}{2}.$$

Daraus folgt für die Nebenaxen $a = 3$ und $b = \frac{3}{5}$, das Zeichen ist also $\frac{1}{2}\,(3a:\frac{3}{5}a:c) = \frac{1}{2}\,(a:5a:\frac{5}{3}c)$. Dieses Ska-

*) Kayser, Beschreibung der Bergemann'schen Mineralien-Sammlung.

lenoëder ist gewöhnlich parallel der Kante mit $(a : \infty a : 2c)$ gestreift.

Das dritte von mir bestimmte Skalenoëder $l = \frac{1}{2}(a : 20a : \frac{1}{2}c)$, Taf. XIV, Fig. 11, ist eine Seltenheit; ich habe es an einem einzigen Krystall von Schlackenwald aus der Sammlung des Herrn Tamnau beobachtet, und zwar war es der einzige unter einer grossen Suite von Krystallen desselben Fundortes. Leider waren die Flächen nicht glatt genug, um das Mitscherlich'sche Goniometer anwenden zu können; ich musste mich des gewöhnlichen Reflexionsgoniometers bedienen. Messbar waren die Neigungen gegen S und S'; die Neigung wurde gemessen gegen S : 141° 50′ und berechnet zu 142° 6′53″,
„ S' : 139° 30′ „ „ „ 139° 47′40″.
Die Differenz von 17′ liegt in diesem Falle sicherlich noch innerhalb der Fehlergrenze.

Das von Philipps aufgefundene Skalenoëder $\frac{1}{2}(a : 5a : 5c)$ (Naumann, f. 352) gehört der Zeichnung gemäss der ersten Stellung an; denn es schärft die Seitenkanten des Tetraëders erster Stellung zu.

Ein Skalenoëder zweiter Stellung giebt Haidinger*) an $\frac{1}{2}(a : 3a : \frac{1}{2}c)$, welches zwischen $\frac{1}{2}(a : a : \frac{1}{3}c)$ und $(a : \infty a : \frac{2}{3}c)$ liegt. Ob Haidinger bei der Unterscheidung der Tetraëder hier nur der Ausdehnung der Flächen gefolgt ist, oder ob ihn noch die physikalischen Eigenschaften geleitet haben, ist nicht zu entscheiden, da er im Text nichts darüber sagt. Auffallend ist es, dass die grössere Anzahl der Flächen sich hier um das Tetraëder zweiter Stellung scharen sollte, was sonst nur, so weit ich gesehen habe, beim Tetraëder erster Stellung der Fall ist. Allerdings spricht wieder für die Haidinger'sche Darstellung das Tetraëder $\frac{1}{2}(a : a : \frac{1}{4}c)$, welches hier gleicher Stellung mit dem Skalenoëder ist, und das ich bei anderen Krystallen nur in zweiter Stellung beobachtet habe.

Mag dieses Skalenoëder nun auch zweiter Stellung sein, so ist es doch immer nur eine Seltenheit, während sich die von mir angeführten Skalenoëder häufiger finden und ich ausserdem noch Skalenoëder erster Stellung beobachtet habe, die leider nur keine Bestimmung zuliessen; so dass man im Allgemeinen sagen kann:

---

*) Poggendorff's Annalen V, Fig. 27.

Die Skalenoëder bezeichnen das Tetraëder erster Stellung.

Während für diesen Satz das Skalenoëder $\frac{1}{2}(a:3a:\frac{1}{2}c)$ eine Ausnahme sein würde, so steht ohne Ausnahme der Satz fest:

Die Skalenoëder treten nur in einer Stellung auf.

Diese Formen sind es mithin hauptsächlich, welche bei ihrem Auftreten die Hemiëdrie der Krystalle erkennen lassen, während Tetraëder in beiden Stellungen erscheinen und, wenn sie im Gleichgewicht sind, dem Krystall ein homoëdrisches Ansehen geben. Ich habe beide Stellungen der Tetraëder nur bei der Grundform beobachtet, Haidinger aber zeichnet noch einen Krystall (Naumann, f. 679), wo beide Tetraëder $\frac{1}{2}(a:a:\frac{3}{2}c)$ im Gleichgewicht auftreten. Die Tetraëder $\frac{1}{2}(a:a:\frac{1}{3}c)$ und $\frac{1}{2}(a:a:\frac{1}{4}c)$ werden nur in zweiter Stellung angegeben; die Stellung des ersten der beiden Tetraëder lässt dieselben Bedenken zu, wie die des Skalenoëders $\frac{1}{2}(a:3a:\frac{1}{2}c)$, da es von Haidinger an demselben Krystall angegeben wird; das andere Tetraëder dagegen habe ich bei den Krystallen vom Ramberg auch nur in zweiter Stellung beobachtet. Das Tetraëder $\frac{1}{2}(a:a:2c)$ ist mir nur in erster Stellung bekannt.

Die Formen zweiter Ordnung kommen nur homoëdrisch vor, und es wird dadurch die Regel bestätigt, dass Formen zweiter Ordnung nie hemiëdrisch werden. Trotzdem tragen sie das Ihrige dazu bei, die Stellungen der Tetraëder zu unterscheiden. Am häufigsten sind die beiden Oktaëder $(a:\infty a:c)$ und $(a:\infty a:2c)$, bei denen die Lage des Tetraëders erster Stellung dadurch angedeutet ist, dass sie parallel der Combinationskante mit demselben gestreift sind.

Das Prisma erster Ordnung ist auch mitunter parallel der Combinationskante mit dem Tetraëder erster Stellung gestreift, ist jedoch auch häufig ganz glatt. Das Prisma zweiter Ordnung giebt Philipps an, aber ich habe es selbst nicht beobachtet.

Die Geradendfläche ist gleichfalls parallel der Kante mit dem Tetraëder erster Stellung gestreift, was die richtige Stellung der Krystalle sehr erleichtert.

Bei Krystallen, welche keine der eben bezeichneten Merkmale erkennen lassen, muss man sich lediglich an die physikalische Beschaffenheit der Tetraëder selbst halten. Das Tetraëder erster Stellung ist matt oder gestreift, das Tetraëder zweiter Stellung dagegen glatt und glänzend. Sind auch diese Unterschiede nicht erkennbar, dann ist man genöthigt, dem vorherrschend entwickelten Tetraëder die erste Stellung zu geben.

Der Uebersicht halber habe ich (S. 619) alle bis jetzt beobachteten Formen in einer Tabelle zusammengestellt nach den drei Bezeichnungen von Naumann, Weiss und Miller. In der vierten Rubrik habe ich die von Haidinger den Flächen gegebenen Buchstaben aufgeführt und in der fünften die von Philipps, welche von den Haidinger'schen abweichen. Dann folgt die Angabe der Winkel, wobei X, Y, Z in der Bedeutung genommen sind, die ihnen Naumann giebt. Bei den Formen, die ich nicht beobachtet habe, und bei denen die betreffenden Autoren die Winkel nicht angeben, habe ich der Vollständigkeit wegen dieselben auch berechnet. Aus den drei nächsten Rubriken ersieht man, von wem die einzelnen Formen zuerst angegeben werden, was durch ein Kreuz bezeichnet ist. In der letzten Rubrik sind die Formen durch ein Kreuz bezeichnet, welche ich selbst beobachtet habe.

II. Zwillingsbildung des Kupferkieses.

Haidinger giebt drei Gesetze der Zwillingsbildung an:

1) Die Individuen haben eine Fläche der Grundform gemein.
2) Die Individuen haben eine Fläche des ersten stumpferen Oktaëders gemein.
3) Die Individuen haben das erste Prisma gemein.

Erstes Gesetz.

Dieses Gesetz hat Haidinger nicht scharf bestimmt, denn er sagt nur, die Individuen haben eine Fläche der Grundform gemein; es fragt sich aber, welche Lage die Tetraëder der beiden Individuen gegen einander haben. Das Gesetz lautet so: Das eine Individuum legt sich mit einer Fläche des Tetraëders erster Stellung an eine Fläche des Tetraëders zweiter Stellung des anderen und die Individuen sind um 180° gegen einander gedreht. Sind beide Tetraëder im Gleichgewicht, so haben die Zwillinge das Aussehen wie die des Spinells und Magneteisenerzes. Es muss auffallen, dass die Individuen mit zwei physikalisch verschiedenen Flächen verwachsen sind; es wird sich aber sogleich zeigen, wie sich gerade diese Bildung vermittelst der Drehungstheorie leicht erklären lässt, und dass durch einander gewachsene Individuen eine vollkommen gleiche Fläche gemein haben.

Schneide ich ein Oktaëder in der Mitte parallel einer Fläche des Tetraëders erster Stellung durch und lege nun den Krystall mit dieser Fläche nach unten auf, so liegt oben eine Fläche des Tetraëders zweiter Stellung; auf der Schnittfläche liegt vom unteren Individuum die Fläche des Tetraëders zweiter Stellung, vom oberen die des Tetraëders erster Stellung, während natürlich die seitlichen Tetraëderflächen zusammenfallen. Drehe ich nun die obere Hälfte um 180^{0} gegen die untere, so kommt an den Seiten immer neben ein Tetraëder erster Stellung des einen Individuums ein Tetraëder zweiter Stellung des anderen zu liegen, Taf. XIV, Fig. 8. Bei derartigen Zwillingen, welche nur die beiden Tetraëder zeigen, ist gewöhnlich das Tetraëder erster Stellung, wenn auch nicht sehr, so doch etwas vorherrschend ausgebildet, die Endkanten der beiden Tetraëder würden sich in der Verlängerung rechtwinklig schneiden. Tritt dieses hemiëdrische Verhalten geometrisch auch weniger hervor, so wird man doch immer bei einiger Aufmerksamkeit erkennen können, dass neben einer matten Fläche eine etwas glänzendere beim anderen Individuum liegt. Dieses Verhalten tritt besonders dadurch hervor, dass etwaige Ueberzüge zunächst die matten Flächen bedecken und die glänzenden frei lassen.

Theoretisch wäre noch eine andere Art der Verwachsung denkbar, eine solche, bei der die Drehung senkrecht gegen die Zusammensetzungsfläche stattgefunden hat. In Folge dessen kommen in die Verwachsungsebene Tetraëder gleicher Stellung zu liegen und auch an den Seiten liegen Tetraëder gleicher Stellung neben einander. Letzteres ist der Fall, wenn man als Drehungsaxe eine Linie annimmt, die in dem sechsseitigen Durchschnitt dieselbe Lage hat, wie die trigonale Zwischenaxe des regulären Systems in dieser Schnittfläche. Nimmt man als Drehungsaxe die auf dieser Linie in der Schnittfläche senkrechte Linie, welche zwei gegenüberliegende Ecken des Sechseckes verbindet und zwei Seitenkanten parallel ist, so erhält man keinen Zwilling, weil dann die seitlichen Tetraëderflächen in eine Ebene fallen. Bei diesem Gesetz sind zwei Fälle möglich, entweder haben die Individuen eine Fläche des Tetraëders erster Stellung oder eine des Tetraëders zweiter Stellung gemein. Mit gleicher Ausbildung der Tetraëder wie bei Taf. XIV, Fig. 8, hätten die Krystalle das Aussehen von Fig. 7, die Tetraëderkanten der beiden Individuen haben dieselbe Richtung. Diese Art der Verwachsung kommt nicht vor; QUENSTEDT sagt zwar in seinem Handbuch der Mineralogie, die Individuen haben eine matte Tetraëderfläche gemein, aber ich habe bei einer grossen Reihe von Krystallen nie diesen Fall beobachtet.

Bei tetraëdrischer Ausbildung der Individuen findet gewöhnlich ein Ineinanderliegen oder eine Durchwachsung statt. Von dem Zwilling Taf. XIV, Fig. 8 ausgehend, denke man sich das vordere Individuum eindringend in das hintere; es liegen dann die Flächen des hinteren neben denen des vorderen über der Zwillingsgrenze, wie Taf. XIV, Fig. 5 zeigt. Geht dieses Eindringen des Krystalles weiter, so fällt endlich die Fläche S des oberen Individuums, welche an der Zwillingsgrenze liegt, mit der ihr parallelen S' des unteren in eine Ebene, wie es f. 623 bei NAUMANN zeigt. Die Individuen haben dann eine Fläche des Tetraëders erster Stellung gemein, sind in dieser Ebene gegen einander um 60^0 gedreht und in dieser Lage durch einander gewachsen.

Wenn eine tetraëdrische Ausbildung im Individuum bei dem zweiten Falle dieses Gesetzes stattfindet, so liegen zwei Tetraëder gleicher Stellung mit ihren Flächen an einander und kehren die diesen Flächen gegenüberliegenden Ecken nach entgegengesetzten Seiten, oder sie berühren sich mit 2 Ecken so, dass die diesen Ecken gegenüberliegenden Flächen parallel sind. Keinen der beiden Fälle habe ich beim Kupferkies beobachtet.

Ich muss an dieser Stelle einen Aufsatz von Herrn TEODOR FON GUTZEIT erwähnen, welcher 1865 in Riga erschienen ist und den Titel trägt: „Das gesetz der zwillingsbildungen am stein und die zuerwartende bestätigung desselben durch die fon W. HAIDINGER in den Memoirs of the Wernerian Society, Edinburgh. 1822, s. 16, f. 34 und im Journal of Science, Edinburgh. 1825, s. 66, f. 25, beschribnen zwillinge des Kupferkises. An dem einen fallen die P und P'flächen nicht in eine ebne, am anderen sind die p und p' nicht parallel, wie es HAIDINGER fand, sondern schneiden sich unter einem stumpfen Winkel fon $178^0\ 24'$ (f. 45—48)." In diesem Aufsatz wird der Versuch gemacht nachzuweisen, dass bei Zwillingen die Individuen gegen einander eine verwendete Stellung haben müssen, das heisst, dass das eine Individuum das Spiegelbild des anderen sein muss. Nach Herrn v. Gutzeit sind die beiden vorherrschend entwickelten Tetraëder im Zwilling verschiedener Stellung; er sagt, wenn man ein rechtes Tetraëder auf den Spiegel legt, so sieht man ein linkes, ähnlich wie ein rechter Handschuh im Spiegel einen linken zeigt. Darauf will ich nur erwidern, dass, wenn man ein glattes Tetraëder im Spiegel betrachtet, man wieder ein glattes sieht, und ich kann mich nicht entschliessen, das glatte Tetraëder im einen Individuum als ein Tetraëder zweiter Stellung, im anderen als ein Tetraëder erster Stellung aufzufassen. Es müssen nun nach seiner Erklärungsweise bei den gewöhnlichen Spinell-Zwillingen, wenn sie hemiëdrisch werden, an der Seite immer Tetraëder gleicher Entwickelung neben einander liegen, also Tetraëder gleicher Stellung. Derartige Zwillinge habe ich oben entwickelt und zugleich angeführt, dass sie beim Kupferkies durchaus nicht vorkommen. Nach Herrn v. Gutzeit käme das erste Haidinger'sche Gesetz überhaupt nicht vor; denn die Figuren, die er demselben zuzählt, haben dieses Gesetz auch nicht, da man auch hier annehmen muss, dass die Tetraëder verschiedener Stellung neben einander liegen. Um die in der Natur beim Fahlerz, bei der Blende und dem Kupferkies vorkommenden Zwillinge zu erklären, ist er genöthigt, ein anderes Gesetz zu Grunde zu legen. Er erklärt nun die beim Fahlerz so häufig vorkommenden Durchwachsungen der Tetraëder so, dass die Individuen eine Fläche des Leucitoëders gemein haben, eine Fläche, die auf der gemeinsamen Tetraëderfläche senkrecht steht. Die entsprechende Fläche beim Kupferkies ist $\frac{1}{2}P$, und deshalb meint er, dass hier die Zwillinge $\frac{1}{2}P$ gemein haben. Da nun aber $\frac{1}{2}P$ auf P nicht senkrecht steht, sondern $\frac{1}{3}\frac{7}{3}P$, so müssten die parallelen Flächen S und $\underline{S}$, Taf. XVI, Fig. 8, einen Winkel von 178° 24′ bilden. Um mich zu überzeugen, ob dies der Fall wäre, habe ich zu wiederholten Malen Messungen angestellt, und zwar das Instrument auf 178° 24′ eingestellt, aber nie fiel das Bild mit dem Object zusammen. Will also Herr v. Gutzeit an seiner Erklärung festhalten, so muss er beim Kupferkies als Se-Ebene, wie er die Zwillingsebene bezeichnet, eine Fläche von $\frac{1}{3}\frac{7}{3}P$ annehmen, eine Fläche, von der er selbst sagt, dass ihr Zeichen nicht einfach genug ist, und die überdies nicht an Krystallen auftritt.

Zweites Gesetz.

Es kommt auch bei diesem Gesetz darauf an, ob neben die Flächen der Tetraëder erster Stellung die gleicher oder verschiedener Stellung des anderen Individuums zu liegen kommen. An einer grossen Reihe von Krystallen habe ich nur den Fall beobachtet, dass die Flächen gleicher Stellung neben einander zu liegen kommen. In Folge dessen kann man diese Zwillinge nicht einfach dadurch erhalten, dass man ein Individuum (S, S') parallel einer Fläche des ersten stumpferen Oktaëders durchschneidet und die beiden Hälften um 180° gegen einander dreht; denn dann kommen die Tetraëder verschiedener Stellung neben einander zu liegen. Dasselbe ist der Fall, wenn ich als Drehungsaxe die Kante der Grundform annehme und um 180° drehe, und ebenso, wenn ich um die auf dieser Axe senkrecht stehende Linie um 90° drehe. Dies sind die für die Drehung möglichen 3 Fälle. Von einer vollkommen parallelen Stellung ausgehend kann man also diese Zwillinge nicht erhalten. Mechanisch erhält man einen solchen Zwilling nur auf die Weise, dass man 2 Oktaëder mit ihren Flächen so parallel stellt, dass die Tetraëderflächen erster Stellung des einen Individuums den Tetraëderflächen zweiter Stellung des anderen parallel sind, und dann die beiden Individuen senkrecht gegen die Fläche des ersten stumpferen Oktaëders um 180° dreht, so dass die Drehungsaxe in der Kante der Oktaëder liegt. Da die Individuen sich unregelmässig durchdringen, so habe ich diese Erklärung vorgezogen, obgleich man dasselbe Resultat erreicht, wenn man die Flächen des ersten stumpferen Oktaëders selbst als Drehungsebene annimmt. Denn wenn die Zwillingsebene zugleich die Zusammensetzungsfläche ist, so ist die Begrenzung der Individuen eine geradlinige. Die Endflächen bilden dann einen Winkel von 89° 8′ und je 2 parallele Tetraëderflächen fallen nahezu in eine Ebene, sie bilden einen Winkel von 178° 35′ und ihre Kanten einen Winkel von 178° 16′ Taf. XIV, Fig. 16. Beim regulären System würden sich die Axen unter 90° schneiden und die Tetraëderflächen in eine Ebene fallen, es entstehen also hier keine Zwillinge.

Haidinger hielt diese Zwillinge für vollkommen gleich denen des Hausmannits, worin ihn besonders die Fünflinge bestärkt hatten. Aber ganz abgesehen von der Hemiëdrie haben die Zwillinge ein anderes Aussehen. Beim Kupferkies ist die Grundform stumpfer als das reguläre Oktaëder, beim Hausmannit dagegen schärfer. In Folge dessen bilden die Oktaëderflächen (eigentlich Tetraëder) an der Seite, nach der hin die Hauptaxen divergiren, einen ausspringenden Winkel, beim Hausmannit dagegen einen einspringenden. An der entgegengesetzten Seite liegt natürlich beim Kupferkies ein einspringender Winkel, welcher aber immer verdeckt ist. Indem Haidinger diesen Unterschied nicht beachtet hat, rechnete er die bekannten Fünflinge von Neudorf am Harz zu diesem Gesetz und diese seine Darstellung ist auch in alle Handbücher übergegangen. Er hebt sogar noch besonders hervor, dass die Flächen der Grundform einspringende Winkel bilden, während es doch, wenn es so wäre wie beim Hausmannit, ausspringende sein müssten. Da nun die Winkel in der That einspringende sind, so müssen diese Krystalle anders gedeutet werden; sie müssen dem ersten Gesetz zugezählt werden, und will ich sie bei der Beschreibung der Vorkommnisse genauer abhandeln. Die Zwillingsbildung kann hier nach allen 4 Richtungen stattfinden, so dass Fünflinge entstehen, wie f. 677 bei Naumann zeigt. Dieser Fünfling hat das Aussehen eines Oktaëders, und da in diesem Oktaëder in einem Oktanten nur Tetraëderflächen gleicher Stellung liegen, so entsteht durch Ausdehnung der Tetraëder erster Stellung eine tetraëdrische Figur. Würden Tetraëder verschiedener Stellung in einem Oktanten liegen, so entständen bei Vorherrschen der Tetraëder erster Stellung unregelmässige Gestalten, welche das Zwillingsgesetz kaum würden erkennen lassen.

Drittes Gesetz (f. 686 bei Naumann).

Dieses Gesetz habe ich nicht beobachtet, und auch Naumann sagt, dass es selten ist. Es ist dasselbe Gesetz, wie es so schön im regulären System beim Diamant vorkommt.

Allgemeines über die Zwillinge.

Die Art, wie die Oktaëder nach dem zweiten Gesetz verwachsen, ist für die Theorie der Zwillingsbildungen im Allgemeinen von Wichtigkeit. Man ersieht hieraus, dass man nicht immer von einer absolut parallelen Stellung der beiden Individuen ausgehen kann, um die Zwillinge zu erklären. Das wesentliche ist der fertige Zwilling, das heisst die Stellung der beiden Individuen gegen einander in Bezug auf eine Ebene, Zwillingsebene. Das Mohs'sche Gesetz lautet: „man geht von der parallelen Stellung beider Individuen aus und giebt die Regel an, nach welcher das eine Individuum gegen das andere verdreht werden muss"; dies hat für die homoëdrischen Krystalle vollkommene Gültigkeit, erstreckt sich aber nicht auf alle hemiëdrischen. Trotzdem behält die Drehungstheorie immer ihre Wichtigkeit, da in ihr ein ausgezeichnetes Mittel liegt, den Zwilling zu beschreiben.

So habe ich diese Zwillinge nach dem zweiten Gesetz oben mit Anwendung der Drehung beschrieben, die richtige Erklärung ist aber die: „die Zwillingsebene ist eine Ebene ($a : \infty a : c$), die Tetraëder gleicher Stellung liegen neben einander." In dem Wort „Zwillingsebene" möge zugleich liegen, dass die Individuen geometrisch gegen die Ebene eine entgegengesetzte Lage haben. Die Zwillingsebene ist natürlich nur eine krystallonomische Ebene, nicht aber eine krystallographische Fläche, also eine Ebene, die man sich zwischen den beiden Individuen eingeschaltet denken muss. Unter diesen Voraussetzungen erkläre ich die Zwillinge nach dem ersten Gesetz so: die Zwillingsebene ist eine Ebene ($a : a : c$), die Tetraëderflächen verschiedener Stellung liegen neben einander. In Folge dessen fällt mit der Zwillingsebene die S des einen Individuums und die S' des anderen zusammen. Für die Zwillinge nach dem dritten Gesetz kann man verschiedene Zwillingsebenen annehmen, welche dasselbe Resultat liefern, ($a : a : \infty c$), ($a : \infty a : \infty c$) und ($\infty a : \infty a : c$). Welche ich nun auch annehme, die Tetraëderflächen gleicher Stellung liegen neben einander.

III. Entwickelungstypen bei den verschiedenen Fundorten.

Die Kupferkieskrystalle zeigen von verschiedenen Fundorten eine wesentlich verschiedene Entwickelung, so dass man aus derselben in vielen Fällen wieder rückwärts auf den Fundort schliessen kann. Die verschiedenen Typen will ich nun hier krystallographisch geordnet aufführen, woraus man zugleich erkennen wird, wie doch die verschiedensten Typen durch Uebergänge mitunter verbunden sind.

1. Einfache Krystalle.

Einfache Krystalle sind beim Kupferkies im Vergleich zu den Zwillingen eine Seltenheit; sie kommen an zwei mir bekannten Fundorten vor:

1) Angangueo in Mexiko. $(a:\infty a:c)$, $(a:a:\infty c)$, beide Formen im Gleichgewicht, so dass der Krystall einem regulären Dodekaëder sehr ähnlich ist. Die dreikantigen Ecken sind mitunter abgestumpft durch die Tetraëder (am häufigsten durch das Tetraëder erster Stellung), und nach den Kanten mit denselben sind die Flächen stark gestreift. Dadurch erhalten die Krystalle eine grosse Aehnlichkeit mit denen des Magneteisenerzes von Traversella, welche dadurch noch grösser wird, dass die Krystalle meist dunkel angelaufen sind. Die Grösse der Krystalle ist im Vergleich zu anderen Kupferkiesen sehr bedeutend; bei den grössten ist die Seite des Quadrates der Nebenaxen 0,08 Meter. Im Inneren der Krystalle sind Krystalle von Eisenkies eingeschlossen. Sie kommen zusammen mit Bergkrystall vor, die die schönsten Dauphinéer Zwillinge zeigen. Zwischen den Krystallen kommt ein eigenthümliches asbestartiges Mineral vor, das ich noch nicht genauer untersucht habe, und ausserdem treten kleine Krystalle von Blende hinzu, die bunt angelaufen sind.

2) Ulster County im Staate New York (Taf. XIV, Fig. 1—4). Die Krystalle haben einen Habitus, der von dem anderer Fundorte durchaus verschieden ist und ohne jegliche Uebergänge ganz isolirt dasteht. Leider sind die Flächen zu matt, um den Gebrauch des Reflexionsgoniometers zu gestatten, und ich konnte mich nur des Anlegegoniometers bedienen. Die einfachste Combination stellt Taf. XIV, Fig. 1 dar, ein sehr stumpfes und ein sehr scharfes Tetraëder in verschiedener Stellung, das erstere ist $\frac{1}{2}(a:a:\frac{1}{4}c)$, das andere $\frac{1}{2}(a:a:4c)$. Welches Tetraëder erster Stellung und welches zweiter Stellung ist, konnte ich wegen des Fehlens der Grundform nicht bestimmen. Ich habe dem ersteren die erste Stellung gegeben, weil es grösser entwickelt ist, und weil ein Skalenoëder gleiche Stellung mit ihm hat. Dieses Skalenoëder i Taf. XIV, Fig. 3 u. 4 hat ungefähr das Zeichen $\frac{1}{2}(a:2a:\frac{3}{8}c)$. Die Winkel konnte

ich nicht messen, und ich habe dieses Zeichen nur aus der Lage der Flächen ableiten können. Nimmt man $2a$ als richtig an, so muss die Fläche die c Axe zwischen $\frac{2}{8}$ und $\frac{4}{8}$ ihrer Länge schneiden; denn sonst müsste sie in ganz anderer Weise an dem Tetraëder $(a:a:\frac{1}{4}c)$ auftreten. Das Verhältniss $a:2a$ habe ich nach der Horizontalansicht taxirt. Die Grösse der Krystalle ist verschieden, die Seiten des Quadrates in der Horizontalansicht haben eine Länge von 6—27 Mm. Bei den grösseren Krystallen werden die Flächen etwas bauchig. Physikalisch sind die Flächen $\frac{1}{2}$ $(a:a:4c)$ dadurch ausgezeichnet, dass sie horizontal gestreift sind. Spaltbarkeit habe ich nicht mit Sicherheit beobachtet.

Die Krystalle sind bunt angelaufen, haben häufig einen Kern von Bleiglanz und kommen zusammen mit Bergkrystall vor.

2. Zwillinge nach dem ersten Gesetz.

1) Zwillinge von spinellartigem Aussehen.

Schlackenwald in Böhmen, Tavistock in Devonshire, Kupferberg in Schlesien (Taf. XIV, Fig. 8).

Auf den ersten Anblick haben diese Zwillinge das Aussehen derer des Spinells; aber bei genauerer Betrachtung erkennt man den tetraëdrischen Habitus der Individuen und den physikalischen Unterschied der beiden Tetraëder. Besonders interessant sind hier die fortgesetzten Zwillingsbildungen, die zweierlei Art sind, mit parallelen oder geneigten Zusammensetzungsflächen. Die erstere zeigt f. 681 bei Naumann; bei öfterer Wiederholung werden im Inneren die Individuen lamellenartig dünn, erscheinen in ein vorherrschendes Individuum zwillingsartig eingeschoben ähnlich wie beim Aragonit von Bilin. Bei öfterer Wiederholung erscheint die Tetraëderfläche gestreift wie beim Kalkspath und Albit. Diese Zwillingslamellen gehen nicht immer durch den ganzen Krystall, sondern brechen mitunter plötzlich ab.

Bei der fortgesetzten Zwillingsbildung mit geneigter Zwillingsebene sind theoretisch zunächst zwei Fälle möglich: die Hauptaxen liegen in einer Ebene oder nicht.*)

---

*) Ich habe keine Zeichnungen beigefügt, weil es sogleich klar wird, wenn man zwei Modelle zur Hand nimmt.

Im ersten Falle erhält man den Drilling resp. Fünfling, wenn man ein Oktaëder nach dem rhombischen System stellt (Prisma von $108^{\circ}40'$ und Längsprisma von $109^{\circ}53'$). Die Individuen haben dann eine Prismenfläche gemein und verwachsen in doppelter Art:

a. Sie legen sich mit den scharfen Kanten nach innen, Fünfling.
b. „ „ „ „ „ stumpfen „ „ „ , Drilling.

Im ersten Falle bleibt eine Winkel von 3 $20'$ übrig, und ähnliche Zwillinge hat Herr G. Rose beim Golde*) beschrieben; im zweiten Falle bleibt ein Winkel von $50^{\circ}21'$ frei, und solche Zwillinge kommen im regulären System beim Spinell vor. Beim Kupferkies habe ich derartige Zwillinge nicht beobachtet.

Im zweiten Falle entsteht bei vollständiger Zwillingsbildung immer ein Fünfling; man erhält denselben, wenn man bei einem Oktaëder die 4 unteren (resp. oberen) Flächen Zwillingsebenen werden lässt. Beim Kupferkies kommen nach diesem Gesetze bei Entwickelung der Grundform nur Drillinge vor, Taf. XIV, Fig. 13; der Winkel, den die beiden gegen einander nicht in Zwillingsstellung befindlichen Oktaëder offen lassen, beträgt $30^{\circ}21'$. Auch diese Zwillingsbildung ist häufig nur an Zwillingslamellen erkennbar, welche dann auf den Tetraëderflächen in den 3 Richtungen als Streifung erscheinen. Die Stellung der Tetraëder in Drillingen ist hier natürlich dieselbe, wie bei den Zwillingen.

a. Schlackenwald; bei diesen ist die Stellung der beiden Tetraëder sehr schön zu sehen, da das Tetraëder erster Stellung meist mit Eisenoxydhydrat überzogen ist, das zweiter Stellung dagegen glatt ist. Untergeordnet treten bei diesen Krystallen noch die Geradendfläche und das erste schärfere Oktaëder auf, als Seltenheit das Skalenoëder $\frac{1}{2}$ $(a : 20a : \frac{1}{2}c)$. Die Krystalle kommen mit blauem Flussspath und Quarz zusammen vor. Ganz ähnlich ist das Vorkommen von Pöbel in Sachsen, von wo Herr Tamnau sehr schöne Krystalle besitzt.

b. Tavistock, die Krystalle sitzen auf lichtgrünem Flussspath auf.

c. Kupferberg. Die Krystalle sind dadurch ausgezeichnet, dass die Endflächen deutlich entwickelt sind und nach den

---

*) Pogg. Ann. Bd. XXIII, S. 196.

Kanten mit dem Tetraëder erster Stellung gekrümmt. Die wiederholte Zwillingsbildung ist hier am schönsten entwickelt.

2) Zwillinge, bei denen $(a : \infty a : 2c)$ vorherrscht.

Neudorf am Harz, Grube Victoria bei Müsen.

Zwei erste schärfere Oktaëder muss man sich parallel der Abstumpfungsfläche einer Kante durchschnitten denken und um 180° gegen einander gedreht, so entsteht der Zwilling Taf. XIV, Fig. 17. Die Stellung der Tetraëder in den Zwillingen ist dieselbe, wie bei den vorher beschriebenen Krystallen. Wenn bei diesen Krystallen alle Flächen des Tetraëders erster Stellung vorherrschend entwickelt wären, so würde an der Zwillingsgrenze eine grosse Fläche neben einer kleinen zu liegen kommen, und die Krystalle würden sich mit ihren Grenzflächen nicht decken. Dieser Uebelstand ist in der Natur dadurch vermieden, dass immer nur die nach aussen liegenden Flächen des Tetraëders erster Stellung stark ausgebildet sind. Damit hängt bei den Krystallen von Müsen die Verkümmerung des einen Individuums zusammen, welches mitunter tafelförmig ist. Auch die fortgesetzte Zwillingsbildung findet hier nach den beiden oben angegebenen Gesetzen statt; interessant ist die mit geneigten Hauptaxen. Man erhält einen Fünfling, Taf. XIV, Fig. 12, wenn man einem Oktaëder an jede der 4 unteren Kanten ein Individuum zwillingsartig anfügt. Der Winkel, den die Flächen des mittleren Individuums (1) mit den anstossenden der anderen bilden, ist ein einspringender von 151° 14′. Zwischen je 2 Individuen 2, 3, 4, 5 bleibt bei gleichmässiger Ausbildung ein leerer Raum, welcher durch Ausdehnung der Individuen verdeckt wird, deren obere Flächen dann unter einem einspringenden Winkel von 146° 56′46″ zusammenstossen und deren untere unter einem ausspringenden Winkel von 166° 35′. Der Vollständigkeit wegen will ich auch die ebenen Winkel der Flächen angeben:

bei Individuum 1	symmetrische Trapezoide
1) Winkel an der Spitze:	48°42′20″
2) der ihm gegenüber liegende:	107 15 40
3) die beiden gleichen:	102 1,

bei Individuum 2 – 5	oben unregelmässige Vierecke	unten ungleiche Dreiecke
1) Winkel an der Spitze:	48°42′20″	48°42′20″
2) der ihm gegenüber liegende:	122 50 40	74 23 52
3) der nach aussen liegende:	102 1	56 53 48 (an der
4) der nach innen liegende:	86 26	untersten Ecke).

1) Neudorf. Taf. XIV, Fig. 12. Schon oben habe ich bewiesen, dass die HAIDINGER'sche Erklärung auf diese Krystalle nicht passt. Zur Bestimmung des Zwillingsgesetzes konnte ich nur durch Messungen gelangen. Zu denselben wählte ich die Endflächen als die glänzendsten Flächen und fand einen Winkel von $108^0 40'$. Zunächst folgte ich nun HAIDINGER noch in der Deutung der Form der Einzel-Individuen, indem ich sie für die Grundform hielt. Daraus berechnete ich die Zusammensetzungsfläche zu $(a : \infty a : 2c)$ und glaubte, die Individuen hätten als Zwillingsebene eine Fläche des ersten schärferen Oktaëders.*) Bei längerem Studium der Krystalle fiel es mir aber dann auf, dass die Oktaëderflächen durchaus keinen physikalischen Unterschied erkennen liessen; dies veranlasste mich, die Flächen zu messen, und ich fand so, dass es das erste schärfere Oktaëder ist, und man es in Folge dessen mit dem ersten Gesetz zu thun hat. Die Krystalle weichen wesentlich von der idealen Figur ab, deshalb, weil die Individuen 2, 3, 4, 5 selbst wieder als Mittel-Individuum für andere dienen und sich so zwischen je zwei derselben ein oder zwei andere Individuen einschieben können, welche dann natürlich sehr verkürzt sind. Dadurch, dass eines der 4 Individuen nach unten ein Zwillings-Individuum hat, wird die untere spitze Ecke, welche ich gezeichnet habe, verdeckt und die Krystalle erhalten das Ansehen von Oktaëdern mit eingeknickten Kanten. Dasselbe ist der Fall, wenn das Individuum 1 unten mit seiner unteren Hälfte erscheint, wie HAIDINGER die Krystalle gezeichnet hat (NAUMANN f. 677). Da hier oben und unten Hälften desselben Krystalles sind, so halte ich die Bezeichnung: „Sechsling“ nicht für richtig.

Die Krystalle sind parallel den Kanten mit der Endfläche gestreift; mitunter tritt auch das erste stumpfere Oktaëder auf oder bewirkt, wenn es nicht als deutliche Fläche auftritt, dass das erste schärfere Oktaëder stumpfer erscheint, als es in der That ist. Die einspringenden Winkel erscheinen dann auch etwas stumpfer und das um so mehr, als an den Zwillingsgrenzen häufig Zwillingslamellen eingeschoben sind. Dieser scheinbar stumpfere Winkel ist gewiss der Grund,

*) Ich hätte dies hier übergehen können, wenn ich nicht im vorigen Hefte dieser Zeitschrift in den Protokollen dies Gesetz aufgestellt hätte.

weshalb die HAIDINGER'sche Deutung für richtig gehalten wurde. HAIDINGER giebt ausser dem ersten stumpferen Oktaëder, welches die Grundform ist, das erste schärfere an; die Form ist jedoch sehr selten und ist $(a:a:2c)$; sie tritt an den Zwillingskanten als Einkerbung auf.

Die Krystalle sind auf Quarz aufgewachsen; ihre häufigsten Begleiter sind Eisenspath, Bleiglanz, Fahlerz, Kalkspath, seltener Bournonit.

Wildemann bei Clausthal. Diese Krystalle schliessen sich denen von Neudorf in der Form sehr nahe an; denn es sind dieselben Fünflinge, aber sie sind ausgezeichnet durch einen grossen Flächenreichthum. Die untergeordneten Flächen sind Tetraëder und Skalenoëder erster Stellung und die Endfläche, welche wie gewöhnlich nach dem Tetraëder erster Stellung gestreift ist. Leider konnte ich die Flächen nicht messen. Die Krystalle sind mit Eisenkies oder kleinen Kupferkies-Krystallen bedeckt und sitzen auf Eisenspath.

2) Grube Victoria. Taf. XIV, Fig. 14 stellt die gewöhnliche Combination von beiden Tetraëdern mit $(a:\infty a:c)$ und $(a:\infty a:c)$ dar. Wenn die Flächen der beiden Tetraëder eine Verschiedenheit zeigen, so ist dies nur in der Ausdehnung; im Glanze würde es schwer fallen, einen deutlichen Unterschied zu bemerken. Die Flächen $(a:\infty a:c)$ sind matt und die von $(a:\infty a:2c)$ sehr glatt und glänzend und mitunter nach den Kanten mit dem Tetraëder erster Stellung gestreift. Mehr als Drillinge habe ich hier nicht beobachtet. Die Krystalle sitzen auf Quarz und sind nur von Fahlerz begleitet.

Ganz ähnliche Krystalle kommen auch an anderen Orten vor, z. B. bei Freiberg.

3) Zwillinge, deren Individuen die Gestalt von Taf. XIV, Fig. 6 haben. Stahlberg bei Müsen.

Combination: P, $0P$, $\frac{2}{3}P\infty$, $P\infty$, $\frac{3}{2}P\infty$, $2P\infty$.

Die Flächen P sind glatt und lassen mit Sicherheit keinen Unterschied der beiden Tetraëder erkennen, weshalb ich auch die Bezeichnung S und S' vermieden habe. Die anderen Mittel, die Tetraëder zu unterscheiden, fehlen auch, nämlich Skalenoëder und Streifung auf der Endfläche. Die Krystalle sind meist bunt angelaufen. Den Zwilling selbst habe ich nicht gezeichnet, da seine Vorstellung keine Schwierigkeiten machen kann.

4) Zwillinge von tetraëdrischem Habitus.

Schlackenwald. Ramberg bei Daaden. Cornwall.

Für diese Art von Zwillingen ist es charakteristisch, dass die beiden Individuen eine verschiedene Entwickelung zeigen. Am nächsten den unter 1 beschriebenen Zwillingen stehen die von

Schlackenwald, Taf. XIV, Fig. 22, welche von einer anderen Fundstelle herrühren müssen, als die vorher beschriebenen; denn sie zeigen einen constanten wesentlich abweichenden Habitus. Hier herrscht bei dem grossen Individuum das Tetraëder erster Stellung vor, es ist parallel der Kante mit der Endfläche gestreift, welche mitunter entwickelt ist, mitunter aber nur eine Krümmung der Tetraëder-Kante erzeugt. Hierzu treten noch die Flächen des ersten Prismas, welche in derselben Weise gestreift sind. Das Tetraëder zweiter Stellung tritt ganz untergeordnet auf und ist glatt. Das hintere Individuum ist kleiner und nach der Zwillingsebene tafelförmig entwickelt, zeigt aber sonst dieselben Flächen. Die Endfläche verdrängt mitunter ganz die an der Zwillingsgrenze liegende Fläche S, welche ich noch schmal gezeichnet habe. Sie bildet mit der Fläche S' einen Winkel von 165°, da sie jedoch gestreift und etwas gekrümmt ist, so scheint sie mit derselben zusammenzufallen. Man glaubt dann beim ersten Anblick einen einfachen Krystall vor sich zu haben, überzeugt sich jedoch bald davon, dass dies nicht der Fall ist, wenn man die federartig zusammenstossenden Streifen der in eine Ebene fallenden Prismenflächen sieht. Die Flächen haben einen eigenthümlichen, matten Glanz und sind häufig mit Eisenoxydhydrat überzogen mit Ausnahme der Flächen der Tetraëder zweiter Stellung.

Ramberg. Das vordere Individuum zeigt auch hier eine vorherrschend tetraëdrische Ausbildung. Das Tetraëder zweiter Stellung tritt nur untergeordnet auf, die Kante mit dem Tetraëder erster Stellung ist abgestumpft durch das erste stumpfere Oktaëder. Parallel der Kante mit letzterem ist das Tetraëder erster Stellung gestreift, und die Streifung tritt von beiden Seiten in der Höhenlinie der Fläche federartig zusammen. Ausser dieser Streifung leitet bei der Deutung der Krystalle die Streifung auf der Endfläche nach dem Tetraëder erster Stellung. Einen etwas anderen Habitus kann das vordere Individuum durch das Vorherrschen des ersten stumpferen

Oktaëders erlangen, zu dem dann gewöhnlich noch das Skalenoëder y tritt, Taf. XIV, Fig. 18. Kommt das erste stumpfere Oktaëder nicht zum Durchbruch, so erscheinen die Tetraëderflächen und ebenso die Endkante gekrümmt. Als seltenere Flächen treten noch das erste Prisma und das erste schärfere Oktaëder auf, letzteres mitunter nur durch die Streifung auf der Tetraëderfläche angedeutet.

Von besonderem Interesse ist das Verhalten des hinteren Individuums. Dasselbe ist im einfachsten Falle tafelartig parallel der Zwillingsebene entwickelt und zeigt nur die beiden Tetraëder. Dann dehnt es sich zu beiden Seiten des oberen Individuums aus, so dass letzteres gewissermaassen eingekeilt erscheint, Taf. XIV, Fig. 5 u. 10. Charakteristisch für dieses Individuum ist das Vorherrschen des ersten schärferen Oktaëders, welches nur in seltenen Fällen ganz fehlt und an den seitlichen, gewissermaassen herausgewachsenen Theilen mit dem Tetraëder erster Stellung ganz unregelmässig abweichend auftritt, so dass die Deutung dieser Theil-Individuen mitunter sehr schwierig ist. Ein solches Individuum stellen in natürlicher Entwickelung der Flächen Taf. XIV, Fig. 15 u. 23 dar, bei dem noch das Skalenoëder s, das erste stumpfere Oktaëder und das erste Prisma auf der Vorderseite auftreten, auf der Hinterseite eine vereinzelte Fläche des Skalenoëders y. Diese beiden Figuren mögen zugleich ein Bild davon geben, wie unregelmässig die Flächen auftreten, und zwar besonders die des Skalenoëders s, welches vollständig gezeichnet ist Taf. XIV, Fig. 21. Jenseits der Zwillingsgrenze ist die Mannichfaltigkeit der Flächen gering; mitunter tritt das erste stumpfere Oktaëder auf, welches mit der angrenzenden Fläche des oberen Individuums einen ausspringenden Winkel von $178^0\,35'$ bildet. Es herrscht hier die der Zwillingsebene parallele Fläche S und übertrifft an Grösse alle übrigen Flächen, so dass man sie eigentlich die Zwillingsbasis nennen könnte. Diese Fläche ist entweder glatt und zeigt nur einige Streifen nach dem ersten stumpferen Oktaëder, ersten schärferen und dem Prisma, oder sie ist etwas gewölbt, weil die Flächen des ersten spitzeren Oktaëders ansetzten, aber nicht zur Geltung kamen. Dieses Vorherrschen dieser Fläche bewirkt, dass dies Individuum eine einseitige Ausbildung hat, wie sie dargestellt ist auf Taf. XIV, Fig. 10.

Die Krystalle sind aufgewachsen in der Art, dass die so vorherrschend entwickelte Fläche S vertical oder wenigstens nahezu vertical steht. Die fortgesetzte Zwillingsbildung ist hier eine mit parallelen Zwillingsebenen, am häufigsten reihen sich Individuen an die untere Fläche S in tafelartiger Entwickelung an, dann kann aber auch die Fläche S' als Ansatzfläche für eine grosse Anzahl paralleler Individuen dienen.

Cornwall. Taf. XIV, Fig. 9. Bei dem oberen Individuum ist hier nur das Tetraëder erster Stellung entwickelt, welches in derselben Weise wie bei den Krystallen vom Ramberg gestreift ist, seine Flächen sind meist etwas gekrümmt. Bei dem anderen Individuum herrscht $\frac{1}{2}$ $(a:a:2c)$ vor und ist parallel der Endkante gestreift, ebenso das erste Prisma. Die Tetraëder S und S' habe ich selten beobachtet, S stumpft die Kante eines Skalenoëders ab, welches ich nicht messen konnte wegen der zu starken Streifung nach der Kante mit dem ersten schärferen Oktaëder; es liegt wie das Skalenoëder $\frac{1}{2}$ $(a:5a:\frac{5}{3}c)$ zwischen dem Tetraëder erster Stellung und dem ersten schärferen Oktaëder, welches auch in dieser Richtung gestreift ist. Das Skalenoëder E und erste schärfere Oktaëder treten nur an der Seite der Zwillingsgrenze auf, also ganz analog wie bei den Ramberger Krystallen, auf der anderen Seite scheinen die Krystalle durch $\frac{1}{2}$ $(a:a:2c)$ gleichsam abgeschnitten. Hier findet eine wirkliche Durchdringung der beiden Individuen statt, wie sie am Ramberge nie vorkommt; die der Zwillingsebene parallele Fläche S erscheint neben der hinteren Fläche $2\,S$ und bildet mit derselben einen einspringenden Winkel von $113^\circ\,5'$. An der vorderen Seite treffen die Flächen $2\,S$ mit S zusammen und die Durchschnittslinien gehen nahezu parallel der Kante der beiden S, was in der That der Fall sein würde bei dem $\frac{1}{2}\,(a:a:\frac{5}{3}c)$, aber in Folge der Krümmung der Flächen hat es hier auch den Anschein. Bei diesen Krystallen findet auch eine Drillingsbildung mit geneigten Zwillingsebenen statt, an das untere Individuen legt sich ein drittes an und zeigt wiederum die einseitige Ausbildung. Auf diese Weise müssten Fünflinge entstehen, welche ich jedoch nie beobachtet habe.

Zwillinge nach dem zweiten Gesetz.

1) Die Grundform ist vorherrschend entwickelt.

a. Beide Tetraëder sind beinahe im Gleichgewicht, Zwilling von der Junge-hohe-Birke bei Freiberg, Taf. XIV, Fig. 16.

Ich habe nur einen derartigen Zwilling gesehen, auf welchen Herr Eck mich gütigst aufmerksam machte, und der sich in der Sammlung der königl. Berg-Akademie in Berlin befindet. Bei diesem Zwilling orientirt die Streifung, welche der Kante mit $(a : \infty a : 2c)$ parallel ist; man sieht, dass die Streifen federartig zusammenstossen, und zwar in einer gekrümmten Linie. Merkwürdig ist es, dass dieser Krystall auf einer Druse von Kupferkies-Krystallen sitzt, auf der die übrigen Krystalle nach dem ersten Gesetz verwachsen sind.

b. Tetraëder erster Stellung ist allein entwickelt. Fünflinge.

Die fortgesetzte Zwillingsbildung findet hier in derselben Weise statt, wie beim ersten Gesetz, wo das erste schärfere Oktaëder herrscht. Während jedoch dort zwischen je zwei sich nicht in Zwillingsstellung befindenden Individuen ein Winkel frei blieb, so schneiden sich hier die Individuen; denn die Summe der 3 Endkantenwinkel des ersten stumpferen Oktaëders beträgt $361^\circ 30'$. In Folge dessen ist der Winkel, den zwei an einander stossende Flächen zweier derartiger Individuen bilden, etwas näher 180° als der, den 2 Flächen zweier in Zwillingsstellung sich befindenden Individuen bilden, nämlich $178^\circ 35' 39''$, während der andere $178^\circ 35'$ ist. Durch das alleinige Auftreten des Tetraëders erster Stellung entsteht ein scheinbar einfaches Tetraëder, bei dem jedoch an den Ecken nach der Mitte der Flächen ganz stumpfe Kanten laufen. Eine solche Form kenne ich von Tavistock in Devonshire; die Krystalle kommen zusammen mit Eisenspath und Quarz vor.

2) Ein Skalenoëder ist vorherrschend entwickelt.

Fünflinge von St. Agnes in Cornwall, Naumann, f. 678.

An Stelle einer Tetraëderfläche sind hier 2 Skalenoëderflächen entwickelt. Das Skalenoëder liess sich leider nicht bestimmen, da es zu stark gestreift ist parallel seiner stumpfen Kante, was mir darauf hinzudeuten scheint, dass es ein Skalenoëder aus der Diagonalzone des Tetraëders erster Stellung ist. Von anderen Flächen treten noch einige Tetraëder zweiter Stellung auf, die aber auch sehr stark parallel der Kante mit der Endfläche gestreift sind, und zwar so stark, dass man die Kanten gar nicht unterscheiden kann. Ich habe hier nur noch hinzuzufügen, dass die Zwillingsgrenzen nicht immer gerade durch die Ecken gehen.

3) Das erste schärfere Oktaëder herrscht vor.

Hülfe Gottes bei Dillenburg, Drillinge, Taf. XIV, Fig. 19, 20.

Die an einander grenzenden Flächen der Individuen 1, 2 und 1, 3 bilden einen einspringenden Winkel von 144° 41′ 40″, die der Individuen 2, 3 dagegen einen Winkel von 146° 7′ 20″. Dieser Winkel entsteht dadurch, dass der Winkel von 23° 55′, der zwischen den Individuen bei gleichartiger Ausbildung frei bliebe, überwachsen wird. Hierzu tritt nun das Tetraëder erster Stellung, parallel dessen Kanten die Oktaëderflächen gestreift sind, die 3 Tetraëderflächen scheinen in eine Ebene zu fallen. Die Kanten zwischen Oktaëder und Tetraëder sind nie ganz scharf, häufig verschwinden sie ganz, und es entsteht eine Mittelform, die wie ein Skalenoëder aussieht. Die Krystalle gleichen dann denen von Cornwall sehr, aber man erkennt doch leicht den Wechsel der beiden Flächen. Charakteristisch ist in Bezug auf das Vorkommen, dass die Kupferkiese hier immer mit schönen Haarkies-Krystallen zusammen auftreten.

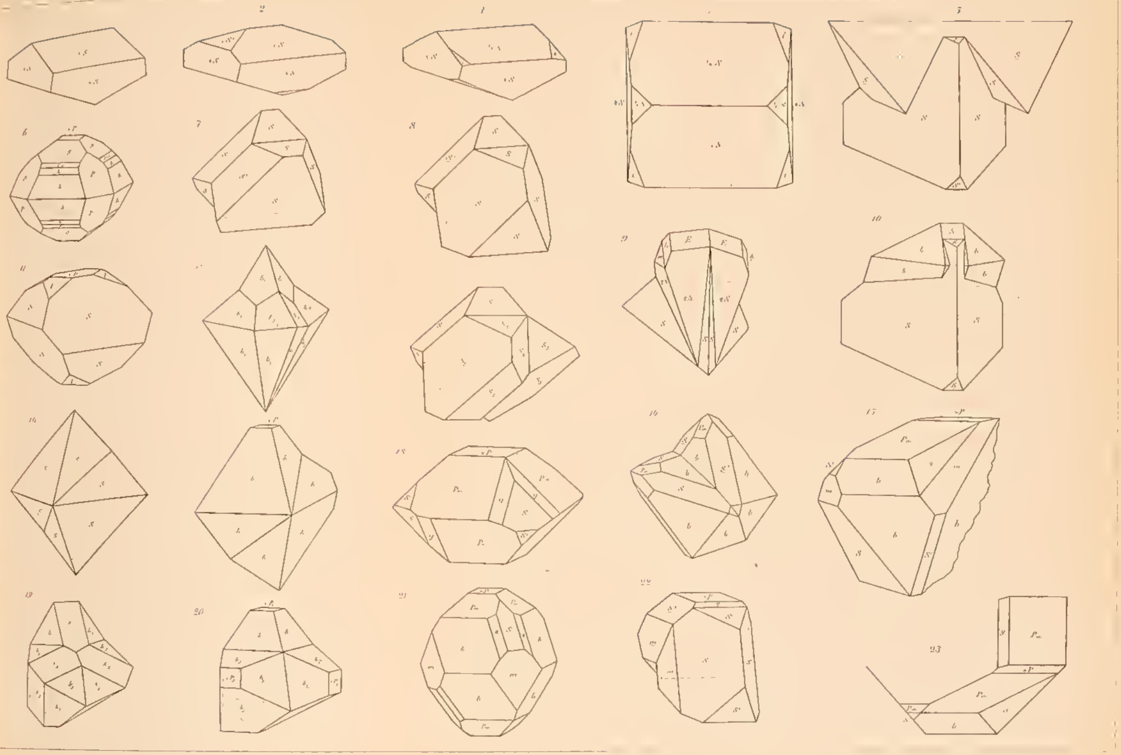
Zwillinge nach erstem und zweitem Gesetz.

Bei Krystallen von Cornwall habe ich beobachtet, dass Zwillinge nach dem zweiten Gesetz (unter III, 2 beschriebene) mit einem Individuum nach dem ersten Gesetz verwachsen. Die Krystalle sind eigentlich Zwillinge nach II, 3, bei denen oberes Individuum ein Fünfling ist. Bei keinem anderen Fundort habe ich etwas Aehnliches gesehen.

	Naumann's Zeichen.			Weiss'sche Zeichen.	Miller's Zeichen.	Abgekürzte Bezeichnung	Zeichen, in denen Miller abweicht	Winkel X	Winkel Y	Winkel Z	Autoren für die Flächen: Haidinger.	Philipps.	Sadebeck.	Von Sadebeck beobachtete Flächen.
Tetraëder		$4S$		$\frac{1}{2}(a: a: 4c)$	441			20°21′		88°12′32″			†	†
	$2S$		$2S'$	$\frac{1}{2}(a: a: 2c)$	221	t		39 29		83 28 24	†			†
	$\frac{3}{2}S$		$\frac{3}{2}S'$	$\frac{1}{2}(a: a: \frac{3}{2}c)$	332	r		51 8		79 16	†			
	S		S'	$\frac{1}{2}(a: a: c)$	111			71 20		70 7	†			
		$\frac{1}{2}S$		$\frac{1}{2}(a: a: \frac{1}{2}c)$	112	n		110 17 16″		47 41	†			†
			$\frac{1}{2}S'$	$\frac{1}{2}(a: a: \frac{1}{3}c)$	113	e	x	130 31		34 40	†			
			$\frac{1}{4}S'$	$\frac{1}{2}(a: a: \frac{1}{4}c)$	114	d		141 36		26 53 38	†			
Skalenoëder			$\frac{1}{2}S'3$	$\frac{1}{2}(a: 3a: \frac{1}{2}c)$	316	f	v	131 22	156°13′	51 30 20	†			†
	$5S5$			$\frac{1}{2}(a: 5a: 5c)$	511	k		70 35 20	114 6	144 6		†		
	$S3$			$\frac{1}{2}(a: 3a: c)$	313	y		99 47 16	142 25 20″	86 12			†	†
	$\frac{5}{3}S5$			$\frac{1}{2}(a: 5a: \frac{5}{3}c)$	513	s		88 49 32	123 7 20	114 40			†	†
	$\frac{1}{2}S20$			$\frac{1}{2}(a: 20a: \frac{1}{2}c)$	20140	l		141 42 40	145 28 40	52 25 26			†	†
		$\frac{3}{8}S2$		$\frac{1}{2}(a: 2a: \frac{3}{8}c)$	6316	i		137 31 30	166 8 6	39 55 20			†	†
Oktaëder 2. Ordnung		$2P\infty$		$(a: \infty a: 2c)$	201	c	z		101 49	126 10 20	†			†
		$\frac{3}{2}P\infty$		$(a: \infty a: \frac{3}{2}c)$	302	h			108 18	111 50	†			†
		$P\infty$		$(a: \infty a: c)$	101	b	e		120 30	89 8	†			†
		$\frac{2}{3}P\infty$		$(a: \infty a: \frac{2}{3}c)$	203	g			134 19	66 35	†			†
Prisma 1. Ordnung		∞P		$(a: a: \infty c)$	110	m					†			†
Ditetr. Prisma		$\infty P3$		$(a: 3a: \infty c)$	310	w		143 8	126 52			†		
Prisma 2. Ordnung		$\infty P\infty$		$(a: \infty a: \infty c)$	100		a					†		
Endfläche		$0P$		$(\infty a: \infty a: c)$	001	a	c				†			†

Erklärung zu Tafel XIV.

Fig. 1—4. Krystalle von Ulster County, S. 608.
- 5. Zwilling vom Ramberg bei Daaden, S. 614.
- 6. Krystall vom Stahlberg bei Müsen, S. 613.
- 7. Idealer Zwilling, S. 603.
- 8. Zwilling von Schlackenwald, S. 609.
- 9. Zwilling aus Cornwall, S. 616.
- 10. Zwilling vom Ramberg bei Daaden, S. 614.
- 11. Krystall von Schlackenwald, S. 599.
- 12. Fünfling von Neudorf, S. 612.
- 13. Drilling von Schlackenwald, S. 610.
- 14. Zwilling von Grube Victoria bei Müsen, S. 611.
- 15. Krystall vom Ramberg bei Daaden, S. 615.
- 16. Zwilling von Junge-hohe-Birke bei Freiberg, S. 617.
- 17. Zwilling von Neudorf, S. 611.
- 18. Krystall vom Ramberg, S. 598.
- 19 u. 20. Drilling von Hülfe Gottes bei Dillenburg, S. 618.
- 21. Krystall vom Ramberg bei Daaden, S. 598.
- 22. Zwilling von Schlackenwald, S. 614.
- 23. Horizontalprojection zu Fig. 15.



Zeitschrift/Journal: Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1867-1868

Band/Volume: 20

Autor(en)/Author(s): Sadebeck Alexander

Artikel/Article: Ueber die Krystallformen des Kupferkieses. 595-620