

ÜBERREICHT VON DEM VERFASSER.

# SEPARAT-ABDRUCK

AUS

TSCHERMAKS

## MINERALOGISCHEN UND PETROGRAPHISCHEN MITTEILUNGEN

HERAUSGEGEBEN

VON

F. BECKE.

A. HIMMELBAUER, RESULTATE DER ÄTZMETHODE BEIM  
KUPFERKIES.

Tschermaks Mineralogische und petrographische Mitteilungen,  
XXVII. Band, 4. Heft, 1908.

---

WIEN.

ALFRED HÖLDER,

K. U. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER,  
BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

I., ROTENTURMSTRASSE 13.

# XIII. Resultate der Ätzmethode beim Kupferkies.

Von A. Himmelbauer.

(Mit 1 Tafel.)

## Erster Teil.

Die Unterscheidung der beiden physikalisch verschiedenen Sphenoides des Kupferkieses hat bereits Haidinger<sup>1)</sup> beschäftigt. Er gab als Unterscheidungsmerkmal an, daß das positive Sphenoid stets gestreift, das negative glänzend sei. Sadebeck<sup>2)</sup> erweiterte diese Angaben: Das positive Sphenoid — in seiner Bezeichnung das Tetraeder erster Stellung — sei, wenn nicht gerieft, so doch matt, manchmal auch mit einem Überzug bedeckt, der dem glatten negativen Sphenoides fehle. Sehr wichtig erschienen ihm die Skalenoeder, die er gewissermaßen als Leitform des einen (positiven) Sphenoides betrachtete. Dies glaubte er aus seinen Beobachtungen schließen zu dürfen. Während er aber selbst zugab, daß ein von Haidinger angegebenes Skalenoeder nach dessen Beschreibung ein negatives sei, also seiner Regel widerspräche, stellte er als ausnahmslosen Satz hin, daß die Skalenoeder immer nur in einer Stellung aufträten. Wie es bei der verhältnismäßig geringen Zahl von Vorkommen, die Sadebeck untersuchte, wohl zu erwarten war, haben sich diese Regeln als unhaltbar herausgestellt.

Soweit die späteren Arbeiten über Kupferkies, deren Zahl infolge der Gründlichkeit Sadebecks nicht sehr groß ist, die physikalischen Unterschiede zwischen positivem und negativem Sphenoid berücksichtigten, geschah dies immer im Sinne des genannten Forschers.

<sup>1)</sup> Memoirs of the Wernerian Society, Vol. IV, pag. 1.

<sup>2)</sup> Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft, 20, pag. 603.

Dabei stellte sich wiederholt heraus, daß die Methode nicht vollkommen sicher war und den Beobachter manchmal im Stiche ließ. Es lag daher nahe, zur Ätzmethode zu greifen. In der Literatur fand ich eine einzige Erwähnung, die darauf Bezug hat, in der Arbeit von Zoltan Toborffy über Kupferkiese von Pulacayo.<sup>1)</sup> Der Verfasser bemerkt, daß die Auflösungsversuche mit Salpetersäure nur erkennen ließen, daß die Fläche (111) widerstandsfähiger sei als (111). Mit Schwefelsäure bekam er auf (111) kleine Ätzfiguren, die die sphenoidische Symmetrie des Kupferkieses bewiesen.

In allerjüngster Zeit, bereits nach Vollendung dieses Teiles, hat Beckenkamp<sup>2)</sup> den Kupferkies von Arakawa, Provinz Ugo in Japan beschrieben und kommt zu dem merkwürdigen Resultate, daß das Mineral rhombisch-pyramidal krystallisiere und die gewöhnlich vorkommenden Krystalle (mit Ausnahme des Vorkommens von Arakawa und French Creek ziemlich alle!) Ergänzungszwillinge seien. Auf die Arbeit will ich am Schlusse des ersten Teiles zurückkommen, ebenso auf die Ansichten von Goldschmidt und Fedorow.

Als Untersuchungsmaterial dienten folgende Stufen:

Schlaggenwald (Böhmen). Mehrere Stufen aus dem mineralogischen Museum mit blauem Fluorit und Quarz; auf einer derselben waren große Krystalle zum Teil mit einer Verwitterungsrinde bedeckt. Eine Stufe aus der k. k. geologischen Reichsanstalt zeigte große Krystalle mit Apatit und Albit.

Klausen (Tirol). Größere, schlecht ausgebildete Krystalle (Mineralogisch-petrographisches Institut).

Schemnitz (Ungarn). Zwei Stufen. Krystalle mit matter Oberfläche mit Bleiglanz auf Quarz (Mineralogisches Museum).

Freiberg (Sachsen). Große, undeutliche Krystalle auf Calcit (k. k. Hofmuseum A r 83) und kleine Krystalle (Mineralogisch-petrographisches Institut).

Harz (Deutschland). Kleine Krystalle mit Dolomit auf Quarz (k. k. Hofmuseum A w 388).

Ems (Deutschland). Kleine Krystalle auf Quarz (k. k. Hofmuseum F 3665).

Siegen (Deutschland). Schöne große Krystalle (k. k. Hofmuseum A k 96).

<sup>1)</sup> Zeitschrift für Krystallographie etc., XXXIX, pag. 366.

<sup>2)</sup> Zeitschrift für Krystallographie etc., XLIII, pag. 43.

Ramberg bei Daaden (Deutschland). Größere matt angelaufene Krystalle (k. k. Hofmuseum Ar 74).

Burgholdingshausen (Deutschland). Sehr gute Krystalle (Mineralogisches Museum und Mineralogisch-petrographisches Institut).

St. Goar am Rhein (Deutschland). Ganz ähnlich wie das Vorkommen bei Burgholdingshausen (Sammlung Dr. Perlepp).

Dudweiler a. d. Saar (Deutschland). Kleinere Krystalle mit Millerit und Calcit in Klüften der Kohle.

Dillenburg (Deutschland). Größere Krystalle auf Dolomit (k. k. Hofmuseum Ar 69), ferner ein ganz anderes Vorkommen mit Millerit (Mineralogisch-petrographisches Institut).

Derbyshire (England).

Cornwall (England). Große Zwillingskrystalle (Mineralogisch-petrographisches Institut).

Liskeard (England). Große, etwas gerundete Krystalle mit Hämatit, Fluorit und Siderit (k. k. Hofmuseum E 396).

St. Agnes (England). Große, schöne Krystalle (k. k. Hofmuseum F 1969).

Baygoni (Spanien, Navarra). Größere Krystalle (Mineralogisches Museum).

French Creek Mine (Nordamerika). Große, skelettförmig entwickelte Krystalle (Mineralogisch-petrographisches Institut).

Joplin Mine (Missouri). Kleine, deutliche Krystalle auf Dolomit.

Als Ätzmittel werden sowohl Säuren als auch Laugen versucht. Nach längeren Versuchen erwies sich von den ersteren nur Königswasser als brauchbar; Salzsäure zeigte gar keine Einwirkung, Salpetersäure nur sehr undeutlich; auch mit Schwefelsäure konnte ich — im Gegensatze zu den Angaben Toborffys — keine Ätzfiguren erhalten. Offenbar herrschten dort andere Versuchsbedingungen, die ja eine große Rolle spielen. Das Königswasser wurde mit Wasser in verschiedenem Verhältnis verdünnt. In den Angaben soll die Abkürzung Kw. 1 aqu. eine Mischung bedeuten, bei der auf 1 Volumen Königswasser 1 Volumen Wasser kam. Bei der Ätzung bildete sich immer eine Ausscheidung von kleinen Schwefeltröpfchen, die mit Schwefelkohlenstoff entfernt wurden.

Die Versuche, mit Laugen Ätzfiguren zu erhalten, wollten lange nicht gelingen. Stark verdünntes Alkalihydroxyd zeigte keine Einwirkung; schmelzendes Ätzkali aber griff die Krystalle unter Bildung einer dicken Oxydationsrinde so heftig an, daß sie zerbrachen.

Schließlich führte die Methode zum Ziele, daß der Kupferkieskrystall an einem Silberdraht mehrere Stunden in stark konzentriertes Natriumhydroxyd bei der Temperatur des Wasserbades eingetaucht wurde. Die Oxydschichte wurde vorsichtig mit Salzsäure entfernt und so die Ätzfiguren bloßgelegt.

Beide Mittel, Königswasser und Natriumhydroxyd, lieferten mikroskopische, aber immer deutliche Ätzfiguren. Die Hoffnung, daß diese ein günstiges Lichtbild geben würden, erfüllte sich aber nicht. Es zeigte sich keine deutliche Kulmination, höchstens ein ganz verschwommener Lichtfleck, an dessen Einstellung nicht zu denken war. Ich mußte mich also auf die mikroskopische Beobachtung der Ätzfiguren einerseits, andererseits auf Schimmernmessungen beschränken.

Als Ausgangsmaterial für die Untersuchung benutzte ich die schönen Krystalle von Schlaggenwald. Sie sind manchmal fast modellartig ausgebildet und zeigen beinahe immer pyramidalen Habitus, indem die beiden Grundspenoide gleichwertig entwickelt sind. An vielen Krystallen läßt sich kein Unterschied zwischen dem positiven und negativen Sphenoid feststellen; beide sind nach (201) gerieft, glänzend. Der Unterschied tritt erst hervor, wenn sich Anlauffarben zeigen, deutlicher noch, wenn die Krystalle durch den Einfluß chemischer Agentien mit einer Zersetzungsrinde bedeckt sind. Diese tritt dann häufig nur über dem einen Sphenoid auf.

Die Krystalle dieses Fundortes zeigen folgende Flächen (nach der relativen Größe und Häufigkeit geordnet): (111), ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ), untergeordnet (201), (001), sehr selten (101). Die von Sadebeck angegebene Fläche (20, 1, 40) konnte ich auf keiner der vielen Stufen, die mir in die Hand kamen, sehen.

Folgende Krystalle wurden untersucht:

Ia<sub>3</sub> Zwilling nach (111).

Gemessen<sup>1)</sup>: I. Ind. 001:1 $\bar{1}\bar{1}$  = 54° 9' (theor. 54° 20')

001: $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$  = 54° 18'

II. Ind. 111: $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$  = 108° 24'

Zwillingswinkel: 111<sub>II</sub>: $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ <sub>I</sub> = 38° 8' (theor. 37° 20').<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Ich gebe bei jedem Vorkommen die Winkelmessungen an, um die Schwankungen der Werte bei einzelnen zu zeigen.

<sup>2)</sup> Die angegebenen Winkel sind Durchschnittswerte aus je 15 Ablesungen.

Der Krystall wurde eine halbe Minute mit Kw. 1 aqu. geätzt. Die einen Sphenoidflächen sind stark korrodiert, mit ausgeschiedenem Schwefel bedeckt (dieser wurde durch Eintauchen in Schwefelkohlenstoff entfernt). Unter dem Mikroskope tritt auf diesen Flächen eine Streifung parallel den Seitenkanten hervor, außerdem lassen sich undeutliche kegelförmige Ätzhügel erkennen. Die anderen Sphenoidflächen sind mit zierlichen Ätzgrübchen bedeckt, deren Randkanten den Umgrenzungen der geätzten Fläche annähernd parallel gehen. Der monosymmetrische Charakter des Ätzgrübchens tritt nicht deutlich hervor, läßt sich aber durch die Schimmermessung erkennen. Diese ergab (Mittel aus 10 Ablesungen) Winkel von  $115^\circ$ ,  $122^\circ 11'$ ,  $122^\circ 50'$ , wobei der Winkel von  $115^\circ$  der Azimutwinkel der beiden seitlichen Begrenzungsflächen ist. Der Parallelismus zwischen den Kanten der Ätzflächen mit der geätzten Fläche und den Seitenkanten derselben (Fig. 5) läßt erkennen, daß die Ätzflächen in den Zonen  $(1\bar{1}1):(001)$ ,  $(1\bar{1}1):(100)$  und  $(1\bar{1}1):(0\bar{1}0)$  liegen. Die für diese Zonen berechneten Winkel sind (in derselben Reihenfolge wie oben)  $119^\circ 31'$ ,  $120^\circ 15'$ ,  $120^\circ 15'$ . Aus der Schimmermessung ergibt sich also, daß die Ätzzonen  $(1\bar{1}1):(0\bar{1}0)$  und  $(1\bar{1}1):(100)$  etwas gegen  $(1\bar{1}0)$  abgelenkt sind.

Das gleiche Verhalten zeigen noch zwei andere Krystalle ( $Ia_1$  und  $Ia_2$ ), die je eine Minute geätzt sind. Die Ätzgrübchen sind größer, verlieren aber ihre scharfe Umgrenzung. Auf  $(201)$  treten undeutliche Ätzgrübchen auf. Diese haben die Gestalt eines asymmetrischen Dreieckes, dessen größere Höhe senkrecht zur Kante mit dem positiven Sphenoid orientiert ist. Die Spitze des Dreieckes ist dieser Fläche abgekehrt.

Für die Beurteilung des Zwillingsgesetzes erweist sich die Methode als sehr gut geeignet. Der Unterschied zwischen den matten korrodierten positiven und den glänzenden, mit den kleinen Ätzgrübchen bedeckten negativen Flächen ist sehr deutlich, so daß sich mit voller Sicherheit die Sadebecksche Angabe bestätigen läßt, daß an der Zwillingsgrenze bei diesem Zwillingsgesetze ungleiche Sphenoiden zusammenstoßen.

Unter den Krystallen derselben Stufe befand sich einer ( $Ia_6$ ), der an sich schon eine Unterscheidung des positiven und negativen Sphenoides, so wie es Haidinger angibt, zuließ. Das positive (im Sinne Haidingers) war größer und matter als das negative.

$$\begin{aligned} \text{Gemessen: } 111:\bar{1}\bar{1}1 &= 108^\circ 25' \text{ (theor. } 108^\circ 40') \\ 111:021 &= 39^\circ 8' \text{ (theor. } 39^\circ 5') \\ 111:201 &= 39^\circ 6' \\ \bar{1}11:021 &= 39^\circ 4' \\ \bar{1}11:\bar{2}01 &= 39^\circ 11' \\ 1\bar{1}1:0\bar{2}1 &= 39^\circ 0' \\ 1\bar{1}1:201 &= 39^\circ 4' \end{aligned}$$

Es zeigten sich nach einminutenlangem Ätzen mit Kw. 1 aqu. die kleinen Sphenoide mit Ätzgrübchen bedeckt, nach Haidingers Regel also die negativen.

Versuche mit verdünnterer Säure änderten die Erscheinungen nicht wesentlich.

Krystall  $Ic_1$  wurde drei Minuten mit Kw. 2 aqu. geätzt. Die negativen Sphenoide bleiben glänzend und sind mit winzigen dreiseitigen Ätzgrübchen (Orientierung wie oben) bedeckt, die positiven Sphenoidflächen zeigen ein Vorstadium der Ätzung, indem hier große gerundete Ätzgruben auftreten. Auch hier sind deren Begrenzungskanten mit den Seitenkanten der geätzten Fläche annähernd parallel. Eine größer ausgebildete (201) Fläche läßt ziemlich undeutliche Ätzerscheinungen erkennen. Annähernd senkrecht zur Kante mit (+ 111) treten flache, rinnenförmige Ätzgrübchen auf, manchmal an einem oder auch an beiden Enden durch eine steile Fläche abgestumpft.

Die gleichen Erscheinungen, nur etwas undeutlicher, zeigt ein großer Krystall ( $Id_1$ ), der länger, nämlich fünf Minuten, mit Kw. 2 aqu. geätzt wurde. Wieder sind die negativen glänzenden Sphenoidflächen mit kleinen Ätzgrübchen, die positiven matten mit großen, bereits sehr verrundeten Ätzgruben bedeckt. Die Innenkanten der letzteren sind oft noch durch weitere Dreiecksflächen abgestumpft, so daß die Ätzfigur von sechs Flächen gebildet wird. Die neu hinzutretenden Ätzflächen fallen ungefähr in die Zonen (111):(101), (111):(011) und (111):(110).

Ganz anders verhält sich der Kupferkies gegenüber Laugen. Es wurden zwei Krystalle ( $Ic_2$  und  $Ic_3$ ) mit Natriumhydroxyd mehrere Stunden hindurch behandelt.

Bei dem einen sind die positiven Sphenoidflächen (nach Analogie mit Krystallen anderer Fundorte, wo positives und negatives Sphenoid habituell verschieden sind) mit schönen dreiseitigen Ätz-

grübchen bedeckt. Die Kanten gegen die geätzte Fläche sind gerundet, den Umgrenzungskanten der Sphenoidfläche annähernd parallel (Fig. 8). Der monosymmetrische Charakter tritt etwas deutlicher hervor, indem die der Zone (111):(001) entsprechende Fläche schmaler ist als die beiden anderen. Die Ätzfigur auf (201) ist ein langgestrecktes, ungleichseitiges Dreieck. Die lange Höhe desselben ist jedoch nicht wie bei der Behandlung mit Säure senkrecht auf der Kante (201):(111), sondern parallel der (möglichen) Kante (201):(001). Die Spitze des Dreieckes ist der Fläche (+111) zugekehrt (Fig. 9). Eine Schimmermessung auf 111 ergab folgende Werte:  $112^{\circ} 8'$ ,  $124^{\circ} 15'$ ,  $123^{\circ} 27'$ . Ein Vergleich mit den berechneten Werten  $119^{\circ} 31'$ ,  $120^{\circ} 15'$ ,  $120^{\circ} 15'$  läßt eine stärkere Ablenkung von den primären Zonen als bei der Ätzung mit Säuren erkennen.

Der zweite Krystall ist ein polysynthetischer Zwillings. Es sind drei Individuen nach dem Gesetze: Zwillingfläche ist eine Fläche (111) so verbunden, daß die Endflächen in einer Zone liegen.

Gemessen: Ind. I  $00\bar{1} : 111 = 54^{\circ} 18\frac{1}{2}'$  (theor.  $54^{\circ} 20'$ )

$00\bar{1} : \bar{1}\bar{1}\bar{1} = 54^{\circ} 28'$ ;

Ind. II  $\bar{1}\bar{1}\bar{1} : 111 = 108^{\circ} 35'$ ;

Ind. III (Unterseite)  $00\bar{1} : 111 = 54^{\circ} 34'$

$00\bar{1} : \bar{1}\bar{1}\bar{1} = 54^{\circ} 16'$

$111 : 0\bar{1}\bar{1} = 35^{\circ} 6'$  (theor.  $35^{\circ} 4'$ )

$111 : 01\bar{1} = 35^{\circ} 9'$

$\bar{1}\bar{1}\bar{1} : 0\bar{2}\bar{1} = 39^{\circ} \frac{1}{2}'$  (theor.  $39^{\circ} 5'$ ).

Zwillingwinkel:  $\bar{1}\bar{1}\bar{1}_{II} : \bar{1}\bar{1}\bar{1}_{I} = 37^{\circ} 25\frac{1}{2}'$  (berechnet  $37^{\circ} 20'$ )

$111_{III} : 111_{II} = 71^{\circ} 19'$  (berechnet  $71^{\circ} 20'$ )

$111_{I} : 111_{III} = 37^{\circ} 30\frac{1}{2}'$ .

Ind. I ist in Zwillingstellung mit Ind. II und Ind. III (von letzteren ist nur die Unterseite ausgebildet), indem 2 positive Flächen von Ind. I als Zwillingsebene und Zusammensetzungsebene fungieren. In der Projektion fallen demnach  $\bar{1}\bar{1}\bar{1}_{I}$  und  $111_{III}$ , ebenso  $111_{II}$  und  $\bar{1}\bar{1}\bar{1}_{I}$  übereinander.

Die Ätzung (5 Stunden) ergab die gleichen Erscheinungen wie oben. Die positiven Flächen sind mit schönen Ätzgrübchen bedeckt. Hier ist auch das Verhalten der Endfläche erkennbar. Es haben sich winzige Rinnen parallel der Kante mit dem positiven Sphenoid gebildet. Dies entspricht den Ätzerscheinungen auf (111).



Von Interesse waren auch Krystalle einer Stufe, die mit einer Schichte von Eisenoxydhydrat überzogen waren. Die Krystalle waren sehr groß, manchmal ganz mit der braunen Rinde bedeckt, manchmal blieb das eine Sphenoid frei. Die unbedeckten Flächen, die offenbar dem Lösungsmittel größeren Widerstand entgegensetzten, zeigten dann große natürliche Ätzfiguren ähnlich den durch Säureätzung künstlich hervorgerufenen; nur hatten sie ausgesprochen monosymmetrischen Charakter, indem die in der Zone (111):(001) gelegene Ätzfläche gegenüber den beiden anderen stark zurücktrat. Um zu sehen, ob das positive oder das negative Sphenoid mit den Ätzfiguren bedeckt sei, wurde ein solcher Krystall 30 Sekunden mit Kw. 1 aqu. geätzt. Es bildeten sich zahlreiche kleine Ätzgrübchen neben den großen natürlichen, von gleicher Orientierung und annähernd gleicher Gestalt, nur waren sie ziemlich regelmäßig dreiseitig. Die mit den natürlichen Ätzfiguren versehenen Flächen waren also negative Flächen. Dies sowie ihre relative Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Lösungsmittel führen zur Annahme einer Säureeinwirkung.

Da somit ein Kriterium für die Aufstellung der Kupferkiese gegeben war, wurden auch andere Vorkommen in dieser Hinsicht untersucht.

Die hier angeführten Vorkommen habe ich nach ihrem Habitus in 4 Typen geordnet. Der erste Typus, dem auch die Schlaggenwalder Kupferkiese angehören, ist durch vollständig oder annähernd gleiche Entwicklung beider Sphenoiden charakterisiert (Typus I, Fig. 1).<sup>1)</sup> Hierher gehören zunächst die Kupferkiese von Freiberg (II). Die Krystalle sind sehr flächenarm, von den beiden Sphenoiden und untergeordnet von (201) begrenzt. Meist einfache Krystalle, manchmal Zwillingslamellen nach (111) eingeschaltet.

Krystall IIa<sub>1</sub>, an dem bloß beide Sphenoiden auftraten, zeigte nach einminutenlangem Ätzen mit Kw. 1 aqu. auf den negativen Flächen gerundete Ätzflächen, auf den positiven eine stark angegriffene Oberfläche ohne Ätzfiguren.

IIb<sub>2</sub>, ein großer Krystall mit schlecht reflektierenden Flächen; die beiden Sphenoiden und kleine (201) Flächen.

<sup>1)</sup> Für die Zeichnung der Fig. 1, 2, 4 wurde die Lage der Bildebene so gewählt, daß bei normaler Aufstellung der Polpunkt derselben im rechten unteren Quadranten liegt,  $\varphi = 66^\circ$ ,  $\rho = 20^\circ$  (Zählung wie bei Goldschmidt, Kryst. Winkeltabellen).

Gemessen:  $\bar{1}\bar{1}1 : \bar{1}\bar{1}1 = 107^\circ 43'$  (theor.  $108^\circ 40'$ )  
 $\bar{1}\bar{1}1 : \bar{1}\bar{1}\bar{1} = 71^\circ 24'$  (theor.  $70^\circ 7\frac{1}{2}'$ )  
 $\bar{1}\bar{1}1 : 021 = 38^\circ 53'$  (theor.  $39^\circ 5'$ )  
 $\bar{1}\bar{1}1 : \bar{2}01 = 38^\circ 49'$ .

Geätzt 5 Stunden mit NaOH. Die negativen Sphenoidflächen lassen keine Einwirkung erkennen, die positiven sind ganz mit Ätzgrübchen bedeckt; (201) zeigt ganz kleine, spitz-dreieckige Grübchen parallel der (möglichen) Kante zwischen (201) und (001).

Klausen (IV). Die Sphenoide sind manchmal gleichwertig, manchmal herrscht das matte positive vor. Die positiven Flächen haben eine unebene Oberfläche, die negativen sind glatt. An der Kombination beteiligen sich nur die Grundsphenoide (111) und ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ).

Gemessen:  $111 : \bar{1}\bar{1}\bar{1} = 108^\circ 35'$  (theor.  $108^\circ 40'$ )  
 $111 : \bar{1}\bar{1}\bar{1} = 70^\circ 12'$  (theor.  $70^\circ 7\frac{1}{2}'$ ).

Der Krystall wurde  $\frac{1}{2}$  Minute mit Kw. 1 aqu. geätzt. Auf den negativen, glatten Flächen treten die charakteristischen dreieckigen Ätzgrübchen auf.

Schemnitz (III). Von diesem Fundorte erwähnte Sadebeck sphenoidische Krystalle. In neuerer Zeit beschrieb B. Mauritz in seinen Beiträgen zur krystallographischen Kenntnis der ungarischen Kupferkiese<sup>1)</sup> ziemlich flächenreiche Krystalle. Mir lagen zwei Stufen vor, jedoch beide nur mit den gewöhnlichen Flächen (111)( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ) und dem untergeordneten (201). Das negative und positive Sphenoid sind deutlich verschieden, ersteres ist glatt und glänzend, letzteres matt und gerieft.

Die Krystalle der einen Stufe weisen beide Sphenoide in gleicher Entwicklung auf. Einer der Krystalle (IIIb<sub>1</sub>) wurde 2 Minuten mit Kw. 2 aqu. geätzt. Die negativen Sphenoide sind mit kleinen Ätzgrübchen bedeckt, die positiven zeigen eine sehr stark angegriffene Oberfläche, auf der man nur ganz undeutlich große dreieckige Ätzgruben in der normalen Orientierung erkennen kann.

Bei einem zweiten Krystall derselben Stufe (IIIb<sub>2</sub>) treten die negativen Flächen etwas zurück. Zwilling nach (111).

Gemessen:  $111 : \bar{1}\bar{1}\bar{1} = 108^\circ 46'$  (theor.  $108^\circ 40'$ )  
 $\bar{1}\bar{1}\bar{1} : \bar{1}\bar{1}\bar{1} = 108^\circ 42'$ .

Zwillingswinkel:  $\bar{1}\bar{1}\bar{1}_I : \bar{1}\bar{1}\bar{1}_{II} = 37^\circ 36'$  (theor.  $37^\circ 20'$ )

<sup>1)</sup> Zeitschrift für Krystallographie, XL, pag. 588.

Geätzt 45 Sekunden mit Kw. 1 aqu. Die negativen (111) Flächen zeigen kleine Ätzgrübchen.

Die zweite Stufe von demselben Fundorte hat einen anderen Typus. Die positiven Sphenoidflächen sind groß, die negativen klein, beide geben schlechte Reflexe. Manchmal tritt noch eine (201) Fläche auf.

Die Messung an einem Krystalle (IIIa<sub>1</sub>) ergab:

$$111 : \bar{1}\bar{1}1 = 109^\circ 53' \text{ (theor. } 108^\circ 40')$$

$$\bar{1}\bar{1}1 : \bar{1}11 = 70^\circ 13' \text{ (theor. } 70^\circ 7\frac{1}{2}')$$

$$\bar{1}11 : 021 = 39^\circ 50' \text{ (theor. } 39^\circ 5')$$

$$111 : 021 = 39^\circ 4'.$$

Der Krystall wurde 1 Minute mit Kw. 1 aqu. geätzt. ( $\bar{1}11$ ) zeigt kleine dreiseitige Ätzgrübchen, (021) spitze Ätzfiguren, deren Streckung normal zur Kante mit dem positiven Sphenoid orientiert ist.

Krystall IIIa<sub>3</sub> ist ein Zwilling nach (101) ganz ähnlich denen, die Fletcher von Cornwall beschrieb.<sup>1)</sup>

$$\text{Gemessen: } 001 : 111 = 54^\circ 42' \text{ (theor. } 54^\circ 20')$$

$$001 : \bar{1}\bar{1}1 = 54^\circ 42'.$$

Die glänzenden Sphenoidflächen bilden einen ausspringenden Winkel von  $1^\circ 31'$  (theor.  $1^\circ 23\frac{1}{2}'$ ).

Sie sind natürlich geätzt. Die deutlich monosymmetrischen Grübchen haben einen dreiseitigen Umriss; die Basis des Dreieckes ist der Endfläche zugekehrt. Am Grunde des Grübchens tritt eine dreiseitige Fläche auf. Die der Endfläche zugewendete Kante wird von einer sehr steilen Fläche gebildet, während die beiden anderen Ätzflächen flach sind. Bei der künstlichen Ätzung konnte diese Erscheinung nie beobachtet werden; die Ätzgrübchen sind da immer entgegengesetzt orientiert.

Müsen (XVI). Beide Sphenoiden sind gleich entwickelt, das eine ist nach der Kante mit (201) gestreift, das andere zeigt erhabene Leisten parallel den drei Umgrenzungskanten. (Vielleicht eine orientierte Verwachsung?) Die Krystalle werden nur von den beiden Sphenoiden begrenzt. Häufig sind Zwillinge nach (111).

Die Messung an einem der Krystalle (XVI<sub>1</sub>) ergab:

$$111 : \bar{1}\bar{1}1 = 108^\circ 56\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 108^\circ 40').$$

<sup>1)</sup> Zeitschrift für Krystallographie, VII, pag. 321.

Geätzt  $\frac{1}{2}$  Minute mit Kw. 1 aqu. Die geriefen Flächen, die schon vor der Einwirkung der Säure einige große monosymmetrische Ätzgruben (analog den Schlaggenwalder Krystallen) gezeigt hatten, sind mit kleinen Ätzgrübchen bedeckt, die eine gleiche Orientierung wie die großen natürlichen zeigen.

An einem zweiten Krystalle wurden folgende Winkel gemessen:

$$\text{XVI}_2: 111 : \bar{1}\bar{1}1 = 108^\circ 39\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 108^\circ 40')$$

$$\bar{1}11 : 1\bar{1}1 = 108^\circ 35\frac{1}{2}'.$$

$$\text{Zwillingswinkel: } 111_{\text{I}} : 1\bar{1}1_{\text{II}} = 37^\circ 4' \text{ (theor. } 37^\circ 20')$$

Ein natürlich geätzter Krystall. Die negativen Flächen zeigen wieder die (in der Richtung gegen [001] gestreckten) Ätzgruben, auf den positiven Flächen treten kleine Ätzhügel von einem neuen Typus auf. Die Basis derselben ist ein Rechteck; sie werden von einer vierseitigen Pyramide gebildet, die wieder durch ein Rechteck abgestumpft ist. Die breiteren Flächen der Pyramide reflektieren gleichzeitig mit den seitlichen Ätzflächen auf ( $1\bar{1}1$ ). Das Verhalten der negativen Flächen weist auf eine Säureeinwirkung hin. Daß bei den künstlichen Ätzungen auf den positiven Sphenoidflächen kein analoges Verhalten beobachtet wurde, kann entweder durch langsame Einwirkung oder dadurch erklärt werden, daß hier — was ja auch auf sulfidischen Erzgängen ziemlich wahrscheinlich ist — eine andere Säure, nämlich Schwefelsäure, die Ätzung bewirkte.

Baygoni (XII). Beide Sphenoiden sind gleich entwickelt, das positive matt und gestreift, das negative glatt und glänzend. Andere Flächen treten nicht auf.

$$\text{Gemessen: } 111 : \bar{1}\bar{1}1 = 110^\circ 5\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 108^\circ 40')$$

$$\bar{1}11 : 1\bar{1}1 = 109^\circ 46\frac{1}{2}'.$$

Die Flächen sind als Vizinalflächen — für (51, 51, 50) berechnet  $109^\circ 52'$  — des Grundsphenoides zu betrachten, da die Reflexe derselben (besonders von  $1\bar{1}1$  und  $\bar{1}11$ ) sehr gut meßbar waren. (Maximale Fehler  $+ \frac{3}{4}'$ ,  $- \frac{1}{4}'$ .)

Geätzt 45 Sekunden mit Kw. 1 aqu. Die negativen Sphenoidflächen zeigen kleine Ätzgrübchen, die positiven sind stark gerundet.

Derbyshire (XIV). An den Krystallen treten alle Übergänge von einem vollkommen pyramidalen Habitus bis zu einem deutlich sphenoidischen auf. Das positive Grundsphenoid ist nach (201)

gestreift, das negative glatt. Meist tritt es gegenüber dem ersteren zurück. Zwillinge nach (111).

Gemessen: Ind. I  $\bar{1}\bar{1}1 : \bar{1}11 = 108^\circ 40'$  (theor.  $108^\circ 40'$ )

$111 : \bar{1}\bar{1}1 = 108^\circ 33'$ ;

Ind. II  $111 : \bar{1}\bar{1}1 = 108^\circ 41'$

$111 : 021 = 39^\circ 2'$  (theor.  $39^\circ 5'$ ).

Zwillingswinkel:  $37^\circ 17'$ ,  $37^\circ 37'$  (theor.  $37^\circ 20'$ ).

Geätzt 9 Stunden mit NaOH. Die positiven Flächen zeigen große Ätzfiguren, die manchmal von 6 Flächen gebildet werden. Die negativen weisen winzige dreiseitige Ätzhügel auf. Deutlich ist zu beobachten, daß an der Zwillingkante eine Fläche mit Ätzgrübchen an eine solche mit Ätzhügeln stößt.

French Creek Mine (XIV). Die Krystalle sind nach einer (111) Fläche so abgeplattet, daß diese einen annähernd hexagonalen Umriß erhält. Die Ursache dieses Habitus ist nicht recht klar, da die Annahme, daß, analog wie bei den Spinellzwillingen, Zwillingbildung die Ursache sei, hier wegfällt. Daß Wachstumsverhältnisse mitwirkten, zeigen eigentümliche Skelettbildungen; die annähernd sechseitigen Tafeln sind nach innen zu treppenförmig verdünnt. Jedenfalls ist der Habitus ein ganz anderer als der von Eyer mann<sup>1)</sup> und später von Penfield<sup>2)</sup> beschriebene.

Die negativen Sphenoidflächen sind hellgelb, die positiven dunkel goldgelb angelaufen. Andere Flächen wurden nicht beobachtet. Reflexe schlecht.

Gemessen:  $111 : \bar{1}\bar{1}1 = 108^\circ 11'$  (theor.  $108^\circ 40'$ )

$\bar{1}\bar{1}1 : 1\bar{1}1 = 108^\circ 47\frac{1}{2}'$ .

Der Krystall wurde 1 Minute mit Kw. 1 aqu. geätzt. Die glatten negativen Sphenoidflächen zeigen kleine Ätzgrübchen, die positiven fast kegelförmige Ätzhügel.

An den Krystallen von Cornwall (XIII) tritt das negative Sphenoid bereits ziemlich stark gegenüber dem positiven zurück. Die Krystalle sind durchwegs Zwillinge nach (101), manche modellartig entwickelt. Die kleineren negativen Flächen sind glatt und glänzend, die positiven matt. Selten tritt noch die Endfläche als schmale Abstumpfung der Kante (111):( $\bar{1}\bar{1}1$ ) auf.

<sup>1)</sup> New York Acad. Sc., 1889, pag. 14. — <sup>2)</sup> Zeitschrift für Krystallographie, XVIII, pag. 512.

Krystall XIIIb<sub>1</sub>.

Gemessen: Ind. I  $001 : 111 = 54^{\circ} 19'$  (theor.  $54^{\circ} 20'$ )

$$001 : \bar{1}\bar{1}1 = 54^{\circ} 19\frac{1}{2}'$$

$$\bar{1}\bar{1}1 : \bar{1}11 = 70^{\circ} 7' \text{ (theor. } 70^{\circ} 7\frac{1}{2}')$$

$$\text{Ind. II } 111 : \bar{1}\bar{1}1 = 108^{\circ} 38\frac{1}{2}'.$$

Zwillingswinkel:  $\bar{1}\bar{1}1_{\text{I}} : \bar{1}\bar{1}1_{\text{II}} = 1^{\circ} 24\frac{1}{2}'$  einspr. (theor.  $1^{\circ} 23\frac{1}{2}'$ )

$$\bar{1}\bar{1}1_{\text{I}} : \bar{1}\bar{1}1_{\text{II}} = 1^{\circ} 24'$$
 ausspr.

$$111_{\text{I}} : 111_{\text{II}} = 109^{\circ} 45\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 109^{\circ} 52\frac{1}{2}'),$$

demnach fast genau die gleichen Werte, wie sie Fletcher<sup>1)</sup> erhielt.

Nach einminutenlangem Ätzen mit Kw. 1 aqu. bilden sich auf den negativen glänzenden Flächen kleine Ätzgrübchen, deren Orientierung in beiden Individuen gleich ist. Die positiven Flächen sind ganz verrundet.

XIIIb<sub>2</sub>. Ein gleicher Krystall.

Gemessen: I.  $111 : \bar{1}\bar{1}1 = 108^{\circ} 41'$

$$\text{II. } 111 : \bar{1}\bar{1}1 = 108^{\circ} 18'.$$

Zwillingswinkel:  $\bar{1}\bar{1}1_{\text{I}} : \bar{1}\bar{1}1_{\text{II}} : 1^{\circ} 24\frac{1}{2}'$

$$\bar{1}\bar{1}1_{\text{I}} : \bar{1}\bar{1}1_{\text{II}} = 1^{\circ} 24\frac{1}{2}'.$$

Geätzt 11 Stunden mit NaOH. Auf den positiven Sphenoidflächen sind dreieckige Ätzgrübchen, auf den negativen kleine dreiseitige Ätzhügel.

Das von Fletcher genau beschriebene Zwillingsgesetz erfährt hierdurch eine Bestätigung.

Die Entwicklung der Kupferkiese von Cornwall leitet zu einem zweiten Typus über, bei dem das negative Sphenoid ganz verschwindet (Fig. 2).

In diese Gruppe gehört das Vorkommen von Liskeard (XII). Außer dem Sphenoid tritt untergeordnet noch (201) auf, nach welcher Fläche auch (111) gerieft ist.

Gemessen:  $111 : \bar{1}\bar{1}1 = 108^{\circ} 50'$  (theor.  $108^{\circ} 40'$ )

$$\bar{1}\bar{1}1 : \bar{1}\bar{1}\bar{1} = 108^{\circ} 42'$$

$$111 : \bar{1}\bar{1}\bar{1} = 109^{\circ} 46\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 109^{\circ} 52\frac{1}{2}')$$

$$\bar{1}\bar{1}1 : \bar{1}\bar{1}\bar{1} = 109^{\circ} 51'$$

$$\bar{1}\bar{1}\bar{1} : 02\bar{1} = 39^{\circ} 7' \text{ (theor. } 39^{\circ} 5')$$

$$\bar{1}\bar{1}\bar{1} : \bar{2}0\bar{1} = 38^{\circ} 58'.$$

<sup>1)</sup> Zeitschrift für Krystallographie, VII, pag. 321.

Nach neunstündigem Ätzen mit NaOH sind die Sphenoidflächen mit deutlichen Ätzgrübchen von der bekannten Art bedeckt.

Joplin Mine (IX). Als schmale Abstumpfung tritt die Endfläche auf. Die Sphenoidflächen zeigen eine unregelmäßige Streifung.

$$\text{IX}_1 \text{ gemessen: } 001:111 = 54^\circ 52' \text{ (theor. } 54^\circ 20')$$

$$001:\bar{1}\bar{1}\bar{1} = 54^\circ 13'.$$

Geätzt 7 Stunden mit NaOH. Es treten auf den Sphenoidflächen zahlreiche dreiseitige Ätzgrübchen auf.

$$\text{IX}_2 \text{ gemessen: } 111:\bar{1}\bar{1}\bar{1} = 108^\circ 39' \text{ (theor. } 108^\circ 40')$$

$$\bar{1}\bar{1}\bar{1}:111 = 110^\circ 0' \text{ (theor. } 109^\circ 52\frac{1}{2}')$$

$$\bar{1}\bar{1}\bar{1}:11\bar{1} = 109^\circ 29'.$$

Geätzt neunzig Sekunden mit Kw. 1 aqu. Es haben sich undeutliche kegelförmige Ätzhügel gebildet.

Ein weiterer, nicht selten auftretender Typus (Typus III, Fig. 3)<sup>1)</sup> ist an Zwillinge nach (111) geknüpft und offenbar durch dieses Zwillingsgesetz bedingt. Bei dem einen Individuum sind die negativen Grundspenoidflächen klein, fehlen auch manchmal ganz, die positiven sind groß, nach den Kanten mit (101) gestreift, so daß die Riefen gegen die Endfläche zu federartig zusammenstoßen. Die Endfläche ist meist länglich, die längere Erstreckung fällt mit der Kante gegen das positive Sphenoid zusammen. Das zweite Individuum ist meist untergeordnet entwickelt, nur die der Zwillingsebene parallele Fläche ist groß. Die Zwillinge zeigen oft eine ganz typische Verzerrung der Flächen (besonders das untergeordnete Individuum), so daß ihre Deutung nicht immer leicht fällt. Außerdem bewirkt die Zwillingbildung sowohl das Auftreten gekrümmter Flächen, als auch das von seltenen Flächen an der Zwillingsebene (auch hier wieder vorherrschend an dem kleineren Individuum).

Zu diesem Typus gehören kleinere Krystalle vom Harz (XVIII) ohne nähere Fundortangabe. Die positiven Sphenoidflächen sind durch Riefen nach (101) gekrümmt, die kleineren negativen glatt. Zwillinge nach (111). Schlechte Reflexe.

$$\text{Gemessen: } \bar{1}\bar{1}\bar{1}:111 = 109^\circ 12' \text{ (theor. } 108^\circ 40')$$

$$\bar{1}\bar{1}\bar{1}:111 = 70^\circ 30' \text{ (theor. } 70^\circ 7\frac{1}{2}')$$

$$\bar{1}\bar{1}\bar{1}:\bar{1}\bar{1}\bar{1} = 70^\circ 30'.$$

<sup>1)</sup> Wenn die Zwillingsebene als 0-Meridian aufgestellt wird, sind die Koordinaten für den Polpunkt der Zeichenebene  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\rho = 20^\circ$ .

Geätzt 11 Stunden mit NaOH. ( $\bar{1}11$ ) zeigt kleine, von drei Dreiecken begrenzte Ätzhügel, die positiven Flächen größere dreiseitige Ätzgrübchen. Gegen (101) hin sind die Ätzgrübchen infolge der Riefung nach dieser Fläche etwas verzerrt, während sie in einer mittleren Partie, wo die Streifen fehlen, die gewöhnliche Form aufweisen.

Ems (XXI). Offenbar ein anderes Vorkommen als das von Schimper<sup>1)</sup> erwähnte. Die Krystalle sind matt angelauten; sie zeigen die Flächen (111), (101), (201), (001), ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ), (110). Zwillinge nach (111).

- XXI, gemessen: I.  $001:\bar{1}\bar{1}\bar{1} = 54^{\circ} 19\frac{1}{2}'$  (theor.  $54^{\circ} 20'$ )  
 $001:\bar{1}\bar{1}0 = 89^{\circ} 45\frac{1}{2}'$  (theor.  $90^{\circ} 0'$ )  
 $\bar{1}\bar{1}\bar{1}:\bar{1}\bar{1}0 = 35^{\circ} 52\frac{1}{2}'$  (theor.  $35^{\circ} 40'$ )  
 $\bar{1}\bar{1}\bar{1}:201 = 39^{\circ} 1'$  (theor.  $39^{\circ} 5'$ )  
 $\bar{1}\bar{1}\bar{1}:0\bar{2}\bar{1} = 38^{\circ} 58'$ ;  
 II.  $001:111 = 54^{\circ} 21'$   
 $001:\bar{1}\bar{1}\bar{1} = 54^{\circ} 16'$   
 $111:201 = 39^{\circ} 7\frac{1}{2}'$   
 $111:0\bar{2}\bar{1} = 39^{\circ} 8'$ .

Der Krystall wurde  $5\frac{1}{2}$  Stunden mit NaOH geätzt. Die positiven Sphenoidflächen zeigen die bekannten Ätzgrübchen, die negativen kleine Ätzhügel. Die Endfläche weist kleine Rinnen parallel der Kante mit dem negativen Sphenoid auf. Auf den übrigen Flächen ließ sich nichts deutliches beobachten.

- XXI<sub>4</sub>, gemessen: I.  $111:\bar{1}\bar{1}\bar{1} = 108^{\circ} 27\frac{1}{2}'$  (theor.  $108^{\circ} 40'$ )  
 $111:\bar{1}\bar{1}\bar{1} = 70^{\circ} 46'$  (theor.  $70^{\circ} 7\frac{1}{2}'$ )  
 ein Reflexzug von ungefähr  $\bar{4}\bar{4}\bar{1}$  bis  $\bar{1}\bar{1}0$ ;  
 II.  $001:1\bar{1}\bar{4} = 19^{\circ} 24'$  (theor.  $19^{\circ} 12'$ )  
 $001:\bar{1}\bar{1}\bar{1} = 54^{\circ} 21'$  (theor.  $54^{\circ} 20'$ )  
 $\bar{1}\bar{1}\bar{1}:111 = 34^{\circ} 53'$  (theor.  $35^{\circ} 4'$ )  
 $\bar{1}\bar{1}\bar{1}:101 = 35^{\circ} 1'$   
 $\bar{1}\bar{1}\bar{1}:0\bar{1}\bar{1} = 34^{\circ} 53'$   
 $\bar{1}\bar{1}\bar{1}:0\bar{1}\bar{1} = 35^{\circ} 6'$   
 $\bar{1}\bar{1}\bar{1}:0\bar{2}\bar{1} = 39^{\circ} 22'$  (theor.  $39^{\circ} 5'$ ).

Zwillingwinkel  $\bar{1}\bar{1}\bar{1}_I:\bar{1}\bar{1}\bar{1}_{II} = 37^{\circ} 10\frac{1}{2}'$  (theor.  $37^{\circ} 20'$ ).

Geätzt  $\frac{3}{4}$  Minuten mit Kw. 1 aqu. Auf den negativen Sphenoidflächen treten die kleinen Säure-Ätzgrübchen auf. Endfläche

<sup>1)</sup> Groth, Mineraliensammlung der Universität Straßburg.



und das Sphenoid  $\bar{1}\bar{1}4$ , das also hier in negativer Stellung auftritt, haben kahnförmige Ätzfiguren parallel der Kante mit dem negativen Grundspenoid.

Siegen (XVII). Große Krystalle. Das stark entwickelte positive Sphenoid zeigt die Streifung nach (101), das kleine negative ist glatt und glänzend. Häufig tritt noch ein weiteres Sphenoid auf, ungefähr  $\bar{1}\bar{1}4$  entsprechend, immer schlecht entwickelt und matt. Von den verweudeten Pyramiden kommen untergeordnet (101) (201) und (403) vor.

$$\begin{aligned} \text{XVII}_1 \text{ gemessen: } 001:\bar{1}\bar{1}1 &= 54^\circ 19\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 54^\circ 20') \\ 001:\bar{1}\bar{1}1 &= 54^\circ 20' \\ 001:0\bar{1}\bar{1} &= 44^\circ 33' \text{ (theor. } 44^\circ 34\frac{1}{2}') \\ 0\bar{1}\bar{1}:0\bar{2}1 &= 18^\circ 30' \text{ (theor. } 18^\circ 31') \\ \bar{1}\bar{1}1:\bar{1}01 &= 35^\circ 3' \text{ (theor. } 35^\circ 4') \\ \bar{1}\bar{1}1:\bar{1}01 &= 34^\circ 58\frac{1}{2}' \\ \bar{1}\bar{1}1:011 &= 35^\circ 5\frac{1}{2}' \\ 111:011 &= 34^\circ 59' \\ \bar{1}\bar{1}1:0\bar{1}\bar{1} &= 35^\circ 4' \\ \bar{1}\bar{1}1:0\bar{1}\bar{1} &= 35^\circ 5' \\ \bar{1}\bar{1}1:101 &= 35^\circ 2\frac{1}{2}' \\ 111:101 &= 35^\circ 3'. \end{aligned}$$

Der Krystall wurde 5 Minuten mit Kw. 2 aqu. geätzt. Auf den (101) Flächen zeigen sich spitze dreiseitige Ätzgrübchen, die Höhe senkrecht zur Kante mit (111) orientiert, die Spitze gegen das positive Sphenoid gerichtet. Die negativen Sphenoidflächen sind fast gar nicht angegriffen. (001) zeigt kleine Rinnen parallel der Kante mit ( $\bar{1}\bar{1}1$ ).

XVII<sub>3</sub>. Zwillinge nach (111). Die an der Zwillingsgrenze zusammenstoßenden Individuen lassen keinen Unterschied erkennen.

$$\begin{aligned} \text{Gemessen: I. } 001:101 &= 44^\circ 32' \text{ (theor. } 44^\circ 34\frac{1}{2}') \\ 001:0\bar{1}\bar{1} &= 44^\circ 35\frac{1}{2}' \\ 001:\bar{1}01 &= 44^\circ 34' \\ 101:403 &= 8^\circ 11' \\ 0\bar{1}\bar{1}:043 &= 8^\circ 21' \text{ (theor. } 8^\circ 8\frac{1}{2}') \\ 201:403 &= 10^\circ 5' \\ 0\bar{2}1:0\bar{4}3 &= 10^\circ 12' \text{ (theor. } 10^\circ 22\frac{1}{2}') \\ 111:101 &= 34^\circ 57\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 35^\circ 4') \\ \bar{1}\bar{1}1:0\bar{1}\bar{1} &= 35^\circ 4'; \end{aligned}$$

$$\text{II. } 101:201 = 18^\circ 29\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 18^\circ 31')$$

$$111:101 = 35^\circ 2'$$

$$111:011 = 35^\circ 3'$$

$$\text{Zwillingswinkel } 111_I:1\bar{1}1_{II} = 37^\circ 15' \text{ (theor. } 37^\circ 20').$$

Der Krystall wurde 13 Minuten mit Kw. 2 aqu. geätzt. Der Unterschied zwischen positivem und negativem Sphenoid tritt jetzt deutlich hervor. Dieses ist glänzend, mit kleinen Ätzgrübchen bedeckt, jenes matt, mit großen, bereits stark gerundeten Ätzgruben. Auf (101) spitze Ätzgrübchen (wie oben). Bei geeigneter Beleuchtung geben die drei Ätzflächen auf (111) und (101) gleichzeitig Reflex. Auf den negativen Flächen läßt sich ein solcher Zusammenhang nicht nachweisen.

Um das Verhalten der auftretenden Skalenoeder zu studieren, wurden noch zwei Krystalle untersucht.

XVII<sub>6</sub>. Zwilling nach (111).

$$\text{Gemessen: I. } 001:111 = 54^\circ 10\frac{1}{2}'$$

$$001:\bar{1}\bar{1}1 = 54^\circ 26'$$

$$\bar{1}\bar{1}1:0\bar{2}1 = 39^\circ \frac{1}{2}'$$

$$\bar{1}\bar{1}1:\bar{5}1\bar{3} = 28^\circ 28\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 28^\circ 26\frac{1}{2}')$$

$$\bar{2}01:\bar{5}1\bar{3} = 10^\circ 38' \text{ (theor. } 10^\circ 38');$$

$$\text{II. } 001:\bar{1}\bar{1}1 = 54^\circ 21\frac{1}{2}'$$

$$001:101 = 44^\circ 31'$$

$$001:011 = 44^\circ 29\frac{1}{2}'$$

$$001:\bar{1}01 = 44^\circ 37'$$

$$\bar{1}\bar{1}1:111 = 70^\circ 9\frac{1}{2}'$$

$$\bar{1}\bar{1}1:011 = 35^\circ 2'$$

$$\bar{1}\bar{1}1:101 = 35^\circ 3\frac{1}{2}'$$

$$111:31\bar{3} = 22^\circ 35\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 21^\circ 53\frac{3}{4}')$$

$$101:31\bar{3} = 12^\circ 28\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 13^\circ 10').$$

$$\text{Zwillingswinkel } \bar{1}\bar{1}1:1\bar{1}1 = 38^\circ 18' \text{ (theor. } 37^\circ 20').$$

Geätzt 45 Sekunden mit Kw. 1 aqu. Die positiven Sphenoidflächen zeigen kleine kegelförmige Ätzhügel, die negativen Ätzgrübchen. Die Endfläche weist rinnenförmige Grübchen parallel der Kante mit (111) auf. Die (101) Flächen lassen keine Ätzfiguren erkennen. Sowohl (513) als auch (313) treten, analog den Angaben Sadebecks, nur in positiver Stellung auf.

XVII<sub>4</sub> gemessen:  $001:\bar{1}\bar{1}1 = 54^\circ 20'$   
 $001:101 = 44^\circ 34'$   
 $001:011 = 44^\circ 34'$   
 $001:\bar{1}01 = 44^\circ 34'$   
 $001:0\bar{1}1 = 44^\circ 32'$   
 $101:201 = 18^\circ 31'$   
 $011:021 = 18^\circ 36'$   
 $\bar{1}01:\bar{2}01 = 18^\circ 33'$   
 $0\bar{1}1:0\bar{2}1 = 18^\circ 32'$   
 $\bar{1}\bar{1}1:101 = 35^\circ 1'$   
 $\bar{1}\bar{1}1:011 = 35^\circ 8\frac{1}{2}'$   
 $101:212 = 20^\circ 24'$   
 $212:111 = 14^\circ 41'$   
 $011:1\bar{3}\bar{3} = 13^\circ 27'$  (theor.  $13^\circ 10'$ )  
 $\bar{1}\bar{3}\bar{3}:\bar{1}\bar{2}\bar{2} = 8^\circ 12'$   
 $\bar{1}\bar{2}\bar{2}:\bar{1}\bar{1}1 = 13^\circ 22\frac{1}{2}'$   
 um  $\bar{1}\bar{1}0$  ein Reflexband.

Geätzt  $3\frac{1}{2}$  Stunden mit NaOH. Die positiven Sphenoidflächen zeigen dreiseitige, etwas gerundete Ätzgrübchen, die Endfläche rinnenförmige tiefe Grübchen parallel der Kante mit dem positiven Grund-sphenoid. Die Fläche (122) tritt ebenso wie (133) nur in positiver Stellung auf.

Die ganze Ausbildung der Krystalle, besonders das Auftreten der Fläche  $y$  (313) an dem einen,  $s$  (513) an dem anderen Individuum ist ganz analog dem Vorkommen von Ramberg, das Sadebeck beschrieb.<sup>1)</sup>

Von Ramberg (XX) stand mir eine Stufe zur Verfügung. Die matt angelaufenen Krystalle sind von ähnlichem Habitus wie die obigen, nur tritt (110) etwas hervor. Das negative Sphenoid und die Endfläche sind glänzend.

XX<sub>1</sub> gemessen:  $001:\bar{1}\bar{1}1 = 54^\circ 25\frac{1}{2}'$  (theor.  $54^\circ 20'$ )  
 $001:\bar{1}\bar{1}1 = 54^\circ 9\frac{1}{2}'$   
 $\bar{1}\bar{1}1:\bar{1}\bar{1}0 = 35^\circ 42'$   
 $\bar{1}\bar{1}\bar{1}:\bar{1}\bar{1}0 = 35^\circ 37\frac{1}{2}'$  (theor.  $35^\circ 40'$ )  
 $\bar{1}\bar{1}1:110 = 90^\circ 3'$   
 $\bar{1}\bar{1}1:\bar{1}\bar{1}0 = 90^\circ 3'$

<sup>1)</sup> Zeitschrift d. Deutschen geolog. Gesellschaft, 20, pag. 605.

$$\begin{aligned} \bar{1}11:201 &= 38^{\circ} 50' \\ \bar{1}\bar{1}1:0\bar{2}1 &= 39^{\circ} 1' \\ 1\bar{1}1:101 &= 35^{\circ} 5' \\ \bar{1}11:\bar{1}01 &= 35^{\circ} 7\frac{1}{2}' \\ \bar{1}\bar{1}1:\bar{1}01 &= 35^{\circ} 3\frac{1}{2}' \\ 111:313 &= 21^{\circ} 56' \text{ (theor. } 21^{\circ} 53\frac{3}{4}') \\ 313:101 &= 13^{\circ} 9\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 13^{\circ} 10') \\ \bar{1}\bar{1}1:\bar{1}\bar{3}3 &= 21^{\circ} 49' \\ \bar{1}\bar{3}3:0\bar{1}1 &= 13^{\circ} 10' \\ \bar{1}11:\bar{2}21 &= 17^{\circ} 23\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 15^{\circ} 47\frac{3}{4}') \end{aligned}$$

Geätzt 45 Sekunden mit Kw. 1 aqu. Die gestreiften Sphenoidflächen sind stark angegriffen, die glatten zeigen kleine Ätzgrübchen. Das  $\bar{1}\bar{1}0$  läßt keilförmige in Reihen hintereinanderliegende Ätzgrübchen erkennen, die ihre Spitze der negativen Sphenoidfläche zukehren und offenbar mit den Ätzerscheinungen auf dieser Fläche in Zusammenhang zu bringen sind.

St. Agnes (XII). Die Stufe des k. k. Hofmuseums zeigt prachtvolle, zum Teil große (bis 2 cm) Krystalle. Das Verhältnis der beiden in Zwillingstellung befindlichen Individuen schwankt sehr. Nicht selten sind beide Individuen gleich groß, meist entsprechen sie der oben angegebenen Entwicklung; selten tritt der Fall ein, daß das sonst schmale und untergeordnete Individuum vorherrschend wird und das mit der federartigen Streifung auf (111) versehene Individuum als kleiner Krystall auf ersterem aufsitzt. Immer sind die negativen Sphenoidflächen glatt. Zwillinge nach (111).

$$\begin{aligned} \text{XII}_3 \text{ gemessen: I. } 001:111 &= 54^{\circ} 47' \text{ (theor. } 54^{\circ} 20'); \\ \text{II. } 001:111 &= 54^{\circ} 17\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 54^{\circ} 20') \\ 001:\bar{1}\bar{1}1 &= 54^{\circ} 47\frac{1}{2}' \\ 11\bar{1}:110 &= 35^{\circ} 35\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 35^{\circ} 40') \\ 111:201 &= 39^{\circ} 2\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 39^{\circ} 5') \\ 111:021 &= 38^{\circ} 59' \\ 111:221 &= 16^{\circ} 28' \text{ (theor. } 15^{\circ} 55\frac{1}{2}') \\ 221:552 &= 2^{\circ} 58' \text{ (theor. } 3^{\circ} 34\frac{1}{2}') \\ 110:552 &= 16^{\circ} 14\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 16^{\circ} 11'). \end{aligned}$$

Zwillingwinkel  $\bar{1}\bar{1}1_{\text{I}}:111_{\text{II}} = 37^{\circ} 94\frac{1}{2}'$  (theor.  $37^{\circ} 20'$ ).

Der Krystall wurde 45 Sekunden mit Kw. 1 aqu. behandelt. Die Ätzerscheinungen auf (110) sind sehr undeutlich, auf dem negativen Sphenoid sind kleine Ätzgrübchen, auf der Endfläche disymme-

trische Ätzfiguren zu beobachten. Die Begrenzungskanten der letzteren bildet ein Rhombus, dessen längere Diagonale der Kante mit dem negativen Sphenoid parallel geht. Auf dem positiven Sphenoid ist nur das starke Hervortreten der Streifung bemerkbar. Die Ätzung ergibt, daß die Sphenoide (221) und (552) in positiver Stellung auftreten.

XII<sub>1</sub>. Zwillings nach (111).

Gemessen: I. 001:111 = 54° 17½' (theor. 54° 20')

111:111 = 70° 10' (theor. 70° 7½')

111:101 = 36° 4'

111:021 = 39° 26' (theor. 39° 5')

021:110 = 50° 27'

101:313 = 13° 1½' (theor. 13° 10')

313:111 = 22° 6' (theor. 21° 53¾');

II. 111:110 = 35° 34½' (theor. 35° 40')

111:133 = 47° 25'

111:133 = 22° 40½'.

Zwillingswinkel 111<sub>I</sub>:111<sub>II</sub> = 37° 9' (theor. 37° 20').

Der Krystall wurde 45 Sekunden mit Kw. 1 aqu. geätzt. Auf den positiven Sphenoidflächen treten einzelne kegelförmige Ätzhügel, auf den negativen kleine Ätzgrübchen auf. Die Fläche (313) tritt bei beiden Individuen nur in positiver Stellung auf.

XII<sub>2</sub>. 001:111 = 54° 23½' (theor. 54° 20')

111:110 = 35° 36'

111:110 = 35° 37' (theor. 35° 40')

111:201 = 39° 5' (theor. 39° 5')

111:021 = 39° 6'.

Die positiven Sphenoide geben nur sehr schlecht stimmende Winkelwerte.

Geätzt 9 Stunden mit NaOH. Die positiven (111) sind mit dreiseitigen Ätzgrübchen bedeckt, die negativen und (110) kaum merklich angegriffen. (201) zeigt wieder die asymmetrischen dreiseitigen Ätzfiguren, deren Flächen durch gleichzeitiges Aufleuchten mit den Ätzflächen auf dem positiven Sphenoid einen Zusammenhang mit diesen erkennen lassen.

Ein vierter Typus (Fig. 4) ergibt sich für Kupferkiese durch das Vorherrschen der verwendeten Pyramiden.

Das beste Beispiel hierfür liefern die Krystalle von Burgoldinghausen (V). Leider zeigten die Krystalle, die ich untersuchen konnte, keines der seltenen Skalenoeder, die Schimper<sup>1)</sup> und später Souheur<sup>2)</sup> von diesem Vorkommen beschrieb; daher war eine Kritik deren Aufstellung nicht möglich. Ich wäre aber geneigt, gegen Schimper die Aufstellung Sadebecks<sup>3)</sup> anzunehmen.

Vorherrschend entwickelt ist an Krystallen dieses Fundortes (201), dann (101), (203), (907), immer untergeordnet (111) und ( $\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ ); letzteres kann auch fehlen. Alle Flächen sind glatt mit Ausnahme von (203). An Zwillingen nach (111) stoßen ein breiteres positives und ein schmäleres negatives Sphenoid zusammen.

Vb<sub>6</sub> gemessen:

001:011	= 44° 30'	(theor. 44° 34½')
001:203	= 33° 38'	(theor. 33° 18')
001: $\bar{2}$ 03	= 33° 19'	
001:0 $\bar{2}$ 3	= 33° 20'	
203:101	= 11° 17'	(theor. 11° 16½')
$\bar{2}$ 03: $\bar{1}$ 01	= 11° 15½'	
0 $\bar{2}$ 3:0 $\bar{1}\bar{1}$	= 11° 12'	
101:201	= 18° 31'	(theor. 18° 31')
011:021	= 18° 30'	
$\bar{1}$ 01: $\bar{2}$ 01	= 18° 33'	
0 $\bar{1}\bar{1}$ :0 $\bar{2}$ 1	= 18° 30'	
111:201	= 38° 50'	(theor. 39° 5½')
111:021	= 38° 56'	
$\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ :201	= 39° 10'	
$\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ :021	= 39° 1½'.	

Geätzt 30 Minuten mit Kw. 3 aqu. Auf den (201) Flächen erscheinen nur undeutliche Ätzgrübchen. Deutlicher ist die Erscheinung an einem zweiten Krystall (Vb<sub>6</sub>), der 30 Minuten mit Kw. 2 aqu. behandelt wurde. Die positiven Sphenoidflächen, die hier allein entwickelt sind, zeigen große dreiseitige Ätzgrübchen, (201) flache rinnenförmige, die annähernd senkrecht zur Kante mit (111) orientiert sind.

<sup>1)</sup> Bei Groth, Mineraliensammlung der Universität Straßburg.

<sup>2)</sup> Zeitschrift für Krystallographie, XXIII, pag. 546.

<sup>3)</sup> Zeitschrift der Deutschen geolog. Gesellschaft, 30, pag. 567.

V<sub>a2</sub>. Zwilling nach (111).

Gemessen: I. 001:203 = 33° 18' (theor. 33° 18')

$$001:023 = 33^{\circ} 17\frac{1}{2}'$$

$$001:\bar{2}03 = 33^{\circ} 18'$$

$$001:0\bar{2}3 = 33^{\circ} 17\frac{1}{2}'$$

$$203:201 = 29^{\circ} 48\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 29^{\circ} 47\frac{1}{2}') \text{)}$$

$$0\bar{2}3:0\bar{2}1 = 29^{\circ} 45\frac{1}{2}'$$

$$023:011 = 11^{\circ} 16' \text{ (theor. } 11^{\circ} 16\frac{1}{2}') \text{)}$$

$$\bar{2}03:\bar{1}01 = 11^{\circ} 49'$$

$$\bar{1}01:\bar{2}01 = 17^{\circ} 55' \text{ (theor. } 18^{\circ} 31') \text{)}$$

$$011:097 = 7^{\circ} 9\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 7^{\circ} 8\frac{1}{2}') \text{)}$$

$$097:021 = 11^{\circ} 22\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 11^{\circ} 22\frac{1}{2}') \text{)}$$

$$111:201 = 39^{\circ} 6' \text{ (theor. } 39^{\circ} 5\frac{1}{2}') \text{)}$$

$$111:021 = 39^{\circ} 1\frac{1}{2}'$$

$$\bar{1}\bar{1}1:201 = 39^{\circ} 11'$$

$$\bar{1}\bar{1}1:0\bar{2}1 = 39^{\circ} 8';$$

II. 111:201 = 39° 8' (theor. 30° 5½')

$$111:021 = 39^{\circ} 7'$$

$$\bar{1}\bar{1}1:201 = 39^{\circ} 4'$$

$$\bar{1}\bar{1}1:0\bar{2}1 = 39^{\circ} 9\frac{1}{2}'.$$

Zwillingswinkel: 021<sub>I</sub>:201<sub>II</sub> = 28° 56' (theor. 28° 46')

$$201_{I}:0\bar{2}1_{II} = 28^{\circ} 52'.$$

Geätzt 4 Stunden mit NaOH. Die größeren Sphenoidflächen zeigen zahlreiche Ätzgrübchen, sind also positiv. Auf (201) treten kleine langgestreckte Grübchen von asymmetrischer Gestalt auf.

St. Goar (VI). Ganz analog dem vorigen. Nur die positiven Sphenoidflächen sind entwickelt.

Gemessen: 101:907 = 7° 46' (theor. 7° 8½')

$$0\bar{1}1:0\bar{9}7 = 7^{\circ} 26'$$

$$907:201 = 10^{\circ} 43' \text{ (theor. } 11^{\circ} 22\frac{1}{2}') \text{)}$$

$$0\bar{9}7:0\bar{3}2 = 3^{\circ} 13' \text{ (theor. } 4^{\circ} 12') \text{)}$$

$$0\bar{3}2:0\bar{2}1 = 7^{\circ} 13' \text{ (theor. } 7^{\circ} 10\frac{1}{2}') \text{)}$$

Geätzt ½ Minute mit Kw. 1 aqu. Die Sphenoidfläche läßt starke Ätzung erkennen, (201) zeigt asymmetrische dreiseitige Ätzgrübchen, deren längere Höhe senkrecht auf der Kante mit (111) steht und deren Spitze dieser Fläche abgewendet ist.

Dudweiler (VII). Kleine schlecht ausgebildete Krystalle. Vorrherrschend begrenzt von (201), untergeordnet von den Sphenoid-

flächen, die in ihrer Ausbildung und Größe keinen merklichen Unterschied erkennen lassen.

VII<sub>1</sub> gemessen:  $111:201 = 38^{\circ} 11'$  (theor.  $39^{\circ} 5'$ )

$$111:021 = 39^{\circ} 56'$$

$$\bar{1}11:\bar{2}01 = 38^{\circ} 25\frac{1}{2}'$$

$$\bar{1}11:021 = 38^{\circ} 51'.$$

Nach einem halbminutenlangen Ätzen mit Kw. 1 aqu. zeigt ( $\bar{1}11$ ) kleine Ätzgrübchen.

VII<sub>2</sub> gemessen:  $1\bar{1}1:\bar{2}01 = 38^{\circ} 22'$  (theor.  $39^{\circ} 5'$ )

$$\bar{1}\bar{1}1:0\bar{2}1 = 39^{\circ} 11\frac{1}{2}'$$

$$\bar{1}11:\bar{2}01 = 38^{\circ} 51\frac{1}{2}'$$

$$\bar{2}01:0\bar{2}\bar{1} = 102^{\circ} 12' \text{ (theor. } 101^{\circ} 49').$$

12 Stunden mit NaOH geätzt. Die positiven Sphenoidflächen zeigen Ätzgrübchen.

Dillen burg (VIII). Das gleiche Vorkommen wie es Sadebeck<sup>1)</sup> beschrieb. Vorherrschende Flächen (201) und (101), untergeordnet die Sphenoiden (111) und ( $\bar{1}11$ ). An einem Krystall wurde auch (704) gemessen ( $704:001 = 58^{\circ} 46'$ ,  $\bar{7}04:001 = 59^{\circ} 32'$ ,  $074:001 = 59^{\circ} 13\frac{1}{2}'$  theor.  $59^{\circ} 53'$ ).

Zumeist Zwillinge nach (101) entsprechend Fig. 268 bei Hintze.

Gemessen VIIIa<sub>1</sub>: I.  $111:011 = 35^{\circ} 19'$  (theor.  $35^{\circ} 4'$ )

$$\bar{1}\bar{1}1:\bar{2}01 = 39^{\circ} 2' \text{ (theor. } 39^{\circ} 5');$$

II.  $111:011 = 35^{\circ} 19'$

$$111:021 = 39^{\circ} 13'.$$

Zwillingswinkel:  $111_{\text{I}}:111_{\text{II}} = 1^{\circ} 43\frac{1}{2}'$  (theor.  $1^{\circ} 23\frac{1}{2}'$ )

$$\bar{1}\bar{1}1_{\text{I}}:\bar{1}\bar{1}1_{\text{II}} = 109^{\circ} 33' \text{ (theor. } 109^{\circ} 52\frac{1}{2}').$$

Der Krystall wurde mit NaOH geätzt. Die positiven Sphenoidflächen sind mit dreiseitigen Ätzgrübchen bedeckt. Die Ätzung zeigt deutlich, daß an der Zwillingsgrenze zwei positive Flächen zusammenstoßen.

Eine zweite Stufe von demselben Fundorte weist einen abweichenden Typus auf. Von den Sphenoiden ist das positive groß entwickelt, jedoch vollkommen glatt, das negative klein.

Gemessen VIII b<sub>1</sub>:  $001:\bar{1}\bar{1}1 = 54^{\circ} 21\frac{1}{2}'$  (theor.  $54^{\circ} 20'$ )

$$001:101 = 44^{\circ} 28'$$

$$001:011 = 44^{\circ} 33' \text{ (theor. } 44^{\circ} 34\frac{1}{2}')$$

$$001:\bar{2}01 = 62^{\circ} 57' \text{ (theor. } 63^{\circ} 51\frac{1}{2}')$$

<sup>1)</sup> Loco citato.



$$101:201 = 18^{\circ} 26\frac{1}{2}' \text{ (theor. } 18^{\circ} 31\frac{1}{2}') \text{}$$

$$011:021 = 18^{\circ} 31\frac{1}{2}'$$

$$20\bar{1}:201 = 53^{\circ} 53' \text{ (theor. } 53^{\circ} 49\frac{1}{2}') \text{}$$

$$021:02\bar{1} = 53^{\circ} 21\frac{1}{2}'$$

$$\bar{2}01:\bar{2}0\bar{1} = 54^{\circ} 5\frac{1}{2}'.$$

Geätzt 45 Sekunden mit Kw. 1a<sub>qu</sub>. Auf einer negativen Sphenoidfläche treten kleine Ätzgrübchen auf, auf der großen positiven eine feine Streifung.

$$\text{Gemessen VIII } b_2: 201:021 = 78^{\circ} 14' \text{ (theor. } 78^{\circ} 11') \text{}$$

$$021:\bar{1}10 = 50^{\circ} 52' \text{ (theor. } 50^{\circ} 54\frac{1}{2}') \text{}$$

$$\bar{2}0\bar{1}:\bar{1}10 = 50^{\circ} 0'$$

$$\bar{1}\bar{1}\bar{1}:\bar{2}0\bar{1} = 38^{\circ} 59' \text{ (theor. } 39^{\circ} 5\frac{1}{2}') \text{}$$

$$\bar{1}\bar{1}\bar{1}:\bar{0}\bar{2}\bar{1} = 39^{\circ} 7'.$$

Nach siebenstündigem Ätzen mit NaOH treten auf den positiven Sphenoidflächen die charakteristischen dreiseitigen Ätzgrübchen auf.

Es mögen hier kurz die Beobachtungen zusammengefaßt werden:

Am Kupferkies treten bei der Einwirkung mäßig konzentrierten Königswassers zunächst im positiven Quadranten die Zonen (111):(001), (111):(100), (111):(010) als Ätzzonen auf. Bei etwas längerer Einwirkung, ebenso bei Behandlung mit stärkerer Säure verschwinden diese Zonen rasch, um den analogen im negativen Quadranten definitiv Platz zu machen. Diese letzteren werden also als charakteristisch für die Säureätzung angesehen. Damit stimmt auch das Verhalten der Endfläche. Die Ätzflächen, von denen die Grübchen auf (201) gebildet werden, gehören ebenfalls dem negativen Quadranten an. Durch ihre Lage und den Umstand, daß sie mit den Ätzflächen auf (111) gleichzeitig reflektieren, lassen sie sich als Skalenoeder erkennen, die ungefähr im Schnittpunkte der Zonen (111):(100) und (201):(110) liegen, also der Fläche (311) annähernd entsprechen.

Die Einwirkung von Alkalihydroxyden läßt als Hauptätzzonen (100):(111), (010):(111), (001):(111) hervortreten, damit stimmt das Verhalten der Endfläche. Ätzerscheinungen auf (201) scheinen darauf hinzuweisen, daß hier noch Nebenzonen auftreten, die annähernd mit der Zone (001):(100), respektive (001):(010) übereinstimmen.

Die Orientierung der Ätzzonen für Säuren (wobei das kurze Hervortreten der positiven Quadranten als nicht typisch angesehen wurde) und für Basen geben Fig. 7 und Fig. 10 wieder.

Die Verteilung der Ätzzonen, die Gestalt der Ätzfiguren ebenso wie die Annäherung der Winkelwerte an die der entsprechenden tesseralen Formen weisen auf einen pseudotesseralen Aufbau der Kupferkiese hin. Die Aufstellung, die Goldschmidt<sup>1)</sup> und Fedorow<sup>2)</sup> den Kupferkiesen geben — Drehung um  $45^\circ$ , (201) wird zu (111) —, erscheint daher als unhaltbar. Spaltbarkeit wurde nur an zwei Vorkommen, Schlaggenwald und Burgholdingshausen, beobachtet, hier allerdings so vollkommen, daß die gemessenen Winkel recht gut stimmten.

Beckenkamp hat den Versuch gemacht<sup>3)</sup>, die Kupferkiese als Zwillinge rhombischer Einzelindividuen zu denken. Diese Erklärung hat schon an sich wenig Wahrscheinlichkeit. Alle Kupferkieskrystalle mit Ausnahme derer von Arakawa, Japan und allenfalls einiger Cornwaller Vorkommen sollten Zwillinge sein, deren Natur man äußerlich an nichts erkennen könnte. Ich überprüfte die Behauptung Beckenkamps auch durch den Versuch. Wenn wirklich eine der *a*-Achsen (des tetragonalen Kupferkieses) Zwillingsachse sein sollte, so müßte ein Schnitt durch den Mittelpunkt des Krystalles parallel 110 die Zwillingsebene treffen. Es wurde also eine künstliche 110 Fläche fast bis zur Krystallmitte angeschliffen, poliert und mit Königswasser geätzt. Dabei zeigten sich, wenn auch nicht sehr schön, dieselben Ätzerscheinungen wie auf natürlichen (110) Flächen, keilförmig in der Richtung der *c*-Achse hintereinander gereihte Grübchen. Nirgends war eine Änderung in der Orientierung derselben oder das Auftreten einer Zwillingsgrenze zu bemerken. Auch ein Unterschied zwischen oberen und unteren Sphenoidflächen in ihrem Verhalten gegenüber den Lösungsmitteln war nirgends zu sehen.

Die Erscheinung, daß bei einem bestimmten Fundorte eines Mineralen häufig eine abweichende Flächenentwicklung eintritt, die scheinbar auf eine niedere Symmetrie deutet, ist ja auch bei anderen Mineralien bekannt. Ein Faktor, der hier vielleicht zur Erklärung herbeigezogen werden könnte, wäre eine Änderung in der Konzentration der Mutterlauge, die bei annähernd orientiert aufgewachsenen Krystallen bei deren langsamer Bildung einen habituellen Unterschied zwischen Ober- und Unterseite herbeiführen könnte.

---

<sup>1)</sup> Krystallographische Winkeltabellen.

<sup>2)</sup> Zeitschrift für Krystallographie, XXXV, pag. 57 und XXXVII, pag. 37.

<sup>3)</sup> Zeitschrift für Krystallographie, XLIII, pag. 43.

Was die Verteilung der Sphenoid- und Skalenoederflächen betrifft, so haben die Versuche folgendes ergeben. Das Grundsphenoïd (111) tritt in beiden Stellungen auf, häufiger und größer entwickelt in positiver Stellung. Wenn die beiden Skalenoeder einen Unterschied erkennen lassen, gelten die Regeln von Haidinger und Sadebeck. (552) tritt bei den untersuchten Vorkommen nur in positiver Stellung auf, ebenso eine Gruppe von Flächen um (441), (221) wurde in beiden Stellungen bestimmt, (114) nur in negativer.

Die beobachteten Skalenoeder treten nur in positiver Stellung auf. Es sind dies (513), (313) und (212).

Am Schlusse dieses Teiles spreche ich meinem hochverehrten Lehrer Herrn Professor Dr. F. Becke meinen ergebensten Dank aus für die Hilfe und Förderung, die er mir bei meiner Arbeit zuteil werden ließ, ebenso Herrn Hofrat G. v. Tschermak für die Erlaubnis, das Material des mineralogischen Institutes benutzen zu dürfen. Herrn Direktor Berwerth bin ich zu großem Danke verpflichtet für die gütige Überlassung mehrerer Stufen des k. k. Hofmuseums, Herrn Dr. Perlepp verdanke ich ebenfalls hübsches Untersuchungsmaterial.

### Tafelerklärung.

- Figur 1 bis 4: die vier Typen der untersuchten Kupferkiese. 1. Schlaggenwald, 2. Liskeard, 3. Siegen, 4. Burgholdingshausen.  
 „ 5 bis 7: Verhalten bei der Einwirkung von Königswasser.  
 „ 5: Ätzfigur auf ( $\bar{1}11$ ).  
 „ 6: Ätzfiguren auf ( $\bar{1}11$ ) und (201).  
 „ 7: Stereogr. Projektion der Hauptätzzonen.  
 „ 8 bis 10: Verhalten gegenüber Natronlauge.  
 „ 8: Ätzfigur auf (111).  
 „ 9: Ätzfigur auf (111) und (201).  
 „ 10: Stereogr. Projektion der Haupt- (—) und Nebenätzzonen (. . .).

