

# SEPARAT-ABDRUCK

AUS DEN

MINERALOGISCHEN UND PETROGRAPHISCHEN

## MITTHEILUNGEN

HERAUSGEGEBEN

VON

G. TSCHERMAK.

---

WIEN.

ALFRED HÖLDER

K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER

I., ROTHENTHURMSTRASSE 15.

- Fig. 9*b*. Variation desselben Typus mit Zeichnung des Vicinalflächenbaues, namentlich auch auf den verticalen Prismenflächen.
- Fig. 10*a*. Eine Fläche des Domas  $d$  erscheint als Träger der Combination. Im Uebrigen der vorige Typus. Ausser  $d$  sind noch  $a, b, J, l, n, r, \lambda$  vorhanden.
- Fig. 10*b*. Derselbe Krystall in etwas schematisirter Seitenansicht (respective in der Vorderansicht der Dana'schen Aufstellung). Die Aetzfiguren auf  $d$  sind hier am schönsten zu sehen.
- Fig. 11. Beispiel von asymmetrischer Formenentwicklung. Je eine Fläche  $d, \lambda$  vorherrschend; sonst noch  $a, r$  und  $n$ . Seitenansicht, stark gestürzt.
- Fig. 12. Desgleichen. Eine Fläche  $\lambda$  sehr vorherrschend. In der verticalen Zone  $a, l, x, n$  links,  $x$  und  $n$  allein rechts.
- Fig. 13. Ebenso. Oben zwei gegenüberliegende Flächen  $\lambda$  vorherrschend; tafelförmige Ausbildung nach dem Prisma  $n$  resp.  $x$ .  $n$  liegt quer vor dem Beschauer.
- Fig. 14. An beiden Enden der Säulenzone vollständig ausgebildeter Krystall. Unten ungefähr von der Ausbildung des Typus III (Fig. 7 und 8), oben ähnlich dem Typus IV (Fig. 9 und 10). Am unteren Ende bloß von Flächen  $\lambda$  abgeschlossen.

(In Fig. 1,  $2b, 2b', 2c, 2c', 3b, 4, 12$  sind die Axen  $a$  und  $b$  so gestellt, dass die dazu senkrechten Pinakoide mit einer auf den Beschauer zulaufenden Ebene rechts und links genau  $45^\circ$  bilden.)

Fig. 11 ist stark gestürzt. Fig. 13 und 14 liegen über einem Axenkreuz, welches gegen das Naumann'sche in der Ebene der Endflächen um  $45^\circ$  gedreht erscheint. Die übrigen Figuren sind über dem Naumann'schen Axenkreuz der gewöhnlichen Aufstellung gezeichnet.)

## XXV. Aetzversuche an der Zinkblende.

Von F. Becke.

(Mit Tafel VII und VIII und 6 Holzschnitten.)

### Einleitung.

Die folgenden Untersuchungen wurden veranlasst durch den Wunsch eine Methode zu finden, welche erlaubt, die so mannigfach ausgebildeten Krystalle der Zinkblende nach einem zuverlässigen Kennzeichen übereinstimmend aufzustellen.

A. Sadebeck<sup>1)</sup> hat diesen Versuch zuerst unternommen auf Grund eingehender Untersuchungen über Ausdehnung, Glanz der Flächen und Mitvorkommen secundärer Formen. Sein Versuch wurde von P. Groth<sup>2)</sup> einer eingehenden und nicht immer beifälligen Kritik unterzogen, worauf Sadebeck in einer Replik unter mehrfachen Aenderungen im Detail im Grossen und Ganzen seinen Satz aufrecht hält: Die Tetraëdrie beruht auf einem polaren Gegensatz der Molekularaggregation in den abwechselnden Oktanten, ein Gegensatz, welcher eine verschiedene Formentwicklung und Ausbildung, einen verschiedenen Bau und damit verbundene verschiedene physikalische Beschaffenheit der Flächen in beiden Stellungen zur Folge hat<sup>3)</sup>.

Ohne Zweifel ist die Verschiedenheit der Ausbildung, der Formentwicklung und des Baues, auf welche hin Sadebeck seine 1. und 2. Stellung unterscheidet, von dem Gegensatz des molekularen Baues nach den zwei entgegengesetzten Richtungen der trigonalen Axen abhängig; allein auf diese Verschiedenheiten wirken auch andere Umstände modificirend ein, wie dies Groth 1878 hervorhebt.

Es schien also wünschenswerth, Erscheinungen herbeizuziehen, welche vom molekularen Bau abhängig sind, bei deren Hervorrufung aber die äusseren Umstände in ihrer Wirksamkeit eliminirt werden können.

Als eine solche Erscheinung sind die Aetzfiguren bekannt, welche für die feinsten Unterschiede im Krystallbau sehr empfindlich sind, und bei deren Hervorrufung die äusseren Umstände gleich gemacht, also deren Einfluss eliminirt werden kann.

Damit war der Anstoss zu der folgenden Untersuchung gegeben, welche umso dankbarer erschien, als ausser dem Boracit, dessen tesserale Natur noch strittig ist, kein tesseraler, tetraëdrisch-hemiëdrischer Krystall der Aetzung bis jetzt unterzogen wurde. Dieselbe zerfällt in 2 Theile; im ersten Theil werden die Erschei-

---

<sup>1)</sup> Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft, 1869 (später kurz: Sadebeck 1869).

<sup>2)</sup> Die Mineralien-Sammlung der Kaiser Wilhelms-Universität in Strassburg, 1878 (später citirt: Groth 1878).

<sup>3)</sup> Ueber tetraëdrische Hemiëdrie, Zeitschr. der deutsch. geol. Gesellsch., 1878, pag. 613 (später citirt: Sadebeck 1878).

nungen beim Aetzen beschrieben und der Einfluss, welchen verschiedene Umstände auf den Erfolg der Aetzung haben, dargelegt.

Der zweite Theil zeigt die Anwendung der Aetzmethode auf die Krystallographie der Blende.

## I. Theil.

### Methoden der Aetzung.

Als Aetzmittel wendete ich fast ausschliesslich Salzsäure an, und zwar Säure von bekanntem Procentgehalt. Die Säure muss, um eine deutliche Aetzung hervorzurufen, bis zum Sieden erhitzt sein. Unterhalb des Siedepunktes erfolgt kaum eine Einwirkung. Die Säure wurde in einem kleinen Bechergläschen erhitzt, ein eingehängtes Thermometer gestattete die Temperatur abzulesen. Die zu ätzenden Krystalle oder Spaltstücke wurden mittelst eines Körbchens aus Platindraht eingeführt, welches mit zwei hakig umgebogenen Drähten am Rande des Becherglases aufgehängt werden konnte. Hiedurch war es möglich, die Dauer der Aetzung genau nach der Uhr zu reguliren.

Die Beobachtung erfolgte theils an den geätzten Krystallen bei mässiger Vergrösserung (bis 100) im auffallenden Licht, theils an Abgüssen, welche mittelst Gelatine hergestellt wurden. Die Messungsmethoden werden später beschrieben werden.

### Positives Tetraëder.

Wenn man einen Krystall von Kapniker Zinkblende, welcher beide Tetraëder zeigt, 2—3 Minuten in mässig verdünnter Salzsäure ätzt, so beobachtet man, dass die Flächen des einen Tetraëders, welche von gewölbten Vicinalflächen umgeben sind, nach Sadebeck's Aufstellung das 2. Tetraëder, ganz matt werden, während die Flächen des anderen Tetraëders mit der triangulären Riefung, nach Sadebeck das 1. Tetraëder, glänzend bleiben und sich mit zahlreichen dreiseitigen Aetzfiguren bedecken. Die Aetzfiguren sind vertiefte dreiseitige Pyramiden, deren Seiten dem Umriss der geätzten Fläche parallel gehen (vergl. Taf. VII, Fig. 2). Die Seitenflächen entsprechen daher einem Triakistetraëder.

Oefter erscheint die Spitze abgestumpft; die Abstumpfung ist in manchen Fällen ziemlich eben, oder sie ist sechsseitig flach vertieft, entsprechend einer Combination von 3 Flächen eines Triakistetraeders und 3 Flächen eines Deltoeders, welche beide dem Tetraeder in ihrer Lage nahe stehen.

Auch die vertieften Kanten des steilen Triakistetraeders sind bisweilen durch gerundete und gestreifte Flächen eines Deltoeders abgestumpft (Fig. 1 *c, f*).

Bei den dunkelgefärbten Blenden (Rodna, Kapnik) herrscht das steile Triakistetraeder vor (Fig. 1 *a, b*), bei helleren (gelbe Blende von Kapnik, Schemnitz, Binnenthal) tritt die Abstumpfung mehr hervor, so dass das steile Triakistetraeder nur schmal auftritt und oft die drei Flächen desselben nicht mehr zum Schnitt kommen. Der dreiseitige Umriss der Aetzfiguren geht dann in einen sechsseitigen über (Fig. 1 *d—f*).

Die Aetzfiguren erscheinen anfangs vereinzelt, stehen oft in Reihen neben einander; namentlich geben die Riefen nach dem Dodekaeder oft Anlass zur Bildung ganzer Reihen von theilweise zusammenfliessenden Aetzfiguren. Sie erscheinen hier manchmal verzerrt, einseitig in die Länge gezogen, was nur der Unebenheit der Oberfläche zuzuschreiben ist.

Bei lange fortgesetzter Aetzung sieht man oft neben einigen wenigen grösseren, schön ausgebildeten Aetzfiguren die ganze übrige Fläche mit kleinen rundlichen flachen Grübchen bedeckt, welche sich als aneinander geschobene Centraltheile verfliessender Aetzfiguren erweisen.

Lichtfigur. Beobachtet man das Reflexbild eines leuchtenden Punktes mittels einer geätzten positiven Tetraederfläche, so erblickt man ein sehr schönes trisymmetrisches Lichtbild. Dasselbe besteht aus einem centralen Theil und aus drei Strahlen, welche sich unter  $120^\circ$  schneiden und den Triakistetraedern entsprechen: Hauptstrahlen (in den Figuren *x*). Mitunter treten noch deren Winkelhalbirend drei meist verwaschene Nebenstrahlen (*z*) auf.

Der centrale Theil zeigt manche Verschiedenheiten, welche mit der Entwicklung der Abstumpfung der Aetzfigur zusammen-

hängen. Bei den dunklen Blenden (z. B. Rodna) beobachtet man nur einen verschwommenen, vag dreieckigen Schein (Fig. 11)<sup>1)</sup>.

Bei den hellgefärbten Blenden ist der Centraltheil der hellste Theil der Lichtfigur. Hier bemerkt man ausser dem hellen Centralreflex, welcher der unveränderten Lage der Tetraëderfläche entspricht, sechs helle Flecke, von denen drei und drei abwechselnd gleiche Entfernung vom Centralfleck haben (Fig. 8, 9, 10).

Häufig beobachtet man, dass diese Flecke nicht einfach sind, sondern aus mehreren genäherten Reflexen bestehen. Dann erkennt man gewöhnlich in den Hauptstrahlen 2 ( $\zeta_1 \zeta_2$ ), in den Nebenstrahlen 3 ( $\zeta_1 - \zeta_3$ ) Reflexe. Die ersteren sind meist schärfer und schmaler, die letzteren dagegen breit und verwaschen. Je drei Reflexe der Haupt- und der Nebenstrahlen sind durch Lichtbögen zu einem winkligen Ring verbunden (Fig. 9, 10), manchmal liegen alle in einem gleichmässigen hellen Feld (Fig. 8).

Die Hauptstrahlen entsprechen den Triakistetraedern und bestehen aus einem seitlich meist scharf begrenzten, oft sehr verlängerten Reflex, in welchem man oft mehrere Culminationen der Helligkeit, bisweilen sogar eine ganze Reihe von Einzelreflexen wahrnehmen kann. Der Abstand dieser Reflexe vom Centralreflex schwankt von 8—30°. Welche Momente auf diese verschiedene Lage Einfluss haben, wird später gezeigt werden.

Die Nebenstrahlen entsprechen Deltoëderflächen und fehlen manchmal gänzlich. Wenn sie vorhanden sind, erscheinen sie meist lichtschwächer und verwaschen (Fig. 10). Auch sie lassen häufig die Zusammensetzung aus genäherten Einzelreflexen erkennen. Die Entfernung der hellsten Stellen vom Centralreflex ist kleiner als bei den zugehörigen Hauptstrahlen, aber nicht um so viel, dass die entsprechenden Flächen in eine Zone fallen würden.

Auf die Lichtfigur des positiven Tetraëders wirken auch die umgebenden Begrenzungselemente ein. Sind die Flächen des posi-

---

<sup>1)</sup> Die auf Tafel VII gezeichneten Lichtfiguren beruhen alle auf genauen Messungen: u. zw. wurden die Reflexe in der Weise eingetragen, dass die Entfernungen den trigonometrischen Tangenten der beobachteten Winkel gleich gesetzt wurden. Die Figuren sind daher gleichzeitig gnomonische Projectionen der Polfigur der Aetzflächen, wofür sie um 180° verwendet werden. Alle Figuren sind in gleichem Massstabe ausgeführt (1 = 15 Mm.). Nur Fig. 19 ist in doppelt so grossem Massstabe gezeichnet.

tiven Tetraëders von den Dodekaëderflächen begrenzt, so erscheinen die hellen Reflexe der Hauptstrahlen durch Lichtbögen verbunden, welche der Lichtfigur der Dodekaëderflächen angehören. Indem man die betreffende Dodekaëderfläche mit einem Kartenblatt bedeckt, kann man sich hievon überzeugen (Fig. 8).

Bei Krystallen von Binnenthal, an welchen das negative Tetraëder vorherrscht und Würfelflächen nur schmal auftreten, sind die Oktaëderkanten durch Aetzflächen abgestumpft, welche Deltöedern entsprechen und die Nebenstrahlen der Lichtfigur glänzender erscheinen lassen als die Hauptstrahlen (Fig. 9).

### Würfel.

Das Verhalten der Würfelflächen wurde an schwarzen Krystallen von Rodna und Schlaggenwald, an gelbbraunen von Binnenthal, an gelben von Schemnitz und Kapnik untersucht.

Nach der Aetzung, welche namentlich bei den hellgefärbten länger (10—15 Minuten) dauern muss, ehe ein deutliches Resultat sichtbar wird, erscheint die Würfelfläche bedeckt mit dichtgedrängten, gestreckt rechteckigen Aetzgrübchen, die den Eindruck einer feinen Riefung nach dem positiven Tetraëder hervorbringen (Fig. 3, Taf. VII). Bei den hellgefärbten Blenden lässt sich diese hier sehr feine Riefung überhaupt nicht mehr in einzelne Grübchen auflösen.

Die langen steilen Seitenflächen der Grübchen spiegeln gleichzeitig mit den entsprechenden Seitenflächen der Aetzfiguren auf dem positiven Tetraëder, entsprechen somit demselben positiven Triakistetraëder. Die anderen Seitenflächen verlaufen mit der Bodenfläche zu einer gekrümmten Fläche; sie entsprechen einem negativen Triakistetraëder, welches dem Würfel sehr nahe steht.

Lichtfigur. Dem entsprechend ist auch die Lichtfigur der Würfelfläche beschaffen, welche bei Kapniker und Schemnitzer Krystallen eine in der Richtung des positiven Tetraëders verlängerte Lichtlinie darstellt (Fig. 11 *b*, Taf. VII). Dieselbe hat einen centralen gestreckten Reflex, welcher der ursprünglichen Würfelfläche entspricht, und an den Enden zwei Culminationen, welche mit den entsprechenden Hauptstrahlen der beiden benachbarten Tetraëder zusammenfallen.

Bei den dunklen Blenden ist der peripherische Theil wie bei den hellen, nur ist er dem Centrum näher gerückt und seitlich von

dem Würfelreflex, oder statt desselben, erscheinen zwei helle Punkte ( $\eta$ ) oder zwei helle Streifen, die in der Richtung gegen das positive Tetraëder verlängert, weiterhin in flachem Bogen zusammenfliessen. Der erstere Fall (Fig. 11, unterer Theil) wurde bei länger dauernder, der zweite Fall (Fig. 11 *a*) bei kürzerer Aetzung beobachtet.

An Krystallen, deren positives Tetraëder in einer Kante mit dem Würfel zusammenstösst (Rodna, Binnenthal), entsteht an dieser eine Abstumpfung, welche mit den Aetzgrübchen des Würfels und Tetraëders gleichzeitig einspiegelt.

### Triakistetraëder $+x(311)$ .

Das Verhalten dieser Fläche wurde an Schemnitzer Krystallen geprüft, an welchen dieselbe ziemlich gross auftritt. Es entstehen sehr feine Riefen, ähnlich wie auf den Würfelflächen und gleich gerichtet. Diese Riefen spiegeln einerseits mit dem Centralreflex der Würfelfläche, andererseits mit der Aetzfläche derselben Triakistetraëderzone und mit dem Centralreflex des positiven Tetraëders ein.

### Dodekaëder.

Die Untersuchungen konnten bezüglich der Dodekaëderfläche vielfach wiederholt und variirt werden, da durch die vollkommene Spaltbarkeit ein zur Aetzung sehr taugliches Material gewonnen werden konnte.

Zur Untersuchung dienten Spaltstücke der Blende von Picos de Europa, Santander, Spaltstücke der dunkelbraunen derben Blende von Offenbánya, der schwarzen Blende von Rodna, endlich natürliche Flächen der Blende von Schemnitz und Kapnik. Letztere liessen auch die Stellung der Aetzfiguren zum positiven Tetraëder bestimmen.

Nach der Aetzung erscheinen die Dodekaëderflächen bedeckt mit dichtgedrängten Aetzfiguren, welche unter allen Umständen und vom ersten Moment ihrer Wahrnehmbarkeit erhalten sind. Diese Aetzhügel haben die Gestalt schiefer, nach der kurzen Diagonale der Dodekaëderfläche monosymmetrischer Pyramiden, sind also z. B. auf der Fläche 101, auf welche alle späteren Angaben bezogen sind, oben und unten gleich, rechts und links verschieden. Rechts, also gegen

das positive Tetraëder (später : auf der positiven Seite) fallen sie flach ab und tragen zwei glänzende Flächen ( $x$ -Flächen), die sich in einer Kante schneiden, welche die ganze Figur symmetrisch theilt (Mittelkante). Auf der linken (negativen) Seite tragen sie steil abfallende Flächen, die bei der Daraufrsicht sich z. Th. zu Linien verkürzen. Die steilen Flächen links und die flachen rechts stossen in zwei in der Spitze zusammenlaufenden Kanten (Scheitelkanten) zusammen, deren Winkel gegen das positive Tetraëder offen ist und bei verschiedenen Blenden bedeutenden Schwankungen unterliegt. Er überschreitet  $120^\circ$  bei den dunklen Blenden (Fig. 5, Taf. VII) und geht bis auf  $70^\circ$  herab bei den hellen Blenden (Fig. 4).

Die  $x$ -Flächen selbst bilden mit der Dodekaëderfläche ein-springende Kanten (Basiskanten), welche miteinander einen nach links offenen Winkel bilden. Diese Kanten sind wegen der dichten Stellung der Aetzhügel nur selten zu sehen, und zwar nur nach lang dauernder Aetzung, wo die Aetzhügel einzeln stehen (Fig. 6).

Man kann übrigens auch schon aus der Gestalt der  $x$ -Flächen ihre Lage erschliessen. Dieselbe steht ausserdem in gesetzmässigem Zusammenhang mit der Lage der Scheitelkanten: Wenn diese einen stumpfen Winkel einschliessen, erscheinen die Basiskanten unter einem ziemlich spitzen Winkel (dunkle Blenden, kleine Aetzhügel der Fig. 6). Wenn der Winkel der Scheitelkanten kleiner als ein rechter wird, nähert sich der Winkel der Basiskanten dem Werth von  $180^\circ$  (helle Blenden, grosser Aetzhügel der Fig. 6).

Die  $x$ -Flächen haben genau oder nahezu genau dieselbe Lage wie die Seitenflächen der Aetzgrübchen auf  $+x(111)$ .

Hält man einen Krystall, welcher die Flächen 111, die drei anliegenden Dodekaëder- und Hexaëderflächen trägt, mit der Tetraëderfläche horizontal, während Licht von vorne schief einfällt, und dreht ihn so lange um die Kante 111.110 gegen sich zu, bis die unteren mit  $x_1$  bezeichneten Flächen der Aetzgrübchen Licht reflectiren (vergl. die schematische Fig. 2, Taf. VII), so glänzen gleichzeitig die gleich bezeichneten Flächen der Aetzhügel auf 101 und 011, und die Riefen auf 001. Ebenso erweisen sich die mit  $x_2$  und  $x_3$  bezeichneten Elemente der Aetzfiguren im ganzen Oktanten parallel.

Auf der negativen Seite der Aetzhügel bemerkt man gewöhnlich nur die scharfen Scheitelkanten, aber keine deutlichen Flächen, da dieselben zu steil sind, um direct wahrgenommen zu werden. Man kann sich indess durch folgenden Versuch von dem Vorhandensein dieser Flächen überzeugen.

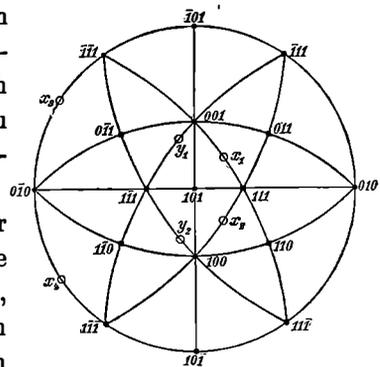
Bringt man eine Lichtquelle, das Auge und eine geätzte Dodekaëderplatte in eine Horizontalebene und dreht die letztere um eine verticale Axe, so sieht man dieselbe bei zwei Stellungen schimmern, welche zwei zur kurzen Diagonale symmetrischen Richtungen der reflectirenden Flächen entsprechen. Aus diesem Versuch geht auch hervor, dass diese Flächen genau oder nahezu senkrecht auf der geätzten Dodekaëderfläche stehen.

Durch den Vergleich mit der nebenstehenden Projection auf die Dodekaëderfläche überzeugt man sich, dass diese Flächen einem ähnlich liegenden, wahrscheinlich demselben Triakistetraëder angehören, wie die Flächen der positiven Seite der Aetzhügel. Es sind die gleichen Flächen der Oktanten oben links hinten und unten links vorn.

Nunmehr wird auch der Zusammenhang klar, der zwischen dem Scheitel- und Basiskantenwinkel constatirt wurde. Je näher das durch die Aetzung entstehende Triakistetraëder dem Oktaëder steht, desto näher rücken  $x_1$  und  $x_2$  zusammen, desto weiter entfernen sich  $x_3$  und  $x_4$  von einander, desto stumpfer wird der Winkel der Basiskanten, welcher gleich dem Supplement des Winkels  $x_1x_2$  ist, desto spitzer der Winkel der Scheitelkanten, welcher gleich dem Kantenwinkel  $x_3x_4$  ist.

Bei länger dauernder Aetzung, und nachdem die Aetzhügel bedeutendere Grösse erlangt haben, treten längs der Scheitelkanten schmale Flächen auf der negativen (Steil-) Seite der Aetzhügel auf, welche dem Würfel oder häufiger einem dem Würfel genäherten negativen Triakistetraëder angehören (Fig. 6). Diese Flächen ( $y$ ) verursachen bei Beleuchtung von der negativen Seite einen ähnlich orientirten, aber weit schwächer auftretenden Lichtschimmer

Fig 1.



wie er auf der positiven Seite durch die  $x$ -Flächen hervorgerufen wird.

Auf Spaltplättchen der Blende von Santander erhielt ich öfters ausser den beschriebenen Aetzhügeln Aetzriefen, welche der langen Diagonale der Dodekaëderfläche parallel und gleichfalls erhaben sind; sie erreichen die Länge von 1 bis 2 Mm. und sind in Folge dessen schon mit freiem Auge als glänzende Linien zu bemerken (Fig. 7, Taf. VII).

Auf der positiven Seite tragen sie eine glänzende Fläche, welche einem positiven Deltoiddodekaëder entspricht, auf der negativen Seite sind sie rauh und glanzlos, und es sieht aus, als ob hier die Spitzen zahlreicher, sehr kleiner Aetzhügel herausstehen würden. Oft setzen sie durch grössere Aetzhügel durch, wie die Figur zeigt, oder enden in solche.

Warum diese Aetzriefen nur manchmal entstehen und durch welche Umstände ihr Auftreten bedingt ist, vermag ich nicht anzugeben. Discontinuitäten der Spaltfläche, welche vor der Aetzung vorhanden waren, sind die Ursache ihrer Entstehung nicht, da ich sie bei vollkommen glatten Spaltflächen entstehen sah.

Lichtfigur. Die Lichtfigur der Dodekaëderfläche zeichnet sich vor Allem dadurch aus, dass ihr ein Centraltheil vollständig fehlt, sobald die Aetzung so weit fortgeschritten ist, dass überhaupt eine Lichtfigur sichtbar ist. Will man sich über die Lage der Theile der Lichtfigur zum Dodekaëderreflex orientiren, so muss man durch Abspalten eines Splitters von der geätzten Oberfläche eine spiegelnde Fläche erzeugen.

Auch in der unmittelbaren Nähe des so erzeugten Dodekaëderbildes fehlen Reflexe; alle Theile der Lichtfigur liegen weit vom Centralreflex entfernt, so dass man die einzelnen Theile mühsam durch Drehen und Wenden der Platte zusammensuchen muss.

In der Lichtfigur machen sich die  $x$ -Flächen der positiven Seite und die Flächen der Aetzriefen am meisten geltend.

Den  $x$ -Flächen entsprechen zwei mehr oder weniger bestimmt begrenzte helle Flecke, welche untereinander durch einen schwächer leuchtenden, gegen den Dodekaëderreflex convexen Bogen (Brücke) verbunden sind, und an welche sich andererseits noch kürzere, geradlinige Lichtschweife anschliessen (vergl. Fig. 12, 13, 14).

Die beiden  $x$ -Reflexe sind mehr oder weniger von einander entfernt und entsprechend die Brücke mehr oder weniger lang, je nachdem die Aetzhügel die Gestalt Fig. 5 oder Fig. 4 haben.

Sind Aetzriefen vorhanden, so bilden sie einen oder eine Reihe seitlich scharf begränzter Reflexe (Fig. 13), die mitten zwischen den  $x$ -Reflexen liegt. In diesem Falle fehlt gewöhnlich die „Brücke“.

Untersucht man die Lichtfigur der Dodekaöderfläche an einem Krystalle, der auch das positive Tetraöder zeigt, so sieht man, in welcher Weise die Lichtfiguren der beiden Flächen zusammenhängen.

Die  $x$ -Reflexe des Dodekaöders fallen genau oder nahezu genau mit den Culminationen der Hauptstrahlen des Tetraöders zusammen. Die „Schweife“ fallen in die Verlängerung dieser Strahlen, die „Brücke“ gehört dem Dodekaöder allein an, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man die Dodekaöderflächen durch ein vorgehaltenes Kartenblatt verdunkelt.

Mittels der Lichtfigur kann man sich auch überzeugen, dass die Coincidenz der  $x$ -Reflexe mit den Hauptstrahlen des Tetraöders öfter nur eine beiläufige ist, indem die  $x$ -Reflexe etwas seitwärts liegen, so dass die  $x$ -Flächen einem Hexakistetraöder entsprechen.

Dies verräth sich auch an geätzten Spaltplättchen dadurch, dass neben den „Schweiften“ eine Reihe von Lichtbildern auftritt, welche in grösserem Abstand vom Dodekaöder-Reflex liegen, als die verschwommenen  $x$ -Reflexe. Diese Lichtbilder rühren her von Aetzflächen, welche sich an den Kanten der Spaltungsstücke ausbilden und genau in der Zone der Triakistetraöder liegen.

Lässt man eine solche Kante Licht reflectiren, so erhält man als Lichtfigur eine oft aus vielen einzelnen scharfen Bildern zusammengesetzte Linie und zu beiden Seiten die zwei hellen verschwommenen  $x$ -Reflexe der beiden in der Kante zusammenstossenden Dodekaöderflächen.

Wenn an den Aetzhügeln  $y$ -Flächen auftreten, so veranlassen sie zwei Reflexe, die in beiläufig radialer Richtung ziemlich gestreckt sind. Die auf der Dodekaöderfläche senkrechten  $x$ -Flächen können in der Lichtfigur derselben nicht zum Vorschein kommen (vergl. Fig. 12, Taf. VII).

### Negatives Tetraëder.

Die negativen Tetraëderflächen machten im Anfange die grössten Schwierigkeiten. Nach der Aetzung lassen dieselben weder bei der directen Beobachtung, bei auffallendem Lichte, noch bei der Untersuchung an Gelatineabgüssen irgend welche regelmässige Figuren erkennen. Man sieht immer nur eine sehr feingekörnelte Fläche.

Mit freiem Auge betrachtet erscheint die Fläche matt sammtartig, besonders bei schwarzen Blenden. Bei dunkelbraunen Blenden, welche nur in dünnen Schichten durchscheinend sind, bemerkt man einen eigenthümlich gelblichbraunen Schimmer, der sich wie ein reifähnlicher Ueberzug abreiben lässt.

Bei der Herstellung der Gelatineabdrücke bemerkt man, dass die Gelatinehaut an der geätzten Fläche sehr fest haftet, so dass sie ohne Verletzung der Oberfläche gar nicht abgehoben werden kann. Winzige Krystallpartikel werden von der Gelatine abgerissen und verleihen ihr eine graue Färbung.

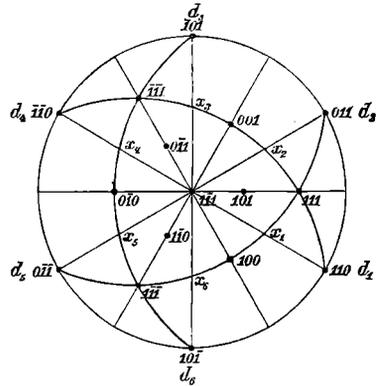
Die folgenden Beobachtungen zeigen, dass auch hier die Aetzung in regelmässiger Weise erfolgt.

Um die zu beschreibenden Erscheinungen gut zu sehen, muss die Aetzung längere Zeit (10—15 Minuten) in kochender Salzsäure fortgesetzt werden. Aetzt man auf diese Weise einen Krystall z. B. von Rodna, welcher beide Tetraëder und den Würfel zeigt, und hält den Krystall mit dem positiven Tetraëder horizontal und neigt ihn um die Kante 001. 111, während Licht von vorne einfällt, so lange gegen den Beschauer, bis die unteren Flächen der Aetzfigur auf der positiven Tetraëderfläche Licht reflectiren, so tritt auch auf den beiden benachbarten Flächen des negativen Tetraëders ein intensiver Schimmer auf.

Hält man die Fläche des negativen Tetraëders horizontal und dreht den Krystall um eine verticale Axe, während Licht von vorne unter  $60^\circ$  gegen die Verticale einfällt und das Auge des Beobachters unter gleichem Neigungswinkel von der Seite auf den Krystall blickt, so sieht man diesen Schimmer bei einer vollen Umdrehung sechsmal auftreten. In der Regel sind immer zwei aufeinanderfolgende Schimmerstellungen um einen kleineren, die zwei nächsten um einen grösseren Winkel auseinander.

Vergleicht man diese Angaben mit der nebenstehenden Projection auf das negative Tetraëder, in welchem mit  $x_1-x_6$  die Projectionen derjenigen Aetzflächen eingetragen sind, welche auf den drei benachbarten Flächen des positiven Tetraëders auftreten, so übersieht man sofort, dass die Vertheilung dieser Aetzflächen mit der Vertheilung des Schimmers übereinstimmt, dass somit die Unebenheiten auf der negativen Tetraëderfläche von den Flächen desselben positiven Triakistetraëders gebildet werden, die auf den übrigen Krystallflächen entstehen.

Fig. 2.



Die Steilheit der entstehenden Aetzflächen lässt auch die übrigen Erscheinungen erklären, welche am negativen Tetraëder auftreten. Man kann sich vorstellen, dass die entstehenden Unebenheiten die Gestalt spitzer sechseitiger Pyramiden haben. Die Steilheit ihrer Seitenflächen, deren Neigungswinkel  $60^\circ$  übersteigt, hindert die Erkennung ihrer Gestalt unter dem Mikroskop, erklärt das Festhalten des Gelatinehäutchens, das sammtartige Aussehen der geätzten Fläche und den gelblichen reifähnlichen Schimmer, der durch die feinen durchscheinenden Spitzen hervorgerufen wird und abgerieben werden kann, weil die zarten Gebilde leicht abbrechen.

Auch die negativen Tetraëderflächen geben eine Lichtfigur, welche trisymmetrisch ist, aber aus so zerstreuten Reflexen besteht, dass das Auge immer nur einen derselben gleichzeitig erblickt. Je einer der sechs Reflexe fällt mit einem Hauptstrahl der benachbarten positiven Tetraëderflächen zusammen. Auch hier ist diese Coincidenz manchmal keine ganz vollkommene.

Übersieht man die beim Aetzen der Zinkblende auftretenden Erscheinungen im Ganzen, so zeigt sich, dass bei den vertieften oder erhabenen Aetzfiguren auf allen Flächen die positiven Triakistetraëder eine Rolle spielen, dass neben diesen auf den einzelnen Krystallflächen noch andere Aetzflächen vorkommen, die jedoch in ihrem Auftreten an die betreffenden Krystallflächen gebunden sind.

Die positiven Triakistetraëder stellen daher die Hauptätzflächen der Blende dar.

Nebenätzflächen auf dem positiven Tetraëder sind die Deltoëder, dann der Kranz vicinaler Triakistetraëder und Deltoëder, welche den Centraltheil der Lichtfigur hervorrufen. Nebenätzflächen des Würfels sind die demselben nahestehenden negativen Triakistetraëder. Eben solche treten bisweilen auf den Dodekaëderflächen auf; ausserdem sind die Deltoëder der Aetzriefen Nebenätzflächen des Dodekaëders. Auf den negativen Tetraëderflächen scheinen Nebenätzflächen zu fehlen.

Man kann die Zonen zwischen dem Würfel und dem positiven Tetraëder als Aetz zonen bezeichnen. Die Krystallflächen, welche dieser Aetzzone angehören und welche ausserhalb derselben liegen zeigen manche bemerkenswerthe Verschiedenheiten (vergl. hierüber den Schlussabschnitt des ersten Theiles).

### Messungen.

Zur genauen Bestimmung der Lage der Aetzflächen waren Messungen nöthig, welche ich auf verschiedene Weise ausführte.

Die exacteste Methode ist die goniometrische, wobei die Reflexe der Lichtfigur der Messung unterzogen werden. Es könnte auffallend erscheinen, dass die Lichtfiguren noch niemals in diesem Sinne verwendet wurden. Die Forscher, die sich bisher mit der Bestimmung der Lage von Aetzflächen beschäftigt haben, verwendeten stets Schimmermessungen unter Benützung einer nahe vor dem Goniometer stehenden Lampe. Die Lichtfigur wurde immer nur bezüglich ihrer Symmetrie berücksichtigt.

Die Genauigkeit der Messung wird indess auch hier durch bedeutende Fehler beeinträchtigt, welche von der Justirung und der Einstellung herrühren.

Die richtige Justirung ist in dem Falle leicht zu erreichen, wo die geätzte Fläche selbst in der Aetzzone liegt. Dann gibt ein schwacher Lichtbogen, welcher die zu messenden Reflexe untereinander verbindet, die Lage der Zone an, und die Reflexe selbst sind seitlich scharf begrenzt.

Die richtige Justirung ist dagegen schwierig bei den ausserhalb der Aetzzone liegenden Flächen. Hier veranlasst die Ver-

schwommenheit und Krümmung der Reflexe und ihre Ausdehnung schief oder senkrecht zu der einzustellenden Zone eine bedeutende Unsicherheit in der Justirung.

Anderseits hängt die Genauigkeit der Messung ab von der Präcision der Einstellung, welche bei wenigen der Aetzflächen sehr befriedigend ist.

Am präcisesten erfolgte die Einstellung bei den gegliederten Hauptstrahlen der positiven Tetraëderfläche, wo unter günstigen Umständen die Mittelwerthe nach dreifacher Repetition um weniger als 10' differirten.

Dagegen zeigten sich bei den langgezogenen Reflexen, wie sie manchmal in der Lichtfigur des positiven Tetraëders auftreten, und bei den verschwommenen  $x$ -Reflexen auf den Dodekaëder- und negativen Tetraëderflächen bedeutendere Differenzen bis zu 1 Grad, namentlich bei der Messung des gegenseitigen Abstandes zweier  $x$ -Reflexe.

Die Messungen wurden alle mit dem kleinen Goniometer eines Fuess'schen Universal-Apparates ausgeführt. Als Signal benützte ich eine runde Oeffnung von 4 Mm. Durchmesser, welche durch eine Petroleumlampe erleuchtet wurde und sich im Brennpunkt des Colimationsrohres befand. Dieses letztere wurde in einiger Entfernung vom Goniometer aufgestellt, um an diesem selbst nicht gehindert zu sein; seine richtige Stellung zu demselben wurde mit dem Beobachtungsfernrohr geprüft.

Das Messen wurde fast stets mit freiem Auge vorgenommen, da bei Anwendung eines Fernrohres die Einstellung verschwommener Reflexe noch erschwert wird.

Eine zweite mögliche Methode wäre die Messung der ebenen Winkel der Aetzfiguren, welche allerdings nur auf den Dodekaëderflächen anwendbar wäre, wo die Scheitelkanten der Aetzhügel einen variablen Winkel einschliessen, welcher zugleich dem Winkel der längsten Kante des betreffenden Triakistetraëders gleich ist. Diese Methode, welche Leydolt bei der Untersuchung der Aetzfiguren des Aragonit verwendete, allerdings in einer nur ganz rohen, auf Schätzung beruhenden Weise, führte indess zu keinem befriedigenden Resultate, da die auftretenden Kanten nicht geradlinig genug ausgebildet sind.

Eine dritte Methode beruht auf der Einstellung auf das Maxi-

mum des Schimmers, welcher eintritt, wenn geätzte Flächen in bestimmte Lage gegen das einfallende Licht kommen. Auf diese Art kann man die Azimuthwinkel bestimmen, welche gleichgeneigte Aetzflächen mit einander auf der geätzten Fläche einschliessen.

Bringt man beispielsweise eine geätzte Dodekaëderplatte auf den drehbaren Objecttisch des Mikroskopes und beobachtet man die Platte bei schwacher Vergrösserung (grosser Focalabstand ist hiezu nothwendig), während von vorne ein Bündel paralleler Lichtstrahlen unter geeigneter Neigung auf die Platte fällt, so beobachtet man in zwei Stellungen einen Schimmer, hervorgerufen durch die reflectirenden  $x$ -Flächen der Aetzhügel (in den Fällen, wo  $y$ -Flächen auftreten, bewirken auch diese einen, jedoch weit schwächeren Schimmer). Der Winkel, um welchen man drehen muss, um aus einer Schimmerstellung in die andere zu gelangen, entspricht dem Winkel  $x_1 dx_2$ , welcher in der Folge mit  $\sphericalangle A$  bezeichnet wird; ebenso bedeutet  $\sphericalangle B$  den Winkel  $y_1 dy_2$  auf der Dodekaëderfläche. Der  $\sphericalangle A$  ist das Supplement des Winkels der Basiskanten.

Auf der negativen Tetraëderfläche konnten so die sechs Winkel bestimmt werden, welche die sechs Aetzflächen auf der Tetraëderfläche mit einander bilden. Diese Winkel sind zu dreien abwechselnd gleich. Die drei grösseren entsprechen jenen Aetzflächen, zwischen welchen eine Hexaëderfläche liegt ( $\sphericalangle H$ ), die drei kleineren entsprechen jenen, zwischen welchen eine positive Tetraëderfläche liegt ( $\sphericalangle O$ ).  
 $\sphericalangle O + \sphericalangle H = 120^\circ$ .

Bei dieser Messung ist auf folgende Punkte Rücksicht zu nehmen:

1. Die Platte muss genau der Ebene der Drehung parallel sein. Dieses wurde bei der Dodekaëderfläche auf folgende Weise leicht erreicht. Die Oberfläche wurde an einer Stelle abgespalten und so eine spiegelnde Stelle erzeugt. Die Platte wurde dann auf den Justirapparat eines Goniometers gebracht und mit diesem auf den Objecttisch des Mikroskopes gesetzt. Das Bild einer entfernten Flamme wurde mit der spiegelnden Stelle der Platte beobachtet und die Justirung so lange geändert, bis das Bild bei einer Umdrehung des Objecttisches keine Verrückung erfuhr. War dies erreicht, so war die Platte der Drehungsebene parallel.

Bei der negativen Tetraëderfläche, auf welche diese Methode gleichfalls angewendet wurde, legte ich auf die geätzte Fläche um ein Spiegelbild zu erhalten einen dünnen Deckglassplitter.

2. Ein Bündel paralleler Lichtstrahlen wurde durch Anwendung einer Colimationslinse erzeugt, in deren Brennpunkt sich eine Scheibe mit einer runden, 4 Mm. im Durchmesser haltenden Oeffnung befand. Die Oeffnung wurde durch eine Petroleumlampe erleuchtet, welche hinter einem Schirm aufgestellt war.

3. Die Beobachtung durch das verticale Mikroskop ist nur dann möglich, wenn die Aetzflächen unter weniger als  $45^\circ$  gegen die geätzte Fläche geneigt sind. Dies trifft für die Dodekaëderfläche zu; da die Aetzflächen, welche überhaupt der Messung unterzogen werden können, Winkel von  $27^\circ$ — $33^\circ$  mit der Dodekaëderfläche einschliessen, genügte es, das Licht unter  $30^\circ$  gegen den Horizont einfallen zu lassen, um von allen Aetzflächen den Schimmer zu erhalten.

Auf der negativen Tetraëderfläche bilden die Aetzflächen grössere Winkel (bis über  $70^\circ$ ). Hier wurde dem Colimator die schiefe Stellung gelassen und das Beobachtungsrohr in einer um  $90^\circ$  verschiedenen Ebene gleichfalls schief aufgestellt. Die für die Beobachtung geeignetste Schiefe musste durch Versuchen gefunden werden.

4. Bei der Messung grösserer Platten zeigte sich, dass der Schimmer nicht auf allen Theilen der Platte gleichzeitig eintrat, sondern an der einen Seite begann, über die Mitte hinzog und am anderen Ende verschwand. Um die hiedurch eintretende Unsicherheit zu vermeiden, wurde im Ocular ein Diaphragma mit enger Oeffnung angebracht, so dass blos der centrale Theil des Gesichtsfeldes sichtbar blieb.

Die Messung ist bei dieser Methode umso genauer, je steiler die Aetzflächen gegen die horizontal gelegte, geätzte Fläche geneigt sind, daher sind auf der Tetraëderfläche genauere Werthe zu erwarten als auf der Dodekaëderfläche. Dies wurde auch durch die Erfahrung bestätigt.

Der Winkel  $\sphericalangle A$  wurde auf der Dodekaëderfläche mit Schimmermessung immer grösser gefunden als die Rechnung aus dem sphärischen Dreieck  $x_1 dx_2$  ergab, unter Zugrundelegung der goniometrisch bestimmten Winkel  $dx_1$ ,  $dx_2$ ,  $x_1 x_2$ . Ich konnte die Ursache dieses constanten Fehlers nicht bestimmen. Uebrigens laufen beide Reihen von Werthen parallel, indem einem grösseren berech-

neten auch immer ein grösserer beobachteter Werth entspricht. Daher zeigte sich diese rasche Methode besonders zu orientirenden Voruntersuchungen ganz geeignet.

Vorerst mögen einige Messungen angeführt werden, welche die Uebereinstimmung der Lage der Aetzflächen an verschiedenen geätzten Flächen desselben Krystalles oder gleicher Krystalle darthun.

Ein Krystall von Rodna, welcher Würfel und beide Tetraëderflächen zeigte, wurde 15 Minuten in kochender concentrirter Salzsäure geätzt.

Die Messung der Lichtfigur auf der Würfelfläche (vergl. Fig. 11, unterer Theil) gab folgende Winkel:

gemessen	berechnet
$hx_1 = 25^\circ 18'$	
$hx_3 = 25 \quad 13$	$001.113 = 25^\circ 4'$
$r_1 r_2 = 4 \quad 50$	

Auf der positiven Tetraëderfläche war der Centralfleck zu unbestimmt, als dass genaue Messungen ausführbar gewesen wären.

Die Schimmermessung auf der negativen Tetraëderfläche gab Schimmer in 6 Stellungen, welche die folgenden Winkel einschlossen (vergl. die Projection Fig. 2, S. 469).

$\sphericalangle O$	$\sphericalangle H$
$x_1 x_2 = 60.1^\circ$	$x_2 x_3 = 61.0^\circ$
$x_3 x_4 = 60.3$	$x_4 x_5 = 60.0$
$x_5 x_6 = 59.4$	$x_6 x_1 = 59.1$

Die Winkel  $\sphericalangle O$  und  $\sphericalangle H$  sind hier gleich, das Mittel ist  $60^\circ$ , wie es die Lage der  $x$ -Flächen parallel (311) in der ersten Diagonalzone des negativen Tetraëders erfordert.

Ein anderer Krystall, welcher das negative Tetraëder sehr gross zeigte, trug an seiner Unterseite eine grosse Spaltfläche, welche zum Theil einem Zwilling-Individuum angehörte. An demselben wurden nach kürzer dauernder Aetzung folgende Messungen angestellt.

Die Lichtfigur auf der Dodekaëderfläche lieferte folgende Winkel (vergl. Fig. 14), Hauptkrystall unter I, Zwillingkrystall unter II.

I	II	Mittel
$dx_1 = 29^\circ 51'$	$dx_1 = 30^\circ 33'$	} $30^\circ 29'5''$
$dx_2 = 30\ 28$	$dx_2 = 31\ 6$	
$x_1x_2 = 46\ 23$	$x_1x_2 = 46\ 15$	$46^\circ 19'$

Die in der Zeichnung wiedergegebene Lichtfigur ist besonders wegen der Annäherung der zwei verschiedenen Individuen angehörenden  $x$ -Reflexe bemerkenswerth; wären die Aetzflächen parallel (311), so müssten die betreffenden  $x$ -Reflexe zusammenfallen.

Die Schimmermessung auf der Dodekaëderfläche ergab auf jedem Individuum zweimaligen Schimmer.

Als Mittel von je 10 Einstellungen erhielt ich folgende Zahlen:

I		II	
$x_1$	$x_2$	$x_1$	$x_3$
$136\cdot7^\circ$	$236\cdot2^\circ$	$246\cdot8^\circ$	$348\cdot4^\circ$
Hieraus $\sphericalangle A_I \ . \ . \ . \ 99\cdot5^\circ$			
$\sphericalangle A_{II} \ . \ . \ . \ 101\cdot6^\circ$			
		<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> 100\cdot6^\circ	

Die Annäherung der  $x$ -Flächen an (311) gibt sich durch den kleinen Winkel  $x_{2I}/x_{1II}$  zu erkennen.

Bei einer gewissen Stellung sind beide Individuen fast gleichzeitig hell, doch ist der Unterschied der Maxima noch zu erkennen. Wären die  $x$ -Flächen genau parallel (311), so würden die Schimmermaxima auf beiden Individuen zusammenfallen.

Auf der negativen Tetraëderfläche wurde der Schimmer in 6 Stellungen beobachtet, welche folgende Winkel ergaben:

$\sphericalangle O$	$\sphericalangle H$
$x_1x_2 = 54\cdot6^\circ$	$x_2x_3 = 65\cdot9^\circ$
$x_3x_4 = 53\cdot6$	$x_4x_5 = 64\cdot7$
$x_6x_8 = 55\cdot1$	$x_6x_1 = 66\cdot0$
<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> 54\cdot5^\circ	<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/> 65\cdot5^\circ

Die Rechnung, welcher das Mittel der Winkel  $dx$  und  $x_1x_2$  zu Grunde gelegt wurde ergab, dass die Aetzflächen auf der Dodekaëderfläche die Lage von 338, noch genauer unter Berücksichtigung der Abweichung von der Aetzzone die Lage von 30.29.80 haben<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Hier und im Folgenden haben die Indices nur die Bedeutung von Rechnungsbehelfen. Alle Angaben, auch die Indices beziehen sich auf jene Aetzflächen, die bei der Aetzung auf 101 zum Vorschein kommen.

Diese Lage fordert folgende Winkel verglichen mit dem Mittel der Beobachtungen :

	beobachtet	berechnet
$dx$ . . . . .	$30^{\circ} 29'$	$30^{\circ} 27'$
$x_1x_2$ . . . . .	$46^{\circ} 19'$	$46^{\circ} 8'$
$\sphericalangle A$ . . . . .	$100^{\circ} 6^{\circ}$	$101^{\circ} 16'$
$\sphericalangle O$ . . . . .	$54^{\circ} 5^{\circ}$	$54^{\circ} 32.5'$
$\sphericalangle H$ . . . . .	$65^{\circ} 5^{\circ}$	$65^{\circ} 27.5'$

Die vorstehende Messung ergab für die Aetzflächen der Dodekaëderfläche eine kleine Abweichung von der Aetzzone.

Dasselbe ergeben die folgenden Messungen für die Fläche des negativen Tetraëders von Kapnik.

Zur Untersuchung dienten dunkelbraune theils einfache Krystalle, theils spinellähnliche Zwillinge mit beiden Tetraëdern im Gleichgewicht.

Die Schimmermessung auf dem negativen Tetraëder ergab :

$\sphericalangle O$	$\sphericalangle H$
$x_1x_2 = 47.9^{\circ}$	$x_2x_3 = 71.2^{\circ}$
$x_3x_4 = 47.8$	$x_4x_6 = 72.2$
$x_6x_6 = \frac{47.0}{47.6^{\circ}}$	$x_6x_1 = \frac{73.8}{72.4^{\circ}}$

Ferner wurden nach der Aetzung auf vier Seiten jene Dodekaëderflächen, welche senkrecht auf der geätzten Tetraëderfläche stehen, angespalten und die Winkel von diesen letzteren zu den  $x$ -Reflexen gemessen (vergl. zur Orientirung Fig. 2, S. 469).

$d_1x_1 = 30^{\circ} 56'$	$d_3x_3 = 31^{\circ} 17'$	
$x_1x_4 = 118 11$	$d_3x_6 = 149 15$	
$d_4x_4 = 31 0$		
$d_1x_2 = 59^{\circ} 23'$	$d_3x_4 = 59^{\circ} 33'$	
$x_2x_3 = 60 53$	$d_3x_1 = 120 46$	
$d_4x_3 = 59 17$		
$d_1x_6 = 70^{\circ} 3'$	$d_2x_3 = 70^{\circ} 6'$	$d_3x_2 = 69^{\circ} 52'$
$x_6x_5 = 40 3$	$d_2x_4 = 109 55$	$d_3x_1 = 111 7$
$d_4x_5 = 70 22$		

Bildet man aus allen zusammengehörigen Messungen Mittelwerthe, so erhält man die folgenden Winkel für die zwischen 111 und 001 liegende Aetzfläche (vergl. Fig. 3).

$$d_1x = 69^\circ 54'$$

$$d_2x = 30\ 58$$

$$d_3x = 59\ 27$$

Rechnet man aus zwei beliebigen dieser drei Winkel den Winkel  $d_2d_1x$ , so erhält man einen Werth grösser als  $35^\circ 16'$ ; somit kann  $x$  nicht genau in der Zone 111.001 liegen.

Die Lage der Aetzfläche kann durch die Indices 19.18.44 dargestellt werden, welche verglichen mit der Beobachtung folgende Werthe verlangt:

Rechnung	Beobachtung
$d_1x = 59^\circ 16.9'$	$59^\circ 27'$
$d_2x = 31^\circ 1.9'$	$30^\circ 58'$
$d_3x = 69^\circ 48.5'$	$69^\circ 54'$
$\sphericalangle O = 47^\circ 17.5'$	$47.6^\circ$
$\sphericalangle H = 72^\circ 42.5'$	$72.4^\circ$

An der positiven Tetraëderfläche desselben Krystalles wurden die Winkel der drei Seitenflächen der Aetzgrübchen zur Tetraëderfläche wie folgt gemessen:

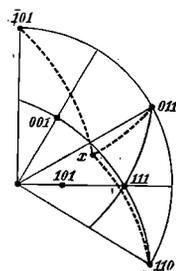
$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 22^\circ 8' \\ \alpha_2 &= 22^\circ 35' \\ \alpha_3 &= 21^\circ 55' \\ &\quad \underline{\hspace{1.5cm}} \\ &\quad 22^\circ 12' \end{aligned}$$

Dies entspricht ungefähr dem Triakistetraëder 5.5.12, welches der Lage von 18.19.44 sehr nahe kommt und den Winkel  $\alpha x = 24^\circ 12'$  fordert.

An einem Krystall von Schemnitz, der das positive Tetraëder und die benachbarten Dodekaëderflächen zeigte, wurde nach 15 Minuten dauernder Aetzung die Lichtfigur der positiven Tetraëderfläche der Messung unterzogen.

Die Lichtfigur ist in Fig. 8 dargestellt. Die  $x$ -Reflexe haben die Gestalt langer Lichtstreifen, welche eine deutliche Culmination

Fig. 3.



( $x$ ) besitzen und in eine lichtschwache Spitze auslaufen, die mehrere Grade weiter reicht; das Ende derselben wurde gleichfalls gemessen ( $x'$ ). An die Culminationen schliessen sich, je zwei derselben verbindend, „Brücken“ an, welche der Lichtfigur der benachbarten Dodekaëderflächen angehören, wie man sich durch Verdecken derselben überzeugen kann. In der Mitte derselben ist ein heller Fleck ( $z$ ), herrührend von einer Aetzfläche, welche die Kante zwischen Dodekaëder und Tetraëder abstumpft.

Der Centraltheil besteht aus einer sechseckigen Lichtscheibe welche Culminationen an den Ecken und in der Mitte trägt; die in den Hauptstrahlen sind mit  $\xi$ , die in den Nebenstrahlen mit  $\zeta$  bezeichnet.

Die Messung ergab:

$$\begin{array}{r}
 ox_1 = 14^\circ 34' \quad ox'_1 = 19^\circ 44' \quad o\check{\zeta}_1 = 4^\circ 12' \quad o\check{\zeta}_1 = 2^\circ 27' \quad oz_1 = 8^\circ 40' \\
 ox_2 = 15 \quad 20 \quad ox'_2 = 19 \quad 11 \quad o\check{\zeta}_2 = 3 \quad 56 \quad o\check{\zeta}_2 = 3 \quad 4 \quad oz_2 = 8 \quad 33 \\
 ox_3 = 14 \quad 20 \quad ox'_3 = 19 \quad 54 \quad o\check{\zeta}_3 = 3 \quad 28 \quad o\check{\zeta}_3 = 2 \quad 55 \\
 \hline
 \quad \quad \quad 14^\circ 45' \quad \quad \quad 19^\circ 38' \quad \quad \quad 3^\circ 52' \quad \quad \quad 2^\circ 49' \quad \quad \quad 8^\circ 36' \\
 111.335 = 14^\circ 24' 12'' \quad 111.112 = 19^\circ 28' 16'' \quad 111.775 = 8^\circ 28' 30''
 \end{array}$$

Wie man sieht stimmen die Messungen in den drei Strahlen ziemlich gut überein. Die vorhandenen Abweichungen sind zudem z. Th. der Verschwommenheit des Centralreflexes zuzuschreiben. Für die Culminationen lassen sich ziemlich einfache Indices berechnen. Für die Flächen  $\xi$  und  $\zeta$  habe ich diese Rechnung unterlassen, da sie zu sehr hohen Zahlen führt, welche bei der Auswahl der Willkür zu grossen Spielraum lassen. Ein Versuch, diese Messungen zu deuten folgt später.

An der Fläche des negativen Tetraëders, welche an einem anderen Krystall geätzt und der Messung unterzogen wurde, konnte man kaum 6 Schimmerstellungen unterscheiden, indem je zwei den Winkel  $\sphericalangle O$  einschliessende durch ein continuirliches Glänzen verbunden sind, so dass die Maxima nur schwer zu fixiren waren; daher ist die Messung ziemlich ungenau.

$$\begin{array}{r}
 \sphericalangle O \\
 x_1x_2 = 21.3^\circ \\
 x_3x_4 = 22.0 \\
 x_5x_6 = 17.9 \\
 \hline
 \quad \quad \quad 20.4^\circ
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 \sphericalangle H \\
 x_2x_3 = 97.3^\circ \\
 x_4x_5 = 104.6 \\
 x_6x_1 = 96.9 \\
 \hline
 \quad \quad \quad 99.6^\circ
 \end{array}$$

Aus den Beobachtungen auf der positiven Tetraëderfläche berechnet man diese Winkel mit  $28^{\circ} 20'$  und  $92^{\circ} 40'$ . Die Uebereinstimmung ist nur eine beiläufige. Dies stimmt mit Beobachtungen an den Dodekaëderflächen, welche zeigen, dass die  $x$ -Flächen sich umso mehr von der Aetzzone entfernen, je mehr sich dieselben der Tetraëderfläche nähern. Dann kann aber der aus der Lage der Aetzflächen in der Aetzzone berechnete Winkel  $\neq 0$  und  $\neq H$  mit der Beobachtung nicht mehr genau übereinstimmen. Daher ist nur ein Theil dieser Differenz auf Beobachtungsfehler zu schieben.

Gelbbraune Krystalle von Binnenthal geben auf den positiven Tetraëderflächen Lichtfiguren, die sich bei längerer Einwirkung der Säure durch reiche Gliederung der Reflexe auszeichnen.

Fig. 10, Taf. VII, zeigt eine solche complicirte Lichtfigur; dieselbe ist in doppelt so grossem Masstabe wie die anderen Figuren gezeichnet.

Im Centraltheil sind zwei scharfe Reflexe in der Richtung der Hauptstrahlen zu erkennen ( $\xi_a, \xi_b$ ), ferner in der Richtung der Nebenstrahlen zwei deutliche, etwas verbreiterte Reflexe  $\zeta_a$  und  $\zeta_b$ , welche mit  $\xi_a$  und  $\xi_b$  durch Lichtbögen verbunden sind, etwas weiter ausserhalb noch ein lichtschwacher Reflex  $\zeta_c$ .

Die Hauptstrahlen bestehen aus ganzen Reihen von scharfen Einzelreflexen, die vier hellsten derselben wurden gemessen ( $x_1, x_2, x_3, x_4$ ); die äussersten waren die hellsten.

In den Nebenstrahlen waren ausserhalb des Centraltheiles nur sehr verwaschene lichtschwache Reflexe.

Es wurde nur einer der Strahlen gemessen:

		gemessen		gerechnet	
$o\zeta_a = 1^{\circ} 32'$	$o\xi_a = 1^{\circ} 54'$	$ox_1 = 8^{\circ} 24'$	111.433	$= 8^{\circ} 1' 58''$	
$o\zeta_b = 2 19$	$o\xi_b = 2 30$	$ox_2 = 10 17$	107.7	$= 10 0 28$	
$o\zeta_c = 3 8$		$ox_3 = 11 8$	322	$= 11 25 17$	
		$ox_4 = 12 32$	117.7	$= 12 44 58$	

Die einzelnen  $x$ -Reflexe führen bei der Berechnung auf ziemlich einfache Indices.

Bei diesem Krystalle waren die Schimmermaxima auf der negativen Tetraëderfläche so undeutlich, dass eine Messung unthunlich war.

Ein anderer, etwas dunkler gefärbter Krystall, dessen Lichtfigur durch die starke Entwicklung der Nebenstrahlen ausgezeichnet ist (vergl. Fig. 9), ergab:

	gemessen	gerechnet
$\alpha\zeta = 2^\circ 11'$	$\alpha x_1 = 7^\circ 51'$	$111.433 = 8^\circ 1' 58''$
$\alpha\xi = 1^\circ 45'$	$\alpha x_3 = 8^\circ 46'$	$118.8 = 8^\circ 54' 47''$
	$\alpha x_3 = 10^\circ 12'$	$107.7 = 10^\circ 0' 28''$
	$\alpha x_4 = 14^\circ 37'$	$533 = 14^\circ 24' 12''$

Die negative Tetraëderfläche war hier besser messbar als bei dem Schemnitzer Krystall und ergab:

$\sphericalangle O$	$\sphericalangle H$
$x_1 x_2 = 25^\circ 7'$	$x_2 x_3 = 93^\circ 8'$
$x_3 x_4 = 25^\circ 9'$	$x_4 x_5 = 95^\circ 2'$
$x_5 x_6 = 25^\circ 6'$	$x_6 x_1 = 93^\circ 8'$
$25^\circ 7'$	$94^\circ 3'$

Unter Zugrundelegung des gemessenen Winkels  $\alpha x_4 = 14^\circ 37'$  berechnet man  $\sphericalangle O = 28^\circ 20'$ ,  $\sphericalangle H = 91^\circ 40'$ .

Zur genaueren Bestimmung der mit dem Zeichen  $y$  belegten Aetzflächen, welche bei länger dauernder Aetzung auf den Spaltflächen der Blende von Santander zu beobachten sind, verwendete ich eine Spaltungslamelle, welche 12 Minuten in stark verdünnter Salzsäure geätzt worden war.

Die Platte zeigte sich aus zwei durch das gewöhnliche Zwillingsgesetz verbundenen Individuen zusammengesetzt. Auf den beiden Theilen, welche in der Mitte in Lamellen alterniren und in voll-

Fig. 4.

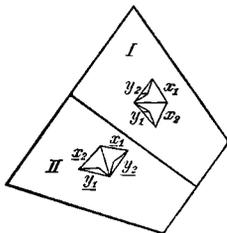
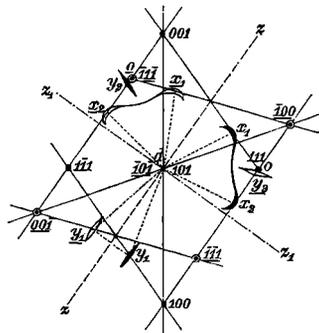


Fig. 5.



kommen geraden, auf der gemeinsamen Kante senkrechten Grenzlinien zusammenstossen, haben die Aetzhügel die in Fig. 4 angegebene Form und Stellung. Sie stehen, wie man sieht, zur Zwillingsgrenze nicht symmetrisch, wohl aber zu einer auf der Zwillingsebene senkrechten Geraden. Fig. 5 gibt eine gnomonische Projection der

wichtigsten Flächen der beiden Individuen auf die beiden gemeinsame geätzte Dodekaëderfläche.

In derselben sind auch die entstandenen Aetzflächen eingezeichnet, und zwar dadurch, dass die Lichtfigur an den entsprechenden Stellen, also in 180° verwendeter Stellung eingetragen wurde. Die Lichtfigur des Individuums I ist ausgefüllt, die von II in Contour gezeichnet; die auf das letztere bezüglichen Indices und Buchstaben sind unterstrichen.

Zur Bestimmung der  $x$ -Flächen wurde  $dx_1$ ,  $dx_2$  und  $x_1x_2$  gemessen; zur Bestimmung der  $y$ -Flächen  $dy_1$ ,  $dy_2$  und — weil die Justirung der Zone  $y_1/y_2$  Schwierigkeiten machte — der Winkel  $y_1y_1$ .

Aus diesen Winkeln konnten die sphärischen Dreiecke  $dox_1$  und  $doy_1$  aufgelöst und die Position von  $y$  und  $x$  bestimmt werden. Auf diese Weise ergab sich, dass  $x$  fast genau in der Aetzzone liegt und der Fläche 17.10.10 sehr nahe kommt, und dass  $y$  sich einem negativen Triakistetraëder 9 $\bar{2}$ 2 nähert.

Die Messung mit der Rechnung verglichen ergab Folgendes:

	gemessen	gerechnet
$dx_1$	= 30° 11'	
$dx_2$	= 30° 16'	
	<u>30° 13·5'</u>	30° 18' 20"
$x_1x_2$	= 25° 42'	25° 52' 10"
$dy_1$	= 33° 59'	
$dy_2$	= 33° 25'	
	<u>33° 42'</u>	34° 26' 18"
$y_1y_1$	= 14° 32'	14° 55'

Die grössere Abweichung bei  $y$  erklärt sich daraus, dass der  $y$ -Reflex in der Richtung der Hauptätzzone, welche die Richtung der justirten Zone schräge durchschneidet, stark gestreckt war, was sowohl die Justirung als die Einstellung sehr unsicher machte.

Zur weiteren Controle können die Schimmermessungen dienen. Es wurde auf das Erglänzen der einzelnen Aetzflächen eingestellt; das Mittel der Ablesungen lieferte folgende Zahlen:

	$y_1$	$x_1$	$x_2$	$y_2$
Individuum	I 357·3	76·7	134·3	213·7
	II 104·8	25·4	326·8	248·7

Aus den abgelesenen Zahlen ergibt sich, verglichen mit der Rechnung aus der Goniometermessung:

	$\sphericalangle A = x_1 dx_2$	$\sphericalangle B = y_1 dy_2$
	I 57·6°	143·6°
	II 58·6°	143·9°
gemessen:	58·1°	143·7°
berechnet:	52° 40'	136° 0'

Die Schimmermessung gibt hier, wie fast immer, zu grosse Werthe. Wie genau indessen die Schimmermessungen unter einander stimmen, zeigen folgende kleine Rechnungen.

Das Mittel der für  $y_1 y_2$  und der für  $x_1 x_2$  abgelesenen Zahlen muss sich um genau 180° unterscheiden.

$$\text{I } \frac{x_1 x_2}{2} = 105\cdot5^\circ; \quad \frac{y_1 y_2}{2} = 285\cdot5^\circ \quad \text{Diff.} = 180^\circ$$

$$\text{II } \frac{x_1 x_2}{2} = 356\cdot1^\circ; \quad \frac{y_1 y_2}{2} = 176\cdot8^\circ \quad \text{Diff.} = 180\cdot7^\circ$$

Da I und II sich in Zwillingstellung befinden, müssen die Mittel für  $x_1 x_2$  von I und II sich um 109° 28' unterscheiden; dasselbe gilt für  $y$ .

	I	II	
$\frac{x_1 x_2}{2}$	105·5°	356·1°	Diff. 109·4°
$\frac{y_1 y_2}{2}$	285·5°	176·8°	Diff. 108·7°

Die Differenz zwischen den beiden unabhängigen Methoden kann daher nicht auf die Unsicherheit der Einstellung auf das Schimmermaximum geschoben werden.

Eine Erklärung kann man darin finden, dass bei der Schimmermessung nur ein kleiner Theil der Platte beobachtet wird, während zur Lichtfigur sämtliche Aetzhügel der ganzen Platte beitragen.

Ferner kann zur Erklärung noch der Umstand herbeigezogen werden, dass möglicherweise die Neigung des Beleuchtungsrohres nicht genau jene war, welche die glattesten Theile der Aetzflächen erforderten, um das Licht in verticaler Richtung in das Beobachtungsmikroskop zu reflectiren. Diese erzeugen aber die hellsten

Reflexe der Lichtfigur, und auf diese bezieht sich die Goniometermessung. Dass dennoch ein Schimmermaximum eintrat, beruht auf der Krümmung der Aetzflächen, die sich auch in den „Lichtschweiften“ der Reflexe ausspricht.

Die Schimmermessung würde sich dann nicht auf die Reflexe der Lichtfigur, sondern auf bestimmte Theile der „Schweife“ beziehen.

Wegen dieser Unsicherheit der Schimmermessung wurde dieselbe nur zu orientirenden Messungen verwendet, wo es auf genauere Messung ankam, immer das Goniometer angewandt.

### Einfluss des Eisengehaltes.

Aus den mitgetheilten Messungen ergeben sich für die Blenden verschiedener Fundorte beträchtliche Unterschiede in der Lage der Aetzflächen, welche namentlich bei den Hauptätzflächen hervortreten.

Diese Verschiedenheiten hängen auf das innigste mit dem Eisengehalte der Blenden zusammen, indem bei den eisenreichsten Blenden die Hauptätzflächen der Form (311) nahe kommen, und bei den eisenärmeren umso mehr sich dem positiven Tetraëder nähern, je kleiner der Eisengehalt ist.

Diese Beziehung tritt deutlich hervor, wenn man die Winkel  $\alpha$  bei verschiedenen Blenden mit der Färbung vergleicht, welche als Mass des Eisengehaltes betrachtet werden kann.

Da auch Concentration der Säure und Dauer der Einwirkung die Lage der Aetzflächen beeinflussen, so sind nur solche Messungen angeführt, bei welchen diese Momente gleichartig waren.

Fundort	Farbe	$\alpha$
Rodna	schwarz	28° 26'
Kapnik	braun	22° 12'
Binnenthal	gelbbraun	14° 37'
Schemnitz	hellgelb	14° 45'

Es wurde schon erwähnt, dass auch in dem Aussehen der Aetzfiguren auf  $+z(111)$  die hellen eisenarmen Blenden sich von den dunklen eisenreichen unterscheiden. Die ersteren zeigen meist die Form von Fig. 1 *d e f*, die letzteren vorzugsweise die Form von Fig. 1 *a b*.

Dieselbe Beziehung tritt auch hervor, wenn man die Aetzhügel auf den Dodekaëderflächen vergleicht. Sie macht sich hier durch Variation des Winkels  $\sphericalangle A = x_1 dx_2$ , welcher durch Schimmermessung leicht bestimmt werden kann, geltend.

Da dieser Winkel selbst bei einer geringen Aenderung in der Lage der Aetzflächen sich bedeutend ändert, daher die Grösse desselben durch Aenderungen in den äusseren Umständen sehr bedeutend beeinflusst wird, musste auf Gleichartigkeit derselben, namentlich der Concentration der Säure und der Dauer der Einwirkung geachtet werden. Wegen der grösseren Empfindlichkeit der Spaltflächen gegenüber der Aetzung genügt eine weit kürzere Aetzdauer.

Spaltstückchen der schwarzen Blende von Rodna, der dunkelbraunen von Offenbánya und der gelben von Santander wurden in der gleichen Säure von 22.5% Gehalt 1 Minute lang geätzt und mittels Schimmermessung der Winkel  $\sphericalangle A$  gemessen:

Fundort	Farbe	$\sphericalangle A$
Rodna	schwarz	106.4°
Offenbánya	dunkelbraun	73.1°
Santander	gelb	52.1°

Da mit  $\sphericalangle A$  der Scheitelkantenwinkel in einem geraden Verhältniss steht, so ist dieser Unterschied schon beim blossen Anblick der Aetzhügel ersichtlich (vergl. die Aetzhügel der schwarzen Blende von Rodna, Fig. 5, und der gelben Blende von Santander, Fig. 4, Taf. VII).

Schliesslich mögen noch die Resultate der Schimmermessung an —\*(111) von 5 verschiedenen Blenden zusammengestellt werden. Je kleiner der Abstand der Aetzflächen von der positiven Tetraëderfläche ist, desto kleiner wird  $\sphericalangle O$ , desto grösser  $\sphericalangle H$ , desto grösser der Unterschied zwischen beiden.

Alle untersuchten Blenden wurden in concentrirter kochender Salzsäure durch 15 Minuten geätzt, wobei auf möglichste Gleichheit aller äusseren Umstände gesehen wurde.

Fundort	Farbe	$\sphericalangle O$	$\sphericalangle H$
Rodna	schwarz	60°	60°
Kapnik	dunkelbrann	47.6°	72.4°
Neudorf	rothbraun	31.4°	88.6°
Binnenthal	gelbbraun	25.7°	94.9°
Schemnitz	hellgelb	20.4°	99.6°

Aus allen angeführten Messungen ergibt sich der Satz: Die Hauptätzflächen liegen in der Aetzzone dem positiven Tetraëder um so näher, je lichter die Farbe, also je geringer der Eisengehalt der Blende ist.

Abgesehen hievon werden die eisenreichen Blenden viel stärker angegriffen als die eisenarmen; um den gleichen Grad der Aetzung zu erzeugen, müssen die hellen eisenarmen Blenden weit-aus länger geätzt werden als die dunklen eisenreichen.

Dies spricht sich auch in der Grösse der Aetzhügel auf der Dodekaëderfläche aus, welche bei gleichen Umständen auf den schwarzen Blenden grösser ausfallen als auf den hellen. Dies gilt aber nicht für die Aetzgrübchen auf  $+x(111)$ .

### **Einfluss äusserer Umstände.**

Verschiedene Concentration der Säure, sowie längere oder kürzere Dauer der Einwirkung schienen von bestimmtem Einfluss auf die Lage der Aetzflächen bei Blenden von gleichem Eisengehalt zu sein, doch gelang es nicht sofort, diesen Einfluss zu fixiren, da noch eine Menge anderer Umstände modificirend mitwirken, welche man nicht so in der Hand hat wie die beiden genannten.

Ehe diese Umstände alle erkannt und die Mittel, sie nach Möglichkeit zu eliminiren, gefunden waren, wurden viele vergebliche Versuche angestellt.

Eines der heikelsten Momente ist die Oberflächenbeschaffenheit der zu ätzenden Fläche. Natürliche Krystallflächen sind schwieriger angreifbar als Spaltflächen; Spaltflächen, welche längere Zeit der Luft ausgesetzt waren, schwieriger als frisch erzeugte.

Von der Aetzung von natürlichen Krystallflächen wurde bei allen folgenden Versuchen grundsätzlich abgesehen, da es nicht möglich schien, ein genügend gleichartiges Material in ausreichender Menge zu beschaffen.

Auch lag bei der Nothwendigkeit einer längeren Dauer der Einwirkung die Gefahr nahe, dass sich durch das Sieden die Concentration der Säure änderte.

Die folgenden Versuche wurden alle mit Spaltungslamellen der Blende von Santander und einer braunen derben Blende von

Offenbánya, welche letztere ich der Freundlichkeit des Herrn Hofrath Tschermak verdanke, ausgeführt.

Wie empfindlich die Oberfläche einer frischen Spaltfläche ist, zeigt folgender Versuch.

Wischt man eine frische Spaltfläche vor der Aetzung mit einem Tuche ab, so treten nach der Aetzung Streifen hervor, welche der Richtung des Wischens folgen.

Berührt man eine solche Spaltfläche mit dem reinen Finger, so tritt nach der Aetzung ein Abdruck der Haut des Fingers in Streifen stärkerer und schwächerer Aetzung hervor.

Diese Erscheinungen erinnern an die Moser'schen Hauchbilder und dürften ähnlich zu erklären sein.

Um eine möglichst gleichartige Oberfläche zu haben, wurden daher nur ganz frisch hergestellte Spaltflächen benützt, welche vor der Aetzung vor jeder Berührung bewahrt blieben.

Man kann sich leicht überzeugen, dass die Lage der zu ätzenden Fläche in der Flüssigkeit nicht gleichgiltig ist, indem man an der Ober- und Unterseite einer in horizontaler Stellung geätzten Lamelle vergleichende Messungen anstellt.

Die hier und im Folgenden angegebenen Winkel sind sämtlich durch Schimmermessung bestimmt, welche für diese vergleichenden Vorversuche genügende Genauigkeit bietet.

Drei Spaltstückchen lieferten für den Winkel  $\sphericalangle A = x_1 dx_2$  auf der

	I	II	III
Oberseite . . .	52·1°	55·6°	53·1°
Unterseite . . .	55·9°	51·9°	59·8°

Ein dickeres Spaltstück, dessen schief gelegene Seitenfläche gemessen werden konnte, zeigte auf der

	A
Oberseite . . . . .	65·7°
Seitenfläche . . . . .	61·0°

Auch auf einer und derselben Spaltfläche zeigten sich Verschiedenheiten, welche weniger betragen, wenn man verschiedene Stellen derselben Platte der Messung unterzieht, als wenn man an einer und derselben Stelle die häufig eingeschalteten Zwillingspartien berücksichtigt.

Man beobachtet oft ziemlich bedeutende Unterschiede an Stellen zweier zwillingsgemäss verwachsener Individuen, welche unmittelbar an einander stossen, so dass die Messung sich auf Theile beider Individuen bezieht, die in dem durch ein enges Diaphragma verkleinerten Gesichtsfelde zugleich gesehen werden.

Bei zwei derartigen Messungen wurde gefunden:

	↘ A	↘ A
Individuum: I	60·0°	62·3°
II	63·1°	54·9°

Diese Differenzen sind zu gross, um sie durch Unsicherheit der Einstellung zu erklären, auch kann man sie nicht auf fehlerhafte Justirung schieben, denn bei wiederholter Horizontaleinstellung der Platte blieben die Unterschiede constant.

Da an einer so begrenzten Stelle Unterschiede in der Concentration der Säure, in der Temperatur etc. völlig ausgeschlossen sind, kann man nur Strömungen in der Flüssigkeit zur Erklärung zu Hilfe nehmen, welche auf die verschieden gestellten Aetzhügel der beiden Individuen verschieden einwirken mögen.

Die Temperatur zeigte sich nur insoferne von Einfluss, als eine deutliche Aetzung nur eintritt, wenn die Säure siedet oder doch dem Siedepunkte sehr nahe ist. Daher wurde die Säure immer siedend in Anwendung gebracht.

### Einfluss der Concentration der Säure.

Um Säuren von bestimmter Concentration zu haben, wurden verschiedene Mischungen käuflicher concentrirter Salzsäure mit Wasser hergestellt.

Die Salzsäure enthielt nach freundlicher Mittheilung von Prof. Příbram, der dieselbe in seinem Laboratorium untersuchen liess, 41·25 Proc. *HCl*. (In der Folge mit Säure I bezeichnet.)

Durch Mischung mit destillirtem Wasser erhielt ich noch folgende drei schwächere Säuren, deren Procentgehalt unter Berücksichtigung des specifischen Gewichtes der concentrirten Säure  $s = 1·20$  berechnet ist:

I.	100 Ccm. Säure				41.25 Proc. <i>HCl</i> .
II.	70 „ „	30 Ccm. Wasser	30.4	„ „	
III.	50 „ „	50 „ „	22.5	„ „	
IV.	40 „ „	60 „ „	18.3	„ „	

### Versuchsreihe I.

Vier Spaltstücke der braunen Blende von Offenbánya, welche unmittelbar vor der Aetzung von einem grösseren Spaltstücke abgespalten, daher möglichst gleichartig waren, wurden mit der zu ätzenden Fläche horizontal gelegt auf die angegebene Weise in Säure I—IV je 30 Secunden lang geätzt.

Das Resultat der Messung ist in folgender Tabelle zusammengestellt:

Säure	$dx$	$x_1 x_2$	$\sphericalangle A$	Zeichen	$dx$	$x_1 x_2$	$\sphericalangle A$
	gemessen				berechnet		
I	30° 13'	24° 21'	57.8°	51.50.84	30° 2'	24° 26'	50° 2'
II	29° 55'	26° 17'	62.2°	51.50.83	29° 52'	26° 42'	55° 14'
III	29° 45'	34° 34'	76.0°	51.50.104	29° 41'	34° 34'	73° 42'
IV	30° 10'	36° 59'	87.1°	5.5.11	30° 6'	37° 52'	80° 38'

Die berechneten Indices gründen sich auf die mit dem Goniometer bestimmten Winkel  $dx$  und  $xx$ .

Die Messungen bei IV sind sehr ungenau, da die Platte durch die schwache Säure nur wenig angegriffen war und sehr lichtschwache Reflexe lieferte.

Die mittels Schimmermessung bestimmten Winkel  $\sphericalangle A$  weichen zwar um mehrere Grade vom berechneten Werthe ab, doch laufen beide Reihen parallel.

In der Projection (Fig. 6) sind die Projectionspunkte der Aetzflächen eingetragen und mit  $o_1—o_4$  bezeichnet.

### Reihe II.

Vier möglichst gleiche vom selben Stück hinter einander abgespaltene Lamellen der gelben Blende von Picos de Europa, Santander, wurden in Säure I—IV je eine Minute geätzt. Die Dauer

der Einwirkung war hier länger, da die eisenarme Blende von Santander von der Säure viel schwerer angegriffen wird.

Säure	$dx$	$x_1 x_2$	$\sphericalangle A$	Zeichen	$dx$	$x_1 x_2$	$\sphericalangle A$
	gemessen				gerechnet		
I.	29° 38'	15° 20'	28·8°	11 . 10 . 15	29° 29'	15° 23'	31° 35'
II.	29° 34'	21° 50'	49·4°	20 . 19 . 31	29° 39'	21° 42'	44° 43'
III.	29° 30'	22° 50'	52·1°	20 . 19 . 32	29° 30'	23° 10'	48° 8'
IV.			80·3°				

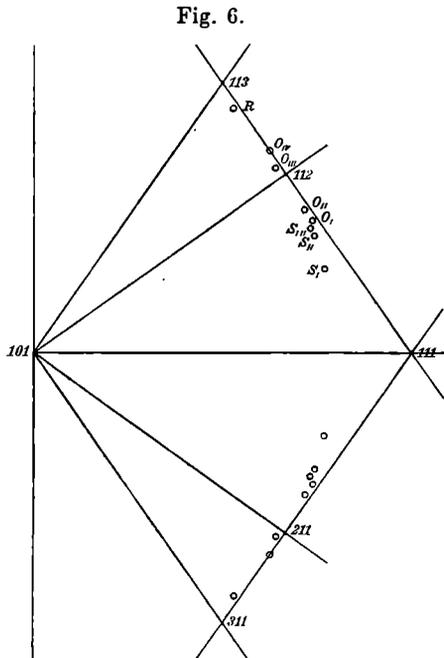
Platte IV liess keine deutliche Lichtfigur erkennen.

Auch hier zeigt sich, ähnlich wie bei Reihe I, eine ziemlich beträchtliche Differenz zwischen dem durch Schimmermessung ermittelten und dem aus der Goniometermessung berechneten Winkel  $\sphericalangle A$ ; er wurde mit Ausnahme von I stets zu gross beobachtet.

In der Fig. 6 sind die Projectionen der Aetzflächen mit  $S_I - S_{III}$  eingetragen.

Bei einer Reihe III wurden vier sehr hellgelbe Spaltstücke von Santander verwendet, doch wurden hier nur die Schimmermessungen ausgeführt. Dauer der Einwirkung 1 Minute.

Säure	$\sphericalangle A$
I . .	39·7°
II . .	45·4°
III . .	57·1°
IV . .	64·0°



Aus der Projection Fig. 6 ergibt sich unmittelbar der Satz: Die Hauptätzflächen der Blende liegen der positiven Tetraëderfläche umso näher, je concentrirter bei sonst gleichen Umständen die Säure ist.

Es ist ferner sehr wahrscheinlich, dass auch die Abweichung der auf der Dodekaëderfläche entstehenden  $x$ -Flächen von der Aetzzone umso grösser ist, je höher die Concentration der Säure.

Dies wird durch mehrfache andere Erfahrungen bestätigt, welche zeigten, dass die  $x$ -Flächen bei Aetzung mit sehr verdünnter Säure genau in der Aetzzone liegen.

Man beachte bei Fig. 6 auch den Einfluss des Eisengehaltes. Zum weiteren Vergleich sind auch die Aetzflächen der schwarzen Blende von Rodna eingetragen.

Abgesehen von der Lage der Aetzflächen ist noch zu bemerken, dass die Aetzhügel umso grösser werden, je concentrirter die Säure angewendet wird.

### Einfluss der Dauer der Aetzung.

Innerhalb gewisser Grenzen konnte ich bei der hellen Blende von Santander einen ähnlichen Einfluss auf die Lage der Aetzflächen constatiren wie bei Anwendung verschieden concentrirter Säuren. Zu allen Versuchen wurde Säure II verwendet, da diese die deutlichsten Erscheinungen hervorbrachte.

Ein Spaltstück wurde 1 Minute geätzt, der Winkel  $\sphericalangle A$  durch Schimmermessung bestimmt, hierauf in derselben Säure nochmals eine Minute geätzt und die Messung wiederholt.

Da bei der Messung eine Berührung der Platte nicht wohl zu vermeiden war, eine solche aber den Erfolg der zweiten Aetzung beeinflussen konnte, wurde in allen diesen Fällen die Platte vor jeder Aetzung durch Kochen zuerst mit Aether und Alcohol, hierauf mit Wasser gereinigt.

Dauer der Aetzung	$\sphericalangle A$
1 Minute . . . . .	63·0°
2 „ . . . . .	55·0°

Ein Spaltstückchen wurde 1 Minute geätzt, hierauf ein Theil der Platte mit Canadabalsam überzogen und die Aetzung durch eine weitere Minute fortgesetzt. Hierauf wurde der Balsam mit Aether entfernt und die Platte sowohl an der einfach geätzten als an der doppelt geätzten Stelle der Schimmermessung unterzogen.

Stelle mit einfacher Aetzung . . .	$\sphericalangle A$
63·8°	
„ „ doppelter „ . . .	55·2°

Ein drittes Blättchen wurde dreimal einer je 1 Minute dauernden Aetzung unterzogen, nach jeder Aetzung wurde die Schimmermessung angestellt.

Dauer der Aetzung	$\sphericalangle A$
1 Minute . . . . .	60·5°
2 „ . . . . .	54·0°
3 „ . . . . .	50·6°

In allen diesen Fällen beobachtet man ein Kleinerwerden des Winkels  $\sphericalangle A$  mit der Dauer der Aetzung, gleichzeitig sieht man, dass die Aetzhügel grösser werden, und dass ihre Zahl abnimmt.

Eine Verlängerung der Aetzdauer bei gleichbleibender Concentration der Säure hat daher denselben Effect wie die Anwendung einer concentrirteren Säure bei gleichlanger, d. h. kürzerer Aetzdauer. Doch gilt dies nur innerhalb gewisser, von Fall zu Fall wechselnder Grenzen, wie der folgende Versuch zeigt.

Ein Spaltstück wurde in Säure II 1 Minute geätzt. Die Fläche war dicht besetzt mit kleinen Aetzhügeln, welche ausser den  $x$ - auch die  $y$ -Flächen darboten. Die Schimmermessung ergab:

Dauer der Aetzung 1 Minute:  $\sphericalangle A = 60·8°$ ,  $\sphericalangle B = 137·7°$ .

Nach der zweiten, 1 Minute dauernden Aetzung waren nur wenige ziemlich grosse Aetzhügel auf mattem Grunde zu bemerken; die Messung ergab:

Dauer der Aetzung 2 Minuten:  $\sphericalangle A = 53·3°$ ,  $\sphericalangle B = 156·3°$

Nach der dritten, wiederum eine Minute dauernden Aetzung war das Aussehen der Platte gänzlich verändert; die grossen Aetzhügel waren verschwunden und eine neue Generation sehr kleiner Aetzhügel entstanden, welche bei der Messung keine  $y$ -Flächen erkennen liessen. Die Platte war von einer ganz kurze Zeit geätzten nicht zu unterscheiden, die Messung ergab auch einen grösseren Winkel.

• Dauer der Aetzung 3 Minuten:  $\sphericalangle A = 56·2°$ .

Damit stimmen auch die Erfahrungen, welche ich an Platten machte, die durch 12—15 Minuten geätzt wurden.

Wenige sehr grosse Aetzhügel der Form Fig. 6, Tafel VII, stehen einzeln auf der fein geätzten Fläche, welche mit viel kleineren Aetzhügeln bedeckt ist.

Die grossen Aetzhügel zeigen einen stumpfen Basiskantenwinkel, einen spitzen Scheitelkantenwinkel, an der negativen Seite treten  $y$ -Flächen hervor.

An den kleinen Aetzhügeln bilden die Basiskanten einen spitzen, die Scheitelkanten einen stumpfen Winkel.

Eine derartige Platte, welche auch Aetzriefen nach der langen Diagonale zeigte, verhielt sich bei dem Versuch einer Schimmermessung folgendermassen:

Wenn das Licht in der Richtung der kurzen Diagonale einfiel, erglänzten die Aetzriefen.

Dreht man die Platte nach rechts oder links, so erscheint die Platte dunkel bis zu einer Drehung von ca.  $27^\circ$ ; dann fangen wie einzelne Sterne auf dunklem Grunde, die grossen Aetzhügel zu glänzen an; mit jeder weiteren Drehung nimmt die Zahl der leuchtenden Punkte zu, bis die ganze Fläche erhellt ist; dieses Leuchten dauert bis zu einer Drehung von ca.  $69\cdot5^\circ$  von der kurzen Diagonale an gerechnet. Der Glanz verschwindet auf den grossen Aetzhügeln früher als auf dem fein geätzten Grunde.

Bei noch weiter fortgesetzter Aetzung gelangen dann die  $y$ -Flächen auf der negativen Seite zum Glänzen.

Die Messung ergibt somit

$$\begin{aligned} \sphericalangle A &= 54^\circ \quad . \quad . \quad 138\cdot8^\circ \\ \sphericalangle B &= 113\cdot4^\circ \end{aligned}$$

Damit stimmt auch die Lichtfigur der Platte, welche in ihrem positiven Theil in Fig. 13, Taf. VII, nach goniometrischer Messung gezeichnet ist.

Der lange Lichtbogen, welcher die  $x$ -Reflexe der gewöhnlichen Lichtfigur vertritt, entspricht der Ausdehnung des Schimmers über mehr als 40 Winkelgrade bei der Schimmermessung. Die zwei hellen Flecken am Ende dieser Lichtbogen werden durch die  $x$ -Flächen der grossen Aetzfiguren hervorgerufen. Die einzelnen scharf begrenzten Reflexe in der horizontalen Symmetrielinie der Figur rühren von den Aetzriefen her.

Die Vorgänge bei länger dauernder Aetzung lassen sich somit folgendermassen darstellen:

Die nach der ersten Einwirkung entstandenen Aetzhügel erfahren bei längerer Aetzung eine Vergrösserung und eine Aenderung in der Lage der  $x$ -Flächen, welche sich der positiven Tetraëderfläche nähern. Mit der Zeit werden diese grösseren Aetzhügel gänzlich aufgelöst und an ihrer Stelle entsteht eine neue Generation von kleinen Aetzhügeln, welche ihrerseits denselben Veränderungen unterliegen. Die längere oder kürzere Zeit, durch welche die erste Generation von Aetzhügeln sich erhält, oder überhaupt ältere Generationen neben jüngeren sich erhalten, und die Grösse, die sie erreichen, scheinen von Umständen abzuhängen, welche ich nicht zu ermitteln vermochte. Diese Momente wechseln nicht nur von Platte zu Platte, sondern sind selbst an verschiedenen Stellen derselben Platte verschieden, so dass z. B. an der oben beschriebenen Platte an manchen Stellen grosse alte Aetzhügel dicht gedrängt stehen, an anderen Stellen nur einzelne zwischen der jüngeren Generation von Aetzhügeln stehen geblieben sind, an noch anderen die grossen Aetzhügel gänzlich fehlen und lauter kleine mit stumpfem Scheitelkantenwinkel die Fläche bedecken.

Die Einwirkung der längeren Aetzdauer ist daher eine periodische, sie zeigt Uebereinstimmung mit der Einwirkung höherer Concentration der Säure nur so lange dieselbe auf die 1. Generation der Aetzhügel Bezug hat und ist daher überhaupt nur zu constatiren, so lange man sehr kurze Zeitintervalle berücksichtigt. Innerhalb dieser Grenze wirkt die längere Aetzdauer im selben Sinn, aber nicht in derselben Stärke wie eine höhere Concentration der Säure.

Diese Angaben beziehen sich nur auf die schwerer angreifbaren eisenarmen Blenden; analoge Untersuchungen für die eisenreichen anzustellen fehlte es theilweise an Material, auch gestalten sich dort die Verhältnisse noch schwieriger, weil die eisenreichen Blenden leichter angreifbar sind, so dass die Dauer der Einwirkung noch kürzer gewählt werden müsste.

Man kann eine Erklärung, welche sowohl den Erscheinungen bei der Einwirkung verschieden concentrirter Säuren als bei verschiedener Dauer der Aetzung gerecht wird, darin finden, dass die Einwirkung an den Kanten immer stärker sein wird als auf den Flächen. Jede Steigerung der Einwirkung wird also ein stumpfer werden der Kanten, eine Verflachung der Aetzhügel zur Folge haben.

In der That entspricht das kleiner werden des  $\sphericalangle A$  einem stumpfer werden der Mittelkante, welche von den beiden  $x$ -Flächen des Aetzhügels gebildet wird, und die bei längerer Aetzdauer hervortretenden  $y$ -Flächen bilden eine Abstumpfung der Scheitelkanten.

Unter denselben Gesichtspunkt würde dann auch die bei stärkerer Concentration der Säure bedeutendere Abweichung der  $x$ -Fläche von der Aetzzone fallen, denn auch mit dieser ist ein Abflachen der Aetzhügel verbunden.

### Gehorchen die Aetzflächen dem Parametergesetz?

F. Klocke <sup>1)</sup> hat in seiner Arbeit über die Aetzfiguren der Alaune eine Reihe von Gründen geltend gemacht, welche die Wahrscheinlichkeit, dass die Aetzflächen dem Parametergesetz unterliegen, darthun sollen, und dieselben durch Schimmermessungen zu unterstützen gesucht.

Die Erfahrungen an der Blende beweisen eine weitgehende Abhängigkeit der Lage der Aetzflächen von einer Reihe von Momenten, die theils in der Substanz der Blende, theils in äusseren Umständen gelegen sind.

Diese Erfahrungen scheinen geeignet, Zweifel an der krystallogomischen Natur der Aetzflächen zu erregen.

Vor Allem ist zu betonen, dass man nur der Lage in den Aetzzonen, d. i. in den primären, durch die positive Tetraederfläche gehenden Zonen eine Bedeutung beilegen kann. Die Abweichungen von dieser Zone, die bei den Dodekaederflächen und negativen Tetraederflächen zu beobachten sind, dürften lediglich der Unvollkommenheit der Aetzung zuzuschreiben, auf diese Abweichungen dürfte das Parametergesetz kaum anwendbar sein.

Die Messungen an den zudem verschwommenen Reflexen, welche die Aetzflächen auf den ausserhalb der Aetzzone liegenden Krystallflächen liefern, sind daher zur Beantwortung dieser Frage nicht brauchbar.

Somit bleiben blos die Messungen übrig, die sich auf die Lichtfigur des positiven Tetraeders und auf die Aetzriefen der Dodekaederfläche beziehen.

---

<sup>1)</sup> Zeitschr. für Krystallogr., Bd. 2, pag. 134.

Für die Hauptätzflächen wurde schon oben angeführt, dass sie Flächen mit einfachen Indices oft sehr nahe kommen. Mehr als das spricht ein anderer Umstand zu Gunsten der krystallogomischen Natur der Aetzflächen, nämlich die Erscheinung der gegliederten Reflexe, welche zwar nicht immer, aber sehr oft gerade bei der Lichtfigur der positiven Tetraëderfläche und im Mittelstrahl der Lichtfigur der Dodekaëderfläche beobachtet wurde.

Alle Forscher sind darüber einig, dass die Aetzflächen dem Symmetriegesetz gehorchen, und dass sie in krystallogomisch bestimmten Zonen liegen.

Für die Blende wurde der Beweis geführt, dass die Lage der Hauptätzflächen in bestimmter Weise von der chemischen Zusammensetzung und von einer Reihe äusserer Umstände beeinflusst wird. Für die Nebenätzflächen konnte dieser Beweis zwar nicht geführt werden, es scheint mir aber nicht zweifelhaft, dass eine solche Abhängigkeit auch für diese existirt.

Wäre die Lage der Aetzfläche in der Aetzzone nur von den genannten Momenten abhängig, so könnte wohl unter Umständen eine ebene, vielleicht noch eher eine gekrümmte Fläche entstehen. Nun zeigen aber die Aetzflächen wenigstens sehr oft ein ganz anderes Verhalten: Es entsteht nicht eine einzige continuirlich gekrümmte Fläche, sondern es tritt eine beschränkte Anzahl ebener Flächen auf, welche unter kleinen Winkeln zusammenstossen.

Diese nicht continuirliche, sondern sprungweise erfolgende Aenderung der Lage der Aetzflächen an verschiedenen Stellen derselben Aetzfigur entspricht dem discontinuirlichen Aufbau der Krystallmasse aus discreten Partikeln, d. h. dem Parametersgesetz.

Die Lage der Aetzflächen der Blende in den Aetzonen hängt somit ab: in erster Linie von der chemischen Zusammensetzung, also von der Substanz, wird in zweiter Linie von den äusseren Umständen beeinflusst. Erst in dritter Linie wirkt das Parametersgesetz ein, indem unter den unendlich vielen, unendlich nahe aneinanderliegenden Flächen, welche den beiden ersten Momenten entsprechen würden, nur eine endliche Anzahl unter messbaren Winkeln zusammenstossender Flächen entsteht, d. h. statt einer flach gekrümmten Fläche eine Reihe ebener, in parallelen Kanten zusammenstossender Facetten.

Man kann nun noch einen Schritt weiter gehen und sagen: Wenn die Gliederung der Reflexe dem Parametergesetz folgt, so muss sich in der Aufeinanderfolge der Reflexe eine Regelmässigkeit aussprechen.

Man berührt damit freilich eine sehr schwierige Frage, welche für die verwandte Erscheinung der Vicinalflächen gleichfalls nicht gelöst ist.

Dennoch mögen hier einige auf die Nebenätzflächen des positiven Tetraëders bezügliche Messungen und Rechnungen angeführt werden, welche auf eine solche Regelmässigkeit hinweisen.

Der Centraltheil der Lichtfigur von Binnenthaler Blende zeigte folgende Abmessungen:

$$o\xi_b = 2^\circ 30' \quad o\xi_a = 1^\circ 54' \quad o\zeta_a = 1^\circ 32' \quad o\zeta_b = 2^\circ 19' \quad o\zeta_c = 3^\circ 8'$$

Hieraus berechnet sich der Index  $l$  in dem Zeichen  $(hhl)$  wie folgt:

$\xi_b$	$\xi_a$	$o$	$\zeta_a$	$\zeta_b$	$\zeta_c$
1.096	1.072	1	0.944	0.917	0.888

Differenzen: 0.024    0.072    0.056    0.027    0.029

Die Differenzen nähern sich dem Werthe von 0.025 und den einfachen Multiplis desselben. Setzt man diese Differenz = 1, so wird  $h = 40$ , während die aufeinanderfolgenden Werthe von  $l$  sich immer um 1 oder eine sehr niedrige von 1 verschiedene ganze Zahl ändern. Die Flächen dieser Reihe sind von 111 an in der Reihe der

Triakistetraëder	Deltoëder
$\xi_0 = 40.40.40 = 111$	$\zeta_0 = 40.40.40 = 111$
$\xi_1 = 40.40.41$	$\zeta_1 = 40.40.39$
$\xi_2 = 40.40.42 = 20.20.21$	$\zeta_2 = 40.40.38 = 20.20.19$
$\xi_3 = 40.40.43$	$\zeta_3 = 40.40.37$
$\xi_4 = 40.40.44 = 10.10.11$	$\zeta_4 = 40.40.36 = 10.10.9$
$\xi_5 = 40.40.45 = 8.8.9$	$\zeta_5 = 40.40.35 = 8.8.7$
$\xi_6 = 40.40.46 = 20.20.23$	$\zeta_6 = 40.40.34 = 20.20.17$
$\xi_7 = 40.40.47$	$\zeta_7 = 40.40.33$
$\xi_8 = 40.40.48 = 5.5.6$	$\zeta_8 = 40.40.32 = 5.5.4$

Bei dem besprochenen Krystall von Binnenthal entspricht:

$$\xi_a = \xi_3, \quad \xi_b = \xi_1; \quad \zeta_a = \zeta_1, \quad \zeta_b = \zeta_3, \quad \zeta_c = \zeta_4$$

Inwieweit die Theorie mit der Erfahrung stimmt, zeigt folgende Tabelle:

	beobachtet	berechnet
$\alpha\xi_4$	. . . . . $2^0 30'$	$2^0 36' 40''$
$\alpha\xi_3$	. . . . . $1^0 54'$	$1^0 51' 0''$
$\alpha\zeta_2$	. . . . . $1^0 32'$	$1^0 22' 20''$
$\alpha\zeta_3$	. . . . . $2^0 19'$	$2^0 9' 40''$
$\alpha\zeta_4$	. . . . . $3^0 8'$	$2^0 47' 30''$

Die Differenz zwischen Beobachtung und Rechnung überschreitet nur beim letzten Winkel  $10'$ , der Reflex  $\zeta_1$  war aber sehr lichtschwach, weshalb diese Messung minder genau ist. Man könnte übrigens aus dem Anwachsen der Differenzen auch auf ein anderes Gesetz schliessen.

An einem anderen Binnenthaler Krystall war nur je ein  $\zeta$  und ein  $\xi$  messbar, welche sich direct mit  $\xi_3$  und  $\zeta_3$  identificiren lassen.

	beobachtet	berechnet
$\alpha\xi_3$	. . . . . $1^0 45'$	$1^0 51' 0''$
$\alpha\zeta_3$	. . . . . $2^0 11'$	$2^0 9' 40''$

Ein Schemnitzer Krystall lieferte für  $\zeta$  und  $\xi$  Abmessungen, welche derselben Reihe zu folgen scheinen:

	beobachtet	berechnet
$\alpha\xi_6$	. . . . . $3^0 52'$	$3^0 51' 10''$
$\alpha\zeta_4$	. . . . . $2^0 49'$	$2^0 47' 30''$

Auf diese Beobachtung ist ziemliches Gewicht zu legen, da sie das Mittel aus Messungen in allen 3 Strahlen der Lichtfigur darstellt.

Ein zweiter Schemnitzer Krystall lässt sich nicht so zwanglos in die Reihe bringen.

Der Centraltheil zeigte hier einen breiten Ring; in der Richtung des Hauptstrahls lag im Inneren desselben noch ein isolirter Reflex, welcher mit  $\xi_4$  übereinstimmt. In dem breiten Ring war zwar die Kreuzungsstelle mit den Strahlen durch grössere Helligkeit bezeichnet, aber einzelne Reflexe wurden nicht wahrgenommen; daher wurde auf den inneren und äusseren Rand eingestellt und diese Positionen mit  $\xi_6$  und  $\xi_8$  verglichen. Bei diesem Umstande

ist zu erwarten, dass  $o\xi_6$  wahrscheinlich zu klein,  $o\xi_9$  wahrscheinlich zu gross gefunden wurde. Dasselbe gilt für die mit  $\zeta_4$  und  $\zeta_6$  verglichenen Messungen im Nebenstrahl:

	beobachtet	berechnet
$o\xi_9$ . . . . .	5°	5° 2'
$o\xi_6$ . . . . .	3° 31'	3° 51' 10''
$o\xi_4$ . . . . .	2° 33'	2° 36' 40''
$o\zeta_4$ . . . . .	2° 33'	2° 47' 30''
$o\zeta_6$ . . . . .	4° 26'	4° 15' 30''

In der That stimmt die Messung, die sich auf den isolirten Reflex bezieht, sehr befriedigend, während für die anderen Abweichungen in dem vorausgesehenen Sinne eintreten.

Ein Krystall von Alston Moor ergab für  $\xi$  und  $\zeta$  folgende Winkel, die sich gleichfalls auf die Reihe beziehen lassen:

		Winkel zu $o$	
		gemessen	gerechnet
$\xi_2$ . . . . .	10 . 10 . 11	40 . 40 . 44	2° 45'    2° 36' 40''
$\zeta_4$ . . . . .	8 . 8 . 7	40 . 40 . 35	3° 33'    3° 31' 10''

Die Winkel stimmen im Allgemeinen ziemlich gut, namentlich zeigt sich, dass die Uebereinstimmung bei den gut messbaren Reflexen besser ist als bei den schlecht messbaren.

Auch bei den Reflexen der Hauptätzflächen wurde die Erscheinung der Gliederung beobachtet, namentlich schön an Krystallen von Binnenthal. Der Versuch, die gesetzmässige Reihe auch auf diese Reflexe anzuwenden, misslang.

Manchmal scheinen die Reflexe dieses Theiles der Lichtfigur nach einem anderen Gesetze aufeinander zu folgen, allein auch dieses schien dann bloß für die nächst gelegenen Reflexe zu gelten, weiterhin seine Geltung zu verlieren.

Ich verzichte daher auf die Mittheilung meiner diesbezüglichen Rechnungen. Das Gleiche gilt von den öfter gegliederten Reflexen der Aetzriefen auf der Dodekaëderfläche.

### Zusammenhang mit dem Krystallbau.

Trotz aller Verschiedenheiten in der Lage der Aetzflächen zeigt sich doch eine gewisse durchgreifende Regelmässigkeit im

Grundplane, welche deutlich zum Vorschein kommt, wenn man versucht, die Aetzflächen in eine Projection einzutragen. Dies ist in Fig. 15, Taf. VII, in der Weise geschehen, dass jene Zonenstücke, in welchen Hauptätzflächen liegen, durch starke Linien ausgezogen, die Nebenätzflächen durch Punkte angedeutet sind.

Zwei Umstände fallen hiebei sofort in die Augen:

1. Fast alle Aetzflächen liegen im positiven Oktanten; die einzigen im negativen Oktanten liegenden Aetzflächen sind die Nebenätzflächen  $\gamma$  des Dodekaäders und  $\eta$  des Würfels. Beide liegen der Grenze des Oktanten nahe und sind im Sinne der Aetzzone gekrümmt.

2. In der Nähe der Dodekaederflächen fehlen die Aetzflächen. Die nächstliegenden Reflexe der Aetzriefen sind über  $17^\circ$  entfernt.

Mit dieser Erscheinung stehen offenbar andere in Zusammenhang. Diejenigen Flächen, welche in der Aetzzone liegen, behalten nach der Aetzung ihr glänzendes Aussehen und zeigen in ihrer Lichtfigur einen Centralreflex. Dodekaeder und negatives Tetraeder verlieren ihn bei der Aetzung und die geätzte Fläche selbst wird sammetartig matt. Die ersteren haben Aetzgrübchen, die letzteren Aetzhügel. Auch ist nicht zu verkennen, dass auf den letzten beiden die Auflösung rascher vorschreitet als auf den ersteren. Dies zeigt sich deutlich, wenn einer negativen Tetraederfläche eine Zwillinglamelle eingeschaltet ist. Dieselbe ragt nach der Aetzung als erhabene Leiste über die geätzte Fläche empor. Umgekehrt, wenn einer Würfel- oder positiven Tetraederfläche eine Zwillinglamelle eingeschaltet ist, die mit einer Fläche des negativen Tetraeders austreicht, entsteht bei der Aetzung eine vertiefte Rinne.

Die Flächen der Aetzzone leisten daher der Auflösung durch Salzsäure den grössten Widerstand.

Es entsteht nun die Frage, ob eine der gangbaren Theorien über den Krystallbau eine Erklärung dieser Erscheinung bieten kann.

Man muss sich zuerst über die mechanische Bedeutung der Aetzflächen Rechenschaft geben. Oben wurde gezeigt, dass die Flächen der Aetzzone der Auflösung den grössten Widerstand entgegensetzen. Es liegt nahe, dies auf die Aetzflächen zu übertragen und zu sagen: Jene Flächen sind Aetzflächen, welche der Auflösung den grössten Widerstand entgegensetzen. Es muss also diesen Flächen eine besondere Cohäsion zukommen, welche das Losreissen der Partikel schwierig macht.

Da die Kraft, welche die Partikel loszureissen sucht, normal zu der betreffenden Fläche wirkt, hat man sich auch diese Cohäsion normal zu der betreffenden Fläche wirksam zu denken. Es wären somit jene Flächen Aetzflächen, welche eine grosse normale Cohäsion haben.

Vergleicht man dies mit der Charakterisirung der Spaltflächen, welche Brezina<sup>1)</sup> in einem interessanten Aufsätze gegeben hat, und welche dahin lautet, dass Spaltflächen jene Flächen sind, welchen das Maximum der tangentialen und das Minimum der normalen Cohäsion zukommt, so erscheint es durchaus verständlich, dass die Spaltflächen selbst keine Aetzflächen sind und in ihrer Nähe keine Aetzflächen auftreten. Ob sich der Zusammenhang zwischen Spaltbarkeit und Aetzflächen, der hiemit angedeutet ist, bestätigt, muss die Folge lehren. Die Erfahrungen am Steinsalz, am Fluorit scheinen nicht zu widersprechen. Jedenfalls vermögen jene Cohäsionsunterschiede, die in der Spaltbarkeit ihren Ausdruck finden, nicht alle Erscheinungen bei der Aetzung zu erklären.

Zur Erklärung des verschiedenen Verhaltens der positiven und negativen Oktanten müsste man um einen Schritt weiter gehen und eventuell Sohncke's unendliche Punktsysteme herbeiziehen, doch scheint mir dazu der Zeitpunkt noch nicht gekommen.

Die hier nur angedeuteten Ideen müssen erst an einer grösseren Zahl von Fällen geprüft werden, ehe ein weiteres Eingehen in die Theorie ermöglicht sein wird.

## II. Theil.

### Krystallographisches.

In dem verschiedenen Verhalten der beiden Oktanten der Zinkblende bei der Aetzung mit Salzsäure ist jene Eigenschaft gefunden, welche, von der Molekularbeschaffenheit allein abhängig, mit Sicherheit gestattet, positive und negative Formen zu unterscheiden und die übereinstimmende Aufstellung der Zinkblende-kristalle verschiedener Fundorte auf eine sichere Basis zu gründen.

Soweit mir dies mit bescheidenen Mitteln möglich war habe ich dieses Ziel verfolgt. Das Material bot mir die Sammlung des

<sup>1)</sup> Tschermak, Min. Mitth. 1875, pag. 13.

Mineralogischen Institutes in Czernowitz, welche durch einige Erwerbungen von den bekannten Firmen Dr. A. Krantz in Bonn und C. Pech in Berlin vermehrt worden war.

Herr Hofrath Tschermak hatte die Güte, mir mehrere Stufen der Wiener Sammlung anzuvertrauen, und eine kleine, aber sehr lehrreiche Suite von Binnenthaler Krystallen verdanke ich der Zuvorkommenheit des Herrn Professor G. vom Rath.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, den beiden genannten Herren meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Das Material war lange nicht ausreichend, eine krystallographische Monographie der Zinkblende zu liefern. Was die folgenden Blätter bieten können, sind nur einige Beiträge zur Kenntniss einiger wichtiger Vorkommnisse dieses Mineralen.

Eine Revision eines grösseren Materiales, wobei die richtige Aufstellung durch Aetzung sichergestellt würde, wäre eine sehr verdienstliche und gewiss dankbare Arbeit.

Bei der Besprechung der einzelnen Fundorte habe ich mich wesentlich an die Reihenfolge gehalten, welche Sadebeck 1878 befolgte.

### Kapnik.

Die Krystalle der gelben bis braunen Blende von Kapnik, welche den Ausgangspunkt für die wichtigen Arbeiten von Sadebeck bildeten, wurden schon vielfach beschrieben. Charakteristische Abbildungen dieser Krystalle liefert Sadebeck 1869, Taf. XVII, Fig. 4, 5, 8, ferner Hessenberg, Min. Not. I., Taf. VII, Fig. 26. Die Kenntniss der Formen haben Klein, Neues Jahrb. f. Min. 1871, pag. 492, und Groth, l. c. 1878, vermehrt. Dass hiemit der Formenreichthum noch nicht erschöpft ist, zeigt der folgende Beitrag

Eine Stufe zeigt rothbraune Krystalle in folgender Gesellschaft: Ueber dem Muttergestein (zersetztem Andesit) folgt eine ununterbrochene Lage von Pyrit (1 Mm.), welcher in kleinen Kryställchen auch das Gestein durchschwärmt; hierauf folgt 2—3 Mm. weisser stenglicher Quarz; sodann wenig Bleiglanz und viel Fahlerz, dessen bis 1 Cm. grosse Krystalle hie und da frei in die Druse ragen, aber dann matt, angegriffen aussehen; jünger als dieses und untereinander wesentlich gleichalterig sind die Blendekrystalle und Krystalle von Quarz; als jüngste Generation finden sich 3—4 Mm. grosse Zwi-

lingskrystalle von Bournonit von tafeligem Habitus, meist zu Gruppen vereinigt.

Die Krystalle der Zinkblende sind bis 1 Cm. gross, meist 5—6 Mm., und sehr flächenreich.

Es wurden folgende Formen bestimmt:

Grenzformen <sup>1)</sup> . . .	(110) . (100) . (320) . (410) . (810)
	$d$ $h$ $\frac{3}{2}d$ $4d$ $8d$
Im positiven Oktanten	+ $\alpha$ (111) . + $\alpha$ (311) . + $\alpha$ (951)
	$o$ $\frac{1}{3}o$ $v$
Im negativen Oktanten	— $\alpha$ (111) . — $\alpha$ (211) . — $\alpha$ (331)
	$o'$ $\frac{1}{2}o'$ $3o'$

Die allgemeine Gestalt der Krystalle entspricht ungefähr der Fig. 5 von Sadebeck 1869. Eine Projection auf die Würfel­fläche 100 liefert Fig. 17, Taf. VIII.

Die neue Fläche (810) erscheint als schmale Abstumpfung zwischen  $4d$  und  $h$  und ist mit der letzteren Fläche in oscillatorischer Combination; zur Bestimmung des Zeichens dienten folgende Messungen:

$$\begin{array}{r}
 100 . 810 = 7^{\circ} 10' \\
 100 . 8\bar{1}0 = 7^{\circ} 6' \\
 \hline
 \text{Mittel } 7^{\circ} 8' \\
 \text{Die Rechnung fordert } 7^{\circ} 7' 30'' \\
 101 . 801 = 37^{\circ} 8' \\
 37^{\circ} 52' 30'' \text{ berechnet.}
 \end{array}$$

<sup>1)</sup> Ich ziehe die Zusammenfassung der Tetrakishexaëder, des Dodekaëders und des Würfels unter diesem Namen der Auftheilung derselben unter die positiven und negativen Formen vor, wie sie Sadebeck, Zeitschr. d. deutschen geolog. Gesellsch. 1872, pag. 179, versucht hat. Die Unterschiede zwischen Würfel 1. und 2. Stellung, Dodekaëder 1. und 2. Stellung, die Sadebeck auf­führt, sind unbedeutend und selten beständig. Bemerkenswerth ist, dass die Flächensymmetrie derjenigen Formen, welche von der Hemiëdrie betroffen werden, dieselbe ist, wie die Flächensymmetrie der entsprechenden holoëdrischen Formen: Tetraëder ist trisymmetrisch wie Oktaëder, Triakistetraëder und Deltoëder monosymmetrisch wie Ikositetraëder und Triakisoktaëder; Hexakistetraëder und Hexakisoktaëder sind asymmetrisch. Die Grenzformen sind minder symmetrisch als die entsprechenden holoëdrischen Gestalten. Würfel: tetraëdrisch disymmetrisch, holoëdrisch tetrasymmetrisch; Dodekaëder: tetraëdrisch monosymmetrisch, holoëdrisch disymmetrisch; Tetrakishexaëder: tetraëdrisch asymmetrisch, holoëdrisch monosymmetrisch.

Zur Bestimmung der anderen Tetrakishexaëder dienten folgende Messungen:

	gemessen	berechnet
100.410 =	13° 45'	14° 2' 10"
101.401 =	30° 53'	30° 57' 50"
100.320 =	33° 44'	33° 41' 24"
101.302 =	11° 15'	11° 18' 36"

Die Flächen des negativen Oktanten ergeben sich aus folgenden Zonenverbänden: das Triakistetraëder stumpft die Kante des Dodekaëders gerade ab, das Deltoiddodekaëder liegt in der Zone 302.2 $\bar{1}1$  und ist somit 3 $\bar{3}1$ .

Das positive Triakistetraëder +x(311) ist gestreift parallel den Combinationskanten mit (320) und diese Kante abstumpfend treten sehr schmale Flächen von Hexakistetraëdern auf. Die Messung ist wegen der Wölbung und Streifung nur an wenigen Stellen möglich.

Man beobachtet, dass die scharfen Reflexe von 320, 311 und 302 durch einen Lichtstreifen verbunden sind, in welchem mehrere Culminationen der Helligkeit auftreten.

In einer solchen Zone wurden die folgenden Winkel zu 320 gefunden:

$$\begin{aligned} 320.v &= 7^\circ 38' \\ \mu &= 15^\circ 14' \\ 320.311 &= 23^\circ 3' \end{aligned}$$

Auf der anderen Seite von 311 folgende Winkel zu 302:

$$\begin{aligned} 302.v_1 &= 7^\circ 0' \\ \mu_1 &= 16^\circ 48' \end{aligned}$$

An einer anderen Stelle

$$302.v = 7^\circ 50'$$

Die Messungen für  $v$  geben im Mittel  $7^\circ 29'$ ; dies führt unter Berücksichtigung der Zone 320.311 zu dem oben angeführten Zeichen +x(951).

Dieses Zeichen entspricht der allgemeinen Form der isogonalen Hexakistetraëder:  $h \cdot \frac{h+i}{2} \cdot l$ . Daher muss die Fläche 951 in einer Zone mit 111 und 10 $\bar{1}$  liegen. Ich habe mich überzeugt,

dass der gemessene Reflex aus der Zone 320.311 thatsächlich durch die Mitte des Fadenkreuzes geht, wenn man die Zone 111 und  $10\bar{1}$  einstellt.

Aus diesem Zeichen ergibt sich der gemessene Winkel zu 320 gleich  $7^{\circ} 8' 20''$ .

Das andere Hexakistetraeder scheint in Zonenverband mit 111 und 410 zu stehen, doch fällt der gemessene Reflex nicht ganz genau in jene Zone. Lässt man den Zonenverband gelten, so wird das Zeichen 21.9.5, aus welchem man den Winkel  $(320) \cdot (21.9.5) = 16^{\circ} 8' 30''$  berechnet. Dies stimmt zwar mit dem Mittel der Messungen, doch sind die Abweichungen der einzelnen Messungen vom Mittel zu gross, als dass man die Bestimmung für genügend sicher halten könnte.

Für das sicher bestimmte Hexakistetraeder  $\kappa(951) = \frac{3}{2} 09$  berechnen sich die Kanten wie folgt: die längste und kürzeste Kante  $\alpha = \gamma = 31^{\circ} 44' 25''$ , die mittlere Kante  $\beta = 11^{\circ} 5' 43''$ .

Seltener scheint ein zweiter Typus beobachtet zu sein, welcher durch fast gleiche Ausdehnung beider Tetraeder oktaedrisches Aussehen erhält (Fig. 16). Neben den beiden Tetraedern tritt untergeordnet das Dodekaeder auf; der Würfel fehlt.

Im positiven Oktanten fehlen alle secundären Formen.  $+\kappa(111)$  ist durch haarscharfe geradlinige trianguläre Riefung parallel den Combinationskanten mit dem Dodekaeder (in der Folge kurz: „nach dem D.“) ausgezeichnet. Die Krystallfläche zeigt bei der Lichtreflexion einen sehr schönen Asterismus: Drei scharfe unter  $120^{\circ}$  zusammenstossende, nach den Ecken gerichtete Strahlen (Deltoederstrahlen).

Im negativen Oktanten ist das Tetraeder entweder ganz glatt oder sehr fein und zart gestreift nach dem Dodekaeder. Rings herum treten schmale, häufig gekrümmte Deltoeder und Hexakistetraeder auf. Das Deltoeder konnte an einigen Krystallen gemessen werden. Die Messung führt auf das Zeichen  $-\kappa(331)$ .

	gemessen	gerechnet
$1\bar{1}0.3\bar{3}1$	$13^{\circ} 15'$	$13^{\circ} 16'$

Das Hexakistetraeder ist nach  $-\kappa(331)$  gestreift und gerundet, daher der Messung nicht zugänglich; doch erlaubt der

Zonenverband eine wahrscheinliche Bestimmung des Zeichens. Je zwei Flächen desselben liegen nämlich tautozonal über den kürzeren Kanten von  $-x(331)$ . An etwas verzerrten Krystallen kann man ferner beobachten, dass jede Fläche des Hexakistetraeders in eine Zone fällt mit dem Tetraeder und einer jener Dodekaederflächen, welche auf demselben senkrecht stehen. Z. B. die in der Figur 16 mit  $\sigma$  bezeichnete Fläche mit  $1\bar{1}1$  und 110. Es sind jene bekannten Zonen isogonaler Hexakisoktaeder, welche in Winkelabständen von  $60^\circ$  von der Tetraederfläche ausgehen, welchen auch die Flächen (321) (432) angehören, die 1. Diagonalzonen des Tetraeders. Aus diesen beiden Zonen ergibt sich das Zeichen  $-x(975)$ .

Der tektonische Gegensatz der scharfkantig ausgebildeten positiven Oktanten mit dem Mangel aller secundären Flächen und der gerundeten, wie geflossen aussehenden Flächen des negativen Oktanten gehört zu dem prägnantesten, was die Blende in dieser Beziehung aufweist.

Dieser Typus findet sich bei halb metallisch glänzenden, eisen-schwarzen, in dünnen Schichten dunkelbraunen Krystallen am reinsten. Begleiter sind Quarz, Calcit, Bleiglanz und Kupferkies.

Durch Auftreten des Würfels, der Form  $+x(311)$ , welche dann nach  $+x(111)$  gestreift ist, geht dieser Typus bei dunkelbrauner Körperfarbe in den gewöhnlichen über. Einen solchen Mittelkrystall bildet Hessenberg von Schemnitz ab (Min. Not. VI., Taf. 2, Fig. 18).

### Schemnitz.

Die gelben und braunen Krystalle stimmen mit jenen von Kapnik so überein, dass man sie verwechseln kann. Charakteristisch ist für Schemnitz die Häufigkeit und Ausdehnung von  $-x(211)$ .

An olivengrünen Krystallen der Combination (110)  $+x(111)$   $-x(111)$  ist oft eine Unterscheidung der beiden Tetraeder ohne Aetzung unmöglich, da beide gleiche Ausdehnung, gleichen Glanz, vollkommene Glätte besitzen und secundäre Formen fehlen.

An einer ähnlich ausgebildeten Stufe aus dem Wiener Institute ist eine Unterscheidung durch den Glanz möglich. Das positive Tetraeder ist stark glänzend, das negative etwas matt, wie ange laufen, und auf den gleichfalls matten Dodekaederflächen sieht man bei geeigneter Beleuchtung einen Schimmer ähnlich wie bei schwach

geätzten Krystallen; besonders wo zwei Zwillingsindividuen ihre Dodekaederfläche in eine Ebene legen, ist die Erscheinung gut zu beobachten.

Es scheint mir nicht zweifelhaft, dass man es hier in der That mit natürlicher Aetzung zu thun hat.

Die Krystalle sitzen auf einer Quarzdruse mit kleinen, oberflächlich veränderten Bleiglanzkryställchen und tafeligen Pseudomorphosen, die aus Quarz bestehen (Baryt?).

Mit den Kapniker Zinkblenden scheinen überhaupt die Blenden der übrigen ungarischen und siebenbürgischen Fundorte sehr grosse Aehnlichkeit zu haben. Ich beobachtete Krystalle von Oláhlaposbánya von brauner Farbe, begleitet von Bournonit, Combination von (100), (110),  $+x(111)$ ,  $+x(311)$ ,  $-x(111)$ . Das negative Tetraeder ist bedeutend grösser als das positive, der Habitus derjenige der gewöhnlichen Kapniker Krystalle.

Prachtvolle Krystalle von dunkelbrauner Farbe bis 3 Cm. gross, welche aus der alten v. Schröckinger'schen Sammlung stammen, tragen die Fundort-Bezeichnung Nagyág. Es sind Combinationen folgender Formen (100). (110).  $+x(111)$ .  $+x(311)$ .  $-x(111)$ .  $-x(211)$ .  $-x(331)$ . Die Ausbildung genau so wie sie Hessenberg Min. Not. VI., Taf. 2, Fig. 18 von Schemnitz zeichnet.

Die Bestimmung von  $-x(331)$  geschah auf Grund von Messungen mit dem Anlegegoniometer, welche für den Winkel zum Tetraeder  $22^\circ$  ergaben. Die übrigen Flächen sind durch den Zonenverband bestimmt.

Die Krystalle sind begleitet von Bleiglanz, welcher älter, Kupferkies, welcher theils gleichzeitig, theils jünger ist, Dolomit (Braunspath mit merklichem Eisengehalt) und Pyrit als jüngsten Bildungen.

Winzige Kryställchen von Kupferkies sind auf der Blende in paralleler Stellung aufgewachsen. Das grössere schalige Sphenoid spiegelt mit  $+x(111)$  der Blende ein. Somit wäre die von mir bemerkte Lücke in der Kenntniss der regelmässigen Verwachsungen zum Theile ausgefüllt, und das Verwachsungsgesetz für Blende und Kupferkies würde lauten: die Grundaxen sämmtlich parallel, die gleichnamigen Oktanten fallen zusammen.

Zepharovich<sup>1)</sup> gibt von diesem Fundort krystallisirte Blende nicht an, auch Sadebeck und Groth erwähnen diesen Fundort

<sup>1)</sup> Min. Lex., I., 1859, pag. 66.

nicht. Ob vielleicht eine Fundorteverwechslung mit Schemnitz vorliegt, vermag ich nicht zu entscheiden. Der Fundort Nagyág findet sich in dem noch vorhandenen Katalog der Schröckinger'schen Sammlung angegeben.

### Rodna.

Die hier auftretenden Krystalle hatte Sadebeck 1869 noch unrichtig aufgestellt. In seiner zweiten Abhandlung ist die Stellung auf Grund der charakteristischen Tektonik verbessert. Auf den Würfelflächen dieser schönen Krystalle, die eine unvollkommene Streifung nach dem negativen Tetraëder zeigen, treten öfter sehr kleine quadratische Vertiefungen auf, welche von beiden Tetraëdern gebildet werden. Nach der Aetzung sind in diesen Vertiefungen die Flächen  $-x(111)$  rauh geworden, die Flächen  $+x(111)$  durch glänzende Aetzflächen ersetzt. Fig. 18 zeigt diese Gebilde, welche ich eine Zeit lang für Aetzfiguren hielt.

### Binnenthal in der Schweiz.

Die prachtvollen Blendekrystalle dieses Fundortes hat zuerst G. v. Rath<sup>1)</sup> beschrieben und auf das Vorkommen des Hexakis-tetraëders  $x(431)$  aufmerksam gemacht, welches an solchen Krystallen, die eine verschiedene Ausdehnung der Tetraëder aufweisen, mit dem grösseren Tetraëder im selben Oktanten liegt. Sadebeck 1869 hat diesem grösseren, häufig glatteren und glänzenderen Tetraëder die erste Stellung gegeben. Klein<sup>2)</sup> 1872 behält die Aufstellung Sadebeck's bei, beschreibt die Tektonik ganz zutreffend: auf dem grösseren Tetraëder sparsam sehr feine Streifen, auf dem kleineren Tetraëder feine, dichtgedrängte dreieckige Erhabenheiten. Er beobachtet folgende Formen:

In Sadebeck's I. Stellung:

$$+\frac{0}{2} x(111), +\frac{303}{2} x(311), +\frac{40\frac{1}{2}}{2} x(431);$$

in II. Stellung:

$$-\frac{0}{2} x(111), -\frac{202}{2} x(211), -\frac{70\frac{1}{2}}{2} x(722).$$

<sup>1)</sup> Pogg. Ann., 122, 1864, pag. 396.

<sup>2)</sup> Min. Mitth., III., Neues Jahrb. f. Min., 1872, pag. 897.

Groth 1878 fand das Auftreten von  $\kappa(431)$  und von  $\kappa(211)$ , letzteres neben dem kleineren Tetraëder, bestätigt.

Sadebeck 1878 gibt von den Binnenthaler Krystallen eine Beschreibung, die auf wechselnde Verhältnisse hinweist. Alle Beobachter geben übereinstimmend an, dass an manchen Krystallen ein Unterschied beider Tetraëder nicht wahrzunehmen ist.

Meine Kenntnisse von Binnenthaler Blende gründen sich auf einige Krystalle, welche ich in der Czernowitzer Sammlung vorfand, einige Krystalle der Wiener-Sammlung, eine kleine Suite von neu erworbenen aus den Mineralienhandlungen von Dr. Krantz in Bonn, und C. Pech in Berlin, endlich auf 5 Krystalle, welche Herr Professor G. vom Rath mit freundlicher Zuvorkommenheit mir zur Untersuchung übergab.

Die Aetzung einer ziemlichen Anzahl von Krystallen, welche vorher in Bezug auf ihre Oberflächenbeschaffenheit untersucht worden waren, führte zur Erkenntniss, dass die Binnenthaler Blende von Sadebeck und Klein unrichtig aufgestellt wurde. Ich gelangte zu folgenden Sätzen:

1. Wenn bei der Binnenthaler Blende ein Tetraëder vorherrscht, ist es immer das negative, nie das positive.

2. Wenn ein Unterschied im Glanze zu beobachten ist, so ist das glänzendere das negative, das mattere das positive; das mattere Aussehen des letzteren rührt von der Tektonik her.

3. Das positive Tetraëder zeigt häufiger Schalen, oft von messbarer Dicke und die in kleinerem Detail ausgeführte Zeichnung. Auf dem negativen Tetraëder sind die Schalen seltener, grösser und zarter.

4. Die meist dreiseitigen Schalen liegen auf dem  $+$  Tetraëder mit ihren Seiten theils parallel dem Würfel, theils parallel dem Dodekaëder, sind also z. Th. von Triakistetraëdern, z. Th. von Deltöedern begrenzt (vergl. Fig. 19a). Dies gibt Anlass zu einem prachtvollen Asterismus der matten Tetraëderflächen. Das Bild eines leuchtenden Punktes erscheint als regelmässiger sechsstrahliger Stern.

Die Würfelfläche fand ich in manchen Fällen fein und sehr regelmässig gestreift nach  $+\kappa(111)$ . Manchmal ist Streifung nach beiden Tetraëdern vorhanden, dann erscheint die Streifung nach  $+\kappa(111)$  als feine Combinationsstreifung, die nach  $-\kappa(111)$  öfter unterbrochen und ungleichmässig. U. d. M. erkennt man, dass sie durch Reihen winziger Knötchen hervorgebracht wird. Sehr

selten beobachtete ich Streifung nach  $-\kappa(111)$  allein, welche dann krummlinig erscheint, wie die Streifung der Würfelfläche von Rodna.

Unter den von Prof. G. vom Rath mir anvertrauten Krystallen befand sich auch einer, der das Hexakistetraëder  $u = \kappa(431)$  darbot. An diesem Krystall traten noch winzige Flächen eines anderen Hexakistetraëders auf, in der Weise, wie Fig. 20, die eine Ecke des Krystalls darstellt, erkennen lässt. Zwei Flächen desselben fallen mit den Flächen von  $\kappa(431)$  in die Kantenzone des Dodekaëders. Die Messung führte auf das Zeichen  $\kappa(321)$ .

gemessen	berechnet
$4\bar{3}1 \cdot 4\bar{1}3 = 32^\circ 18'$	$32^\circ 12' 15''$
$3\bar{2}1 \cdot 3\bar{1}2 = 20 55$	21 47 12
$4\bar{3}1 \cdot 3\bar{2}1 = 5 44$	5 12 32
$4\bar{1}3 \cdot 3\bar{1}2 = 5 43$	

Bei diesem Krystall zeigt sich das vorherrschende Tetraëder völlig glatt und eben, das kleinere von Subindividuen bedeckt, welche von Triakistetraëdern und von den Flächen  $\kappa(431)$  seitlich begrenzt sind.

Die Triakistetraëder sind sehr schmal und geben keine Reflexe; es scheint, dass hier dieselben Flächen vorliegen, die Klein in dieser Stellung beobachtet hat. Schimmermessungen gaben in verschiedenen Zonen den Winkel zum Würfel für das steilere Triakistetraëder  $22^\circ - 24^\circ$ , für das andere, welches besser eingestellt werden konnte,  $34^\circ 45' - 35^\circ 48'$ , im Mittel  $35^\circ 15'$ . Letztere Fläche ist ohne Zweifel  $\kappa(211)$ , erstere kann vielleicht mit  $\kappa(722)$  verglichen werden.

Die Würfelfläche zeigt die krummlinige unregelmässige Streifung nach dem vorherrschenden Tetraëder.

Obwohl ich diesen Krystall nicht durch Aetzung geprüft habe, halte ich in Uebereinstimmung mit dem früher Gesagten auch hier das herrschende Tetraëder für negativ.

Dieser Krystall ist somit eine Combination von  $\begin{matrix} (100), & +\kappa(111), \\ & h & o \end{matrix}$   
 $+\kappa(211), +\kappa(722)?, -\kappa(111), -\kappa(431), -\kappa(321).$   
 $\begin{matrix} o' & u & s \end{matrix}$

Wenn meine Voraussetzungen nicht trügen, so wäre auch der von Klein l. c. beschriebene flächenreiche Krystall umzustellen. An diesem wäre dann die Sadebeck'sche Regel gründlich auf

den Kopf gestellt, indem neben  $+x(211)$  die Form  $-x(311)$  auftritt. Eine solche Ausnahme tritt übrigens der sonstigen Anwendbarkeit dieser Regel nicht hindernd in den Weg, nur muss man darauf verzichten, ein Gesetz darin zu finden.

Sadebeck erwähnt von diesem Fundorte auch „geflossene“ Krystalle mit gekrümmten Flächen in 2. Stellung. Solche Krystalle kenne ich nicht. Hier dürfte indess Sadebeck's Aufstellung das Richtige treffen. Ebenso dürfte er die l. c. 1878, pag. 590, geschilderten Krystalle aus der Seligmann'schen Sammlung richtig aufgestellt haben.

### Bottino bei Serravezza, Toscana.

Die Beschreibung, welche Sadebeck l. c. 1878 von den Krystallen dieses Fundortes liefert, passt nicht auf jene, die ich durch das Mineralien-Comptoir von Dr. Krantz in Bonn erhielt.

Die Krystalle sind begleitet von Quarz, Mesitin, Dolomit, Kupferkies und Antimonit, und von feinschuppigem Sericit, welcher auch in dem quarzreichen Muttergestein vorkommt.

Die kleinen eisenschwarzen Krystalle zeigen vorherrschend ein stark nach dem Dodekaëder schaliges Tetraëder, welches sich durch Aetzung als das positive erweist. Das vollkommen glatte, stark glänzende negative Tetraëder stumpft die Ecken ab. Hie und da tritt untergeordnet das Dodekaëder als schmale Abstumpfung hinzu, dieses begrenzt auch die dreieckigen Schalen auf dem positiven Tetraëder. Fig. 24, Taf. VIII, zeigt einen einfachen Krystall dieses Vorkommens.

### St. Agnes, Cornwall.

Die Krystalle dieses Fundortes, welche ich prüfen konnte, zeigen beide Tetraëder und Würfel. Die beiden Tetraëder sind in Grösse und Bau sehr verschieden.

Das grössere Tetraëder ist glänzender und zeigt feine, gerade verlaufende Streifen nach dem Dodekaëder und nach dem Hexaëder; erstere herrschen vor.

Nach diesem Tetraëder zeigt der Würfel deutliche Streifung, und die Combinationskante beider ist durch sehr schmale, leider nicht messbare Triakistetraëder abgestumpft.

Das andere Tetraëder ist kleiner, matter und mit dreiseitigen isolirten Subindividuen besetzt, welche seitlich von Dodekaëderflächen begrenzt sind (vergl. Fig. 23, Taf. VIII).

Nach den Angaben von A. Sadebeck müsste diese Blende so gestellt werden, dass das grössere Tetraëder das erste wird. Die Aetzung zeigt jedoch, dass das kleinere Tetraëder das positive, das grössere das negative ist.

Hiemit wird auch das Triakistetraëder  $\frac{1}{2} (a : a : \frac{2}{3} a)$ ,  $\times(722)$ , welches Sadebeck als Form 1. Stellung anführt, in den negativen Oktanten übertragen. Wenn meine Auffassung von der Kleinschen Form  $\times(722)$  an Binnenthaler Krystallen die richtige ist, so wäre damit ein drittes Triakistetraëder sowohl als positive, wie als negative Form bekannt.

### Holzappel.

Eine Stufe prachtvoller gelbrother Krystalle zeigte meist Zwillinge von der Form der Fig. 24.

Eine Combination der folgenden Formen:

110	$+\times(111)$	$-\times(211)$	$-\times(331)$	$-\times(431)$
$d$	$o$	$\frac{1}{2} o'$	$3 o'$	$u$

$d$  ist parallel der langen Diagonale gestreift, die Streifung nimmt gegen  $3 o'$  zu.

$o$  zeigt bei Beobachtung mit freiem Auge etwas krumme Streifen nach  $d$ ; mit der Lupe löst sich jeder solche Streifen in eine Zickzacklinie auf, deren Theile vollkommen geradlinig sind und nach dem Hexaëder gehen.

Die Form  $3 o'$  tritt oft nur mit einer Fläche im Oktanten auf. Die Bestimmung des Zeichens  $-\times(331)$  beruht auf der Zone  $o. d. 3 o'$  und auf der Messung

gemessen	gerechnet
$d. 3 o' = 13^{\circ} 10' 40''$	$110. 33\bar{1} = 13^{\circ} 15' 46''$
$13^{\circ} 14' 13''$	

Die Form  $\frac{1}{2} o'$  ist durch die Zone  $d. \frac{1}{2} o'. d$  bestimmt; doch ist die Fläche meist gewölbt und durch keilförmige Subindividuen gestört; an manchen Krystallen treten statt dieser Form andere Triakistetraëder auf, bei denen  $h > 2$ .

Das Hexakistetraëder liegt in der Kantenzone des Dodekaëders, seine Flächen sind sehr schmal und meist gewölbt, in einigen Fällen erhielt ich messbare Spiegelbilder; die beste Messung ergab für den Winkel

$$du = \begin{array}{cc} \text{gemessen} & \text{gerechnet} \\ 13^{\circ} 33' & 4\bar{1}3.101 = 13^{\circ} 53' 52'' \end{array}$$

Es ist dieses Hexakistetraëder dasselbe, welches G. v. Rath an der Blende von Binnenthal zuerst entdeckte.

Die richtige Aufstellung wurde durch Aetzung controlirt.

### Neudorf am Harz.

Eine Druse ungefähr 1 Cm. grosser, schwarzer, in dünnen Splintern roth durchscheinender Durchdringungszwillinge, wie sie l. c. Sadebeck 1869 beschreibt, erlaubten einige neue Beobachtungen. Viele derselben sind nach der Zwillingssaxe stark verkürzt, und die beiden Individuen gemeinsame Fläche  $-\alpha(111)$  ist sehr stark entwickelt, so dass die Krystalle das Aussehen einer tafelförmigen rhomboëdrischen Combination erhalten (vergl. Fig. 22, Taf. VIII).  $-\alpha(111)$  erscheint als Basis, drei sehr kleine anliegende Flächen des Dodekaëders als Rhomboëder, 6 andere Dodekaëderflächen als ein niedriges verwendetes hexagonales Prisma. Da die Krystalle auf die Kante gestellt sind, sieht man von den sechsseitigen Tafeln höchstens zwei, meist nur eine einzige Ecke.

In Folge der Zwillingbildung erscheinen die mit Rhomboëdern verglichenen Dodekaëderflächen auch an zwei benachbarten Ecken.

In der Zone der verwendeten hexagonalen Pyramide finden sich ziemlich breite, etwas gekrümmte Flächen ( $\sigma$ ), welche Hexakistetraëdern aus der 1. Diagonalzone des negativen Tetraëders angehören. Gewöhnlich sind nur, 2 selten 3 dieser Zonen an dem Krystall zu sehen. Zwischen dem Tetraëder und den kleinen Dodekaëderflächen treten selten sehr kleine Deltoëderflächen ( $e$ ) auf.

An der Unterseite der Krystalle sind die beiden Individuen an den verschieden gestellten Dodekaëderflächen zu kennen. An den im Zickzack laufenden Randkanten kommen die gewölbten Flächen von negativen Triakistetraëdern ( $t$ ) vor, für welche Sadebeck das Zeichen  $-\alpha(522)$  adoptirte.

Die Bevorzugung dieses Zeichens passt entschieden nicht auf alle Krystalle; allerdings ist die Lage der Triakistetraëder eine sehr schwankende innerhalb der Grenzen von  $-\alpha(311)$  und  $-\alpha(211)$ .

Die Messung ist schwierig, weil diese Flächen nicht nur in der primären Zone, u. zw. häufig concav gekrümmt, sondern auch senkrecht zu dieser Zone gewölbt sind. Ich habe zahlreiche Krystalle zu messen versucht, aber nur an zweien halbwegs verlässliche Messungen anstellen können.

Ein sehr kleines Krystallfragment lieferte ein einfaches, genau einstellbares Bild auf der  $t$ -Fläche. Gemessen wurde der Winkel zu der im selben Oktanten gegenüberliegenden Dodekaëderfläche. Die Messung führte auf das Zeichen  $-\alpha(944)$

$$d.t = 57^{\circ} 47' \qquad \bar{1}\bar{1}0.4\bar{4}9 = 57^{\circ} 50' 58''$$

Ein anderer Krystall lieferte folgende Messungen:

$$\begin{array}{ll} d.t_1 = 58^{\circ} 1' & \bar{1}\bar{1}0.4\bar{4}9 = 57^{\circ} 50' 58'' \\ t_2 = 58^{\circ} 46' & 3\bar{3}7 = 58^{\circ} 46' 50'' \\ t_3 = 60^{\circ} 40' & 225 = 60^{\circ} 30' 15'' \end{array}$$

Zur Bestimmung des Zeichens der Hexakistetraëder wurden mehrere Messungen angestellt.

Aus dem Verlauf der Kanten mit den kleinen Dodekaëderflächen ergab sich zunächst, dass keine dieser Flächen der Kantenzone des Dodekaëders angehören könne; sie liegen alle zwischen  $(3\bar{2}1)$  und  $(\bar{1}\bar{1}1)$ .

Die Messungen in der Diagonalzone des Tetraëders stiessen auf Schwierigkeiten, da diese Flächen in Folge doppelter Krümmung mehrere Reihen von Bildern gaben, welche nicht nur in der zu messenden Zone, sondern auch seitlich von derselben zerstreut waren.

Durch sehr zeitraubende Messungen der hellsten in der Zone gelegenen Reflexe an mehreren Krystallen, durch Berücksichtigung des Zonezusammenhanges und der von M. Websky angegebenen Grundsätze für die Wahl der wahrscheinlichsten Indices in einer bestimmten Zone<sup>1)</sup> gelang es, ziemlich wahrscheinliche Symbole für jene Hexakistetraëder aufzustellen.

<sup>1)</sup> Interpretation der Oktaidsymbole auf Rationalität. Monatsberichte der Berliner Aka.d. Wiss., 1881, pag. 751.

An dem besten der untersuchten Krystalle wären nicht nur zwei der Diagonalzonen, sondern auch die dazwischen liegende Deltoöderzone messbar.

Die Messung ergab folgendes Resultat:

Deltoöderzone  $1\bar{1}1.101$ .

$$\begin{array}{ll} o.e_1 = 11^\circ 27' & 1\bar{1}1.8\bar{5}8 = 11^\circ 25' 20'' \\ e_2 = 12^\circ 24' & 5\bar{3}5 = 12^\circ 16' 29'' \\ e_3 = 14^\circ 47' & 2\bar{1}2 = 15^\circ 47' \\ & \text{oder genauer } 19.1\bar{0}.19 = 14^\circ 51' 4'' \end{array}$$

Die Reflexe  $e_1, e_2$  sind ziemlich scharf und gut einstellbar; der letzte,  $e_3$  sehr lichtschwach und stark dilatirt; daher ist wohl das Zeichen  $2\bar{1}2$  vorzuziehen.

Diagonalzone  $1\bar{1}1.110$ .

$$\begin{array}{ll} o.\sigma_1 = 12^\circ 53' & 1\bar{1}1.9\bar{5}7 = 13^\circ 7' 53'' \\ \sigma_2 = 15^\circ 12' & 4\bar{2}3 = 15^\circ 13' 31'' \\ \sigma_3 = 16^\circ 6' & 15.\bar{7}.11 = 16^\circ 32' 12'' \\ \sigma_4 = 18^\circ 2' & 7\bar{3}5 = 18^\circ 5' 10'' \end{array}$$

$\sigma_1$  ist ein verwaschener, lichtschwacher, isolirter Reflex,  $\sigma_2 - \sigma_4$  sind durch einen continuirlichen Lichtbogen verbunden, in welchem die gemessenen Reflexe als Culminationen erscheinen. Hinter  $\sigma_4$  schneidet das Reflexbild scharf ab. Neben dem in der geforderten Zone liegenden Lichtbogen verlaufen seitlich andere in paralleler Richtung.

Diagonalzone  $1\bar{1}1.011$ .

$$\begin{array}{ll} o.\sigma'_0 = 12^\circ 10' & \\ \sigma'_1 = 13^\circ 27' & 1\bar{1}1.7\bar{5}9 = 13^\circ 7' 53'' \\ \sigma'_2 = 14^\circ 57' & 3\bar{2}4 = 15^\circ 13' 31'' \\ \sigma'_3 = 16^\circ 9' & 11.\bar{7}.15 = 16^\circ 32' 12'' \\ \sigma'_4 = 17^\circ 52' & 5\bar{3}7 = 18^\circ 5' 10'' \end{array}$$

Die Reflexe dieser Zone liegen alle an einem einheitlichen Lichtbogen.  $\sigma'_0$  ist ein ziemlich lichtstarker Reflex, für den ich kein Zeichen aufstellte. Nahe daran gerückt ist das gleichstarke  $\sigma'_1$ .  $\sigma'_2$  ist ziemlich lichtschwach aber scharf.  $\sigma'_3$  und  $\sigma'_4$  sind gut messbare isolirte Reflexe. Auch hier schneidet die Reihe mit  $\sigma'_4$  scharf ab.

Die Reflexe  $\sigma_1 \sigma'_1$  liegen mit  $e_1$  in einer Zone. Es wurde gemessen:

$$\sigma_1 \sigma'_1 = 13^\circ 43' \qquad 9\bar{5}7.7\bar{5}9 = 13^\circ 7' 53''$$

Die Zone konnte mit Hilfe der Flächen  $\bar{1}01$  und  $10\bar{1}$  scharf justirt werden.

Die Fläche  $-x(975)$  wurde auch an Kapniker Krystallen durch einen anderen Zonenverband mit  $-x(313)$  und  $-x(331)$  nachgewiesen, erscheint somit gut begründet.

Für die anderen Reflexe konnte ein solcher Zonenzusammenhang nicht nachgewiesen werden. Namentlich wurde constatirt, dass keiner der gemessenen  $\sigma$ -Reflexe in der Zone  $de_2 = \bar{1}01.5\bar{3}5$  lag.

Das Zeichen  $-x(432)$  ergab sich als einfachstes, in dieser Region der Zone mögliches Symbol. Diese Fläche würde ausserdem mit dem Triakistetraëder  $-x(522)$  in Zonenverband stehen. Die Triakistetraëder treten indess bei dieser Entwicklung der Tetraëderfläche nicht auf, daher kann dieser Zonenverband nicht geprüft werden.

$\sigma_4$  steht in demselben Zonenverband mit  $-x(311)$ , welches als die eine Grenzform der negativen Triakistetraëder zu betrachten ist. Man bemerkt überhaupt, dass die besprochenen Hexakistetraëder sich in jenen Grenzen halten, welche durch den Zonenverband mit den zwischen  $-x(211)$  und  $-x(311)$  schwankenden Triakistetraëdern geboten sind, nämlich zwischen den Grenzen  $-x(543)$  und  $-x(753)$  (vergl. die Projection Taf. VIII).

Das Zeichen  $-x(15.11.7)$  ergab sich aus der übrigen Reihe als ein Mittelglied. Nach der von Websky vorgeschlagenen Weise lassen sich die Symbole dieser Hexakistetraëder zerlegen in  $1\bar{1}1$  und in das Symbol der nächsten Prismenfläche derselben Zone:  $201$ . Es ist

$$\begin{aligned} 9\bar{5}7 &= 5(1\bar{1}1) + 2(201) = 5(1\bar{1}1) + 2(201) \\ 4\bar{2}3 &= 2(1\bar{1}1) + (201) = 4(1\bar{1}1) + 2(201) \\ 15.7.11 &= 7(1\bar{1}1) + 4(201) = 3\frac{1}{2}(1\bar{1}1) + 2(201) \\ 7\bar{3}5 &= 3(1\bar{1}1) + 2(201) = 3(1\bar{1}1) + 2(201) \end{aligned}$$

Das regelmässige Fortschreiten der Coëfficienten von  $(1\bar{1}1)$  tritt in der zweiten Colonne deutlich hervor.

Zur Controle wurden an mehreren anderen Krystallen Messungen vorgenommen.

Ein relativ sehr gutes Krystallfragment lieferte in einer Gruppe zerstreuter Reflexe ein sehr helles Bild, welches genau der Lage von  $-\alpha(432)$  entsprach, daneben ein zweites entsprechend  $-\alpha(15.11.7)$

gemessen		berechnet
$\sigma_2 = 15^\circ 17'$	$1\bar{1}1.4\bar{3}2$	$= 15^\circ 13' 31''$
$\sigma_4 = 16^\circ 34'$	$(1\bar{1}1).(15.\bar{7}.11)$	$= 16^\circ 32' 12''$
$d\sigma_2 = 23^\circ 2'$	$101.4\bar{3}2$	$= 23^\circ 12' 0''$

An einem dritten Krystalle wurden in zwei Zonen die hellsten Reflexe gemessen mit folgendem Resultat:

$$\left. \begin{array}{l} \sigma = 16^\circ 6' \\ \sigma' = 16^\circ 41' \end{array} \right\} 16^\circ 23' \quad 1\bar{1}1.(15.\bar{7}.11) = 16^\circ 32' 12''$$

Mit ähnlichen Resultaten wurden noch mehrere andere Krystalle gemessen, indessen dürften die mitgetheilten Messungen genügen, die aufgestellten Hexakistetraëder zu rechtfertigen.

Die Aetzung derartiger Krystalle lehrte nicht nur die durch Sadebeck richtig erkannte Stellung, sondern auch die Art der Verwachsung erkennen. Es zeigte sich hiebei, dass jene Krystalle polysynthetische Zwillingstöcke mit paralleler Wiederholung darstellen; jeder besteht aus sehr zahlreichen, oft ungemein dünnen Zwillinglamellen, welche, parallel der gemeinsamen Tetraëderfläche ausgedehnt, sich auch in dieser Fläche berühren. Nie wurde eine geradlinige Begrenzung der beiden Zwillingindividuen an einer zur Zwillingsebene senkrechten Fläche bemerkt; wenn an einem Krystall rechts das eine, links das andere Individuum vorherrscht, so besteht die Grenze aus ineinander gekeilten Lamellen, welche sich an der Zwillingsebene berühren, wie dies Leydolt zuerst in ähnlicher Weise am Aragonit beobachtete. Diese lamellare Zwillingbildung macht sich auch an den  $\sigma$ -Flächen durch die streifenweise verschieden gerichtete Riefung geltend (vergl. Fig. 22). An der Tetraëderfläche verräth sie sich durch die wechselnde Stellung der dreiseitigen Schalen, deren Seiten dem Dodekaëder parallel sind.

Diese lamellare polysynthetische Zwillingbildung zeigt, wie richtig die Auffassung des Zwillinggesetzes durch Sadebeck ist, welcher eine trigonale Axe als Zwillingsebene, die Tetraëderfläche als Zwillingsebene aufstellt, und wie unnatürlich es wäre, mit Groth eine Fläche von 211 als Zwillingsebene anzunehmen.

An einer anderen Stufe von Neudorf am Harz, welche ich Herrn Hofrath Tschermak verdanke, sind derartige pseudohexagonale Formen seltener, obzwar ab und zu das negative Tetraëder auch hier auftritt, oft begleitet von sehr breiten Deltoëderflächen.

Aehnliche Formen beobachtete ich auch an Krystallen von Clausthal, welche daneben noch das positive Tetraëder zeigen. Auch hier sind die Deltoëderflächen oft stark entwickelt und die Hexakistetraëder treten zurück. An einem solchen Krystall wurde durch approximative Messung  $-\alpha(331)$  und  $-\alpha(753)$  nachgewiesen.

### Alston Moor Cumberland.

Auch für diese Krystalle sind neben dem Dodekaëder die gekrümmten Flächen von Triakistetraëdern bezeichnend. Sadebeck 1869 stellte die Krystalle ursprünglich so auf, dass diese Triakistetraëder, die er für  $\alpha(311)$  hielt, in erste Stellung kamen. Groth stellte die Krystalle mit Rücksicht auf das glänzende und glatte Tetraëder umgekehrt auf, so dass das Tetraëder in 1. Stellung und  $\alpha(311)$  in 2. Stellung kam. In seiner zweiten Arbeit (1878) erklärte sich Sadebeck für diese Umstellung, gibt aber gleichzeitig für das Triakistetraëder das Zeichen  $-\frac{5}{2}O\frac{5}{2} = -\alpha(522)$  an.

Meine Aetzversuche ergaben die Richtigkeit dieser geänderten Aufstellung. Die Triakistetraëder haben auch hier von Krystall zu Krystall, auch an verschiedenen Stellen desselben Krystalles wechselnde Lage; bisweilen wird die Lage von  $-\alpha(311)$  nahezu erreicht.

An einem Krystall wurden die Winkel der Triakistetraëderflächen zur Würfelfläche gemessen.

$$\begin{aligned} h . t &= 25^{\circ} 52' \\ h . t' &= 25^{\circ} 58' \\ &\quad \underline{25^{\circ} 55'} \text{ gemessen} \\ 100 . 311 &= 25^{\circ} 14' 11'' \text{ berechnet.} \end{aligned}$$

An einer anderen Stelle desselben Krystalles wurde der Winkel von  $t$  zu der im selben Oktanten gegenüberliegenden Dodekaëderfläche gemessen;  $t$  gab zwei Bilder:

$$\begin{aligned} d . t_1 &= 60^{\circ} 38' & 110 . 225 &= 60^{\circ} 30' 15'' \\ t_2 &= 61^{\circ} 53' & 338 &= 62^{\circ} 3' 44'' \end{aligned}$$

**Přibram.**

Sehr kleine rothbraune Krystalle von Blende, welche zusammen mit Bournonit auf Quarzdrusen aufsitzen, gehören demselben Typus an wie die zuletzt geschilderten Krystalle. Es herrscht an denselben das Dodekaëder, sonst tritt in einer Stellung ein Triakistetraëder auf, welches die gewöhnlichen Wölbungen zeigt, daher schwer messbar ist.

Ich erhielt an 3 Krystallen folgende Messungen:

## I. Krystall:

$$d . t = 64^{\circ} 39' \qquad 1\bar{1}0 . 1\bar{1}3 = 64^{\circ} 45' 39''$$

## II. Krystall:

$$\begin{aligned} d . t_1 &= 59^{\circ} 43' & (1\bar{1}0) . (5\bar{5}.12) &= 59^{\circ} 29' 29'' \\ t_2 &= 62^{\circ} 6' & 338 &= 62^{\circ} 3' 44'' \end{aligned}$$

## III. Krystall:

$$\begin{aligned} d . t_1 &= 58^{\circ} 21' & 1\bar{1}0 . 3\bar{3}7 &= 58^{\circ} 46' 50'' \\ t_2 &= 60^{\circ} 6' & 225 &= 60^{\circ} 30' 15'' \\ t_3 &= 62^{\circ} 47' & (4\bar{4}.11) &= 62^{\circ} 47' 10'' \end{aligned}$$

Ohne die aufgestellten Indices als sichergestellt zu betrachten, sieht man, dass auch hier die Lage der Triakistetraëder von Krystall zu Krystall schwankt, dass dieselben sich der Grenze von  $-\alpha(311)$  nähern, welche bisweilen wirklich erreicht wird.

Interessant ist das Vorkommen natürlich geätzter Krystalle. Solche zeigen auf den Dodekaëderflächen deutlichen Krystalldamast und ähnlichen Schimmer wie die mit Salzsäure geätzten Krystalle, nur ist derselbe hier durch negative Triakistetraëder hervorgebracht. Die Aetzung erfolgte also auf andere Weise als bei der künstlichen Aetzung mit Salzsäure.

**Freiberg.**

Von diesem Fundorte kenne ich oktaëdrische Krystalle von der „Alten Mordgrube“ und von „Grube Himmelfahrt“, auf welche die von Sadebeck 1878, pag. 594, Absatz *a*, gegebene Beschreibung vollkommen passt. Die Aetzung erwies, dass Sadebeck's Aufstellung richtig ist.

Die Eigenthümlichkeiten dieses Vorkommens scheinen auf natürlicher Aetzung zu beruhen. Dass starke Lösung stattgefunden

haben, zeigen gerundete Ueberreste von Bleiglanzkrystallen, welche in der Tiefe von Löchern in der Blendedruse sitzen und in der Blende Abdrücke ihrer früheren Gestalt hinterlassen haben.

### Schlaggenwald.

Auch die Krystalle dieses Fundortes waren Gegenstand der Controverse zwischen Sadebeck und Groth.

Nach meinen Erfahrungen ist die Aufstellung, die Sadebeck den Krystallen in seiner zweiten Arbeit gegeben hat, richtig.

Es kommen bei Schlaggenwald Combinationen des Würfels mit dem negativen oder mit beiden Tetraëdern vor. Im letzteren Falle ist das negative nach meinen freilich nur auf wenige Krystalle beschränkten Erfahrungen das grössere.

Der Würfel zeigt stets tiefe, kräftige Riefung nach dem positiven Tetraëder. Nebenher ist er manchmal mit parallelen Reihen kleiner Knötchen besetzt, welche dem negativen Tetraëder parallel laufen und mit demselben einspiegeln. Hiedurch wird der Eindruck einer schwachen Riefung nach dem negativen Tetraëder hervorgebracht.

Das positive Tetraëder fand ich glatt und matt oder mit kräftigen, erhabenen, von Würfelflächen begrenzten Subindividuen besetzt.

Das negative Tetraëder zeigt einen schaligen Bau nach dem Dodekaëder, bisweilen Vertiefungen, die gleichgestellt sind, wie die Erhabenheiten auf dem positiven Tetraëder, und von Dodekaëderflächen begrenzt werden.

Die Krystalle sind von Kupferkies in feinen Stengeln gänzlich durchwachsen, was nach der Aetzung an Spaltstücken deutlich hervortritt. Die Verwachsung scheint eine regelmässige zu sein, da die kleinen Kupferkiespartikel gleichzeitig einspiegeln. Bis jetzt ist es mir nicht gelungen, das Verwachsungsgesetz zu erkennen.

Die folgende Tabelle ist ein Versuch, das, was über das Vorkommen von einzelnen Formen der Blende bekannt ist, zusammenzustellen. Ich verhehle nicht, dass manche Formen noch einer Bestätigung bedürfen; solche, bei denen die Stellung im negativen oder positiven Oktanten noch nicht durch Aetzung sichergestellt oder nach dem Vorkommen anderer Formen unzweifelhaft ist, sind mit ?

bei dem betreffenden Fundort bezeichnet. Bei Angaben von Flächen die ich selbst überhaupt nicht oder nicht von dem betreffenden Fundorte kenne, habe ich den betreffenden Autor citirt, auf dessen Angabe ich mich stütze. Blenden von Fundorten, die ich überhaupt nicht kenne, habe ich in der Tabelle nicht berücksichtigt, da ich bei solchen keinerlei Anhaltspunkt habe über die richtige oder falsche Aufstellung, welche diesen Krystallen von den betreffenden Autoren gegeben wurde. Dies gilt namentlich von vielen von Groth 1878 beschriebenen Blendevorkommnissen.

Von den sehr schwankenden Triakistetraëdern sind nur die angegeben, welche ich für sicher bestimmt halte.

	Miller'sches Zeichen	Naumann'sches Zeichen	Vorkommen
--	----------------------	-----------------------	-----------

### I. Grenzformen.

1	(100)	$\infty 0 \infty$	Allgemein.
2	(110)	$\infty 0$	Allgemein.
3	(320)	$\infty 0 \frac{2}{3}$	Kapnik.
4	(210)	$\infty 0 2$	Kapnik (Groth).
5	(410)	$\infty 0 4$	Kapnik.
6	(810)	$\infty 0 8$	Kapnik.

### II. Positive Formen.

7	$+x(111)$	$+\frac{0}{2}$	Fehlt selten (bei Neudorf, Harz).
8	$+x(211)$	$+\frac{202}{2}$	Binnenthal? <sup>1)</sup> , Kapnik (Klein).
9	$+x(311)$	$+\frac{303}{2}$	Sehr häufig namentlich Ungarn.
10	$+x(722)$	$+\frac{\frac{7}{2}0\frac{7}{2}}{2}$	Binnenthal? (Klein).
11	$+x(411)$	$+\frac{404}{2}$	Kapnik (Groth), Oberlahnstein (Sadebeck).

<sup>1)</sup> Die Aufstellung des Rath'schen Krystalles ist mir zwar nicht zweifelhaft, doch wurde derselbe nicht geätzt, somit ist eine absolute Sicherheit noch nicht möglich.

	Miller'sches Zeichen	Naumannsches Zeichen	Vorkommen
12	+x(12.1.1)	$+\frac{12012}{2}$	Oberlahnstein (Sadebeck).
13	+x(951)	$+\frac{90\frac{3}{5}}{2}$	Kapnik.

## III. Negative Formen.

14	-x(111)	$-\frac{0}{2}$	Fehlt den Krystallen von Cumberland, Pöibram, vom Rhein.
----	---------	----------------	--

## Triakistetraöder.

15	-x(744)	$-\frac{\frac{7}{4}0\frac{7}{4}}{2}$	Kapnik.
16	-x(211)	$-\frac{202}{2}$	Allgemein.
17	-x(944)	$-\frac{\frac{9}{4}0\frac{9}{4}}{2}$	Neudorf.
18	-x(522)	$-\frac{\frac{5}{2}0\frac{5}{2}}{2}$	Sehr verbreitet.
19	-x(833)	$-\frac{\frac{8}{3}0\frac{8}{3}}{2}$	Alston Moor, Pöibram, Neudorf.
20	-x(311)	$-\frac{303}{2}$	Alston Moor, Pöibram; Binnenthal? (Klein).
21	-x(722)	$-\frac{\frac{7}{2}0\frac{7}{2}}{2}$	St. Agnes Cornwall? (Sadebeck).
22	-x(411)	$-\frac{404}{2}$	Kapnik (Groth, Hessenberg).
23	-x(511)	$-\frac{505}{2}$	Kapnik (Quenstedt).

## Deltööder.

24	-x(331)	$-\frac{30}{2}$	Ungarn, Holzappel, Oberlahnstein (Sadebeck).
25	-x(221)	$-\frac{20}{2}$	Schemnitz (Hessenberg), Oberlahnstein (Sadebeck).
26	-x(553)	$-\frac{\frac{5}{3}0}{2}$	Neudorf.

	Miller'sches Zeichen	Naumannsches Zeichen	Vorkommen.
27	$-\alpha(885)$	$-\frac{3O}{2}$	Neudorf.
28	$-\alpha(15.15.2)$	$-\frac{1^5O}{2}$	Harz (Sadebeck).

## Hexakistetraeder.

29	$-\alpha(431)$	$-\frac{4O\frac{4}{3}}{2}$	Binnenthal?, Holzappel.
30	$-\alpha(321)$	$-\frac{3O\frac{3}{2}}{2}$	Kapnik (Groth), Binnenthal?
31	$-\alpha(11.10.1)$	$-\frac{11O\frac{11}{10}}{2}$	Kapnik (Groth).
32	$-\alpha(975)$	$-\frac{9O\frac{9}{7}}{2}$	Kapnik, Neudorf.
33	$-\alpha(432)$	$-\frac{2O\frac{4}{3}}{2}$	Neudorf.
34	$-\alpha(15.11.7)$	$-\frac{1^5O\frac{1^5}{11}}{2}$	Neudorf.
35	$-\alpha(753)$	$-\frac{7O\frac{7}{5}}{2}$	Neudorf.

Die in vorstehender Tabelle zusammengestellten Flächen sind in Fig. 25, Taf. VIII, in eine sphärische Projection eingetragen. Die Flächenarmuth der positiven Oktanten gegenüber dem Reichthum an negativen Formen springt sofort in die Augen. Im rechten hinteren negativen Oktanten sind alle Zeichen weggelassen, um dafür die mannigfaltigen Zonenverbände umso deutlicher hervortreten zu lassen.

Hie und da sind Abkürzungen gebraucht. Es bedeutet:

$$e_1 = -\alpha(885)$$

$$e_2 = -\alpha(553)$$

$$e_3 = -\alpha(15.15.2)$$

$$\sigma_1 = -\alpha(975)$$

$$\sigma_2 = -\alpha(432)$$

$$\sigma_3 = -\alpha(15.11.7)$$

$$\sigma_4 = -\alpha(753).$$

Die Prüfung einer grösseren Reihe von Blendekrystallen verschiedener Fundorte zeigte, dass Sadebeck durch Berücksichtigung der von ihm sogenannten Leitformen, der Tektonik, des Glanzes und der Ausdehnung der beiden Tetraëder in der grösseren Anzahl der Fälle zu einer richtigen Aufstellung geführt wurde.

Es zeugt dies ebenso für die feine Beobachtung dieses ausgezeichneten Krystallographen, als für die Richtigkeit der von ihm aufgestellten Sätze. Namentlich sind es die auf die Tektonik Bezug nehmenden Regeln, welche sich durchaus bestätigt haben. Trügllicher erwiesen sich die Leitformen, auf welche Sadebeck ein so grosses Gewicht legt.

Eine Anzahl (3) Triakistetraëder kennt man bereits in beiden Stellungen, selbst  $+x(311)$  ist nicht ganz verlässlich als positive Leitform.

Wo Sadebeck sich in der Aufstellung geirrt hat, geschah es öfter desshalb, weil er seine eigenen Sätze irrthümlich anwendet als wegen Fehlern der allgemeinen Sätze selbst.

Für die Ausbildung der Blendekrystalle und die Unterscheidung der positiven und negativen Formen kann man folgende Sätze aufstellen, wovon die mit „“ angeführten wörtlich aus der Arbeit von Sadebeck citirt sind:

1. Ueber das Auftreten secundärer Formen ist zu bemerken, dass dieselben im positiven Oktanten überhaupt seltener sind als im negativen. Von den Triakistetraëdern tritt  $x(311)$  im positiven Oktanten häufiger auf als im negativen, wo es immer von weniger steilen Flächen [ $-x(833)$   $-x(522)$   $-x(211)$ ] begleitet ist. Deltoëder treten, soviel mir bekannt ist, blos im negativen Oktanten auf, ebenso die Hexakistetraëder mit einer Ausnahme.

2. Flächenzeichnung. „Schaliger Bau kann bei beiden Tetraëdern vorkommen; bei dem ersten (positiven) Tetraëder sind die Schalen stets geradflächig begrenzt, bei dem zweiten (negativen) Tetraëder treten als Begrenzung der Schalen lediglich vicinale Flächen oder gewölbte neben der scharfkantigen Begrenzung auf.“

Auf den Würfelflächen geht die Streifung bald nach dem einen bald nach dem anderen Tetraëder, bald nach beiden. Die Streifung nach dem positiven Tetraëder ist geradliniger, markirter, die Streifung nach dem negativen Tetraëder krummlinig, weitschweifig, oft durch parallele Reihen kleiner Knötchen hervorgebracht.

3. „An dem einen Ende treten ebenflächige, an dem anderen gewölbte Flächenelemente auf, es ist also der Bau in erster Stellung (im positiven Oktanten) vollkommener als in zweiter (im negativen Oktanten).“

4. Der Glanz ist ganz trügerisch; in manchen Fällen ist das positive, in anderen Fällen das negative Tetraëder das glänzendere. Der mattere Glanz des negativen Tetraëders ist oft eine Folge natürlicher Aetzung.

Die Resultate der Untersuchung lassen sich kurz, wie folgt, zusammenfassen:

1. Auf den Krystallflächen der Blende entstehen durch Aetzung mit heisser Salzsäure regelmässige Aetzfiguren, welche mit der Tetraëdrie der Krystalle im Einklang stehen. Dieselben sind trisymmetrisch auf den Tetraëderflächen, disymmetrisch nach den Diagonalen auf der Würfelfläche, monosymmetrisch nach der kurzen Diagonale auf der Dodekaëderfläche.

2. Die Aetzfiguren sind vertiefte Aetzgrübchen auf dem positiven Tetraëder und dem Würfel, erhabene Aetzhügel auf dem negativen Tetraëder und dem Dodekaëder.

3. Diese Aetzgrübchen und Aetzhügel sind von ebenen Flächen, den Aetzflächen, begrenzt. Die Aetzflächen sind theils Hauptätzflächen, welche auf allen Krystallflächen an der Begrenzung der Aetzfiguren theilnehmen, theils Nebenätzflächen, welche nur auf bestimmten Krystallflächen auftreten.

4. Hauptätzflächen sind die positiven Triakistetraëder; diese bilden mit den Flächen des Würfels und des positiven Tetraëders die Aetzzone der Blende.

Nebenätzflächen sind auf dem positiven Tetraëder vicinale positive Triakistetraëder und Deltoëder, auf dem Würfel vicinale negative Triakistetraëder, auf dem Dodekaëder negative dem Würfel nahestehende Triakistetraëder und positive Deltoëder.

5. Alle Aetzflächen liegen im positiven Oktanten oder doch seiner Grenze sehr nahe. In der Nähe der Dodekaëder-(Spalt-)flächen treten keine Aetzflächen auf.

6. Die Lage der Aetzflächen hängt in bestimmter Weise von dem Eisengehalt der Blende, von der Concentration der Säure und der Dauer der Einwirkung, endlich vom Parametergesetz ab.

7. Der Gegensatz des inneren Baues zwischen positiven und negativen Oktanten spricht sich deutlich in der Ausbildung, namentlich in der tektonischen Beschaffenheit der Krystalle aus.

Die positiven Oktanten sind durch Flächenarmuth, Ebenflächigkeit und geradlinige Flächenstreifung ausgezeichnet.

In den negativen Oktanten sind die secundären Formen häufiger, ferner treten viele gewölbte Flächen und vicinale Formen auf, die Flächenzeichnung ist oft krummlinig. Flächenausdehnung und Glanz sind zur Unterscheidung positiver und negativer Formen gar nicht, das Auftreten bestimmter secundärer Formen (Leitformen) nicht ausnahmslos brauchbar.

Mineralogisches Universitäts-Institut in Czernowitz, Juli 1883.

### Tafel-Erklärung.

#### Tafel VII.

- Fig. 1. Aetzfiguren auf dem pos. Tetraëder  $a, b$  bei dunklen,  $d, e, f$  bei hellen Blenden.
- Fig. 2. Orientirung der Aetzfiguren auf einem auf  $+x(111)$  projecirten Blende-krystall.
- Fig. 3. Aetzfiguren auf der Würfelfläche (001), die langen Seiten parallel dem  $+ Tetraëder$ .
- Fig. 4. Aetzhügel auf der Dodekaëderfläche von heller Blende v. Santander nach kurzer Aetzung.
- Fig. 5. Aetzhügel auf der Dodekaëderfläche von dunkler Blende v. Rodna.
- Fig. 6. Ein älterer Aetzhügel neben einer jüngeren Generation von solchen, Blende von Santander nach lang dauernder Aetzung.
- Fig. 7. Aetzziefen parallel der langen Diagonale der Dodekaëderfläche von Santander. Vergrößerung bei Fig. 4—7 ca. 240.
- Fig. 8—14. Lichtfiguren.
- Fig. 8. Lichtfigur auf  $+x(111)$  eines Schemnitzer Krystalles.  $+x(111)$  von Dodekaëderflächen begrenzt.
- Fig. 9. Lichtfigur auf  $+x(111)$  Binnenthal,  $+x(111)$  durch  $-x(111)$  begrenzt.
- Fig. 10. Lichtfigur von  $+x(111)$  Binnenthal im doppelten Massstabe gezeichnet.
- Fig. 11. Lichtfigur von  $+x(111)$  Rodna. Die Lichtfigur von (001) ist darunter gezeichnet, um den Zusammenhang zu zeigen.
- Fig 11a. Lichtfigur von (001) Schlaggenwald.

Fig. 11 b. Lichtfigur von (001) Schemnitz.

Fig. 12. Vollständige Lichtfigur der Dodekaëderfläche von Santander.

Fig. 13. Desgleichen, positiver Theil, mit Mittelstrahl in Folge von Aetzrinnen.

Fig. 14. Lichtfigur einer verzwilligten Dodekaëderplatte von Rodna; die Zwillingsgrenze läuft von links unten nach rechts oben. Zwei  $\alpha$ -Reflexe fallen nahe zusammen in Folge der Annäherung an 311.

Fig. 15. Projection der Aetzflächen. Die Hauptätzflächen sind durch starke Linien, die Nebenätzflächen durch Punkte angedeutet.

#### Tafel VIII.

Fig. 16. Oktaëdrischer Krystall von Kapnik:

$o$	$o'$	$d$	$3o'$	$\sigma$
$+\kappa(111)$	$-\kappa(111)$	$(110)$	$-\kappa(331)$	$-\kappa(975)$

Fig. 17. Dodekaëdrischer Krystall von Kapnik. Projection auf 100:

$h$	$d$	$\frac{3}{2}d$	$4d$	$8d$	$o$	$\frac{1}{3}o$	$v$	$o'$
$(100)$	$(110)$	$(320)$	$(410)$	$(810)$	$+\kappa(111)$	$+\kappa(311)$	$+\kappa(951)$	$-\kappa(111)$
				$\frac{1}{2}o'$		$3o'$		
				$-\kappa(211)$		$-\kappa(331)$		

Fig. 18. Vertiefungen, von Tetraëderflächen gebildet, auf der Würfelfläche von Rodna. Nach der Aetzung erscheint  $-\kappa(111)$  rauh, statt  $+\kappa(111)$  erscheint eine glänzende Aetzfläche.

Fig. 19. Blende von Binnenthal. 19 a Aussehen der Fläche  $+\kappa(111)$ .

Fig. 20. Ecke eines Binnenthaler Krystalles mit Hexakistetraëderflächen:

$h$	$o$	$o'$	$u$	$s$
$(100)$	$+\kappa(111)$	$-\kappa(111)$	$-\kappa(431)$	$-\kappa(321)$

Fig. 21. Blendezwilling von Holzappel:

$o$	$d$	$o'$	$\frac{1}{2}o'$	$3o'$	$u$
$+\kappa(111)$	$(110)$	$-\kappa(111)$	$-\kappa(221)$	$-\kappa(331)$	$-\kappa(431)$

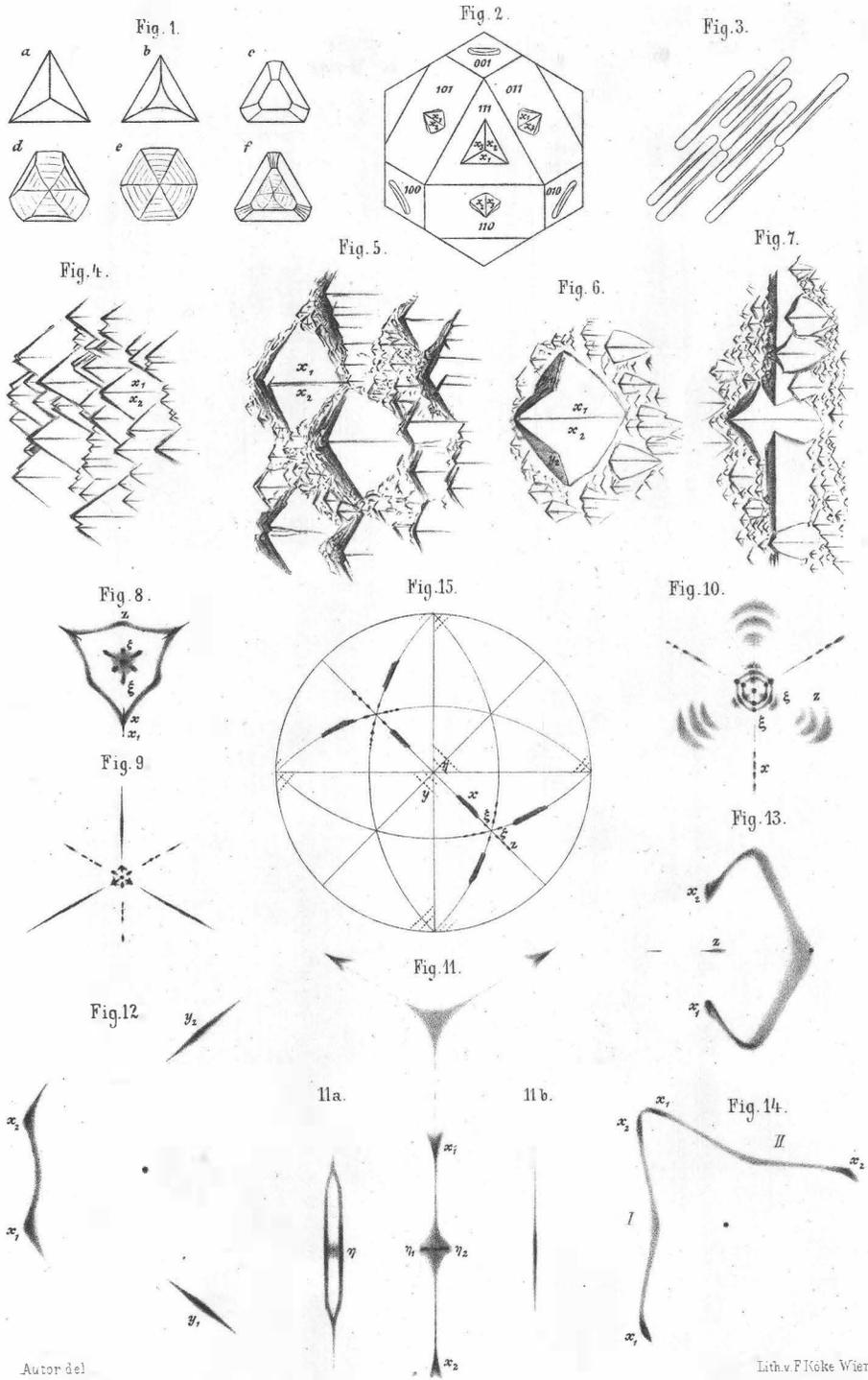
Fig. 22. Penetrationszwilling der Blende von Neudorf. Oben gross die beiden gemeinsame (Zwillings)-Fläche  $o'-\kappa(111)$ ,  $d(110)$ ,  $e$  Deltoëder,  $\sigma$  Hexakistetraëder. Vergl. Text pag. 512 u. ff.

Fig. 23. Blende von St. Agnes, Cornwall.

Fig. 24. Blende von Bottino bei Serravezza, Toscana,  $o+\kappa(111)$  herrschend.

Fig. 25. Sphärische Projection der sicher bestimmten Blendeformen.

Abkürzungen:  $e_1 = -\kappa(885)$ ,  $e_2 = -\kappa(553)$ ,  $e_3 = -\kappa(15.15.2)$ ,  $\sigma_1 = -\kappa(975)$   
 $\sigma_2 = -\kappa(432)$ ,  $\sigma_3 = -\kappa(15.11.7)$ ,  $\sigma_4 = -\kappa(753)$ .



Autor del

Lith. v. F. Keke Wien

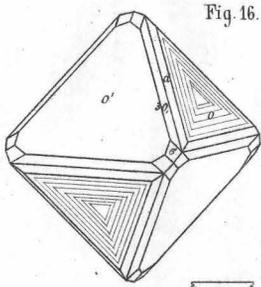


Fig. 16.

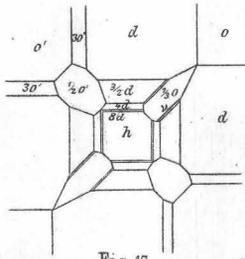


Fig. 17.

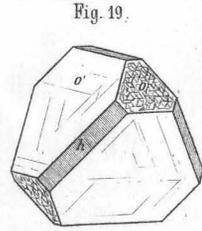


Fig. 19.

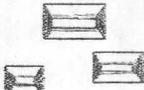


Fig. 18.

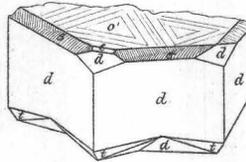


Fig. 22.

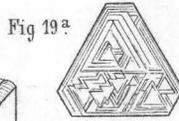


Fig. 19a.

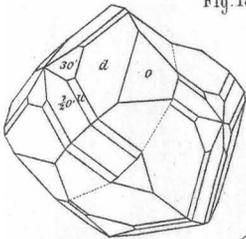


Fig. 21.

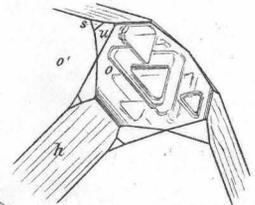


Fig. 20.

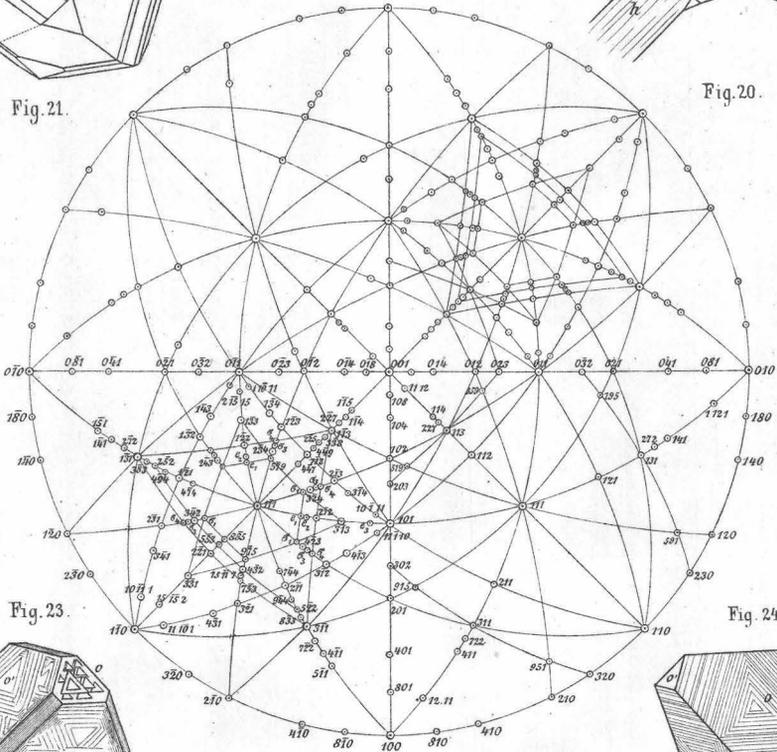
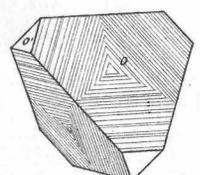
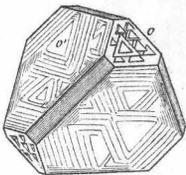


Fig. 23.

Fig. 24.

Fig. 25.



Autor del.

Lith. v. F. Köke.