

# SEPARAT-ABDRUCK

AUS DEN

MINERALOGISCHEN UND PETROGRAPHISCHEN

## MITTHEILUNGEN

FRÜHER

HERAUSGEGEBEN

VON

G. TSCHERMAK.

JETZT VON

F. BECKE.

F. BECKE. ÄTZVERSUCHE AM FLUORIT.

---

WIEN,

ALFRED HÖLDER,

K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER,

ROTHENTHURMSTRASSE 15.

# XXIII. Aetzversuche am Fluorit.

Von F. Becke.

Mit Tafel VII und 4 Figuren im Text.

## Einleitung.

Am Flussspath sind schon von Baumhauer<sup>1)</sup> und Lasaulx<sup>2)</sup> mit Erfolg Aetzversuche gemacht worden. Die natürlichen Aetzungen, die am Flussspath häufig zu beobachten sind, waren Gegenstand von Untersuchungen, die Werner<sup>3)</sup> und van Calker<sup>4)</sup> angestellt haben.

In Fortsetzung meiner Aetzversuche an tesseralen Mineralen suchte ich auch den Flussspath in den Bereich der Untersuchung zu ziehen. Es sollten dabei die an anderen Mineralen gefundenen Gesetzmässigkeiten geprüft werden, insbesondere suchte ich auch hier den Zusammenhang zwischen dem Auftreten und der Form der Aetzfiguren und der Lösungsgeschwindigkeit der verschiedenen Krystallflächen zu verfolgen.

Inwieweit mir dies gelungen ist, werden die im folgenden mitgetheilten Resultate lehren.

Der letzte Theil der gestellten Aufgabe, die Bestimmung der Lösungsgeschwindigkeit in verschiedenen Richtungen, gestaltete sich zu einer ziemlich schwierigen und zeitraubenden Untersuchung. Ich hoffe, dass die in dieser Richtung gewonnenen Ergebnisse von einigem Interesse sind.

Als Untersuchungsmaterial dienten mir hauptsächlich Krystalle von folgenden Fundorten:

1. Farblose Würfel vom Calvarienberg bei Bozen, in Klüften des Porphyrs.
2. Blass weingelbe, ziemlich grosse und reine Würfel von Freiberg in Sachsen in Begleitung von Bleiglanz-Krystallen.

---

1) Neues Jahrb. f. Min. 1876, pag. 605.

2) Zeitschr. f. Kryst. 1877, I, 359.

3) Neues Jahrb. f. Min. 1881, I, 14.

4) Zeitschr. f. Kryst. 1883, VII, 449.

3. Eine Druse schöner, ziemlich grosser, würfelförmiger Krystalle von Cornwall; die Krystalle sind nicht ganz einheitlich gewachsen, sondern bestehen aus zum Theil hypoparallel verwachsenen Theilen.

4. Sehr vollkommene Würfel von Cumberland, im durchfallenden Licht blass röthlichviolett mit starker blauer Fluorescenz. Diese Krystalle sind trotz ihrer bedeutenden Grösse (bis 3 Centimeter Kantenlänge) sehr genau ausgebildet, die Würfelflächen geben bis auf wenige Minuten genau den rechten Winkel. Es sind Durchwachsungszwillinge, an den von den Zwillingsecken durchstochenen Würfelflächen mit starker Vicinalflächen-Entwicklung.

Gelegentlich wurden noch andere Vorkommen untersucht.

Die recht vollkommene Spaltbarkeit nach der Oktaëderfläche erlaubte, die Versuche an Spaltblättchen oft zu wiederholen. Dabei machte ich eine Beobachtung, die ich, da ich sie nirgends erwähnt finde, hier anführen möchte, obzwar sie eigentlich nicht zum Gegenstand der Arbeit gehört.

Wenn man die an noch so vollkommenen Flussspathkrystallen angeschlagenen Spaltflächen am Goniometer untersucht, so findet man:

1. dass nie ein einfacher Reflex erhalten wird, sondern eine oft sehr complicirte Reflexgruppe;

2. die hellsten Reflexe entsprechen nie der Lage der eigentlichen Oktaëderfläche, sondern weichen stets um  $\frac{1}{2}^{\circ}$  bis  $1^{\circ}$  von dieser Lage ab;

3. die Reflexe ordnen sich gesetzmässig in Reihen, wie die Centraltheile der Fig. 14 bis 17 andeuten. Bei vollkommen symmetrischer Entwicklung würde ein Reflexdreieck mit eingebogenen Seiten entstehen (Fig. 14). Die Mitten der eingebogenen Seiten sind stets am kräftigsten und entsprechen Ikositetraëdern; die lang ausgezogenen Ecken entsprechen Triakisoktaëdern. Von diesem Reflexdreieck sind meist nur eine oder zwei Seiten deutlich entwickelt, was von der Art, wie die Spaltfläche hergestellt wurde, abzuhängen scheint (Fig. 15—17).

Wenn man die Erscheinung einmal kennt, ist es meist nicht schwer, mit ziemlicher Sicherheit bis auf einen Fehler von einigen Minuten die Lage der Oktaëdernormale einzustellen, so dass also die Orientirung von Platten nach angeschlagenen Spaltflächen durch diese Störung nicht beeinträchtigt wird.

Die Untersuchungsverfahren sind die von mir in früheren Arbeiten angewandten. Hierüber ist Neues nicht mitzuthellen. Bei dem durchsichtigen Flussspath konnten die geätzten Platten direct unter dem Mikroskop beobachtet werden.

Die Messung der Lichtfigur geätzter Flächen wurde durch den schwachen Glanz des Mineralen erschwert und konnte in vielen Fällen überhaupt nicht durchgeführt werden.

Als Aetzmittel wurden angewandt: Salzsäure in verschiedenen Graden der Concentration und bei verschiedenen Temperaturen, Schwefelsäure, Lösung von Natriumcarbonat, Kalium-Natriumcarbonat, Aetznatron.

Es zeigte sich, dass die Säuren im allgemeinen in ganz ähnlicher Weise einwirken, eine Erfahrung, welche sich bei fast allen untersuchten Mineralen bestätigt hat.

## I. Aetzung mit Säuren.

Bei der Darstellung von Aetzfiguren, welche Säuren auf den Krystallflächen des Fluorits hervorbringen, wird am besten ausgegangen von der

### Würfelfläche (001).

Glatte Flächen aller untersuchten Flussspathe, gleichgiltig ob natürliche Krystallflächen oder Schliefflächen, bedecken sich nach kurzer Einwirkung mit schönen scharfen Aetzgrübchen. Anfangs sind sie sehr klein, werden mit der Dauer der Einwirkung immer grösser, so dass es nicht schwer ist, scharfe Aetzgrübchen von  $\frac{1}{2}$  Millimeter Seitenlänge zu erhalten.

Die Aetzfiguren sind bei Anwendung von Salzsäure stets quadratische Aetzgrübchen von diagonalen Stellung; sie sind von Ikositetraëderflächen begrenzt, wie schon Baumhauer beobachtet hat. Selten und nur bei recht grossen Figuren kommen ganz schmale Kantenabstumpfung vor, welche von Tetrakishexaëdern gebildet werden.

Fig. 1, Taf. VII, zeigt die gewöhnliche Ausbildung dieser Ikositetraëderfiguren nach einer mit concentrirter siedender Salzsäure geätzten Platte von Freiberg.

Fig. 2 zeigt die Aetzfiguren einer geschliffenen Würfelfläche von Cumberland. Hier sieht man zweierlei Figuren: eine tiefere  $\alpha$ ,

welche ganz denen der Fig. 1 gleicht und mehrere flachere  $b$ , welche einen abgestumpften flachen Boden haben. Diese der Würfel- fläche parallel erscheinende Fläche ist aber nicht ganz eben, sondern besteht eigentlich aus 4 gekrümmten, sehr flachen, vicinalen Ikositetraëderflächen. Die steileren Seitenflächen der Aetzfiguren  $b$  sind untereinander, aber nicht mit den Seitenflächen der Aetzfigur  $a$  parallel.

Bei manchen Fluoriten herrschen die tieferen Aetzfiguren vor (Freiberg, Cornwall, Bozen), bei anderen die flachen (Cumberland). Bisweilen ist die ganze Flächenmitte von dicht gedrängten tiefen Aetzgrübchen eingenommen und flache finden sich nur auf einem schmalen Saum in der Nähe der Kanten und Ecken des Würfels.

Das Lichtbild der mit Salzsäure geätzten Würfelplatte ist nicht ganz leicht zu beobachten wegen des schwachen Glanzes, der dem Fluorit eigenthümlich ist. Taugliche Präparate erhält man, wenn man mit etwa 10procentiger Salzsäure 1 bis 2 Minuten lang ätzt. Mit verdünnterer Säure muss man entsprechend länger ätzen.

Das Lichtbild ist tetrasymmetrisch und besteht aus 4 Ikositetraëderstrahlen mit meist deutlichen Culminationen. Wenn die tiefen Aetzgrübchen  $a$  vorherrschen und dicht gedrängt stehen, verschwindet bisweilen der Centralreflex.

Die Strahlen lassen gewöhnlich eine Gliederung erkennen, welche auf das Vorhandensein verschieden steiler Aetzgrübchen zurückzuführen ist.

Ein schönes Beispiel dieser Art zeigt die Fig. 4. Eine natürliche Würfelplatte von Freiberg wurde eine Minute in siedender Säure geätzt, die mit dem gleichen Volum Wasser verdünnt worden war.

Das Lichtbild besteht aus dem Centralreflex und 4 vicinalen Ikositetraëderreflexen ( $\xi$ ); dieser Theil der Lichtfigur rührt her von flachen Aetzfiguren, welche am Rande der Platte, an der natürlichen Würfelkante auftreten. Die weiter entfernten Ikositetraëderreflexe werden von den mittleren Theilen der Platte geliefert, und zwar die steileren ( $x_2$ ) von grösseren, einzeln stehenden Aetzfiguren, die etwas flacheren ( $x_1$ ) von viel kleineren Aetzgrübchen, die den ganzen Mitteltheil der Platte dicht gedrängt bedecken.

Folgende Winkel wurden gemessen :

Strahl	$h \xi$	$h x_1$	$h x_2$
I . . .	9° 32'	32° 30'	39° 5'
II . . .	—	31° 37'	38° 44'
III . . .	9° 4'	31° 36,	39° 11'
IV . . .	9° 38'	31° 31'	39° 14'
Mittel . .	9° 25'	31° 49'	39° 4'

Aus den Mittelwerten berechnen sich folgende Ortsymbole:

$$\xi = 0.117 \quad x_1 = 0.439 \quad x_2 = 0.561.$$

Das Lichtbild einer mit 15procentiger Salzsäure 2 Minuten bei der Temperatur des Wasserbades geätzten natürlichen Würfelplatte von Cumberland zeigte eine ähnliche Gliederung; nur waren hier die vicinalen Reflexe  $\xi$  viel intensiver, entsprechend der grösseren Häufigkeit der flachen Aetzgrübchen  $b$ .

Die Messung gab folgendes Resultat:

Strahl	$h \xi$	$h x_1$	$h x_2$
I . . .	10° 17'	31° 5'	—
II . . .	9° 17'	31° 24'	33° 42'
III . . .	9° 29'	—	34° 12'
IV . . .	9° 51'	31° 28'	—
Mittel . .	9° 43'	31° 19'	33° 57'

Hieraus ergeben sich die Ortsymbole:

$$\xi = 0.121 \quad x_1 = 0.430 \quad x_2 = 0.476.$$

Eine angeschliffene Würfelplatte von Cumberland, welche durch 9 Minuten in 22procentiger Salzsäure bei der Temperatur des Wasserbades geätzt worden, zeigte ein Lichtbild mit breitem Centralreflex, hervorgebracht durch die aus vier vicinalen Ikositetraedern zusammenfliessende Bodenfläche der flacheren Aetzfiguren  $b$ . Dieser hatte die Gestalt einer vierseitigen, diagonal gestellten hellen Scheibe von circa 2 Grad Durchmesser in der Richtung der in die Ikositetraederzone fallenden Diagonalen.

Da auf den Centralreflex nicht genau eingestellt werden konnte, wurden die Winkel correspondirender Culminationen in gegenüberliegenden Strahlen gemessen. Solcher sind in jedem Strahl zwei vorhanden, entsprechend den Seitenflächen ( $\xi$ ) der flacheren und ( $x$ ) der steileren Aetzgrübchen. Die ersteren sind viel intensiver.

Strahl	$\xi \xi'$	$x x'$
I—III . .	15° 55'	35° 15'
II—IV . .	15° 46'	36° 3'
Mittel . .	15° 50'	35° 39'

Hieraus ergibt sich:  $h\xi = 7^\circ 55'$  und  $hx = 17^\circ 50'$  und die Ortsymbole:

$$\xi = 0.098 \quad x = 0.228.$$

Eine andere Art der Gliederung kommt dadurch zu Stande, dass bisweilen Prärosionsflächen entstehen, deren Reflexe sich in das Lichtbild einfügen. Ist an einer Würfelflatte die Kante mit der benachbarten Oktaëderfläche entwickelt, so entsteht an deren Stelle stets eine schmale glänzende Prärosionsfläche, deren Reflex meist dem der tieferen Aetzgrübchen des Würfels genähert ist, aber sich stets vom Würfelreflex etwas weiter entfernt.

Sind die Würfelfanten vorhanden, so werden sie bei der Aetzung durch viel breitere Prärosionsflächen ersetzt, welche die Lage von Tetrakishehexaëderflächen haben. Diese sind merklich gekrümmt, mit kleinen Aetzhügeln bedeckt und geben infolge dessen sehr zerstreute, unvollkommene Reflexe. Sie fallen beiläufig in eine Zone mit den benachbarten Prärosionsflächen der Ikositetraëderzone, wie an natürlich geätzten Krystallen von Werner l. c. beobachtet wurde.

Mit Schwefelsäure von mässiger Verdünnung erhält man ähnliche Resultate wie mit Salzsäure; doch sind die Aetzfiguren so klein, dass keine deutliche Lichtfigur beobachtet werden kann, und dass demnach die genauere Bestimmung der Lage der Aetzflächen unterbleiben musste.

Eine eigenthümliche und schwer verständliche Erscheinung ist es, dass sehr verdünnte Schwefelsäure (3—4 Tropfen auf ein halbes Probegläschen Wasser) auf der Würfelfläche des Fluorit von Bozen und Freiberg Tetrakishehexaëderfiguren hervorruft. (Vergl. Fig. 3.) An den Fluoriten von Cornwall und Cumberland konnte ich diese Figuren nicht erhalten, weil die Würfelflächen derselben nicht glatt genug waren, um so zarte Figuren erkennen zu lassen. Am Fluorit von Bozen sind dieselben sehr schön zu sehen und die Seitenflächen neigen nach vorgenommenen Schimmermessungen etwa unter  $24^\circ$  gegen die Würfelfläche.

### Oktaëderfläche (III).

Auf der Oktaëderfläche erhält man unter allen Umständen Aetzgrübchen. Sie sind gewöhnlich merklich grösser als auf der Würfelfläche, aber weder so scharf, noch so steil wie auf dieser. Ihre Form wechselt je nach der Concentration und Temperatur des Aetzmittels. Indem ich die genauere Darlegung dieser Erscheinungen einem späteren Abschnitte vorbehalte, soll hier nur dasjenige angeführt werden, was für das Verständnis der Aetzfiguren anderer Krystallformen nothwendig ist.

Bei Anwendung von Salzsäure erhält man drei- und sechsseitige Aetzgrübchen, deren verschiedene Formen Fig. 5 zur Anschauung bringt. Die reinen dreieckigen Aetzgrübchen Fig. 5 *a* kommen bei schwacher Concentration der Säure zum Vorschein. Sie liefern einen dreistrahligen Stern als Lichtbild mit drei Ikositetraëderstrahlen, deren undeutliche Culminationen sich ziemlich weit vom Centralreflex entfernen. (Vergl. Fig. 6, welche ein solches Lichtbild im selben Maassstab zeigt wie Fig. 4.)

Bei stärkerer Concentration des Aetzmittels treten auch Triakisoktaëderflächen auf. Die Aetzfigur wird sechsseitig (Fig. 5 *b—d*), das Lichtbild sechsstrahlig. Die Culminationen treten nun kräftiger hervor und lassen oft Andeutung von Gliederung erkennen. Diese hat aber hier einen anderen Grund als bei der Lichtfigur des Würfels; sie ist auf treppenartigen Wechsel verschieden steiler Aetzflächen im selben Aetzgrübchen zurückzuführen, wovon Fig. 5 *e* einen extremen Fall darstellt. Diese Gliederung und dieser Treppenbau ist namentlich auf den Ikositetraëderflächen auffallend, deren Reflexe sich auch durch ihre grössere Breite und Neigung zu schweifähnlichen Ansätzen von den schmälern Triakisoktaëderstrahlen unterscheiden. (Vergl. die Lichtbilder Fig. 15—17, welche in dreifachem Maassstabe der Fig. 4 gezeichnet sind.)

Einen ähnlichen Gegensatz von tieferen und flacheren Aetzgrübchen, wie auf der Würfelfläche, habe ich auf der Oktaëderfläche nicht wahrgenommen.

Auch an Oktaëderplatten hat man Gelegenheit, deutliche Präensionsflächen zu beobachten. Namentlich sind es die stumpfen Kanten der Spaltform, an welchen sich breite Triakisoktaëder entwickeln. An den scharfen Kanten von  $107^{\circ}28'$  Normalenwinkel treten aber

nur sehr schmale Ikositetraëderflächen auf. Die Präerosionsflächen sind stets etwas, aber nicht viel steiler gegen die Oktaëderfläche geneigt als die entsprechenden Flächen der Aetzgrübchen.

### Beispiele:

Ein Spaltstück von Freiburger Flussspath wurde  $2\frac{1}{2}$  Minuten in sehr verdünnter Salzsäure geätzt. Die Aetzfiguren haben die Gestalt von vertieften dreiseitigen Pyramiden und werden von Ikositetraëderflächen gebildet. Sie geben ein einfaches dreistrahliges Lichtbild mit folgenden Abmessungen: (vergl. Fig. 6).

Strahl	$ox$
I . . . .	17° 42'
II . . . .	17° 33'
III . . . .	17° 24'
Mittel . . . .	17° 33'

Hieraus berechnet sich für  $x$  das Ortsymbol  $x = 0.536$ .

Ein anderes Spaltstück vom Fluorit von Freiberg wurde 1 Minute in Salzsäure geätzt, die mit der gleichen Menge Wasser verdünnt war. Die Aetzfiguren hatten die Gestalt von vertieften sechsseitigen Pyramiden mit abwechselnd breiteren und schmälere Flächen; die dem Triakisoktaëder entsprechenden Flächen sind breiter als die Ikositetraëderflächen, ähnlich der Fig. 5 d.

Die Lichtfigur erscheint sechsstrahlig mit abwechselnd längeren (Triakisoktaëder  $z$ ) und kürzeren (Ikositetraëder  $x$ ) Strahlen ähnlich wie Fig. 17. Die Goniometermessung ergab folgende Abmessungen:

Strahl	$ox$	$oz$
I . . . .	4° 39'	5° 30'
II . . . .	4° 55'	6° 45'
III . . . .	4° 36'	7° 3'
Mittel . . . .	4° 43'	6° 26'

Der Mangel an Uebereinstimmung in den Abmessungen der einzelnen Strahlen, namentlich der  $z$ -Reflexe, ist in der für die Messung sehr ungünstigen Beschaffenheit derselben begründet. Die Reflexe dehnen sich über mehrere Grade aus und die Culminationen sind wenig ausgeprägt. Die Messungen führen auf die Ortsymbole:

$$x = 0.843 \quad z = 1.284 = 0.779 . 1.$$

Am Fluorit von Cornwall zeigten die Oktaöderplatten ganz besondere Eigenschaften, die später zur Erörterung kommen werden.

Vom Fluorit von Cumberland wurden zahlreiche Spaltblättchen untersucht. Die in der Einleitung erwähnte Eigenthümlichkeit des Flussspath, bei der Spaltung nie Platten genau parallel der Oktaöderfläche zu geben, zeigte sich hier sehr auffallend und störte auch die Symmetrie der Aetzfiguren, sowie der Lichtbilder. Im allgemeinen wurden am Fluorit von Cumberland meist flachere Aetzfiguren erhalten als an den übrigen Flussspathvorkommen, wie die folgenden Beispiele zeigen, welche ähnlich behandelt wurden wie die vorhin angeführten Beispiele des Fluorit von Freiberg.

a) Nach 6 Minuten dauernder Aetzung in siedender 5procentiger Salzsäure zeigten sich kleine dreiseitige Aetzfiguren von Ikositetraöderflächen gebildet. Die ziemlich undeutliche Lichtfigur ist dreistrahlig mit undeutlichen Culminationen an den Enden. Die Messung ergab:

Strahl	$ox$
I . . . .	5° 55'
II . . . .	6° 19'
III . . . .	5° 46'
Mittel . . . .	6° 0'

Hieraus ergibt sich für  $x$  das Ortsymbol  $x = 0.806$ .

b) Nach 2 Minuten dauernder Aetzung in siedender 20procentiger Salzsäure waren auf einer demselben Krystall entnommenen Spaltlamelle grössere sechsseitige Aetzfiguren wie Fig 5 d entstanden. Das deutliche Lichtbild zeigt 6 Strahlen: 3 längere ( $z$  Triakisoktaöder) und 3 kürzere ( $x$  Ikositetraöder) mit kräftigen Culminationen.

Die Messung ergab:

Strahl	$ox$	$oz$
I . . . .	3° 49'	6° 24'
II . . . .	4° 9'	5° 19'
III . . . .	3° 53'	6° 29'
Mittel . . . .	3° 57'	6° 4'

Hieraus ergeben sich die Ortsymbole:

$$x = 0.867 \quad z = 1.265 = 0.791 . 1.$$

Mit Schwefelsäure erhält man viel kleinere und undeutliche Figuren. Sie sind dreiseitig und werden von Ikositetraëderflächen gebildet. Die Seitenflächen sind häufig etwas krumm. Eine deutliche Brechung in zwei Facetten, wie sie *L a s a u l x* an Krystallen von Königshain beobachtete, konnte ich an meinem Material nicht erzeugen; dagegen treten bisweilen Triakisoktaëderflächen als Kantenabstumpfungen auf (Fig. 7).

Im ganzen ist über die Oktaëderfläche Folgendes hervorzuheben.

Es treten auf derselben in der Regel nur flache Aetzgrübchen auf, deren Seitenflächen noch in den Bereich der Vicinalflächen fallen, wenn man die Grenze etwa in dem Umfange zieht, wie ich das in der Arbeit über Dolomit bezüglich der Vicinalflächen des Grundrhomboëders gethan. So tiefe Aetzfiguren, wie sie auf der Würfelfläche beobachtet werden, fehlen dem Oktaëder.

Die Neigung dieser vicinalen Aetzflächen wechselt mit dem Vorkommen. Sie ist grösser bei Freiberg und, wie ich vorgreifend hinzufügen will, bei Cornwall, kleiner bei Cumberland. Nur bei den Flussspathen der ersteren Fundorte und bei Anwendung sehr verdünnter Salzsäure entstehen Aetzgrübchen, deren Seitenflächen über den Bereich der Vicinalen hinausgehen. Diese tieferen Aetzgrübchen werden von Ikositetraëderflächen gebildet.

Die vicinalen Aetzgrübchen welche bei Aetzung mit stärkeren Säuren auf allen untersuchten Flussspathen auftreten, werden sowohl von Ikositetraëderflächen als von Triakisoktaëderflächen begrenzt. Die Lage dieser vicinalen Aetzflächen ist in bestimmter Weise abhängig von der Concentration und der Temperatur des Aetzmittels, wie in einem späteren Capitel noch ausführlicher gezeigt werden soll.

Die Oktaëderfläche des Flussspaths verräth somit sechsgliedrigen Bau ähnlich der + Tetraëderfläche der Zinkblende und der Oktaëderfläche des Magnetit.

---

Aus den bisherigen Beobachtungen lässt sich entnehmen, dass für Aetzung mit Salzsäure die Zonen zwischen Oktaëder- und Würfelflächen den Charakter von Aetzzonen haben. Hieraus lässt sich nach Analogie mit anderen bisher untersuchten Mineralen erwarten, dass auf den Flächen des Dodekaëders, Ikositetraëders und

Triakisoktaeders Aetzgrübchen, dagegen auf den ausserhalb der Aetzzone liegenden Flächen, also Tetrakishexaäder- und Hexakisoktaäderflächen, Aetzhügel entstehen.

Das Experiment bestätigt diese Voraussage.

### Dodekaäderfläche (101).

Die Dodekaäderfläche wurde an natürlichen Krystallflächen und an Schlißflächen untersucht.

Ein Krystall von Freiberg der Combination (100).(110) wurde in siedender, mit der gleichen Menge Wasser verdünnter Salzsäure 1 Minute geätzt. Auf der Würfelfläche zeigen sich die bekannten tiefen Aetzfiguren, auf der Dodekaäderfläche eine feine Riefung parallel der Oktaederkante. Ein Lichtbild konnte von den kleinen Krystallflächen nicht gewonnen werden.

Eine Platte von Cumberland geschliffen und mit 19procentiger Salzsäure 1½ Minuten im Wasserbad geätzt, zeigt wegen der Rauigkeit der Schlißfläche keine sehr deutlichen Aetzfiguren. Die Lichtfigur besteht aus einem breiten Centralreflex, von dem in der Richtung der Kantenzone des Oktaeders zwei lange Strahlen ausgehen, die mit kräftigen Culminationen endigen (vergl. Fig. 9).

Die gemessenen Winkel sind:

$$dz = 19^{\circ} 9'$$

$$dz' = 19^{\circ} 45'$$

$$\text{Mittel} = 19^{\circ} 26'$$

Aus dem Mittelwert ergibt sich das Ortsymbol:

$$z = 2\cdot004 = 1\cdot0\cdot499.$$

Dieses führt auf die rationale Krystallfläche (221), welche den Winkel  $dz = 19^{\circ} 28'$  verlangt.

Nach länger andauernder Aetzung wurde die Lichtfigur undeutlicher, die ganze Platte war von kahnförmigen flachen Aetzzinnen bedeckt (Fig. 8 *b, c*). Einzeln traten kleine scharfe Aetzgrübchen auf, welche die Gestalt von Rechtecken haben, die nach der Oktaederkante gestreckt sind (Fig. 8 *a*). Die kürzeren Seitenflächen, welche Tetrakishexaäderflächen entsprechen, sind sehr flach geneigt; sie erscheinen bei stärkerer Vergrößerung rauh, sie verrathen sich auch kaum im Lichtbilde.

Die Dodekaëderfläche verhält sich somit bei Aetzung mit Salzsäure durchaus analog der Würfelfläche der Zinkblende bei Säureätzung.

### Ikositetraëderflächen.

Es wurden nur geschliffene Platten untersucht, parallel den Krystallflächen (611), (411), (311), (211). Die Platten zeigen als charakteristische Erscheinung ebenfalls rinnenförmige Aetzfiguren, deren Längsrichtung wieder der Aetzzone entspricht. Sie sind aber hier deutlich monosymmetrisch.

Auf den Platten parallel (611), (411), (311), zumal von solchen Flussspathkrystallen, die auf der Würfelfläche reichlich die tiefen Aetzfiguren  $a$  tragen, treten vielfach zwischen den Rinnen tiefere Aetzgrübchen auf, welche gewissermassen einen schiefen Schnitt durch die Aetzfigur des Würfels darstellen. An den Fig. 10  $a$ ,  $b$  kann man den Uebergang gut erkennen.

Auf den Flächen (211) sind sie seltener, öfter mit Rinnen in der Weise combinirt, wie Fig. 10  $c$  andeutet. Die Rinnen herrschen hier vor; sie ähneln einigermassen den Aetzrinnen des Dodekaëders, sind aber deutlich monosymmetrisch; man kann eine flachere und eine steilere, in der Aetzzone liegende Seitenfläche erkennen. Die letztere liegt auf den Flächen (112) und (113) bei richtiger Aufstellung unten, neigt also gegen die Würfelfläche, die flachere obere, gegen die Oktaëderfläche geneigte Seitenfläche ist häufig etwas gekrümmt.

Die paarigen Seitenflächen haben, wenn sie überhaupt merkbar entwickelt sind, das charakteristische Aussehen falscher Aetzflächen. Häufig sind sie dicht mit Aetzhügeln bedeckt (Fig. 10  $d$ ).

Das Lichtbild ist meist wenig deutlich. Das Wesentliche ist eine durch den Centralreflex laufende Linie, welche die Aetzzone verräth.

Bei einer Platte von Cumberland, parallel (311) geschliffen und  $1\frac{1}{2}$  Minuten im Wasserbad in 19procentiger Salzsäure geätzt, zeigte sie in der Richtung gegen die Würfelfläche keine deutlichen Culminationen; nach der anderen Seite, gegen die Oktaëderfläche hin, tritt eine kräftige Culmination auf. Der Abstand dieser mit zwei divergirenden Schweifen versehenen Culmination  $x$  vom Centralreflex  $s$  war:  $sx = 16^{\circ} 1'$ .

Hieraus ergibt sich das Ortsymbol  $x = 0.620$ , welches keine deutliche Beziehung zu einer rationalen Krystallfläche erkennen lässt.

### Triakisoktaëder.

Es wurden geschliffene Platten parallel (331) und (221) von Cumberland geprüft, ferner Platten parallel (332) und (331) von Cornwall, (221) von Freiberg.

Sie zeigen Aetzfiguren, welche von den flachen Aetzzinnen auf (211) unter dem Mikroskope kaum zu unterscheiden sind. Sie sind rinnenförmig, mit einer flacheren, dem Oktaëder, und einer steileren, dem Dodekaëder, oder besser gesagt der entfernteren Oktaëderfläche zugewendeten Seitenfläche. Die paarigen Seitenflächen fehlen häufig ganz; wenn sie zum Vorschein kommen, haben sie den Charakter falscher Aetzflächen.

Das Lichtbild besteht aus einer in der Richtung der Aetzzone verlängerten Linie mit ziemlich undeutlichen Culminationen an beiden Enden.

An einer parallel (331) geschliffenen Platte von Cumberland wurden dieselben nach  $1\frac{1}{2}$  Minuten dauernder Aetzung in 19procentiger Salzsäure im Wasserbade der Messung unterzogen. Bezeichnen wir (331) mit  $v$ , die gegen (111) liegenden Reflexe mit  $z$ , die gegen (110) liegenden mit  $z^1$  und  $z^2$ . Die Messung ergab folgende Winkel:

$$vz = 7^{\circ} 56'$$

$$vz^1 = 12^{\circ} 5'$$

$$vz^2 = 21^{\circ} 55'$$

Von den drei Aetzflächen entspricht  $z$  dem Ortsymbol  $1.823 = 1.0549$ ; diese Fläche gestattet keine einfache Deutung.  $z^1$  fällt nahezu mit dem Dodekaëder zusammen; das Ortsymbol berechnet sich zu  $34.235 = 1.0029$ . Der Winkel 331.110 ist gleich  $13^{\circ} 16'$ .  $z^2$  zeigt keine Annäherung an eine rationale Form; das Ortsymbol ist  $4.649 = 1.0215$ .

Es ist überhaupt hervorzuheben, dass am Fluorit die Beziehungen der Aetzflächen zu Flächen mit rationalen Axenschnitten nicht mit der Deutlichkeit hervortreten, wie bei anderen Mineralen. Einerseits mag dies an der Ungenauigkeit der Messung liegen, welche durch den geringen Glanz des Mineralen bedingt wird. Es hat aber den Anschein, als ob beim Fluorit in der That die Aetz-

flächen weniger durch das Gesetz der rationalen Axenschnitte beeinflusst werden, als beispielsweise die des Magnetit, wo unter Umständen die Uebereinstimmung der Aetzflächen mit rationalen Kantenschnitten eine zwingende ist. Es hat dieses Ergebnis durchaus nichts Befremdliches an sich. Wenn man sich mit dem Gedanken vertraut gemacht hat, dass das Rationalitätsgesetz die Lage der Aetzflächen überhaupt nicht absolut beherrscht, wie ja auch unter den natürlichen Krystallflächen solche vorkommen, die sich der Herrschaft dieses Gesetzes bis zu einem gewissen Grade entziehen; wenn man beachtet, dass selbst bei Krystallen so vollkommener Aetzbarkeit wie bei dem schon als Beispiel aufgeführten Magnetit, die Aetzflächen von krystallographisch gesetzmässiger Lage nur unter gewissen Umständen, bei ganz bestimmten Aetzmitteln entstehen; wenn man dies alles erwägt, ist es leicht verständlich, dass für andere Krystalle diese günstigen Bedingungen schwerer — vielleicht überhaupt nicht erfüllbar sind, und dass man daher auf krystallographische Deutung der Aetzflächen in diesem Falle zu verzichten hat. In einem solchen Fall scheint sich allerdings der Fluorit zu befinden, wenigstens in seinem Verhalten gegen Salzsäure. Man kann dies dadurch zum Ausdruck bringen, dass man sagt, Magnetit sei ein Mineral mit vollkommener, Fluorit eines mit unvollkommener Aetzbarkeit, nach Analogie, wie man Minerale mit vollkommener und unvollkommener Spaltbarkeit unterscheidet.

### **Tetrakishexaëder.**

Während alle bisher betrachteten Flächen entweder ringsum von echten Aetzflächen umschlossene Aetzgrübchen (Würfel und Oktaëder) oder auf zwei Seiten von echten Aetzflächen eingefasste Aetzrinnen liefern (Dodekaëder, Ikositetraëder, Triakisoktaëder), verhalten sich Platten, parallel Tetrakishexaëderflächen geschliffen, anders. Sie geben gar keine vertieften Aetzfiguren, sondern sie bedecken sich mit erhabenen Aetzhügeln. Diese sind beim Fluorit meist sehr klein, lange nicht von der Deutlichkeit und Schönheit, wie sie beispielsweise an der Zinkblende oder am Magnetit zu sehen sind. Sie erscheinen auch stets merklich flacher als die Aetzhügel der genannten Minerale.

Häufig beobachtet man, dass sie am Rande der Platten grösser sind und gedrängter stehen, während sie in der Mitte der

Platte nach längerer Aetzdauer öfter gänzlich fehlen; die Platte erscheint glatt mit unbestimmten welligen Unebenheiten.

Es ist mir nicht gelungen, ein Lichtbild von den geätzten Tetrakishexaëderplatten zu erhalten. Zur Bestimmung der Form ist man daher auf die Beobachtung unter dem Mikroskop und auf Schimmermessungen angewiesen.

Nach Analogie mit anderen bisher untersuchten Krystallen ist zu erwarten, dass die Aetzhügel in ihrer einfachsten Form von den primären Flächen der Aetzzone umschlossen werden, und dass bei weiterer Veränderung dieser einfachsten Form andere Flächen der Aetzzone eintreten, dass ausserdem bei längerer Aetzdauer eine Verschleppung dieser secundären Aetzflächen erfolgt, so dass sie sich aus der Aetzzone gegen die geätzte Fläche hin verschieben; letzteres ist ein rein mechanischer Vorgang, der durch die stärkere Abtragung der Spitzen der Aetzhügel bedingt wird.

Diese Voraussagen, welche auf Grund der Analogie mit anderen Mineralen gemacht werden können, wurden durch die Beobachtung vollständig bestätigt.

Fig. 13 zeigt die Aetzhügel auf einer geschliffenen Platte parallel (102) nach 9 Minuten dauernder Aetzung in 22procentiger Salzsäure bei der Temperatur des Wasserbades. Sie sind im Umriss dreiseitig oder deltoïdisch mit verticaler Symmetrieebene. Die nach oben abfallende Seitenfläche der dreiseitigen Figuren entspricht der Würfelfläche. Statt ihr oder neben ihr treten häufig zwei Facetten auf, die die Lage von Ikositetraëderflächen haben. Die beiden anderen Seitenflächen schliessen einen Winkel ein, der am Photogramm mit dem Transporteur gemessen, von  $48^{\circ}$ — $65^{\circ}$  schwankt. Auch hier sieht man öfter deutlich 2 Facetten, die wenig gegen einander geneigt sind, statt einer auftreten.

Der Winkel, den die Tracen der Oktaëderflächen auf (102) mit einander einschliessen, ist  $58^{\circ} 11'$ , liegt also innerhalb der beobachteten Grenzen.

Auf einer Platte, parallel der Fläche (304) geschliffen und gleich geätzt, sind die Aetzhügel merklich schmaler, die dem Würfel zugewandte Seite ist immer durch 2 Facetten ersetzt, die Tracen der paarigen Seitenflächen schneiden sich unter einem bedeutend kleineren Winkel, welcher an einem Photogramm mittelst Transporteur zu circa  $23^{\circ}$  gemessen wurde. Die Tracen der Oktaëder-

flächen schneiden sich nach Rechnung auf der Fläche (304) unter einem Winkel von  $11^{\circ} 25' 20''$  (vergl. Fig. 12).

Es wurde noch der Versuch gemacht, durch Schimmermessungen unter dem Mikroskop bei gleichzeitiger Beobachtung des Incidenzwinkels des einfallenden Lichtes sich über die Lage der Seitenflächen der Aetzhügel genauere Rechenschaft zu geben. Diese Messungen haben darunter zu leiden, dass die Aetzhügel sehr klein sind, die Seitenflächen eine recht merkliche Krümmung haben, so dass kein präzises Schimmermaximum eintritt, endlich dass auch der schwache Glanz des Fluorit an sich einer genauen Erfassung der Erscheinung hinderlich ist.

Platte (304). Die unteren Seitenflächen  $u$  und die oberen  $o$  wurden mittelst Schimmerbeobachtung eingestellt. Der Würfelfläche entsprechend konnte kein deutlicher Schimmer wahrgenommen werden. Die Winkel, welche die Schimmerstellungen rechts und links einschlossen, waren:

$$\text{für } o_r o_l = 73^{\circ} 0'$$

$$\text{„ } u_r u_l = 157^{\circ}.$$

Aus dem letzten Winkel folgt für den Winkel am unteren spitzen Ende  $23^{\circ}$  (gemessen am Photogramm  $21^{\circ}$ — $24^{\circ}$ ), für den Winkel am oberen stumpfen Ende  $107^{\circ}$ .

Durch Einstellen auf das Maximum des Schimmers bei Aenderung des Einfallswinkels wurde ferner bestimmt, dass die oberen Seitenflächen, welche gleichsam die Würfelfläche ersetzen, circa  $16^{\circ} 2'$ , die unteren Seitenflächen circa  $20^{\circ}$  gegen die geätzte Fläche geneigt sind.<sup>1)</sup>

Platte (102) ergab folgende Winkel:

$$o_r o_l = 99^{\circ}$$

$$u_r u_l = 146^{\circ} 9'$$

$$\text{Neigung von } o = 13^{\circ}$$

$$\text{„ } \text{„ } u = 28^{\circ}.$$

Aus dem Winkel  $u_r u_l$  folgt der Winkel an der unteren Spitze des Aetzhügels zu  $33^{\circ} 1'$ . Die merkliche Abweichung dieses Winkels von dem durch Messung am Photogramm ermittelten  $48^{\circ}$ — $61^{\circ}$  ist wohl durch die Krümmung der Seitenflächen des Aetzhügels bedingt, welche überhaupt eine genauere Messung dieser Gebilde unmöglich

<sup>1)</sup> Ueber die Art, wie diese Bestimmungen gemacht werden, vergl. diese Mitth. VII, pag. 212. Aetzversuche an Mineralen der Magnetitgruppe.

macht. Wenn ich dennoch die Ortsymbole anführe, welche aus den oben mitgetheilten Schimmermessungen sich ergeben, so geschieht es lediglich, um eine beiläufige Vorstellung von der Lage der Seitenflächen der Aetzhügel zu geben, von der mit Sicherheit angenommen werden kann, dass sie um viele Grade ungenau sein mag.

Für die Platte (102) berechnen sich folgende Ortsymbole für die Aetzflächen:

$$o_1 = 0.30.0.16$$

$$u_1 = 0.73.0.59.$$

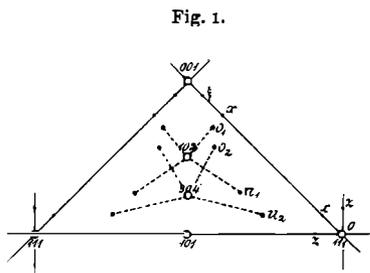
Für die Platte parallel (304) sind die Ortsymbole:

$$o_2 = 0.44.0.18$$

$$u_2 = 0.86.0.49.$$

Die nebenstehende Projection zeigt die Lage dieser Aetzflächen, wo nebstdem auch die Aetzflächen eingetragen wurden, welche auf einer Würfel- und einer Oktaëderplatte entstanden, die gleichzeitig in derselben Weise geätzt wurden.

Die Würfelplatte gab in jedem Strahl des Lichtbildes 2 Culminationen; die an ihr ausgeführten Messungen sind oben, pag. 354, aufgeführt.



Die Oktaëderplatte gab ein sechsstrahliges Lichtbild wie Fig. 16 mit den Messungen:

	$ox$	$oz$
I. . . . .	4° 10'	5° 6'
II. . . . .	4° 23'	4° 49'
III. . . . .	3° 53'	4° 26'
Mittel. . . . .	4° 9'	4° 47'

$$x = 0.860 \quad z = 1.201 = 1.0.833.$$

Die danebenstehende Projection zeigt wohl deutlich genug, dass die Aetzhügel auf (102) und (304) von Flächen begrenzt sind, welche zu den auf der Würfel- und Oktaëderfläche entstehenden Aetzflächen eine Beziehung haben.

Man ist versucht, zu sagen: Die erste Tendenz ging dahin, Würfel und Oktaëder auszubilden. Diese primären Aetzhügel werden

aber sekundär verändert, indem statt der primären Aetzflächen andere Flächen der Aetzzone, Ikositetraëderflächen, erscheinen; gleichzeitig erfolgt durch raschere Abtragung der Spitze des Aetzhügels die Verschleppung der sekundären Aetzfläche gegen die geätzte Fläche hin. Die mit  $o$  bezeichneten Aetzflächen zeigen deutlicher die Verschiebung in der Aetzzone als die unteren  $u$ , bei denen man zweifelhaft sein kann, ob sie nicht geradezu als verschleppte Oktaëderflächen aufgefasst werden dürften. Die Krümmung dieser Seitenflächen macht eine Entscheidung unmöglich.

Zu bemerken ist noch, dass unverkennbar die Verschleppung der Aetzflächen beim Fluorit in weit stärkerem Masse eintritt, als bei den übrigen bisher untersuchten Krystallen. Auch das wird man als Kennzeichen für die unvollkommene Aetzbarkeit des Fluorit anführen dürfen.

Platten parallel Hexakisoktaëderflächen habe ich nicht besonders geprüft; doch zeigen gelegentliche Beobachtungen, dass sie Aetzhügel tragen.

Auf einer zufällig entstandenen schiefen Schlißfläche habe ich solche Aetzhügel beobachtet. An den seitlichen Kanten rechteckig zugeschliffener Platten, parallel den Ikositetraëder- und Triakisoktaëderflächen, entstehen bei längerer Aetzdauer breite Prärosionsflächen, welche die Lage eines Hexakisoktaëders haben und sich mit schönen, deutlichen Aetzhügeln bedecken. Fig. 11a zeigt den linken Seitenrand einer parallel 221 geschliffenen Platte.

Für Aetzung mit Salzsäure können folgende Regeln aufgestellt werden:

Primäre Aetzflächen sind Würfel und Oktaëder, primäre Aetzonen sind die Ikositetraëder- und Triakisoktaëderzonen. Man hat daher auf der Würfelfläche vierseitige Aetzgrübchen, von Ikositetraëderflächen gebildet.

Auf der Oktaëderfläche: dreiseitige Aetzgrübchen von Ikositetraëderflächen gebildet, oder sechsseitige, von Ikositetraëdern und Triakisoktaëdern gebildet. Erstere, wenn tiefe Aetzfiguren entstehen, letztere, wenn die Aetzflächen im Vicinalbereich der Oktaëderfläche bleiben. Das Vorherrschen der einen oder anderen Art hängt gesetzmässig ab von der Concentration und Temperatur der Salzsäure.

Auf den Dodekaëderflächen, Ikositetraëder- und Triakisoktaëderflächen entstehen nach der Aetzzone gestreckte rinnenförmige Aetzfiguren. Sie sind disymmetrisch auf der ersteren, monosymmetrisch auf den letzteren. Die nicht in die Aetzzone fallenden Seitenflächen der Aetzrinnen haben wechselnde, unbestimmte Lagen.

Auf den Flächen der Pyramidenwürfel entstehen monosymmetrische Aetzhügel, welche von 2 Paaren verschleppter Ikositetraëderflächen gebildet werden, zu denen noch eine verschleppte Würfelfläche kommen kann.

## II. Aeussere Einflüsse.

### A. Versuche mit Fluorit von Cumberland.

#### 1. Einfluss der Concentration.

Die pag. 356 u. ff. mitgetheilten Messungen an Flussspathplatten lassen erkennen, dass die Concentration des Aetzmittels auf die Lage der Aetzflächen einen merklichen Einfluss besitzt.

Zur genaueren Prüfung dieses Einflusses wurde so verfahren. Spaltblättchen, welche hintereinander also in ähnlicher Lage vom selben Krystall von Cumberland genommen waren, wurden in gleichen Mengen von 5-, 10-, 15- und 20procentiger Salzsäure durch gemessene Zeiten bei der Temperatur des Wasserbades geätzt und die gewonnenen Präparate unter dem Mikroskop und mit dem Goniometer gemessen.

Das Resultat der Messung enthält die folgende Tabelle. In derselben sind nebst den am Goniometer bestimmten Abmessungen der Strahlen des Lichtbildes in den Columnen  $x$  und  $z$  die daraus berechneten Ortsymbole aufgeführt; unter  $\alpha$   $a$  und  $b$  sind die Winkel angeführt, welche die Polkanten der vertieften Pyramide der Aetzfigur mit einander zu bilden scheinen, wenn sie auf der horizontal liegenden Oktaëderfläche mit dem Mikroskop betrachtet werden; und zwar ist  $\alpha$   $a$  der Winkel jener Kanten, welche die Ikositetraëderflächen  $x$ ,  $\alpha$   $b$  der Winkel jener Kanten, welche die Triakisoktaëderflächen  $z$  einschliessen (vergl. hierzu Fig. 5 c).

Dieser Winkel wurde auf graphischem Wege aus der Position der Flächen  $x$  und  $z$  ermittelt; die berechneten Werte stellen also

nur eine Annäherung dar, welche aber vollkommen zum Vergleich mit den beobachteten Werten ausreicht. Letztere sind Mittelwerte, welche durch Messung der drei Winkel  $\alpha$  und der drei Winkel  $\beta$  an je drei ausgesucht vollkommenen Aetzfiguren ermittelt wurden.

Die gemessenen Einzelwerte schwanken ganz ausserordentlich, eine Beobachtung, welche in ähnlichen Fällen auch von Ebner am Calcit gemacht hat. Indessen sind die festzustellenden Unterschiede so bedeutend, dass auch die gewiss ungenauen Mittelwerte die gesetzmässige Aenderung leicht erkennen lassen.

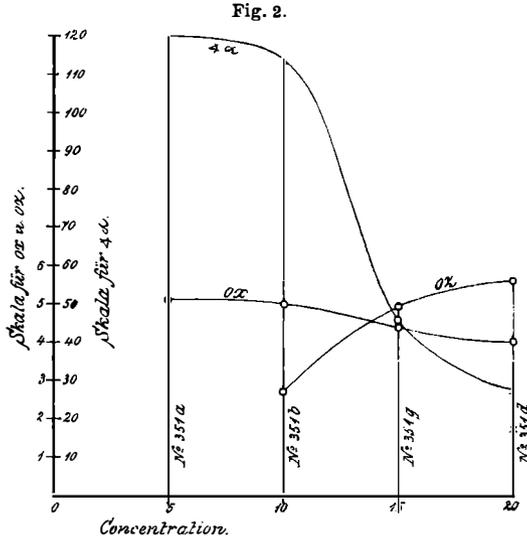
## Versuch I.

Nr.	Säure	Dauer	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	$\alpha$		$\beta$	
							be-rechnet	beob-achtet	be-rechnet	beob-achtet
351 a	5%	5 Min.	5° 31'	Nicht vor- handen						
			5° 6'							
4° 50'										
		Mittel	5° 9'		0.831		120°	—	0°	—
351 b	10%	5 Min.	5° 0'	3° 25'						
			4° 52'	2° 16'						
			5° 12'	2° 28'						
			Mittel	5° 1'	2° 43'	0.834	1.108	114.4°	112.3°	5.6°
351 c	10%	2 Min.	6° 33'	Nicht mess- bar						
			4° 14'							
4° 8'										
		Mittel	4° 59'		0.835	—	—	109.8°	—	10.2°
351 g	15%	2 Min.	4° 13'	4° 57'						
			4° 40'	4° 40'						
			4° 0'	5° 20'						
		Mittel	4° 18'	4° 58'	0.856	1.210	45.6°	45.1°	74.4°	74.7°
351 d	20%	2 Min.	4° 8'	5° 5'						
			3° 56'	6° 0'						
			3° 56'	5° 44'						
			Mittel	4° 0'	5° 36'	0.865	1.241	27.7°	17.3°	92.3°

Die Resultate dieser Versuchsreihe sind in der nachfolgenden Figur 2 graphisch dargestellt.

Bei einem anderen Versuch, ebenfalls mit Spaltstücken von Cumberland ausgeführt, wurde die Säure siedend angewandt; die

Temperatur war also etwas höher wie bei dem vorigen Versuch, ungefähr = 106° C. Die Aetzung wurde bis zur Erzeugung eines deutlichen Lichtbildes fortgesetzt.



Versuch II.

Nr.	Säure	Dauer	o z	o s	z	s	$\angle a$		$\angle b$	
							ber.	gem.	ber.	gem.
325	5%	6 Min.	5° 55'	Nicht						
			6° 19'	vor-						
		Mittel	5° 46'	handen						
			6° 0'	—	0.806	—	120°	120°	0°	0°
340	10%	3 Min.	5° 7'	5° 10'						
			3° 43'	4° 15'						
		Mittel	4° 26'	4° 38'						
			4° 25'	4° 41'	0.853	1.197	54°	52°	66°	68°
337	20%	2 Min.	3° 49'	6° 24'						
			4° 9'	5° 19'						
		Mittel	3° 53'	6° 29'						
			3° 57'	6° 4'	0.867	1.265	19.5°	22.4°	100.5°	97.6°

Bei einem dritten Versuche wurden bloß die Mittelzahlen der Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  bestimmt. Die Versuchsdauer war bei allen Platten

gleich  $1\frac{1}{2}$  Minuten, die Temperatur war die Siedetemperatur der betreffenden Säure.

### Versuch III.

Nr. 333	Säure	5%	$\sphericalangle a = 120^\circ$	$\sphericalangle b = 0^\circ$
Nr. 334	„	10%	$\sphericalangle a = 84\cdot5^\circ$	$\sphericalangle b = 35\cdot5^\circ$
Nr. 335	„	15%	$\sphericalangle a = 43^\circ$	$\sphericalangle b = 77^\circ$
Nr. 336	„	20%	$\sphericalangle a = 17\cdot5^\circ$	$\sphericalangle b = 102\cdot5^\circ$

Diese Versuche beweisen, dass ein gesetzmässiger Zusammenhang besteht zwischen der Lage der Aetzflächen auf der Oktaëderfläche und der Concentration des Lösungsmittels.

Bei sehr geringer Concentration, 5 Procent und geringer, entstehen blos Ikositetraëder, bei einer etwas grösseren treten daneben Triakisoktaëderflächen auf, welche anfangs eine solche Lage haben, dass sie die Kante des vertieften Ikositetraëders nahezu gerade abstumpfen. Während sich bei weiterer Concentration die Ikositetraëderflächen mehr und mehr der Oktaëderfläche nähern, entfernen sich die Triakisoktaëder immer weiter von derselben, so dass bei einer bestimmten Concentration Aetzfiguren entstehen, deren 6 Seitenflächen gleich gegen die Oktaëderfläche geneigt sind. Bei noch weiterer Steigerung der Concentration gelangt man zu einem Punkt, wo nahezu die Ikositetraëderflächen die vertieften Kanten des Triakisoktaëders gerade abstumpfen. Es verdient aber hervorgehoben zu werden, dass bei noch so weit getriebener Concentration niemals reine Triakisoktaëderfiguren erzeugt werden konnten.

Die Concentration, bei welcher die beiderlei Aetzflächen gleich geneigt sind gegen die Oktaëderfläche, bei welcher also  $a = b = 60^\circ$ , ist bei den verschiedenen Versuchen nicht die gleiche. Aus Versuch III, bei welchem die Winkel  $a$  und  $b$  sich am regelmässigesten mit der Concentration ändern, wohl Dank der gleichen Versuchsdauer, würde sich diese Concentration durch graphische Interpolation zu ungefähr  $12\frac{1}{2}$  Procent ergeben. Aus Versuch I, welcher bei etwas niedriger Temperatur ausgeführt wurde, zu etwa 14 Procent. Versuch II ist wegen der allzu verschiedenen Versuchsdauer wohl am wenigsten vertrauenswürdig. Hier würde die kritische Concentration bei 9 Procent liegen.

Der Unterschied zwischen I auf der einen, II und III auf der anderen Seite ist wahrscheinlich in der geänderten Temperatur begründet.

## 2. Einfluss der Temperatur.

Dieser Hinweis wurde weiter verfolgt und einige weitere Aetzversuche bei verschiedener Temperatur mit 20procentiger Säure ange stellt. Eine grosse Schwierigkeit liegt hier in der Langsamkeit, mit der Salzsäure bei niederen Temperaturen den Flussspath angreift. Um deutliche Aetzfiguren zu erhalten, ist es nothwendig, die Säure lange Zeit einwirken zu lassen; damit kommt ein weiteres Moment in's Spiel, dessen Einwirkung sich nur schwer beurtheilen lässt. Die folgenden Versuche zeigen aber, dass eine Herabminderung der Temperatur ähnlich wirkt wie eine Herabminderung der Concentration.

Um den Einfluss der Temperatur zu erkennen, kann man die Platten 351 *d* und 337 vergleichen. Ausserdem wurden noch drei andere Platten geätzt.

Eine (Nr. 343) wurde bei Zimmertemperatur (16° C.) durch 4 Stunden der Einwirkung der Säure ausgesetzt; sie ist mit Ikositetraëderfiguren bedeckt und gibt ein Lichtbild mit je zwei Culminationen in jedem Strahl.

Eine zweite Platte (Nr. 345) wurde erst 10 Minuten bei einer Temperatur von 48° C. in 20procentiger Säure geätzt. Sie liess kleine Ikositetraëderfiguren erkennen, deren Kanten schwach durch Triakisoktaëderflächen abgestumpft waren. Da die Figuren zu klein, das Lichtbild daher undeutlich war, wurde die Platte weitere 10 Minuten geätzt. Die Temperatur war inzwischen auf 46° C. herabgegangen. Das Lichtbild zeigte nun Ikositetraëder- und Triakisoktaëderstrahlen. Die ersteren liessen zwei Culminationen erkennen. Zur Berechnung der Winkel  $a$  und  $b$  wurden die äusseren Culminationen verwendet. Der eine der drei Strahlen war wegen Streifung der Platte durch Absätze der Spaltfläche nicht gut messbar; daher wurden nur 2 Strahlen gemessen.

(Nr. 341.) Eine dritte Platte wurde durch 15 Minuten bei einer Temperatur von 60° C. geätzt. Sie zeigte scharfe Figuren, in denen Ikositetraëder und Triakisoktaëder so genau im Gleichgewicht waren, dass weder das Auge, noch die Messung einen Unterschied der Winkel  $a$  und  $b$  feststellen konnte. Leider waren sie zu wenig zahlreich, so dass keine Goniometermessung stattfinden konnte.

Das Resultat der Messung an diesen drei Platten zeigt folgende Tabelle, wobei die Platten Nr. 351 *d* und Nr. 337 nochmals mit angeführt sind.

## Nr. 343.

Temperatur 16° C. Dauer 4 Stunden.

	$ox$	$ox'$	$x$	$x'$	$\sphericalangle a$	$\sphericalangle b$
I . . . .	10° 1'	3° 49'				
II . . . .	11° 2'	3° 37'				
III . . . .	9° 27'	3° 11'				
Mittel	10° 10'	3° 32'	0·697	0·880	120°	0°

## Nr. 345.

Temperatur 48—46° C. Dauer 20 Minuten.

	$ox$	$ox'$	$oz$	$x$	$x'$	$z$	$\sphericalangle a$		$\sphericalangle b$	
							ber.	gem.	ber.	gem.
I . . . .	5° 23'	4° 42'	4° 23'							
II . . . .	4° 54'	4° 22'	4° 40'							
Mittel	5° 9'	4° 32'	4° 32'	0·899	0·830	1·189	72·8°	84·7°	47·2°	35·3°

## Nr. 341.

Temperatur 60° C. Dauer 15 Minuten.

$$\sphericalangle a = \sphericalangle b = 60^\circ.$$

## Nr. 351 d.

Temperatur 100° C. Dauer 2 Minuten.

$ox$	$oz$	$x$	$z$	$\sphericalangle a$		$\sphericalangle b$	
				berechnet	gemessen	berechnet	gemessen
4° 0'	5° 36'	0·865	1·241	27·7°	17·3°	92·3°	102·7°

## Nr. 337.

Temperatur 106° C. Dauer 2 Minuten.

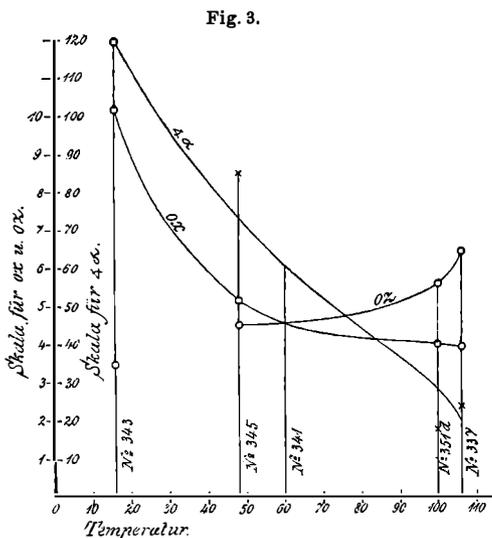
$ox$	$oz$	$x$	$z$	$\sphericalangle a$		$\sphericalangle b$	
				berechnet	gemessen	berechnet	gemessen
3° 57'	6° 4'	0·867	1·265	19·5°	22·4°	100·5°	97·6°

Aus den angeführten Messungen ergibt sich:

Mit steigender Temperatur nimmt der Winkel  $ox$  ab, der Winkel  $oz$  zu;  $\sphericalangle a$  nimmt mit der Temperatur ab,  $\sphericalangle b$  nimmt mit

der Temperatur zu. Bei einer Temperatur von  $60^\circ$  ist  $\angle a = \angle b = 60^\circ$ ,  $ox = oz$ . Wenn man, wie in beistehender Figur, die Temperaturen als Abscissen,  $ox$  und  $oz$  als Ordinaten aufträgt, so schneiden sich die durch graphische Interpolation erhaltenen Curven der  $x$  und  $z$  in der That ungefähr bei der Abscisse  $T = 60^\circ$ .

Abgesehen von diesen mit Sicherheit constatirten Einflüssen der Concentration und der Temperatur gibt es noch andere Momente, die auf den Erfolg der Aetzung von Einfluss sind. So die Beschaffenheit



heit der der Aetzung dargebotenen Fläche. Eine rauch geschliffene Fläche lieferte bei der Aetzung viel tiefere Aetzgrübchen als eine Spaltfläche. Die Zeit der Aetzdauer ist ebenfalls von Einfluss; er lässt sich aber schwer in bestimmter Weise darstellen. Es hat den Anschein, dass bei kurzer Aetzdauer einfache Figuren entstehen mit glatten ungebrochenen Seitenflächen. Bei langer Aetzdauer werden die Seitenflächen treppenförmig gestreift. Die Seitenkanten lassen dann häufig einen gebrochenen Verlauf erkennen. Fig. 5 e zeigt einen extremen Fall, das Resultat einer 19 Stunden dauernden Aetzung in 20procentiger Salzsäure bei Zimmertemperatur.

### B. Versuche mit anderen Fluoriten.

Die gesetzmässige Aenderung der Lage der Aetzflächen auf der Oktaëderfläche liess sich auch an anderen Flussspathen erkennen, jedoch habe ich an anderen Vorkommen weniger Versuche angestellt.

Flussspath von Freiberg (Nr. 306),  $2\frac{1}{2}$  Minuten in sehr verdünnter siedender Salzsäure geätzt, zeigte Ikositetraëderfiguren und der Winkel  $ox$  wurde =  $17^\circ 33'$  gefunden.

Flussspath vom selben Fundort 1 Minute in siedender circa 18procentiger Salzsäure geätzt, zeigte ein sechsstrahliges Lichtbild und die Abmessungen:

$$oz = 6^{\circ} 26' \quad ox = 4^{\circ} 43'.$$

Flussspath von Cornwall mit sehr verdünnter Salzsäure geätzt gibt ausschliesslich Ikositetraëderfiguren und ein dreistrahliges Lichtbild. Platten desselben Mineralen mit concentrirter Salzsäure geben Triakisoktaëderfiguren, und im Lichtbild sind die Triakisoktaëderstrahlen vorherrschend, die Ikositetraëderstrahlen kommen nur in Gestalt von Brücken zwischen den anderen Strahlen mit einer ausgesprochenen Culmination in der Mitte zum Vorschein.

Dass auch auf den Würfelflächen die Lage der Aetzflächen in ähnlicher Weise von den äusseren Umständen abhängt, beweist folgende kleine Versuchsreihe mit natürlichen Würfelflächen des Fluorit von Cornwall. Da bei diesem Fluoritvorkommen der Centralreflex auf der Würfel- wie auf der Oktaëderfläche verloren geht, muss man den Winkel gegenüberliegender Reflexe messen. Die Messungen sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Nr.	Säure	$x_1 x_3$	$x_2 x_4$	$xx$ Mittel	$hx$	$x$
312	4 $\frac{0}{10}$	40° 7'	40° 8'	40° 8'	20° 4'	0·258
311	7 $\frac{0}{10}$	33° 58'	34° 17'	34° 8'	17° 4'	0·217
310	11 $\frac{0}{10}$	19° 57'	20° 9'	20° 3'	10° 2'	0·125

Auch hier zeigt sich mit zunehmender Concentration ein flacherwerden der Aetzfiguren.

### III. Fluorite mit anomalen Aetzfiguren.

Manche Fluorite zeigen bei Aetzung mit Säuren eigenthümliche Erscheinungen, welche an die anomalen Pyrite erinnern, die ich vor mehreren Jahren beschrieben habe. Am ausgeprägtesten kommen diese Anomalien an farblosen Würfeln vom

#### Fluorit von Cornwall

vor. Die Krystalle der von mir untersuchten Stufe zeigen ausschliesslich den Würfel als Krystallform. Bei vollkommener Durchsichtigkeit sind die grösseren Krystalle in ihren verschiedenen Theilen nicht absolut parallel, so dass die Winkel der Würfelflächen vom rechten

Winkel manchmal selbst für das freie Auge merklich abweichen. Kein Krystall der Druse zeigt die am Fluorit so häufige Zwillingsbildung; die Würfelflächen sind frei von Vicinalflächen, aber matt und rauh, was wahrscheinlich auf natürliche Aetzung zurückzuführen ist.

Ich habe an diesen Fluoritkrystallen an Spaltflächen nach dem Oktaëder, sowie an natürlichen Würfelflächen, eine ziemliche Reihe von Beobachtungen angestellt, welche zum Theil als eine Ergänzung der früher mitgetheilten Beobachtungen über den Einfluss der Concentration gelten können.

#### α) Oktaëderplatten.

Aetzt man eine Oktaëderspaltfläche, welche von der Nähe der Würfecke genommen ist, und die Würfelflächen am Rande noch erkennen lässt, so beobachtet man nach der Aetzung eine Dreitheilung der Platte; die Grenzen der Sektoren, die übrigens nie absolut scharf hervortreten, laufen gegen die Würfelfanten des Krystalls hin (Fig. 19).

Die Form der auf der Oberseite der Platte entstehenden Aetzfiguren zeigen die Zeichnungen am Rande der Fig. 19. Die Aetzfiguren sind nicht trisymmetrisch, wie man auf der Oktaëderfläche erwarten sollte, sondern sie sind deutlich monosymmetrisch. Man erkennt sehr deutlich eine steilere unpaare Fläche *s*, welche der dem Sector anliegenden Würfelfläche gegenüberliegt, und zwei flachere, paarige, gleichgeneigte Seitenflächen *f*. Auf der Unterseite des Krystalls haben die Aetzflächen genau die entgegengesetzte Lage, wie die punktirte Zeichnung Fig. 19 andeutet. Die steile Aetzfläche liegt nun im Sector 1 oben.

Das Lichtbild einer vollständigen, alle 3 Sektoren enthaltenden Spaltlamelle zeigt Fig. 22. Es ist trisymmetrisch, in jedem Strahl der Lichtfigur sind die Reflexe verdoppelt. *s* sind die Reflexe der steileren, *f* der flacheren Aetzflächen; die vom selben Sector herührenden Reflexe sind mit demselben Index versehen; man sieht, dass die Reflexe *f* je von zwei verschiedenen Sektoren zusammenfallen.

Wenn man eine Spaltlamelle untersucht, die nur einen Sector enthält, oder wenn man nur einen Sector spiegeln lässt, die anderen mit Tusch bedeckt, so erhält man ein deutlich monosymmetrisches Lichtbild.

Fig. 23 zeigt dasselbe in jener Stellung, wie es von Sector 1 der Fig. 19 geliefert wird.

An einer Reihe solcher Spaltblättchen, die immer nur einen Sector enthielten, wurden Aetzversuche mit steigender Concentration der Salzsäure gemacht. Die Aetzfiguren wurden durch Messung des Lichtbildes geprüft. Hierbei musste der Centralreflex, der bei diesem Flussspathvorkommen bei der Aetzung völlig verloren geht, durch Anschlagen einer Spaltfläche nach der Aetzung oder Auflegen eines Deckglassplitters erzeugt werden.

Nr. 312. Die Platte wurde 2 Minuten in siedender, mit 8 Theilen Wasser verdünnter Salzsäure geätzt (Gehalt circa 4 Procent).

Das Lichtbild liess den Unterschied der Strahlen  $f$  und  $s$  namentlich an der verschiedenen Ausdehnung sehr deutlich erkennen. Bei der Einstellung der Culminationen trat der Unterschied weniger grell hervor. Strahl  $s$  beginnt in einem Winkelabstand von  $7\frac{1}{4}^\circ$  vom Centralreflex und reicht bis  $24^\circ$ . Die beiden Strahlen  $f$  lassen sich bis  $16^\circ$  und  $19^\circ$  verfolgen. Die Abmessungen an den Culminationen ergeben:

$$os = 11^\circ 4' \text{ hieraus das Ortsymbol: } s = 0.675$$

$$of_1 = 10^\circ 1'$$

$$of_2 = 10^\circ 5'$$

---


$$\text{Mittel } of = 10^\circ 3'$$

$$f = 1.1430 = 0.699.$$

Bei Einstellung der Kantenzonen von (111) mittelst der benachbarten Oktaëderflächen lagen sowohl  $s$  als  $f$  genau in den Ikositetraëderzonen.

Nr. 311. Die Platte wurde geätzt wie 312, aber in mit 4 Theilen Wasser verdünnter Säure (Gehalt circa 7 Procent).

Hier zeigte die  $f$  nicht nur eine noch merklich flachere Lage, sondern auch eine Abweichung von der Ikositetraëderzone. Sie wurde in der Weise bestimmt, dass einmal die Zone  $[111.1\bar{1}1]$  justirt und nach der bekannten Websky'schen Methode die Abweichung des Reflexes  $f$  von der justirten Zone gemessen wurde. Dann wurde die Zone  $of$  justirt, und die Abweichung der benachbarten Oktaëderfläche in gleicher Weise bestimmt. Hieraus ergeben sich zwei Werte für den Winkel  $f'o'o'$ , aus denen das Mittel den weiteren Berechnungen zu Grunde gelegt wurde. Der Reflex  $s$  liegt genau in der Ikositetraëderzone. Zur weiteren Controle wurde auch noch der Winkel  $f_1f_2$  gemessen und bei Einstellung dieser Zone die Ab-

weichung des Centralreflexes  $o$  beobachtet. Diese Controlbestimmungen wurden mit den aus dem Ortsymbol berechneten Winkeln verglichen.

Die Messung an Nr. 311 ergab

$$\begin{array}{r} os = 11^{\circ} 17' \\ of_1 = 7^{\circ} 32' \\ of_2 = 7^{\circ} 31' \\ \hline \text{Mittel } of = 7^{\circ} 31' \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \eta_1 \text{ von } f \text{ bei Einstellung der Zone } oo' = 6' 50''; \text{ hieraus } \sphericalangle f_{oo'} = 53' \\ \eta_2 \text{ von } o' \text{ " " " } of = 55' 40''; \text{ " } \sphericalangle f_{oo'} = 42' \\ \hline \text{Mittel} = 47' \end{array}$$

Aus diesen Messungen folgen die Ortsymbole:

$$s = 0.670; f = 1.306 . 0.995.$$

Es ist somit  $f$  aus der Ikositetraëderzone heraus und gegen die dem Sector benachbarte Würfelfläche hingerrückt.

Aus dem Ortsymbol würden die Controlwinkel:

$f_1 f_2 = 13^{\circ} 8'$  und die Abweichung der Fläche  $o$  bei Einstellung dieser Zone  $\eta_0 = 3^{\circ} 41'$  folgen. Die zur Controle gemessenen Winkel sind:  $f_1 f_2 = 12^{\circ} 33'$   $\eta_0 = 3^{\circ} 50'$ .

Nr. 310. Wurde ebenso behandelt wie 311, mit Salzsäure, welche mit 2 Theilen Wasser verdünnt war (Procentgehalt ungefähr 11 Procent).

Die Messung der Lichtfigur des Oktaëders ergab:

$$\begin{array}{r} os = 10^{\circ} 10' \\ of_1 = 6^{\circ} 38' \\ of_2 = 7^{\circ} 0' \\ \hline \text{Mittel} = 6^{\circ} 49'. \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \eta_1 \text{ von } f \text{ bei Einstellung der Zone } oo' = 8' 40'' \\ \text{hieraus} \dots \dots \dots f_{oo'} = 1^{\circ} 12' 50'' \\ \eta_2 \text{ von } o_1 \text{ bei Einstellung der Zone } of = 1^{\circ} 26' 50'' \\ \text{hieraus} \dots \dots \dots f_{oo'} = 1^{\circ} 31' 40'' \\ \hline \text{Mittel} = 1^{\circ} 22'. \end{array}$$

Aus den angeführten Messungen folgen die Ortsymbole:

$$s = 0.696 \\ f = 1.272 . 0.992.$$

Somit hat die Verrückung von  $f$  aus der Aetzzone bei stärkerer Concentration zugenommen. Aus dem Ortsymbol berechnen sich folgende Winkel, die mit der Messung zur Controle verglichen werden:

$$\begin{array}{rcccl} f_1 f_2 & 11^\circ 58' & \text{berechnet,} & 11^\circ 38' & \text{beobachtet} \\ \eta_0 & 3^\circ 17' & \text{„} & 3^\circ 20' & \text{„} \end{array}$$

Diese Lichtfigur ist in Fig. 23 abgebildet. Man bemerkt ausser der verschobenen Lage von  $f$  noch eine starke Brücke, welche den Eindruck der Monosymmetrie noch verstärkt.

In der folgenden kleinen Tabelle sind die Mittelwerte dieser Versuchsreihe nochmals zusammengestellt, und auch die an den natürlichen Würfflächen derselben Präparate gewonnenen Zahlen, die schon früher angeführt wurden, angeschrieben.

Nr.	Säure	$os$	$of$	$\angle f_{oo'}$	$s$	$f$	$hx$	$x$
310	11%	10° 10'	6° 49'	1° 22'	0.696	1.272.0.992	10° 2'	0.125
311	7%	11° 17'	7° 31.5'	47'	0.670	1.306.0.995	17° 5'	0.217
312	4%	11° 4'	10° 2'	0'	0.675	1.430.1	20° 4'	0.257

Aus der Tabelle ist das Flacherwerden der Ikositetraëder-Figuren, sowohl auf der Oktaëder- als auf der Würffläche mit zunehmender Concentration, aber auch die gleichzeitig sich steigende Monosymmetrie der Oktaëderfiguren zu ersehen.

### β) Würfelplatten.

Die im vorigen Abschnitt erwähnten natürlichen Würfflächen lassen nach der Aetzung keine Anomalie erkennen. Die Fläche, schon vor der Aetzung etwas rauh und matt, erscheint nach der Aetzung gänzlich glanzlos und dicht bedeckt mit kleinen, aber tiefen Ikositetraëderfiguren. Nur nahe der natürlichen Würfelkante und in der Nähe der Ecken findet man einige glänzende Partien, die im Lichtbild einen Centralreflex mit vicinalen Ikositetraëderstrahlen entstehen lassen und flache Aetzfiguren tragen.

Eine Schlißplatte etwas unter der natürlichen Oberfläche genommen und geätzt zeigt ein anderes Verhalten. Fig. 18 stellt eine solche Platte dar; sie ist oben und links durch die natürlichen Würfflächen  $\bar{1}00$  und  $0\bar{1}0$ , rechts durch eine Spaltfläche begrenzt. In der Mitte erkennt man ein in der idealen Ergänzung quadratisches Mittelfeld, welches sich genau so verhält wie die natürliche Würffläche. Dieses Mittelfeld ist umgeben von einem mehr oder weniger breiten Saum, der mit flachen Aetzfiguren bedeckt ist. Er

erscheint unter Schwinden des Mittelfeldes um so breiter, je näher der Mitte des Krystalls die Schlißfläche gerückt wird.

Dieser Rand verhält sich etwas verschieden, je nachdem er der Würfelfläche  $\bar{1}00$  oder  $0\bar{1}0$  anliegt; die flachen Aetzfiguren sind nämlich in zusammenfließende Reihen angeordnet, welche senkrecht stehen auf der anliegenden Würfelfläche. Fig. 18 zeigt in der oberen Zeichnung diese Structur auf dem oberen Randtheil. Die Figur rechts unten zeigt die Form der tiefen Aetzfiguren des Mittelfeldes.

Die Grenze zwischen den Sektoren und dem Mittelfeld erscheint ganz scharf mit Ausnahme der Partie um die Ecken der Platte, wo glänzende, mit flachen Aetzfiguren besetzte Partien sich in das matte Mittelfeld hineinschieben und die Grenze der randlichen Sektoren und des Mittelfeldes verwischen. Hier verschwindet auch die reihenweise Anordnung der Aetzfiguren.

Fig. 21 zeigt das Lichtbild einer derartigen Platte, welche ausser dem Mittelfeld noch Theile des oberen randlichen Sectors der Fig. 18 enthält. Es besteht aus 4 Reflexen  $x_1$  bis  $x_4$ , die vom Mittelfeld geliefert werden, und 4 Reflexen  $w_1$  bis  $w_4$ , die vom Sector stammen. Stellt man die Ikositetraëderzone mittelst angeschlagener Spaltflächen nach dem Oktaëder ein, so beobachtet man, dass die  $x$  genau in dieser Zone liegen, während die  $w$  gesetzmässig von ihr abweichen.

Je zwei  $w$  Reflexe, die in der Richtung der Reihen von flachen Aetzgrübchen liegen, nähern sich einander, so dass Lichtbild und Aetzfigur disymmetrisch werden, indem die Normale zur anliegenden Würfelfläche sich anders verhält als die Normale zur seitlichen.

Ich glaubte eine Zeitlang an den Aetzfiguren sogar eine Monosymmetrie wahrzunehmen, indem mir bald die beiden vorderen, bald die beiden hinteren Seitenflächen steiler zu sein schienen als die entgegengesetzten, so dass monosymmetrische Figuren in zwei zwillingsgemässen Stellungen auftreten würden; ich beobachtete ferner, dass solche monosymmetrische Figuren schaarenweise parallel stehen, so dass der Gedanke an einen mimetischen Zwillingsbau nahe lag. Indessen habe ich mich überzeugt, dass dies mit dem hypoparallelen Aufbau der Krystalle zusammenhängt, und durch eine unrichtige Lage der Schlißfläche bedingt wird.

Es wurde erwähnt, dass die Krystalle von Cornwall aus hypoparallelen Theilen aufgebaut sind. Wird nun eine Schlißfläche parallel

der Würfelfläche des Hauptkrystals angelegt, so wird sie, da die hypoparallelen Theile eine Würfelkante mit dem Hauptkrystal parallel haben, diese in der Richtung eines sehr flachen, nach vorne oder hinten geneigten Pyramidenwürfels treffen.

Je nach dem einen oder dem anderen Fall werden die Aetzfiguren auf dieser Schlißfläche am vorderen oder hinteren Ende steiler erscheinen, aber stets monosymmetrisch bleiben.

Ich konnte in der That den Zusammenhang solcher mit monosymmetrischen Aetzfiguren bedeckten Streifen mit hypoparallelen Theilen des Krystals verfolgen. Die Erscheinung habe ich deshalb eingehender besprochen, weil sie recht deutlich zeigt, wie vorsichtig man in der Deutung von Asymmetrie von Aetzfiguren, zumal auf Schlißflächen, sein muss.

Es ist also festzustellen, dass die flachen Aetzfiguren der Randsectoren disymmetrisch nach den Würfelkanten sind. Der Eindruck der Disymmetrie wird auch hier durch „Brücken“ unterstützt, welche die einander näher rückenden Reflexe  $w$  verbinden. Diese Brücken sind wohl ein Interferenz- oder Beugungsphänomen. Durch das reihenweise Aneinanderrücken der flachen Aetzfiguren entstehen Rinnen, deren Seitenflächen aus einer wie Combinationsriefung wirkenden Abwechslung der betreffenden zwei  $w$ -Flächen bestehen. Die Brücken bei der Oktaëder-Lichtfigur Fig. 23 haben eine ähnliche Entstehung.

Die Positionsbestimmungen, nach denen Fig. 21 gezeichnet wurde, gründen sich auf folgende Messungen:

Einstellung der Zone  $x_1 x_2$

$$x_1 x_2 = 67^\circ 1'$$

$$w_1 w_2 = 15^\circ 20' \text{ gemessen in der Zone } x_1 x_2$$

$$\eta \text{ der } w \text{ von der Zone } x_1 x_2 = 21' 19''$$

Einstellung der Zone  $x_3 x_4$

$$x_3 x_4 = 67^\circ 32'$$

$$w_3 w_4 = 16^\circ 3'$$

$$\eta \text{ der } w \text{ von der Zone } x_3 x_4 = 21' 19''$$

Aus diesen Messungen berechnet man folgende Positionen:

$$x_2 = 0.470$$

$$w_2 = 0.093 . 0.102.$$

Zur Controle wurden folgende Winkel gerechnet und mit der Beobachtung verglichen:

$x_1 x_3 = 47^\circ 46'$	$w_1 w_3 = 11^\circ 44'$
$x_2 x_4 = 46^\circ 24'$	$w_2 w_4 = 11^\circ 59'$
$x_1 x_4 = 46^\circ 40'$	<hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/>
$x_2 x_3 = 46^\circ 17'$	$\text{Mittel} = 11^\circ 52' \text{ berechnet } 11^\circ 36'$
<hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/> $\text{Mittel} = 46^\circ 47' \text{ (berechnet } 46^\circ 7')$	$w_1 w_4 = 10^\circ 53'$
	$w_2 w_3 = 10^\circ 23'$
	<hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/> $\text{Mittel} = 10^\circ 38' \text{ berechnet } 10^\circ 35'$

### Fluorit von Derbyshire.

Wasserklare, würfelförmige Krystalle mit einem trüben Kern, welche mit jüngerem Kalkspath auf älterer brauner Blende und Quarz aufsitzen, verhalten sich im Aufbau den eben beschriebenen Krystallen ganz ähnlich. Minder deutlich sind die Erscheinungen in Würfelplatten; dagegen zeigen Oktaëderplatten prachtvoll die Sectorenteilung. Die Monosymmetrie der Aetzfiguren wird hier in ähnlicher Weise erreicht, wie ich seinerzeit am Magnetit<sup>1)</sup> beschrieben habe.

Fig. 20 zeigt die Form der Figuren, wie sie sich in Sector I der Fig. 19 darstellen. Die steile Fläche ist von einer bisweilen nur mässig grossen schnabelartigen Vertiefung durchbrochen, in welche die flacheren Seitenflächen mit der zwischenliegenden Kante sich fortsetzen; seitlich wird sie von sehr steil einfallenden Flächen begrenzt, die einen etwas kleineren Winkel mit einander einschliessen, als der gegenüber liegende Dreieckswinkel von  $60^\circ$ .

Da diese kleinen Flächen wegen ihrer Steilheit goniometrisch nicht bestimmt werden können, ist eine genaue Fixirung ihrer Lage nicht möglich.

Nach Analogie mit dem Magnetit möchte ich annehmen, dass es auf dem oberen Sector der Oktaëderfläche 111 Flächen der zwischen  $\bar{1}11$  und  $010$ , ferner zwischen  $1\bar{1}1$  und  $100$  gelegenen Ikositetraëderzonen der benachbarten Oktanten seien.

Die Figur zeigt den Uebergang zu ganz seltsamen schnabelähnlichen Aetzgrübchen, in denen die steile Seitenfläche  $s$  vollständig verschwunden ist und der Umriss der dicht gedrängt stehenden Figuren lanzettförmig wird.

### Fluorit von Freiberg.

Auch an vielen Krystallen von Freiberg kann man, zumal auf der Oktaëderspaltfläche, die anomalen Erscheinungen deutlich wahr-

<sup>1)</sup> Diese Mitth. VII, pag. 204.

nehmen. Die Präparate ähneln auch in der Form der Aetzfiguren durchaus dem Fluorit von Cornwall.

An keinem der mit starker Vicinalflächenbildung versehenen englischen Fluorite habe ich diese anomalen Aetzfiguren beobachtet.

### Fluorit von Andreasberg.

Licht berggrüne, auf einer Oktaëderfläche trübe oktaëdrische Krystalle, welche auf flächenreichen Calcitkrystallen sitzen, zeigen ebenfalls anormale Aetzfiguren. Die Oberfläche der Krystalle zeigt bei Aetzung mit verdünnter heisser Salzsäure nichts Abweichendes. Eine durch die Mitte des Krystalls gelegte Spaltfläche zeigt dagegen prachtvolle Sectorenteilung. Fig. 34 zeigt die geätzte Unterseite einer nicht sehr tief unter der Krystallfläche abgespaltenen Lamelle. Man erkennt ein helleres Mittelfeld und 6 den umgebenden Oktaëderflächen entsprechende Sektoren. Auf dem Mittelfeld treten normale dreiseitige Ikositetraëderfiguren auf, wie Fig. 34 *a* zeigt; sie erscheinen, verglichen mit Fig. 19, in verkehrter Lage, weil die Unterseite der Platte betrachtet wird. Auf den Sektoren tritt eine auffallende Streifung parallel den Randkanten auf. Sie wird durch reihenförmige Anordnung kleiner dichtgedrängter Aetzfiguren hervorgebracht, welche monosymmetrisch sind. Jene Fläche, welche mehreren reihenförmig angeordneten Aetzfiguren gemeinsam ist, ist steiler; die anderen beiden sind flacher und treppenförmig gestreift. Auf je zwei gegenüber liegenden Sektoren haben die Aetzfiguren gleiche Lage und Gestalt. Fig. 34 *b* zeigt die Figuren des kleinen oberen und des grösseren unteren Sectors. Fig. 34 *c* die Aetzfiguren auf dem rechten grossen und linken kleinen Sector.

Die Grenzen der Sektoren sind scharf und laufen genau gegen die Oktaëderkanten.

Leider ist das Präparat zu klein, die Aetzfiguren zu unvollkommen, so dass kein deutliches Lichtbild von der Platte zu erhalten war.

### Deutung der anomalen Aetzfiguren.

Wie hat man die in den letzten Abschnitten geschilderten Erscheinungen zu deuten? Der Gedanke an eine Mimesie läge nahe. In der That zerfällt der Fluoritwürfel von Cornwall in 6 Theile von

vierseitig pyramidaler Gestalt, welche ihre Basis in der Würfelfläche, die gemeinsame Spitze im Mittelpunkt des Krystalls haben. Ihre Symmetrie ist tetragonal. Die Basis, der äusseren Würfelfläche entsprechend, hat tetrasymmetrische Aetzfiguren. In Schlißflächen durch die Mitte des Krystalls kommen in den Randsectoren die Flächen (100) und (010) mit disymmetrischen Aetzfiguren zum Vorschein. Auf der Spaltfläche hat man der tetragonalen Pyramide entsprechend monosymmetrische Figuren.

Bekanntlich hat Mallard <sup>1)</sup> in seiner berühmten Arbeit über optische Anomalien auch den Flussspath besprochen und aus den Erscheinungen im polarisirten Licht auf ein rhombisches System geschlossen.

Seine Figuren lassen besonders in dem Oktaëderdurchschnitt eine Feldertheilung erkennen, welche an die durch Aetzung dargestellte Structur erinnert. Freilich findet aber der für Mallard's Deutung wesentlichere Theil der optischen Erscheinung, die alternirenden Lamellenzüge parallel den Würfelkanten und Würfeldiagonalen, durchaus kein Analogon bei den Anomalien der Aetzfiguren.

Später hat Hussak <sup>2)</sup> die Frage studirt, und unsere Kenntnisse durch zahlreiche Beobachtungen erweitert, ohne indessen zu einem entschiedenen Resultate zu kommen.

Ich habe die von mir geätzten Flussspathe optisch geprüft. Vollkommen einfachbrechend wurde keiner gefunden. Die Doppelbrechung ist kaum merklich bei dem Fluorit von Cumberland, Weardale, Freiberg. Namentlich ersterer zeigt kaum Spuren von Doppelbrechung in 3—4 Millimeter dicken Platten. Der Fluorit von Derbyshire ist in  $\frac{1}{2}$ —1 Millimeter dicken Platten deutlich doppelbrechend, die Platten parallel der Würfelfläche zeigen reichlich kurze, sich kreuzende Lamellen parallel den Kanten, undeutliche und weniger regelmässige parallel den Diagonalen.

Weder bei Cornwall, noch bei Derbyshire ist eine klare Beziehung der doppeltbrechenden Lamellen zu den bei der Aetzung zu Tage tretenden Sektoren zu erkennen. In den Randsectoren treten doppeltbrechende Stellen auf, die parallel den Würfelkanten aus-

<sup>1)</sup> Explication des phénomènes optiques anomaux que présentent un grand nombre de substances cristallisées. Paris 1877, pag. 61, Fig. 32 und 33.

<sup>2)</sup> Ein Beitrag zur Kenntnis der optischen Anomalien am Flussspath. Zeitschrift f. Kryst. 1887, XII. pag. 552.

löschen; die Axe der grössten Elasticität liegt bald senkrecht, bald parallel zur Randkante; bald schneiden sie am Mittelfelde ab, bald erstrecken sie sich, ohne sich an die durch die Aetzung enthüllte Grenze zu kehren, in's Mittelfeld hinein.

An Oktaëderplatten ist die optische Erscheinung, obgleich die Doppelbrechung im allgemeinen schwächer zu sein scheint als in Würfelplatten, enger mit der Sectorenteilung infolge von Aetzung verknüpft. Besonders die Platten von Derbyshire stimmen wesentlich mit Mallard's Zeichnung, Fig. 32. Die auf den Randkanten senkrecht stehenden Lamellen sind wiederum theils nach  $a$ , theils nach  $c$  gestreckt. Die Grenzen der drei optischen Felder und der drei durch Aetzung bezeichneten Sektoren fallen zusammen.

Der Fluorit von Andreasberg ist ziemlich schwach doppeltbrechend; in dem Mittelfeld der Fig. 34 sind undeutlich begrenzte, überhaupt nicht aufhellende Stellen zu sehen. Die seitlichen Sektoren hellen zwischen gekreuzten Nicols ziemlich gleichmässig auf, die Axe der grösseren Elasticität liegt senkrecht zur Randbegrenzung.

Es scheint somit thatsächlich ein Zusammenhang zwischen der optischen Anomalie und der anomalen Aetzbarkeit zu bestehen; denn

1. stark oder deutlich doppeltbrechende Fluorite zeigen auch anomale Aetzfiguren, sehr schwach doppeltbrechende zeigen keine Anomalien;

2. bei der Feldertheilung der Oktaëderplatten geben beide Untersuchungsmethoden dieselben Feldergrenzen. Die geringe Uebereinstimmung in den Würfelplatten lässt sich dadurch erklären, dass hier die Grenzen der Felder unter  $45^\circ$  gegen die Oberfläche geneigt sind, die optischen Grenzen sich also durch theilweise Ueberlagerung verwischen können.

Doch ist zu bemerken, dass die optischen Erscheinungen einer anderen Symmetrie gehorchen als die Erscheinungen der anomalen Aetzfiguren, dass also doch die beiden Untersuchungsmethoden kein identisches Resultat ergeben. Ferner erscheinen sowohl die Erscheinungen der Doppelbrechung als der anomalen Aetzbarkeit so deutlich in gradweisen Abstufungen, dass ich Bedenken trage, sie einer Mimesie zuzuschreiben.

Endlich müsste man für die Würfel von Cornwall, Derbyshire, Freiberg einen Aufbau aus tetragonalen, für die Oktaëder von

Andreasberg einen Aufbau aus rhomboëdrischen Theilen annehmen, was die Sache ziemlich complicirt machen würde.

Dazu kommt, dass die anomale Aetzbarkeit in klarster Weise an die Art des Wachstums des Krystalls gebunden ist.

Die anomalen Aetzfiguren finden sich nur bei solchen Flussspathen, welche aus hypoparallel verwachsenen Theilen bestehen, bei denen also Störungen im Wachsen vorkamen, und sie stehen mit der Richtung, in der das Wachsen der betreffenden Theile stattfand, in deutlichstem Zusammenhang. Aus dem Verlauf der Sectorengrenzen ergibt sich klar, dass die 6 Theile, in welche den Aetzfiguren gemäss der Fluoritwürfel von Cumberland zerfällt, genau jenen Antheilen des Krystalls entsprechen, welche durch Stoffansatz auf den 6 Würfelflächen des Krystalls entstanden sind. So im idealen Fall, der in Wirklichkeit nicht vorkommt; in der That verliert der Aufbau seine Regelmässigkeit, wo Flussspathkrystalle sich gegenseitig in der Ausbildung hemmen. Nehmen wir zu den Symmetrieeigenschaften des tesserale Systems eine abweichende Richtung parallel der Wachstumsrichtung, normal zur Würfelfläche hinzu, so erhalten wir die tetragonale Symmetrie der 6 Anwachskegel, wie man die nach einer Krystallfläche gewachsenen Antheile passend bezeichnen kann. Es ist nun so, als ob jeder Anwachskegel eine Art Erinnerung an die Richtung, in der er gewachsen ist, bewahrte; die betreffende Richtung ist ein für allemal an dem realen Krystalltheil von den übrigen krystallographisch und theoretisch gleichwertigen Richtungen verschieden. Je nach der Lage der Axe des Anwachskegels kann dieser im tesserale System sehr verschiedene Symmetrie erhalten: Tetragonale, wenn die Anwachsfläche die Würfelfläche ist, rhomboëdrische beim Oktaëder, rhombische beim Rhombendodekaëder, monokline bei den anderen Formen der Hauptzonen, triklone bei Hexakisoktaëder.

Die Erscheinungen beim anomalen Flussspath von Cornwall sind nun von der Art, dass sie erklärt werden können durch die Annahme von linearen Störungen des Molekularbaues, welche parallel der Axe des Anwachskegels orientirt sind, und längs welcher das Aetzmittel rascher vordringen kann, als in anderen Richtungen.

Diese linearen Störungen, man kann sie sich als Canäle vorstellen, werden von dem Aetzmittel dem Molekularbau entsprechend ausgeweitet; sie geben Anlass zur Ausbildung von Aetzfiguren.

Wenn wir die Lage derselben normal zur wachsenden Würfelfläche festhalten, erklärt sich alles sehr einfach: die tiefen Aetzgrübchen auf der wachsenden Würfelfläche selbst, die reihenförmige Anreihung auf jenen Würfelflächen, die der Axe des Anwachskegels parallel laufen, die einseitig vertieften Aetzgrübchen auf den Sektoren der Oktaëderfläche.

Die Abweichungen der entstehenden Aetzflächen von der Aetzzone erklären sich sodann durch mechanische Verschleppung. Betrachten wir beispielshalber die monosymmetrische Aetzfigur auf Sector 1 der Fig. 19. In der Tiefe wird rasch Sättigung erfolgen und die Abtragung der Flächen sich verlangsamen; am oberen Ende, wo die Aetzfigur flach ist, wird die Diffusion lebhafter sein, die Randkanten werden rascher abgetragen. Die Folge ist Verschleppung im Sinne der Fig. 23. Aehnlich erklärt sich die Verschleppung der Reflexe  $w$  der Fig. 21 auf rein mechanischem Wege. Diese Abweichungen von den Aetzonen deuten also nicht auf eine Aenderung in den Richtungen des maximalen Lösungswiderstandes.

Für die oktaëdrischen Krystalle von Andreasberg lautet die Erklärung etwas anders. Die Beziehung der einzelnen Sektoren zu den Begrenzungsflächen sind auch hier vollkommen klar. Allein um hier der Anomalie der Aetzfiguren gerecht zu werden, muss man eine andere Form von Störungen annehmen.

Lineare Canäle, senkrecht zur Anwachsfläche, würden eine andere Verzerrung der Aetzfigur zur Folge haben. Man ist zu der Annahme genöthigt, dass hier ein leichteres Eindringen des Lösungsmittels nach der Ebene der Anwachsfläche stattfindet, dass also die Störungen in der Ebene der Oktaëderfläche liegen.

Eine Anzahl untergeordneter Erscheinungen fügen sich ungezwungen in diesen Vorstellungskreis ein. Es ist bemerkenswert, dass beim Fluorit jene Vorkommen, deren Krystalle sich durch Genauigkeit des Aufbaues auszeichnen, frei sind von Anomalien, während jene Würfel, welche aus hypoparallelen Theilen aufgebaut sind, die Anomalien deutlich erkennen lassen; es verräth der mangelhafte Aufbau im Groben die feineren Störungen.

Ferner ist es bemerkenswert, dass die Störungen in der Mitte der Flächen am deutlichsten hervortreten, während längs der Kanten und Ecken normale Verhältnisse vorherrschen. Dies zeigt sich in dem Auftreten flacher Aetzgruben in der Nähe der natürlichen

Würfelkante auch bei solchen Fluoriten, denen sonst diese Form auf der natürlichen Oberfläche fehlt; ferner in den undeutlichen Grenzen der Sektoren auf Würfel- und Oktaëderplatten, welche nichts sind, als die Anwachsspuren eben jener Kanten und Ecken. Wem fällt da nicht bei, dass auch die hypoparallele Täfelung der Würfelfläche sich häufig auf die Mitte der Krystallflächen beschränkt.

Den Zusammenhang mit den optischen Anomalien darf man sich nun wohl so denken, dass dieselben Vorgänge, welche das Zustandekommen der Canäle begünstigen, auch die Entstehung von Spannungen zwischen den einzelnen Theilen des wachsenden Krystalls bedingen.

Die ganze Reihe von Erscheinungen, die ich nun schon bei mehreren Krystallarten genauer verfolgen konnte <sup>1)</sup>, lässt aber erkennen, wie vorsichtig man bei der Deutung von Aetzfiguren sein muss. Die ganze Erörterung zeigt, dass das Gesetz: „die Aetzfiguren haben dieselbe Symmetrie, wie die Krystallfläche, auf der sie entstehen“, nur mit wichtigen Einschränkungen gilt. Dieses Gesetz gilt in Strenge, so lange man natürliche Krystallflächen ätzt, die von Oberflächenstörungen, Vicinalflächen, Streifungen u. s. w. frei sind. Es gilt nicht immer für Flächen, welche den äusseren Krystallflächen parallel durch das Innere des Krystalls gelegt werden.

Dies hat seinen Grund darin, dass im wirklichen Krystall nicht immer — wie die Theorie verlangt — alle krystallographisch gleichwertigen Richtungen auch thatsächlich gleichwertig sind; vielmehr sind Krystalle häufig, bei denen die Richtung des Wachstums sich thatsächlich von anderen gleichwertigen Richtungen unterscheidet. Diese Krystalle sind aufgebaut aus „Anwachskegeln“, deren jeder einer der Begrenzungsflächen entspricht und durch Stoffansatz auf ihr entstanden ist. Nur solche Schlift- oder Spaltflächen, welche den Anwachskegel parallel seiner natürlichen Basis treffen, folgen dem theoretischen Gesetz.

Hat die Schlift- oder Spaltfläche eine andere Orientirung, schneidet sie den Anwachskegel einer anderen Krystallfläche, so können die Aetzfiguren eine Veränderung der Symmetrie erfahren, die man erhält, wenn man die Axe des Anwachskegels als beson-

---

<sup>1)</sup> Vergl. diese Mitth. VII, pag. 206 (Magnetit); VIII, pag. 289 (Pyrit); XI, pag. 253 (Magnesit).

dere., von allen anderen verschiedene Richtung zu den anderen theoretischen Symmetrierichtungen des Krystalls hinzunimmt.

#### IV. Aetzung mit alkalischen Lösungen.

Alkalische Aetzmittel greifen den Fluorit nur schwierig an. Die besten Resultate erhielt ich bei Anwendung heisser concentrirter Lösungen von Natriumcarbonat oder von Kalium-Natriumcarbonat. Versuche mit ätzenden Alkalien führten zu keinem besseren Resultat; es entsteht eine dichte weisse, ziemlich harte Kruste, die sich in Salzsäure unter schwacher Gasentwicklung löst; die Oberfläche des Flussspathes darunter ist geflossen uneben, glatt und glänzend. Bei Behandlung mit Natrium- oder Natrium-Kaliumcarbonat scheidet sich kohlen-saurer Kalk ab, welcher sich in sechsseitigen Täfelchen bisweilen in orientirter Stellung auf Spaltflächen des Fluorit absetzt. Die Aetzung muss lange (circa  $\frac{1}{4}$  Stunde bis 1 Stunde) fortgesetzt werden, ehe ein deutliches Resultat zu erlangen ist. Die besten Resultate wurden bei Aetzung von Spaltflächen nach dem Oktaëder und Schliffflächen nach dem Dodekaëder erhalten. Aber auch hier gelang es erst nach viele Stunden lang fortgesetztem Aetzen, ein Lichtbild von der geätzten Fläche zu erhalten. Meine Kenntnisse über die eigentliche Lage der Aetzflächen sind daher sehr mangelhaft.

#### Dodekaëder.

Geschliffene Dodekaëderplatten von Freiburger und Cumberlander Fluorit zeigen sich nach andauernder Aetzung mit rechteckigen, beinahe quadratischen Aetzfiguren bedeckt, welche ziemlich scharf erscheinen. Sie sind nach der kurzen Diagonale der Dodekaëderfläche jedoch, wie Fig. 28 zeigt, nur sehr wenig gestreckt. Die zu einer vierseitigen vertieften Pyramide oder in einer kurzen Dachform sich vereinigenden Seitenflächen sind, wie sehr beiläufige Messungen an der Freiburger Platte zeigen, ziemlich steil geneigt gegen die Dodekaëderfläche. Das Lichtbild besteht aus einem vierstrahligen Stern, mit zwei schärferen und längeren Strahlen, die in die Tetra-kis-hexaëderzone fallen, und zwei wenig kürzeren breiteren, bei der Freiburger Platte sogar verdoppelten Strahlen, die Triakisoktaëdern entsprechen (vergl. Fig. 29). Die Endculminationen wurden bei der

Freiberger Platte messbar gefunden, sind jedoch auch hier äusserst unbestimmt. Von den Messungen kann daher eine grosse Genauigkeit nicht erwartet werden.

Dieselben ergaben:

$$t t = 29 \cdot 1^{\circ}$$

$$z z = 23 \cdot 8^{\circ}.$$

Hieraus ergibt sich für

$$d t = 14^{\circ} 33' \text{ und das Ortsymbol } t = 0 \cdot 588$$

$$d z = 11^{\circ} 54' \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad z = 3 \cdot 356 = 1 \cdot 0 \cdot 298.$$

Bei der Cumberlander Platte war eine Messung unmöglich.

### Oktaöder.

Es wurden Spaltflächen von Freiberg, Bozen, Cornwall, Cumberlander untersucht. Die ersten deutlichen Aetzfiguren, welche ich an Bozener Platten mit  $KNaCO_3$  Lösung erhielt, waren ausserordentlich klein und hatten die Form dreiseitiger Aetzgrübchen; die Lage der Seitenflächen entspricht Ikositetraöderflächen.

Bei intensiverer Aetzung, und auf geschliffenen Platten erhielt ich ähnliche Figuren, aber von entgegengesetzter Stellung, deren Seitenflächen somit die Lage von Triakisoktaedern haben (Fig. 26). Auf einer Spaltfläche von Freiberg erhielt ich einmal auch beide Arten von Figuren nebeneinander, sowie mannigfaltige Uebergänge, welche, wie Fig. 25 zeigt, ganz anders aussehen, als die Uebergänge von Ikositetraöder- zu Triakisoktaöder-Figuren, die bei Säureätzung vorkommen.

Bei einer geschliffenen Freiburger Platte erhielt ich ein halbwegs deutliches Lichtbild, welches die Form eines verwaschenen dreistrahligen Sterns hatte (Fig. 27). Einer der Strahlen endigte mit einer beiläufig messbaren Culmination, so dass der Winkel zum Centralreflex gemessen werden konnte; er war  $oz = 24^{\circ} 22'$ .

Dies deutet auf ein Triakisoktaöder von ähnlicher Lage wie es oben für das Dodekaöder gemessen wurde: ( $35^{\circ} 16' - 24^{\circ} 22' = 10^{\circ} 54'$ ;  $dz$  gemessen  $11^{\circ} 54'$ ). Das Ortsymbol von  $z$  ist:

$$z = 3 \cdot 672 = 1 \cdot 0 \cdot 272.$$

Ich schliesse an die Betrachtung von Oktaöder und Dodekaöder sogleich die Beobachtungen, welche an geschliffenen Platten parallel

den Tetrakishexaëderflächen, den Triakisoktaëder- und Ikositetraëderflächen gemacht wurden.

Die Tetrakishexaëder (es wurden Platten 210 und 430 von Cumberland geprüft) behalten ihren Glanz und bedecken sich mit ziemlich scharfen Aetzgrübchen, welche die Form symmetrischer Trapeze haben, die nach der Combinationskante mit der benachbarten Dodekaëderfläche gestreckt sind. Die Trapeze wenden ihre kürzere Seite der benachbarten Würfelfläche zu, die längere der Dodekaëderfläche.

Die zwei symmetrischen Seiten schliessen mit den parallelen Seiten sehr variable Winkel ein, doch nähern sich dieselben auf (304) mehr dem rechten als auf (102). Fig. 30 zeigt die gewöhnliche Form auf der Platte (304), Fig. 31 die mannigfachen in Dreiecke übergehenden Formen der Platte (102).

Auf der Fläche des Triakisoktaëders (es wurden Platten parallel (331) untersucht) bildet sich eine Riefung parallel der Oktaëderkante aus, die von der bei Säure-Aetzung auftretenden nicht wesentlich verschieden erscheint, daneben entstehen auch scharfe Aetzgrübchen, deren Form ganz auffallend an die Säurefigur der steilen Ikositetraëder erinnert. Fig. 32 zeigt die Form der Aetzfiguren, wie sie sich auf der Fläche (313) darstellen.

Auf Platten, die parallel den Ikositetraëderflächen (211) und (311) geschliffen waren, entstanden keine sehr deutlichen Aetzfiguren. Unzweifelhaft ist es, dass sie die Gestalt von Aetzhügeln haben. Die Form konnte nur an der Platte parallel (211) einigermaßen festgestellt werden. Fig. 33 zeigt dieselben, wie sie sich auf der Fläche 112 darstellen. Man erkennt eine gegen die benachbarte Würfelfläche gewendete Spitze und eine von derselben herablaufende Kante, welche zwei flach abfallende Seitenflächen trennt; ferner sind an der hinteren steilen, der Würfelfläche zugewendeten Seite zwei sich unter ungefähr  $116^\circ$  schneidende Kanten erkennbar.

Die Form der Aetzhügel hat somit Aehnlichkeit mit der Form derselben auf der Dodekaëderfläche der Zinkblende.

Nach den bisherigen Ergebnissen würde man für die Würfelfläche erwarten, dass auf ihr Tetrakishexaëdergrübchen entstünden, da sich in ihr die vier Tetrakishexaëderzonen kreuzen, welche man nach den Figuren des Dodekaëders und der Pyramidenwürfel als Aetzzone ansprechen muss.

Diese Erwartung zeigt sich aber nur theilweise erfüllt. Allerdings erhielt ich zeitweilig auf Würfelplatten bei Aetzung mit Soda-lösung vierseitige Grübchen von Pyramidenwürfeln gebildet; allein öfter erhielt ich auch Ikositetraëdergrübchen, welche sogar schärfer und schöner erschienen, als die ersteren. Am häufigsten zeigte sich allerdings gar kein Resultat, indem die Würfelfläche ein warziges rauhes oder auch geflossenes Aussehen erhielt, ohne dass deutliche Aetzfiguren gebildet wurden. Obwohl die Aetzfiguren nie so deutlich auftraten, dass ein Lichtbild erhalten wurde, liess sich doch erkennen, dass die Seitenflächen der Aetzfiguren aus dem Vicinalbereich der Würfelfläche nicht heraustraten.

Diese flachen Aetzfiguren scheinen sich aber überhaupt an die Aetzzonen nicht zu binden, sondern complicirteren Gesetzen zu folgen, von deren Erkenntnis wir noch weit entfernt sind. Fig. 24 zeigt die flachen Ikositetraëderfiguren auf einer Freiburger Würfelplatte nach Aetzung mit Lösung von Natrium-Kaliumcarbonat.

Für Aetzung mit Alkalien lassen sich folgende Regeln aufstellen.

Für alkalische Aetzmittel spielen die Zonen der Tetrakishexaëder und Triakisoktaëder die Rolle von primären Aetzzonen mit Dodekaëder und Oktaëder als primären Aetzflächen. Man hat daher:

Auf der Dodekaëderfläche rechteckige Aetzgrübchen von Tetrakishexaëdern und Triakisoktaëdern gebildet.

Auf der Oktaëderfläche Triakisoktaëdergrübchen, jedoch kommen letztere nur dann allein vor, wenn tiefe Aetzgrübchen gebildet werden (namentlich bei angeschliffener Oberfläche); wenn flache Aetzgrübchen entstehen, deren Seitenflächen im Vicinalbereich der Oktaëderfläche bleiben, so erhält man verschiedenartige Combinationen von Ikositetraëder- und Triakisoktaëderflächen, welche jedoch in der Regel andere Gestalt haben als die vicinalen Säurefiguren. Unter Umständen können sogar die Ikositetraëder vorherrschen oder allein auftreten.

Auf den Tetrakishexaëder- und Triakisoktaëderflächen erhält man trapezförmige Aetzfiguren, die nach der betreffenden Aetzzone gestreckt sind. Die seitliche Begrenzung zeigt sich ziemlich variabel und es lassen sich allgemeine Gesetzmässigkeiten nicht ableiten.

Die I k o s i t e t r a e d e r f l ä c h e n tragen Aetzhügel. Die W ü r f e l f l ä c h e n erhalten sehr schwierig deutliche Aetzfiguren. Es wurden Aetzgrübchen von Tetrakishexaëdern und von Ikositetraëdern beobachtet, beide im Vicinalbereich der Würfelfläche gelegen.

Der Vergleich dieser Sätze mit den Ergebnissen der Säureätzung ist sehr lehrreich, indem bei Erhaltung gewisser gemeinsamer Züge eine durchgreifende Aenderung in anderen Richtungen mit der Aenderung des Aetzmittels Platz greift.

In dieser Beziehung ist hervorzuheben:

1. Die Oktaëderfläche behält ihren Charakter als primäre Aetzfläche bei beiden Aetzmitteln.
2. Die Triakisoktaëderzone ist in beiden Fällen Aetzzone.
3. Tetrakishexaëder und Ikositetraëder tauschen ihre Rollen. Bei Säureätzung liegen die Ikositetraëder in der Aetzzone und tragen gestreckte Grübchen, die Pyramidenwürfel liegen ausserhalb derselben und tragen Aetzhügel. Bei alkalischer Aetzung liegen die Pyramidenwürfel in der Aetzzone und tragen Grübchen, die Ikositetraëder ausserhalb derselben und tragen Aetzhügel.
4. Eine Umkehr gewisser Richtungen zeigt sich auch an den tieferen Grübchen der Oktaëderfläche; sie werden gebildet von Ikositetraëderflächen bei Säureätzung, von Triakisoktaëderflächen bei alkalischer Aetzung.
5. Aehnliches zeigt die Dodekaëderfläche: Bei Säureätzung sind die Grübchen nach der langen Diagonale, bei alkalischer nach der kurzen Diagonale gestreckt.

## V. Lösungsgeschwindigkeit.

Frühere Untersuchungen haben gelehrt, dass zwischen der Aetzbarkeit der Krystalle und der Lösungsgeschwindigkeit in verschiedenen Richtungen eine Beziehung besteht, derart, dass die primären Aetzflächen eine kleine, die Flächen ausserhalb der Aetzzone eine grosse Lösungsgeschwindigkeit besitzen.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Aetzversuche an Mineralen der Magnetitgruppe. Diese Mitth. 1885, VII, 227; Aetzversuche am Pyrit, ebenda 1886, VIII, 317. Diese Versuche sind in dem sonst so vollständigen, 1888 erschienenen Buche von O. L e h m a n n „Molekularphysik“ ebensowenig erwähnt, wie meine älteren, aus den Jahren 1893 und 1894 stammenden Arbeiten über Zinkblende und Bleiglanz, während andere später erschienene Arbeiten über ähnliche Gegenstände ausführlich besprochen werden.

Ich versuchte, diese Frage am Fluorit eingehender als bisher zu studiren und habe daher ziemlich viel Arbeit und Sorgfalt auf eine möglichst exacte Bestimmung der Lösungsgeschwindigkeit in verschiedener Richtung verwendet. Die ersten ziemlich gut gelungenen Vorversuche machte ich bereits im Jahre 1887. Die Untersuchung blieb dann infolge der schwierigen Materialbeschaffung längere Zeit liegen. Erst im vorigen Herbst gelangte ich in Besitz tauglicher Krystalle, welche erlaubten, die Arbeit wenigstens in Bezug auf die Lösungsgeschwindigkeit in Salzsäure genügend durchzuführen und auch mit alkalischem Aetzmittel einige Versuche anzustellen.

### Method.

Die Methode ist im Princip sehr einfach. Platten des zu untersuchenden Mineralen, in verschiedener Richtung geschnitten, werden unter gleichen Verhältnissen durch gleiche Zeit demselben Aetzmittel ausgesetzt. Die durch Messung der Dicke vor und nach der Aetzung bestimmte Abtragung ist das Maass der Lösungsgeschwindigkeit.

Durch Vergleich der Abtragung auf verschiedenen Platten erhält man ein relatives Maass der Lösungsgeschwindigkeit der verschiedenen Richtungen. Durch gleichzeitige Beobachtung der Zeit, der Temperatur, der Concentration lässt sich die absolute Lösungsgeschwindigkeit bestimmen.

### Herstellung der Präparate.

Als Material für die Beobachtungen diente mir:

1. Flussspath von Freiberg. Die Platten wurden von mehreren blass weingelben Krystallen genommen, die neben einander auf derselben Stufe sassen. Die Krystalle waren von Sprüngen und Einschlüssen nicht vollkommen frei; sie dienten zu den Versuchen I—V.

2. Flussspath von Cornwall; grosse farblose, etwas rauhe und drusige Würfel. Es sind dieselben, deren anomale Aetzfiguren im Abschnitt III beschrieben sind. Die Krystalle sind von idealer Reinheit, aber wie die Versuche lehren, nicht vollkommen homogen; auch waren sie aus nicht streng parallelen Theilen aufgebaut; sie dienten zu den Versuchen VI und VII.

3. Flussspath von Cumberland; 4 sehr vollkommene Würfel, Penetrationszwillinge nach (111), von höchst exactem Bau trotz der

bedeutenden Grösse (bis 3 Centimeter Kantenlänge). Sie zeigten sehr deutliche, durch die Zwillingsbildung inducirte Vicinalflächen (Tetra-kishexaëder). Die Krystalle waren lose, aber einander ausserordentlich ähnlich, von blass röthlich violetter Farbe im durchfallenden Licht und prachtvoller kornblumenblauer Fluorescenz. Vollkommen frei von Einschlüssen, liessen sie schwache Andeutungen von Zonalstruktur erkennen, die indessen die Messungen nicht merklich störte. Von Anomalien waren sie frei; sie zeigten sich fast absolut einfachbrechend, nur sehr dicke Platten liessen sehr schwache Spuren von Doppelbrechung erkennen. Diese Krystalle dienten zu den Versuchen VIII—XV.

Die Orientirung der Platten erfolgte nach vorhandenen Krystall- oder Spaltflächen. Bei Benützung dieser musste auf die in der Einleitung erwähnte Eigenthümlichkeit des Flussspath Rücksicht genommen werden, dass die hellsten Reflexe der Spaltfläche oft um  $1\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{4}$ ° von der Position des Oktaëders abweichen. Die anzuschleifenden Stücke wurden auf dem mit polirter Endfläche versehenen Stempel des F u e s s'schen Parallelschleifers in der verlangten Richtung aufge kittet, die richtige Stellung durch Messung am Reflexionsgoniometer geprüft, wobei der Reflex der polirten Endfläche des Stempels als Anhalt für die anzuschleifende Fläche diente. War die Stellung erreicht, so wurde im Dreifuss eine ebene Fläche angeschliffen und diese abermals am Goniometer geprüft. Grössere Abweichungen als  $1\frac{1}{4}$ ° kamen nicht vor. Meist waren die Differenzen kleiner. Nur bei den Platten von Cornwall war die Orientirung weniger genau, weil die Krystalle selbst nicht exact gebaut waren.

Bei den ersten Versuchen wurden Platten angewandt. Bei den Versuchen mit Cornwall-Fluorit stellte ich rechtwinklige Parallelepipede her, welche in drei zu einander senkrechten Richtungen geprüft werden konnten. Da sich aber die Herstellung sehr zeitraubend und bei beschränktem Material schwierig erwies, da auch die Einhängung und Befestigung der Parallelepipede zu Unannehmlichkeiten führte, kehrte ich bei den Versuchen VIII—XV zur Herstellung von Platten zurück. Sie wurden in ähnlicher rechteckiger Form und annähernd gleicher Grösse hergestellt (ungefähr 1 Quadratcentimeter).

Die grössten Schwierigkeiten machte die Herstellung einer gleichmässigen Oberfläche. Anfangs wurden die Platten auf Glas

mit Schmirgel eben geschliffen und auf einer feinen matten Glasplatte mit ihrem eigenen Pulver unter Hinzugabe einer Spur feinsten Schmirgels und einer kleinen Menge Wasser polirt. Eine vollkommene Politur wurde nicht erzielt. Fremdartige Polirmittel wollte ich vermeiden. Trotz aller Sorgfalt schien mir die Politur auf den verschiedenen Platten manchmal nicht gleichmässig und auch auf derselben Platte in der Mitte vollkommener, als am Rande. Um dem Zweifel zu begegnen, ob die Oberfläche auch bei allen Platten gleichmässig sei, verwandte ich von Versuch X an nur vorher geätzte Oberflächen. Dies hatte nebstdem den Vortheil, dass die Schlussmessungen eines Versuches als Ausgangspunkt für den nächsten dienen konnten. Solchen Wiederholungen ist aber eine Grenze gesetzt, da die Abtragung nie vollkommen gleichmässig ist, wodurch die Platte nach und nach uneben, die Dickenmessung unsicher wurde. Auch ist bei der öfteren Wiederholung der Versuche ein Springen der Platte schwer zu vermeiden, so dass eine Platte selten mehr als drei Versuche aushält.

#### Ausführung der Dickenmessung.

Die erforderlichen Dickenmessungen wurden mit einem Sphärometer von Pfister in Bern ausgeführt. Die Einstellung erfolgt mittelst einer Libelle. Der Kopf der Schraube ist in 100 Theile getheilt, Zehntel derselben können geschätzt werden. Eine Umdrehung der Schraube ist nach Angabe des Mechanikers gleich 0·5 Millimeter, so dass bei der Einstellung 0·0005 noch geschätzt werden können.

Die Dickenmessungen wurden in der Weise ausgeführt, dass zuerst der Nullpunkt der Messung (Einspielen der Libelle), dann die Platte an mehreren bestimmten gleichmässig über die Oberfläche vertheilten Punkten, endlich nach Entfernung der Platte wieder der Nullpunkt eingestellt wurde. Die ganze Messung wurde fünfmal wiederholt und für jeden Punkt das Mittel der Ablesungen als Dicke angenommen. Nach der Aetzung wurde in derselben Weise verfahren, indem dieselben Punkte der Platte abermals eingestellt wurden.

Beim Arbeiten beobachtete ich eine allmähliche Verrückung des Nullpunktes der Einstellung, welche zum Theil nach längerer Pause wieder rückläufig wurde, zum anderen Theil aber verblieb. Auf diese

Verrückung des Nullpunktes, welche im Lauf einer ganzen Messungsreihe selten mehr als 0·005 Millimeter betrug, wurde in der Weise Rücksicht genommen, dass zwischen zwei aufeinanderfolgenden Einstellungen des Nullpunktes eine mit der Zeit proportionale Verrückung angenommen wurde.

Bei den ersten Versuchen wurde die Platte direct zwischen das an der verticalen Schraube befestigte Tischchen und den Metallzapfen gebracht, welcher das freie Ende der Libelle bei Bewegung der Sphärometerschraube hebt. In den späteren Versuchen von VIII angefangen wurde zwischen Platte und Zapfen ein kleines quadratisches planparalleles Glasplättchen gebracht, das auch bei Einstellung des Nullpunktes an seinem Orte verblieb. Hierdurch wurde als Dicke immer der Abstand der an die beiden geätzten Oberflächen gelegten Tangentialebenen gemessen, und es wurde verhindert, dass diese Dicke durch Einsinken der Spitze des Zapfens in ein tieferes Aetzrübchen zu klein gefunden wurde.

#### Ausführung der Aetzung.

Als Aetzmittel diente in einer Reihe von Versuchen Salzsäure, die etwas verdünnt wurde. Bei den ersten Versuchen wurde die Concentration nicht genau bestimmt, sondern nur der Grad der Verdünnung der (36procentigen) concentrirten Säure notirt. Bei den letzten Versuchen VIII—XIV wurde die Concentration, welche bei allen die gleiche war, durch Einstellung auf das specifische Gewicht von 1·108 mittelst der Westphal'schen Waage bestimmt. (Nach der Tabelle von Ure in Gmelin-Kraut's Lehrbuch der Chemie, I, 2, pag. 385, ist der Procentgehalt 22 Procent.)

Bei den Versuchen I—IV kam die Säure siedend in Anwendung (Temperatur circa 106° C.). Bei den übrigen Versuchen wurde die Flüssigkeit in einem Becherglase im Wasserbad erwärmt, bis die Temperatur constant geworden war. Die Temperatur eines eingehängten Thermometers war stets einige Grade unter 100°, in der Regel 96° C.

Die Säure wurde stets in solcher Menge angewandt, dass die Verminderung der Concentration, welche durch die Lösung des Flussspathes erfolgte, vernachlässigt werden durfte. Bei den Versuchen VIII—XIV stets 400 Cubikcentimeter.

Die Platten wurden zum Einhängen in die Flüssigkeit an Platindraht befestigt. Anfangs legte ich die Platten horizontal auf kleine Platindrahtkörbchen. Ich machte jedoch bald die Erfahrung, dass an den Auflagerungsstellen die Lösung verzögert wird, so dass erhabene Abdrücke des Platindrahtes auf der Unterseite der Platten sichtbar werden.

Bei Versuch VI und VII wurden die Parallelepipede so durch ein Platindrahtgeflecht gehalten, dass sie nur in den Kantenmitten mit dem Draht in Berührung kamen, die drei Flächenpaare aber frei blieben. Um die drei Flächenpaare in gleiche Lage zu bringen, wurden sie mit der Würfeldiagonale vertical gestellt.

Bei den letzten Versuchen kehrte ich wieder zu den Platten zurück. Sie wurden aber nun vertical in die Flüssigkeit gehängt. Die Befestigung erfolgte durch eine straff um die Seitenflächen der Platte gelegte Drahtschlinge. Dadurch, dass den Seitenflächen die Lage steiler Sphenoidflächen gegeben wurde, suchte ich das infolge der Verkleinerung der Platte zu befürchtende Herausfallen aus der Schlinge zu verhüten, was aber nicht immer gelang. Auf eine sehr sichere und bequeme Befestigungsmethode kam ich leider erst bei den letzten Versuchen. Zwei kreisförmige Drahtschlingen von etwa 4 Millimeter Durchmesser werden durch einen federnden Drahtbügel in horizontaler Stellung in passender Entfernung über einander festgehalten. Zwischen den Drahtschlingen wird die quadratische Platte in diagonalen Stellung durch die Federkraft des Bügels festgehalten, ohne dass die zu messenden Flächen der Platte vom Draht berührt werden.

Beim Einhängen der Platten in die Flüssigkeit wurde darauf gesehen, dass sich alle Platten in gleicher Höhe und in gleicher Entfernung von den Wänden des Becherglases befanden. Dies wurde durch einen Deckel von Blech erreicht, in den am Umfang eines mit dem Rande concentrischen Kreises Löcher gebohrt wurden. In diesen Löchern wurden die gleich langen Aufhängedrähte der Platten befestigt.

Während der Einwirkung der Säure wurden die Platten durch Drehen des Deckels hin- und herbewegt, um der Bildung von Höfen gesättigter Lösung um die Platten möglichst entgegen zu arbeiten.

Die Einwirkung erfolgte durch eine nach der Secundenuhr abgemessene Zeit. Oefter wurde der Versuch durch Herausfallen

einer Platte unterbrochen. Dann wurden die übrigen Platten sofort herausgehoben und von der gefallenen Platte die Säure durch Abgiessen entfernt. Die Zeit, um welche die letztere länger der Einwirkung der Säure ausgesetzt war, wurde als Correctur in Anrechnung gebracht.

Um das Springen der Platten zu vermeiden, wurden sie vor der Aetzung in ein Gefäss mit kühlem Wasser gehängt und dieses allmählich zum Sieden erhitzt; dann kamen sie erst in das Säurebad. Ebenso wurden sie nach Einwirkung der Säure in siedendem Wasser abgespült und dieses allmählich abkühlen gelassen. Trotzdem erhielten die Platten einzelne Sprünge.

Auch wenn die Platten vor der Aetzung sehr genau parallel geschliffen waren, verwandelten sie ihre planparallele Form durch die Aetzung in eine flach biconvexe. Diese Erscheinung trat namentlich bei den Platten mit grosser Lösungsgeschwindigkeit auffallend hervor. Sie ist wohl durch den Umstand zu erklären, dass trotz des Hin- und Herbewegens die Bildung eines gesättigteren Hofes um die Platte nicht ganz vermieden wurde. In einem solchen ist aber das Konzentrationsgefälle und damit die Lösungsgeschwindigkeit an Ecken und Kanten grösser als an den Flächenmitten. Um durch diese Störung nicht behindert zu werden, wurde die Dicke der Platte an solchen Punkten gemessen, welche bereits ausserhalb dieses Randbereiches lagen, der erfahrungsgemäss bei meinen Versuchen auf 1 bis 1·5 Millimeter vom Rande merklich war.

Wenn die Deutung, die ich dieser Erscheinung gebe, richtig ist, so folgt daraus, dass meine Bestimmungen der Lösungsgeschwindigkeit für die Maximalrichtungen zu klein ausgefallen sind. Die Unterschiede würden also, wenn dieser Fehler vermieden werden könnte, noch bedeutender ausfallen müssen.

Uebrigens scheint die Convexität der Platten noch einen zweiten Grund zu haben. Untersucht wurden Platten, die primären Zonen angehören, denen also, wie die Ergebnisse vermuthen lassen, immer ein relatives Lösungsminimum entspricht. Am Rande werden also, wenn auch schmal, Oberflächentheile liegen, auf denen die Lösung rascher fortschreitet, als auf der eigentlichen Plattenoberfläche. Dies muss zu einem Ausgleichen des Unterschiedes führen, dessen Resultat auch nur eine convexe Oberfläche sein kann.

Diese convexen Ränder nehmen, wenn sie in die Richtung von Aetzzonen fallen, den Charakter glatter Präerosionsflächen an, wenn

sie ausserhalb der Aetzonen liegen, bedecken sie sich mit schiefen Aetzhügeln. Vergl. Fig. 11, welche einen solchen convexen Rand an der Platte parallel (331) zeigt.

Zur Aetzung in alkalischer Lösung diente concentrirte Soda-lösung, welche in einem Platingefäss über der mit dem Gasbrenner direct erhitzten Thonplatte zum Sieden gebracht wurde. Das verdunstende Wasser wurde von Zeit zu Zeit ersetzt. Das Gefäss wurde mehrmals im Tage auskühlen gelassen, um durch verdünnte Salzsäure die Calcithaut der Platten zu entfernen. Da die Einwirkung überaus langsam vor sich ging und die Concentration und Temperatur des Lösungsmittels ausserordentlich schwankte, wurde von einer absoluten Bestimmung der Lösungsgeschwindigkeit abgesehen. Sie würde beim Fluorit von Freiberg etwa 300mal kleiner sein als die Lösungsgeschwindigkeit in Salzsäure, beim Fluorit von Cumberland noch kleiner.

Ich gebe nun die Versuche in chronologischer Reihenfolge, wobei die ersten Versuche an Freiburger Flussspath, die ohnehin nur als Vorversuche zu betrachten sind, nur auszugsweise, die weiteren Versuche an Fluorit von Cornwall und Cumberland dagegen ausführlicher mitgetheilt werden.

## A. Versuche mit Salzsäure.

### Versuch I.

Zwei Freiburger Platten parallel der Würfelfläche und der Oktaëderfläche wurden geprüft. Die Platten hatten geschliffene Oberfläche. Zahl der gemessenen Punkte: 4 auf jeder Platte. Aetzmittel: Verdünnte Salzsäure, 1 Theil concentrirte Salzsäure von 36 Procent, 10 Theile Wasser. Die Säure wurde siedend angewandt. Dauer der Aetzung 15 Minuten.

Die Dickenabnahme betrug auf der Würfelfläche 0·076 Sphärometertheile = 0·038 Millimeter, auf der Oktaëderfläche 0·106 Sphärometertheile = 0·053 Millimeter im Mittel. Hieraus ergibt sich für 1 Minute in Tausendsteln des Millimeters ( $\mu$ ).

		Relativzahlen
(100) . . . .	2·5	1·00
(111) . . . .	3·5	1·38.

Versuch II.

Drei Platten von Freiburger Fluorit parallel (100) (111) (110) mit geschliffener Oberfläche. 4 Punkte auf jeder Platte wurden gemessen. Aetzmittel: Auf 1 Theil concentrirte Salzsäure von 36 Procent, 1 Theil Wasser. Die Säure wurde siedend angewandt. Dauer der Aetzung 5 Minuten. Die Platte (110) nicht ganz tadellos, weil von Sprüngen durchzogen.

	Dickenabnahme in Millimeter	
(100) . . . .	0·042	± 0·0011
(111) . . . .	0·058	± 0·0032
(110) . . . .	0·083	± 0·0032

Hieraus folgen für 1 Minute in  $\mu$ :

		Relativzahlen
(100)	8·4	1
(111)	11·6	1·38
(110)	16·6	1·98.

Versuch III.

Wiederholung des Versuches II. Die Platten sind dieselben wie früher, Oberfläche abgeschliffen, 9 Punkte auf jeder Platte gemessen. Aetzmittel wie früher. Dauer 10 Minuten.

Dickenabnahme in Millimeter; der aus den Abweichungen vom Mittel berechnete wahrscheinliche Fehler wird angegeben.

(100)	0·064	± 0·0014
(111) . . . .	0·089	± 0·0021
(110) . . . .	0·118	± 0·0021

Hieraus folgt für eine Minute in  $\mu$ .

		Relativzahlen
(100)	6·4	1·00
(111)	8·9	1·39
(110)	11·8	1·84.

Versuch IV.

Es wurden 7 Platten von Freiburger Fluorit hergestellt: (100) (111), (110), (211) (machte mit (100) einen Winkel von 35° statt 35° 16'), (411) (Winkel mit (100) 19° statt 19° 29') (*hko*) (machte mit (100) 22°), (*lhl*) (Winkel mit der benachbarten Fläche (111) 17°).

Neun Punkte wurden auf jeder Platte gemessen. Säure wie bei Versuch III, siedend ( $t = 106^{\circ} \text{C.}$ ); Dauer der Einwirkung 5 Minuten.

	Dickenabnahme:	$\mu$ in einer Minute	Relativzahlen
(100)	0·0305 Millimeter $\pm$ 0·0014 .	6·1	1
(411)	. 0·0355 " $\pm$ 15 .	7·1	1·6
(211)	. 0·0575 " $\pm$ 13 .	11·5	1·89
(111)	. 0·0480 " $\pm$ 12 .	9·6	1·57
( <i>hhl</i> )	. . 0·0940 " $\pm$ 15 . .	18·8	3·08
(110)	. 0·0515 " $\pm$ 16 . .	10·3	1·69
( <i>hko</i> )	0·0675 " $\pm$ 16 . .	13·5	2·21

Die Zahl für (*hko*) ist wahrscheinlich zu klein, weil durch die horizontale Auflagerung auf den Platindraht erhabene Abdrücke desselben entstanden waren.

Aus den Versuchen I—IV ergibt sich zunächst, dass der Würfelplatte die kleinste Lösungsgeschwindigkeit zukommt; dann folgt Oktaëder, dann Dodekaëder. Die absoluten Grössen der Lösungsgeschwindigkeit schwanken ziemlich beträchtlich, selbst bei gleicher Concentration, die relativen Zahlen lassen eine ziemliche Uebereinstimmung erkennen. Wie aus dem Versuch I im Vergleich mit den übrigen hervorgeht, scheint die Concentration der Säure auf das relative Verhältnis der Lösungsgeschwindigkeit wenig Einfluss zu haben.

Bemerkenswert ist noch, dass den primären Flächen (100) (110) (111) relative Minima der Lösungsgeschwindigkeit entsprechen, die dazwischen liegenden Richtungen haben grössere Werte.

Die folgenden Versuche wurden mit Fluorit von Cornwall gemacht. Obgleich auf dieselben viel Mühe und Sorgfalt verwendet wurde, können sie doch nicht als sehr gelungen bezeichnet werden, weil im Verlauf der Aetzung die merkwürdigen Anomalien beobachtet wurden, die in einem früheren Abschnitt ausführlich besprochen worden sind. Diese Anomalien werden gewiss die Lösungsgeschwindigkeit merklich beeinflussen, und der Mangel an Uebereinstimmung, der zwischen den beiden hier mitgetheilten Versuchsreihen besteht, ist wahrscheinlich zum Theil auf diesen Grund zurückzu-

führen. Als die Versuche VI und VII abgeschlossen waren, hatte ich kein genügendes Material, um diesen Einfluss zu verfolgen.

Bei diesen Versuchen wurden rechtwinklige Parallelepipede hergestellt. Bei Versuch VI waren es vier, welche von folgenden Flächen und ihren parallelen Gegenflächen begrenzt wurden:

- |                        |        |                  |                  |
|------------------------|--------|------------------|------------------|
| 1. Würfel begrenzt von | (001), | (110),           | (1 $\bar{1}$ 0)  |
| 2. " " "               | (111), | (1 $\bar{1}$ 0), | (1 $\bar{1}$ 2)  |
| 3. " " "               | (113), | (1 $\bar{1}$ 0), | (33 $\bar{2}$ )  |
| 4. " " "               | (116), | (1 $\bar{1}$ 0), | (33 $\bar{1}$ ). |

Bei Versuch VII wurden folgende Parallelepipede benützt.

- |                        |        |        |                  |
|------------------------|--------|--------|------------------|
| 1. Würfel begrenzt von | (001), | (110), | (1 $\bar{1}$ 0)  |
| 5. " " "               | (001), | (210), | (1 $\bar{2}$ 0)  |
| 6. " " "               | (001), | (310), | (1 $\bar{3}$ 0). |

Die Parallelepipede wurde in rhomboëdrischer Aufstellung eingehängt, so dass alle 3 Flächenpaare möglichst gleich geneigt gegen die Verticale waren. Die Flächen hatten abgeschliffene Oberfläche. Das Aetzmittel war so zusammengesetzt wie bei Versuch IV (1 Theil concentrirte Salzsäure, 1 Theil Wasser). Die Säure wurde in einem geräumigen Becherglase auf dem Wasserbade erwärmt.

Die Dauer der Aetzung betrug bei beiden Versuchen je 10 Minuten.

Um in die Art der Beobachtung einen Einblick zu verschaffen, und die Beurtheilung der erreichten Genauigkeit zu ermöglichen, sollen diese Versuche etwas ausführlicher mitgetheilt werden.

In den im Anhang folgenden Tabellen sind die an den Parallelepipeden angestellten Dickenmessungen derart zusammengestellt, dass für jede durch das Miller'sche Zeichen dargestellte Fläche angegeben ist: In der Colonne  $dv$  die Dicke vor der Aetzung, gemessen an neun gleichmässig vertheilten Punkten,  $dn$  die Dicke nach der Aetzung, gemessen an denselben Punkten.  $dg$  gibt die Dicke der gelösten Schichte,  $\Delta$  die Abweichung vom Mittel, sodann ist das Mittel der  $dg$  mit dem aus  $\Delta$  berechneten wahrscheinlichen Fehler angegeben. Die Zahlen unter  $dv$  und  $dn$  sind selbst Mittel von 5 unabhängigen Messungsreihen. Die Zahlen geben an Umdrehungen der Sphärometerschraube, deren eine nach Angabe des Mechanikers = 0.5 Millimeter.

## Versuch VI und VII.

Die Versuche VI und VII geben folgende Mittelzahlen, aus welchen wieder die Lösungsgeschwindigkeit in der Zeiteinheit (Minute) in  $\mu$ . und die entsprechenden Relativzahlen berechnet wurden.

## Versuch VI.

	Gelöste Schichte	$\mu$ in der Minute	Relativ- zahlen
001. . . . .	0·116	5·80	1
116. . . . .	0·129	6·45	1·11
113. . . . .	0·142	7·10	1·21
112. . . . .	0·171	8·55	1·47
111. . . . .	0·172	8·60	1·48
332. . . . .	0·174	8·70	1·50
331. . . . .	0·189	9·45	1·63
110. . . . .	0·188	9·40	1·62

## Versuch VII.

100. . . . .	0·106	5·30	1
310. . . . .	0·135	6·75	1·27
210. . . . .	0·171	8·55	1·61
110. . . . .	0·147	7·35	1·39

Das Resultat dieser Versuche ist in Figur 35 und 36 graphisch dargestellt. (Die Endpunkte der Radien mit Ringeln.)

Die Mittelzahlen stimmen bei Versuch VI, wo  $dg$  für die Dodekaëderflächen an vier verschiedenen Parallelepipeden fünfmal bestimmt wurde, recht befriedigend überein.

Viel weniger gut stimmen die Zahlen von Versuch VII, namentlich die drei Zahlen für die Würfelfläche zeigen untereinander ziemliche Differenzen. Wahrscheinlich ist dies auf die beim Fluorit von Cornwall beobachteten Anomalien zurückzuführen. Der 1. Würfel von Versuch VII ist derselbe wie der 1. Würfel von Versuch VI; dieser zeigte auf beiden Würfelschliffflächen ausschliesslich die tiefen Aetzfiguren der senkrecht zur Axe des Anwachskegels orientirten Würfelfläche. Die Würfelflächen des Würfels 2 von Versuch VII enthielten dagegen neben ähnlichen Antheilen auch solche, welche parallel der Axe des Anwachskegels orientirt waren und den Seiten-

feldern der Fig. 18 entsprachen. Diese scheinen sich leichter zu lösen. Leider erhielten beide Würfel beim letzten Versuch arge Sprünge, so dass von einer weiteren Verfolgung dieser Frage Umgang genommen werden musste.

Da Würfel 1 bei Versuch VI und VII identisch war, hätte das Resultat gleich sein sollen: in der That ist das relative Verhältnis der Zahlen für 100 und 110 in beiden Versuchen sehr ähnlich, aber bei Versuch VII wurden merklich kleinere Werte erhalten. Ich vermag nicht zu entscheiden, was die Ursache dieser Verschiedenheit war. Auch bei den späteren Versuchen mit Fluorit von Cumberland kamen solche Verschiedenheiten vor.

Im übrigen geben die Versuche am Fluorit von Cornwall ein ähnliches Resultat wie die am Freiburger Fluorit. Die absoluten Werte der Lösungsgeschwindigkeit sind im allgemeinen kleiner als bei den früheren Versuchen, was auf die niedere Temperatur zurückzuführen ist. Die Reihenfolge: Würfel, Oktaëder, Dodekaëder findet sich auch hier. Die relativen Minima in der Richtung des Oktaëders und Dodekaëders sind nicht so deutlich ausgesprochen, aber an dem Verlauf der Curve doch erkennbar.

Da die Versuche I—VII ein völlig befriedigendes Resultat nicht ergeben hatten, wurden mit sehr vollkommenem Material neue Versuche angestellt, wobei die Erfahrungen bei den früheren Versuchen benutzt wurden. Ich kehrte hier wieder zur Herstellung von Platten zurück, die vertical in die Flüssigkeit gehängt wurden. Die Platten wurden aus 4 Fluoritkrystallen von Cumberland hergestellt. Die Versuche wurden zum Theil mit denselben Platten, zum Theil mit verschiedenen Platten unter möglichst gleichen Umständen öfter wiederholt. Auch hier zeigten sich ziemlich beträchtliche Unterschiede namentlich in den absoluten Werten der Lösungsgeschwindigkeit. Durch die öftere Wiederholung dürfte es aber gelungen sein, brauchbare Mittelwerte zu erhalten. Die grössten Verschiedenheiten zeigten jene Platten, denen eine grosse Lösungsgeschwindigkeit zukommt. Es lässt dies vermuthen, dass trotz des Hin- und Herbewegens in der Flüssigkeit sich um diese Platten ein theilweise gesättigter Hof ausbildet, der die Lösung verzögert. Diese Verzögerung wird je nach der Schnelligkeit des Hin- und Herbewegens ungleich ausfallen.

Die Zusammensetzung des Aetzmittels ist bei allen Versuchen dieselbe: Salzsäure vom specifischen Gewicht 1·108 oder 22 Procent. Die Säure wurde in einem geräumigen Becherglase auf dem Wasserbade erwärmt, bis die Temperatur constant war. Ein eingehängtes Thermometer zeigte 96° C. Die Platten wurden vorgewärmt in kalt angesetztem und allmählich zum Sieden erwärmtem Wasser. Der Versuch wurde öfter durch Herausfallen der einen oder anderen Platte aus der Drahtschlinge unterbrochen. Dann wurden die übrigen Platten herausgehoben, die Säure abgegossen und die zu Boden gefallene Platte aus dem Becherglase genommen. Diese blieb also der Einwirkung etwas länger ausgesetzt als die übrigen. Eine entsprechende Correctur wurde angebracht und ist in der Rubrik „Zeit“ ersichtlich.

### Versuch VIII.

Die Platten hatten angeschliffene Oberfläche. Die Dauer des Versuches betrug 9 Minuten. Sie wurde durch Herausfallen der Oktaëderplatte aus der Drahtschlinge unterbrochen. Für diese Platte ist die Dauer der Aetzung 9·5 Minuten.

Die Mittelwerte für die Dauer einer Minute, ausgedrückt in Tausendsteln des Millimeters ( $\mu$ ), ergeben sich aus folgender Tabelle.

Platte	Gelöste Schichte in Umdrehungen der Sphärometerschraube	Gelöste Schichte in $\mu$	Zeit	$\mu$ in einer Minute
(100)	0·065 $\pm$ 0·0007	32·5 $\pm$ 0·35	9	3·61 $\pm$ 0·04
(111)	0·126 $\pm$ 0·0004	63·0 $\pm$ 0·20	9·5	6·63 $\pm$ 0·02
(110)	0·171 $\pm$ 0·0029	85·5 $\pm$ 1·45	9	9·51 $\pm$ 0·17
(430)	0·196 $\pm$ 0·0016	98·0 $\pm$ 0·80	9	10·88 $\pm$ 0·09
(210)	0·194 $\pm$ 0·0017	97·0 $\pm$ 0·85	9	10·77 $\pm$ 0·09

### Versuch IX.

Die Platten hatten angeschliffene Oberfläche. Die Dauer des Versuches war für alle Platten 9 Minuten. Die Mittelwerte der Dicke der gelösten Schichte, ausgedrückt in Tausendsteln des Millimeters für eine Minute, zeigt die folgende Tabelle:

Platte	Gelöste Schichte in Umdrehungen der Sphärometerschraube	Gelöste Schichte in $\mu$	Zeit	$\mu$ in einer Minute
(100)	$0.060 \pm 0.0008$	$30.0 \pm 0.40$	9	$3.33 \pm 0.04$
(211)	$0.194 \pm 0.0009$	$97.0 \pm 0.45$	9	$10.78 \pm 0.05$
(111)	$0.137 \pm 0.0011$	$68.5 \pm 0.55$	9	$7.61 \pm 0.06$
(221)	$0.244 \pm 0.0015$	$122.0 \pm 0.75$	9	$13.56 \pm 0.08$
(110)	$0.238 \pm 0.0016$	$119.0 \pm 0.80$	9	$13.22 \pm 0.09$

## Versuch X.

Zu diesem Versuch wurden die Platten (100), (211), (111), (221), (110) vom Versuch IX benützt; als Platte (430) diente ein Theil der Platte (430) vom Versuch VIII. Alle Platten waren mit geätzter Oberfläche versehen. Dauer der Einwirkung 9 Minuten.

Folgende Tabelle gibt die auf eine Minute reducirten Mittelwerte in Mikron mit ihren wahrscheinlichen Fehlern.

Platte	Gelöste Schichte in Umdrehungen der Sphärometerschraube	Gelöste Schichte in $\mu$	Zeit	$\mu$ in einer Minute
(100)	$0.048 \pm 0.0005$	$24.0 \pm 0.25$	9	$2.67 \pm 0.03$
(211)	$0.197 \pm 0.0009$	$98.5 \pm 0.45$	9	$10.94 \pm 0.05$
(111)	$0.113 \pm 0.0011$	$56.5 \pm 0.55$	9	$6.28 \pm 0.06$
(221)	$0.223 \pm 0.0012$	$111.5 \pm 0.60$	9	$12.39 \pm 0.07$
(110)	$0.195 \pm 0.0015$	$97.5 \pm 0.75$	9	$10.83 \pm 0.08$
(430)	$0.239 \pm 0.0016$	$119.5 \pm 0.80$	9	$13.28 \pm 0.09$

## Versuch XI.

Die Platten waren bei diesem Versuch dieselben wie bei Versuch X. Alle Platten hatten geätzte Oberfläche. Dauer der Aetzung 8.5 Minuten. Sie wurde durch Herausfallen der Platte (211) unterbrochen. Für diese ist 9 Minuten Aetzdauer in Rechnung gebracht.

Folgende Tabelle gibt die Mittelwerte in Mikron auf die Zeiteinheit reducirt:

Platte	Gelöste Schichte in Umdrehungen der Sphärometerschraube	Gelöste Schicht in $\mu$	Zeit	$\mu$ in einer Minute
(100)	$0.042 \pm 0.0004$	$21.0 \pm 0.20$	8.5	$2.47 \pm 0.02$
(211)	$0.183 \pm 0.0008$	$91.5 \pm 0.40$	9	$10.17 \pm 0.04$
(111)	$0.135 \pm 0.0016$	$67.5 \pm 0.80$	8.5	$7.94 \pm 0.09$
(221)	$0.229 \pm 0.0010$	$114.5 \pm 0.50$	8.5	$13.47 \pm 0.06$
(110)	$0.191 \pm 0.0011$	$95.5 \pm 0.55$	8.5	$11.24 \pm 0.06$
(430)	$0.233 \pm 0.0012$	$116.5 \pm 0.60$	8.5	$13.71 \pm 0.07$

## Versuch XII.

Zu diesem Versuch diente Platte (100) von Versuch XI, (210) von Versuch VIII; die Platten (111), (311), (331), (110) wurden aus einem und demselben Krystall frisch hergestellt. Vor der Messung wurden sie in 20procentiger Salzsäure im Wasserbade 2 Minuten geätzt, so dass alle Platten mit geätzter Oberfläche versehen waren. Der Platte (111) fehlt die rechte obere Ecke, so dass nur an 7 Punkten die Dicke bestimmt werden konnte. Die Dauer des Versuches betrug 8 Minuten, sie wurde durch Herausfallen der Platte (100) aus der Schlinge unterbrochen; für diese ist 8·5 Minuten Aetzdauer angenommen. Folgende Tabelle enthält die aus der Beobachtung entnommenen Mittelzahlen auf die Zeiteinheit reducirt.

Platte	Gelöste Schichte in Umdrehungen der Sphärometerschraube	Gelöste Schichte in $\mu$	Zeit	$\mu$ in einer Minute
(100)	0·040 $\pm$ 0·0005	20·0 $\pm$ 0·25	8·5	2·35 $\pm$ 0·03
(311)	0·112 $\pm$ 0·0005	56·0 $\pm$ 0·25	8·0	7·00 $\pm$ 0·03
(111)	0·101 $\pm$ 0·0006	50·5 $\pm$ 0·30	8·0	6·31 $\pm$ 0·04
(331)	0·168 $\pm$ 0·0011	84·0 $\pm$ 0·55	8·0	10·50 $\pm$ 0·06
(110)	0·166 $\pm$ 0·0015	83·0 $\pm$ 0·75	8·0	10·37 $\pm$ 0·09
(210)	0·177 $\pm$ 0·0044	88·5 $\pm$ 2·20	8·0	11·62 $\pm$ 0·28

## Versuch XIII.

Die Platten für Versuch XIII sind dieselben wie bei Versuch XII. Die Dauer des Versuches wurde durch Herausfallen der Würfelplatte aus der Drahtschlinge auf 6 Minuten beschränkt. Für diese wurde 6·5 Minuten angenommen. Bei diesem Versuch gaben alle Platten höhere Zahlen; dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die Versuchsdauer eine verhältnismässig kurze war; da sich die Concentration der Säure im Verlaufe des Versuches beständig, wenn auch wenig vermindert, fehlt in diesem Versuch die Wirkung der bereits etwas abgeschwächten Säure in den letzten Minuten. Es wurde jedoch dieses Verhältnis weiterhin nicht berücksichtigt und die hier gewonnenen Zahlen ohne jede Correctur mit den anderen gleich behandelt. Das störende Herausfallen der Würfelplatte wurde durch Anwendung eines besseren Aufhängedrahtes beim folgenden Versuch vermieden.

Folgende Tabelle gibt wieder die auf eine Minute reducirten Mittelwerte.

Platte	Gelöste Schichte in Umdrehungen der Sphärometerschraube	Gelöste Schichte in $\mu$	Zeit	$\mu$ in einer Minute
(100)	$0.034 \pm 0.0003$	$17.0 \pm 0.15$	6.5	$2.61 \pm 0.02$
(311)	$0.086 \pm 0.0006$	$43.0 \pm 0.30$	6	$7.16 \pm 0.05$
(111)	$0.082 \pm 0.0008$	$41.0 \pm 0.40$	6	$6.83 \pm 0.07$
(331)	$0.161 \pm 0.0011$	$80.5 \pm 0.55$	6	$13.42 \pm 0.09$
(110)	$0.175 \pm 0.0009$	$87.5 \pm 0.45$	6	$14.58 \pm 0.08$
(210)	$0.172 \pm 0.0023$	$86.0 \pm 1.15$	6	$14.33 \pm 0.19$

#### Versuch XIV.

Die Platten zu Versuch XIV waren dieselben wie zu Versuch XIII. Die Dauer der Einwirkung war 8 Minuten. Die Mittelwerte sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Platte	Gelöste Schichte in Umdrehungen der Sphärometerschraube	Gelöste Schichte in $\mu$	Zeit	$\mu$ in einer Minute
(100)	$0.039 \pm 0.0003$	$19.5 \pm 0.15$	8	$2.44 \pm 0.02$
(311)	$0.102 \pm 0.0004$	$51.0 \pm 0.20$	8	$6.38 \pm 0.03$
(111)	$0.096 \pm 0.0009$	$48.0 \pm 0.45$	8	$6.00 \pm 0.06$
(331)	$0.165 \pm 0.0019$	$82.5 \pm 0.95$	8	$10.31 \pm 0.12$
(110)	$0.144 \pm 0.0012$	$72.0 \pm 0.60$	8	$9.00 \pm 0.07$
(210)	$0.189 \pm 0.0013$	$94.5 \pm 0.65$	8	$11.81 \pm 0.08$

In den folgenden Tabellen sind die Mittelwerte der Versuche VIII—XIV zusammengestellt. Zum Hauptmittel *A* sind bloß die Versuche X—XIV vereinigt, die Versuche VIII und IX sind deshalb ausgeschlossen, weil bei diesen angeschliffene Oberflächen der Einwirkung ausgesetzt wurden. Rechnet man auch diese ein, so erhält man die in der Horizontalreihe *B* stehenden Mittelwerte; wie man sieht ist der Unterschied nicht sehr gross; am auffallendsten ist er auf der Würfelfläche, wo durch das Anschleifen die Lösungsgeschwindigkeit merklich erhöht wird.

Tabelle der Mittelwerte.

	(100)	(210)	(430)	(110)	(311)
VIII . . . . .	3·61 ± 0·04	10·77 ± 0·09	10·88 ± 0·09	9·51 ± 0·17	—
IX . . . . .	3·33 ± 0·04	—	—	13·22 ± 0·09	—
X . . . . .	2·67 ± 0·03	—	13·28 ± 0·09	10·83 ± 0·08	—
XI . . . . .	2·47 ± 0·02	—	13·71 ± 0·07	11·24 ± 0·06	—
XII . . . . .	2·35 ± 0·03	11·62 ± 0·28	—	10·37 ± 0·09	7·00 ± 0·03
XIII . . . . .	2·61 ± 0·02	14·33 ± 0·19	—	14·58 ± 0·08	7·16 ± 0·05
XIV . . . . .	2·44 ± 0·02	11·81 ± 0·08	—	9·00 ± 0·07	6·38 ± 0·03
Mittel A, I—XIV.	2·51	12·59	13·50	11·18	6·85
Mittel B, VIII—XIV	2·78	12·13	12·62	11·25	—
Relativzahlen aus A . . . . .	1	5·01	5·38	4·46	2·73

	(211)	(111)	(221)	(331)
VIII . . . . .	—	6·63 ± 0·02	—	—
IX . . . . .	10·78 ± 0·05	7·61 ± 0·06	13·56 ± 0·08	—
X . . . . .	10·94 ± 0·05	6·28 ± 0·06	12·39 ± 0·07	—
XI . . . . .	10·17 ± 0·04	7·94 ± 0·09	13·74 ± 0·06	—
XII . . . . .	—	6·31 ± 0·04	—	10·50 ± 0·06
XIII . . . . .	—	6·83 ± 0·07	—	13·42 ± 0·09
XIV . . . . .	—	6·00 ± 0·06	—	10·31 ± 0·12
Mittel A, X—XIV .	10·56	6·67	13·06	11·41
Mittel B, VIII—XIV.	10·63	6·80	13·23	—
Relativzahlen aus A	4·21	2·62	5·20	4·54

**B. Versuche mit Sodalösung.**

Versuch V.

3 Platten vom Fluorit von Freiberg parallel (100), (111), (110) wurden 7 Stunden in concentrirter siedender Sodalösung behandelt. Die Platten parallel (100) und (110) waren dieselben wie bei Versuch IV, die Platte parallel (111) wurde neu hergestellt. Alle Platten hatten geschliffene Oberfläche. 4 Punkte wurden auf jeder Platte eingestellt.

(100)				(111)				(110)			
<i>dv</i>	<i>dn</i>	<i>dg</i>	$\Delta$	<i>dv</i>	<i>dn</i>	<i>dg</i>	$\Delta$	<i>dv</i>	<i>dn</i>	<i>dg</i>	$\Delta$
5·052	5·019	0·033	±0·000	3·795	3·781	0·014	+0·002	5·609	5·597	0·012	+0·002
046	009	037	+ 004	799	785	014	+ 002	596	583	013	— 001
035	005	030	— 003	814	806	008	— 004	610	594	016	+ 002
044	010	034	+ 001	807	796	011	— 001	604	591	013	— 001
Mittel: 0·033 ± 0·001				Mittel: 0·012 ± 0·001				Mittel: 0·014 ± 0·0006			

Aus den Mitteln ergeben sich folgende Zahlen, ausgedrückt in Tausendsteln des Millimeters und die Relativzahlen:

	Gelöste Schichte in $\mu$	Relativ- zahlen
(100) . . . . .	16·5	2·75
(111) . . . . .	6·0	1·00
(110) . . . . .	7·0	1·17.

### Versuch XV.

Benützt wurden die Platten von Cumberland von Versuch XIV. Die Oberfläche war daher durch Salzsäure angeätzt. Der Fluorit von Cumberland zeigte sich äusserst widerstandsfähig gegen Sodalösung. Die Platten wurden im ganzen durch 5 Tage je 8 bis 9 Stunden, also circa 40 Stunden, der Einwirkung concentrirter siedender Sodalösung ausgesetzt. Da eine absolute Bestimmung der Lösungsgeschwindigkeit nicht möglich war, schon wegen der mit dem zeitweiligen Abkühlenlassen und Behandeln mit verdünnter Salzsäure verbundenen Temperaturschwankungen, wurde die Zeit nicht genau beobachtet.

Trotz der langen Einwirkung war die Dicke der zersetzten Schichte sehr gering.

Aus den im Anhang angeführten Messungen ergeben sich, in Tausendsteln des Millimeters ausgedrückt, folgende Werte der Lösungsgeschwindigkeit:

(100) . . . . .	8·0	(331) . . . . .	7·5
(311) . . . . .	12·5	(110) . . . . .	3·5
(111) . . . . .	6·0	(210) . . . . .	7·5

### Versuchsergebnisse.

Aus den mitgetheilten Versuchen ergibt sich zunächst die wichtige Thatsache:

Die Lösungsgeschwindigkeit ist gleich in kristallographisch gleichwertigen, ungleich in ungleichwertigen Richtungen.

Obgleich der erste Theil dieses Satzes eigentlich als selbstverständlich gelten kann, sollen doch hier einige Zahlen angeführt werden, welche auch dessen Richtigkeit beweisen.

Am Fluorit von Cornwall ergaben zwei aufeinander senkrecht stehende Dodekaëderflächen des Würfels 1 folgende Zahlen für die Lösungsgeschwindigkeit:

- a) bei Versuch VI (110) 0·185  
                                   (1 $\bar{1}$ 0) 0·185  
 b) bei Versuch VII (110) 0·152  
                                   (1 $\bar{1}$ 0) 0·142.

Am Fluorit von Cumberland ergaben drei Platten parallel der Oktaëderfläche, von denen 2 aus demselben Krystall, die dritte aus einem anderen geschnitten war, folgende Zahlen:

- Erste Platte: 6·63  $\mu$ . in der Minute.  
 Zweite Platte: 7·61 }  
                   6·28 } im Mittel: 7·28  $\mu$ . in der Minute.  
                   7·94 }  
 Dritte Platte: 6·31 }  
                   6·83 } im Mittel: 6·38  $\mu$ . in der Minute.  
                   6·00 }

Mit Rücksicht auf die Unterschiede, die bei verschiedenen Richtungen hervortreten, dürfen diese Zahlen in der That als gleich angesehen werden.

### Lösungsoberfläche.

Man gewinnt eine anschauliche Vorstellung von der Vertheilung der Lösungsgeschwindigkeit im Krystall, wenn man sich nach allen möglichen Richtungen vom Mittelpunkt des Krystalls Strecken aufgetragen denkt, die der Lösungsgeschwindigkeit einer senkrecht zu der betreffenden Richtung orientirten Platte proportional sind. Die Enden dieser Strecken werden — wie man nach der Analogie mit anderen physikalischen Eigenschaften wohl schliessen darf — auf einer krummen Oberfläche liegen, welche ich als Lösungsoberfläche bezeichne.<sup>1)</sup>

Diese Lösungsoberfläche darf nach den Principien der physikalischen Krystallographie keine geringere Symmetrie haben als die zugehörige Krystallform. Sie scheint sich aber thatsächlich nach

<sup>1)</sup> Lösungsoberfläche wäre nach Analogie von Elasticitätsfläche (Groth's Phys. Kryst. 2. Auflage, pag. 6) gebildet und kürzer gewesen. Allein den Terminus Lösungsoberfläche hat v. Ebner bereits in anderem Sinne verwendet.

den bisherigen Erfahrungen enger an die Symmetrie der Krystallform anzuschliessen als irgend eine der bisher studirten Oberflächen, welche die Aenderung einer physikalischen Eigenschaft mit der Richtung darstellt. Wir kennen bisher zwei Typen solcher Oberflächen genauer: das optische Elasticitäts-Ellipsoid und die sogenannte Elasticitätsfläche.

Das optische Elasticitäts-Ellipsoid, dessen Typus auch die Leitungsfähigkeit der Krystalle für Elektrizität und Wärme, sowie die thermoëlektrische Erregbarkeit folgen, hat eine viel höhere Symmetrie als die Krystallform, das heisst viele Richtungen, welche in krystallographischer Hinsicht verschieden sind, verhalten sich gleich in Bezug auf die optischen, thermischen etc. Eigenschaften. Nur die Hauptgruppen der Krystallsysteme prägen sich durch besondere Symmetrie-Typen des zugehörigen Ellipsoides aus. Für alle tesserale Krystalle ist das optische Elasticitätsellipsoid eine Kugel, d. h. alle Richtungen des tesserale Krystalles sind gleich. Mit dem Elasticitäts-Ellipsoid hat folglich die Lösungsoberfläche nichts zu thun.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Anmerkung. Vor kurzem hat Césaro nach Messungen der Lösungsgeschwindigkeit am Calcit, welche W. Spring ausführte, einen Zusammenhang mit dem optischen Elasticitätsellipsoid des Calcit zu finden geglaubt. (G. Césaro: Relation entre la vitesse d'attaque du spath par les acides et l'élasticité optique estimée suivant la direction normal au plan d'attaque. Annales de chimie et physique. 1889. VI. Serie, Tome XVII, 37.) Nach dem Gesagten kann dieser Zusammenhang nicht richtig sein, oder doch nur eine zufällige Uebereinstimmung zugegeben werden; denn bestünde wirklich ein gesetzmässiger Zusammenhang zwischen dem Elasticitätsellipsoid und der Lösungsgeschwindigkeit, so könnte der Fluorit als tesserale Mineral, dessen optische Elasticitätsfläche eine Kugel ist, keine Unterschiede der Lösungsgeschwindigkeit ergeben. Wenn Césaro und Spring meinen früheren Messungen der Lösungsgeschwindigkeit am Magnetit und Pyrit Aufmerksamkeit geschenkt hätten, so hätten sie erkennen müssen, dass sie mit ihrer Annahme auf eine falsche Fährte geriethen.

Ueberdies scheinen die interessanten und wertvollen Beobachtungen Spring's auch eine andere Deutung ganz wohl zuzulassen. Bezeichnet man die Lösungsgeschwindigkeit einer Platte parallel  $(2\bar{1}\bar{1}) \infty R$  mit  $a$ , parallel  $(10\cdot) + R$  mit  $v$ , parallel  $(111) OR$  mit  $c$ , so gibt Césaro's Theorie:

$$\begin{aligned} c &= a \times 1.115866 \\ v &= a \times 1.06032. \end{aligned}$$

Spring's Experimente geben:

$$\begin{aligned} c &= a \times 1.14 \\ v &= a \times 1.04. \end{aligned}$$

Auch die Elasticitätsfläche im mechanischen Sinne zeigt ein anderes Verhalten als die Lösungsfläche. Allerdings schliesst sie sich enger an die Krystallform an als das optische Elasticitätsellipsoid. Nach der von Neumann, Kirchhoff, Voigt u. A. entwickelten und ausgebildeten Theorie erhalten sämtliche Krystallsysteme und auch manche Hemiëdrien ihre mit besonderer Sym-

Wie man sieht, sind die Unterschiede der Lösungsgeschwindigkeit beim Kalkspath sehr gering verglichen mit denen des Flussspath. Der Durchschnitt der Lösungsfläche ist nahezu kreisförmig. Die aus dem Ellipsoid berechneten Werte differiren zwar nur ungefähr 2 Procent von den beobachteten. Allein da die beobachteten Unterschiede der Lösungsgeschwindigkeit am Kalkspath selbst nur um 5 Procent ihres ganzen Wertes variiren, so kann eine Differenz von 2 Procent zwischen beobachteten und berechneten Werten, so gering sie in Anbetracht der Schwierigkeit von Untersuchungen dieser Art ist, dennoch nicht als beweisend für die Richtigkeit der Theorie angesehen werden: Denn diese 2 Procent sind mehr als ein Drittel der ganzen durch die Theorie darzustellenden Unterschiede.

In einer später erschienenen Arbeit hat Spring (Bulletin de la société chimique de Paris (3) III, Nr. 4) neuerlich Versuche am Kalkspath publicirt, welche auch die Lösungsgeschwindigkeit in Zwischenrichtungen umfassen.

Diese neuen Experimente zeigen keine bessere Uebereinstimmung mit der Césaro'schen Theorie, obzwar ja auch hier die berechneten und beobachteten Zahlen infolge der Geringfügigkeit der Unterschiede nur wenig von einander abweichen. Ich notirte mir folgende Anfangsgeschwindigkeiten, unter welche die berechneten Zahlen eingeklammert gesetzt sind:

$\infty R$	$+R$	$oR$	$-\frac{1}{2}R$
0.092	0.095	0.105	0.108
	(0.098)	(0.103)	(0.100).

Aus diesen Zahlen ist zu ersehen, dass die Lösungsfläche des Kalkspath durch ein Ellipsoid nicht gut darstellbar ist.

Sehr interessant wäre ein Vergleich der Flächen  $\infty R$  und  $\infty P2$ , der Spring missglückte. Spring äussert sich hierüber: „Les résultats sont inusitables, parce que, chose curieuse, la dissolution se fait pour cette section ( $\infty P2$ ) d'une manière irrégulière. Les bords de la section se dissolvent plus vite et l'on finit par obtenir en place du plan primitif un solide à cinq faces. D'après l'inclinaison des faces nouvelles on serait presque disposé à conclure à la reconstruction du solide de clivage.“ Nach Césaro's Theorie müsste  $\infty P2$  gleiche Lösungsgeschwindigkeit ergeben wie  $\infty R$ ; nach den Aetzfiguren, welche von v. Ebner mit bewundernswerter Gründlichkeit studirt sind, glaube ich voraussagen zu können, dass die Lösungsgeschwindigkeit auf  $(10\bar{1}) \infty P2$  kleiner sein wird als auf  $(2\bar{1}\bar{1}) \infty R$ . Denn die erste Fläche liegt in einer Aetzzone des Calcit, die letztere ausserhalb derselben. Wenigstens wäre dieses Verhalten für Essigsäure und Ameisensäure zu erwarten.

metrie begabten Elasticitätsflächen. Aber auch hier ist noch die Symmetrie der physikalischen Eigenschaft in manchen Fällen vollkommener als die der zugehörigen Krystallform. So haben z. B. im tesserale System der Theorie und der Erfahrung gemäss sowohl holoëdrische als hemiëdrische als tetartoëdrische Krystalle denselben Typus der Elasticitätsfläche, welcher durch die Formel

$$E = A + B (\cos {}^4\varphi_1 + \cos {}^4\varphi_2 + \cos {}^4\varphi_3)$$

darstellbar ist. Hier sind nur Unterschiede im Vorzeichen und im Grössenverhältnis der beiden Constanten  $A$  und  $B$  möglich; die Symmetrie ist immer dieselbe, nämlich die eines holoëdrischen tesserale Krystalls, und infolge des Vorkommens von Kreisschnitten in der Ebene des Oktaëders gibt es selbst bei den holoëdrischen Krystallen krystallographisch verschiedene Richtungen, welche sich in Beziehung auf den Elasticitätscoefficienten gleich verhalten.

Die Lösungsoberfläche ist zwar zur Zeit nur sehr mangelhaft bekannt. Man kennt bis jetzt nur von wenigen Mineralien einige Radian. Vom Flussspath sind zwei Hauptebenen einigermassen durch die vorliegenden Untersuchungen bestimmt; eine theoretische Ableitung oder auch nur eine empirische Formel für dieselbe existirt nicht. Dennoch lässt sich auf Grund der noch so mangelhaften Kenntniss sagen, dass sie der Symmetrie der Krystallform sich viel inniger anschliesst als die beiden anderen verglichenen Oberflächen.

Es darf als wahrscheinlich bezeichnet werden, dass jeder hemiëdrischen und tetartoëdrischen Abtheilung des tesserale Systems, um zunächst bei diesem zu bleiben, auch ein besonderer in der Symmetrie übereinstimmender Typus der Lösungsoberfläche entsprechen wird. Diesen Bedingungen kann natürlich nur ein complicirter mathematischer Ausdruck genügen. Die Formel der Lösungsoberfläche wird also jedenfalls verwickelter sein müssen als die oben citirte der Elasticitätsfläche. Dies ergibt sich auch schon aus der Vertheilung der Minima und Maxima in den beiden experimentell bestimmten Durchschnitten der Lösungsoberfläche des Fluorit.

Wir betrachten zunächst die durch zahlreiche Beobachtungen mit ziemlicher Genauigkeit bestimmten Durchschnitte der Lösungsoberfläche für Salzsäure, welche in den Figuren 35 und 36 dargestellt sind. Man erinnert sich, dass die Elasticitätsfläche tesserale Minerale Maxima und Minima nur in der Richtung der Würfel- und Oktaëder-

normale besitzt. Ist die eine dieser Richtungen Maximum, so ist die andere Minimum. Der Dodekaëdernormale entspricht stets ein intermediärer Wert.

Die beobachteten Radien der Lösungsoberfläche reichen vollkommen aus, um ihr fundamental verschiedenes Verhalten zu erkennen. Man sieht, dass relative Minima in alle drei primären Richtungen fallen.

In den Zwischenrichtungen liegt in den untersuchten Ebenen, wie es scheint, je ein Maximum zwischen den zwei primären Minimalrichtungen. Ob unter diesen das absolute Maximum enthalten ist, oder ob dasselbe in zwischen den Hauptebenen gelegene Richtungen, normal zu einem Hexakisoktaëder liegt, bleibt ebenso ungewiss wie die genaue Lage der Zwischenmaxima in den Hauptebenen, die sich aus den Versuchen nicht mit Sicherheit ableiten lässt. Doch scheint es mir nicht ganz unwahrscheinlich, dass das absolute Maximum in die Zone der Tetrakishexaëder falle.

#### Beziehungen zwischen Lösungsoberfläche für Säure und Alkali.

Die primären Minima mit den zwischen liegenden Maximis finden sich auch bei der Aetzung mit Sodalösung angedeutet, obzwar ja die Versuche wegen ihrer geringen Zahl keine Sicherheit über die wahre Grösse der einzelnen Radien geben. Sehr wichtig sind aber die Beziehungen, die sich beim Vergleich der Lösungsoberfläche für Säure mit der für Alkali ergeben.

Vor Allem ist bemerkenswert, dass das mittlere Minimum in der Richtung der Oktaëdernormale erhalten bleibt; die anderen Minima tauschen ihre Plätze. Aehnlich verhalten sich auch die Zwischenmaxima. Wenn wir die drei Minima normal zu (100), (111), (110) mit  $h, o, d$ , die Zwischenmaxima ( $h11$ ), ( $h h 1$ ), ( $h k 0$ ) mit  $J, T, F$  bezeichnen, so folgen nach der Grösse geordnet:

Bei Aetzung mit Salzsäure:  $h o d J T P$ ;

bei Aetzung mit Alkali:  $d o h P T J$ .

Es sind also jedesmal bei den Maximis wie bei den Minimis die extremen vertauscht, die mittleren behalten ihre Stelle.

## Beziehungen zwischen Lösungsoberfläche und Aetzfiguren.

Vergleicht man die im letzten Abschnitt hervorgehobenen Beziehungen mit dem, was pag. 392 über die Beziehungen der mit Säuren und Alkalien hervorgerufenen Aetzfiguren gesagt wurde, so ist man überrascht durch die vollkommene Uebereinstimmung der gefundenen Sätze.

Insbesondere sind folgende Sätze, die zum Theil schon früher aufgestellt wurden, durch die vorliegende Untersuchung vollinhaltlich bestätigt.

1. Aetzhügel entstehen auf Flächen geringsten Lösungswiderstandes. Für Säuren trifft dies zu bei den Pyramidenwürfeln, für alkalische Lösung bei den Ikositetraedern.

2. Scharfe deutliche Aetzgrübchen sind ein Zeichen grossen Lösungswiderstandes. Die Würfelfläche zeigt mit Säuren die kleinste Lösungsgeschwindigkeit und die schärfsten Aetzgrübchen; das Gleiche gilt für die Dodekaederfläche bei alkalischer Aetzung.

3. In früheren Arbeiten wurde der Satz aufgestellt: Aetzzonen sind Zonen von Flächen mit grossem Lösungswiderstand. Es scheint, dass dieser Satz besser lauten würde: Aetzzonen sind Zonen, welche Flächen grössten Lösungswiderstandes enthalten. Nach den Aetzfiguren wird man nicht umhin können, die Triakisoktaederzone als Aetzzone für Säuren anzusprechen; nichtsdestoweniger kommen die Triakisoktaeder in der Lösungsgeschwindigkeit den Tetrakishehexaedern ziemlich nahe, aber in ihr liegen doch die Flächen des Oktaeders und des Rhombendodekaeders mit relativ kleiner Lösungsgeschwindigkeit.

4. In manchen Fällen lässt sich die Gestalt der Aetzfiguren aus der Form der Lösungsoberfläche ableiten; es gelingt dies namentlich in jenen Fällen, wo tiefe Aetzfiguren entstehen, deren Seitenflächen ausserhalb des Vicinalbereiches der betrachteten Flächen fallen. Folgende Beispiele mögen dies illustriren:

a) Würfel. Bei Säure-Aetzung kreuzen sich in der Würfelfläche 4 Zonen mit kleinem Zwischenmaximum (Ikositetraeder) und 4 Zonen mit grossem Zwischenmaximum (Pyramidenwürfel). Die Aetzfiguren werden durch Flächen der ersteren Zone gebildet.

b) *Dodekaeder*. Säure-Aetzung: Es kreuzen sich zwei Zonen mit relativ kleinerem (Triakisoktaeder) und grösserem Zwischenmaximum (Pyramidenwürfel). Die Aetzfiguren sind nach der Zone stärkeren Widerstandes gestreckt. Alkalische Aetzung: Es kreuzen sich zwei Zonen mit fast gleichem relativ kleinem Zwischenmaximum, die Aetzfigur ist fast quadratisch, etwas gestreckt nach der Tetrakis-hexaederzone.

c) *Oktaederfläche*. Die Ableitung der vorherrschend entstehenden vicinalen Aetzfiguren aus der Lösungsoberfläche ist nicht möglich. Vor Allem müsste hier auch der Einfluss von Concentration und Temperatur auf die Lösungsoberfläche untersucht werden, wozu es mir an Material und Zeit gebrach. Ich behalte mir vor, diese Frage bei nächster Gelegenheit eingehender zu prüfen. Die tieferen Aetzfiguren werden bei Säureätzung von Ikositetraederflächen, bei alkalischer Aetzung von Triakisoktaedern gebildet; dies harmonirt mit der Thatsache, dass bei Säureätzung die Ikositetraeder, bei alkalischer die Triakisoktaeder das kleinere Zwischenmaximum enthalten.

d) Die rinnenförmige Gestalt der Aetzfiguren auf den Flächen der Aetzzone ist im Einklang mit der Annahme, dass in erster Linie die Flächen grössten Lösungswiderstandes die Form bedingen. Die mannigfaltige Ausgestaltung der Aetzfiguren, namentlich die variablen Lagen der ausserhalb der Aetzzone liegenden Seitenflächen lässt sich freilich derzeit noch nicht ableiten.

e) Am wenigsten günstig gestaltet sich der Vergleich auf der Würfelfläche bei alkalischer Aetzung. Hier wären nach der Lösungsoberfläche Tetrakis-hexaedergrübchen zu erwarten, die aber selten und da undeutlich entstehen. Besser entwickelte Ikositetraederfiguren wurden nicht selten beobachtet, deren Ableitung aus der Lösungsoberfläche geradezu widersprechend wäre. Diese Incongruenz vermag ich vorläufig nicht völlig aufzuklären. Es muss allerdings hervor-gehoben werden, dass bei alkalischer Aetzung tiefe scharfe Aetzgrübchen überhaupt nicht entstehen. Sie sind sehr flach von vicinalen Flächen gebildet, und es scheint in der That, dass für solche Vicinalflächen die gewöhnlich geltenden Regeln ihre Kraft verlieren.

Unwillkürlich wird man dabei an V. v. E b n e r's Unterscheidung der instantanen und retardirten Aetzfiguren erinnert.

Im allgemeinen kann somit der Vergleich der Lösungsoberfläche mit den Aetzfiguren des Fluorit, die bereits früher gewonnenen Sätze

bestätigen, wemngleich manche Beziehung sich etwas complicirter darstellt als ich ursprünglich glaubte.

Insbesondere sei noch hervorgehoben, dass der Lösungswiderstand in der Ebene der geätzten Fläche völlig gleichgiltig für die Form der Aetzfigur zu sein scheint.

### Beziehungen der Lösungsoberfläche zu den vorherrschenden Krystallformen.

Zu wichtigen Folgerungen gibt die Thatsache Anlass, dass den primären Flächen Minima der Lösungsgeschwindigkeit entsprechen. Es darf zunächst als sehr wahrscheinlich bezeichnet werden, dass auch für jene Lösungen, aus welchen Fluoritkrystalle sich absetzen, ähnliche Lösungsoberflächen Geltung haben. Auch in jenen Lösungen würde, wenn anstatt Absatz Auflösung erfolgte, die Lösungsgeschwindigkeit Minima haben in den primären Richtungen. Da nun die primären Flächen: Würfel, Oktaëder, Dodekaëder zugleich jene Krystallflächen sind, welche als Combinationsträger am häufigsten an den Krystallen beobachtet werden, so ist hier ein ursächlicher Zusammenhang anzunehmen. Ich sehe in dieser Erfahrung eine Bestätigung des schon früher angedeuteten Satzes: Die wachsenden Krystalle umgeben sich mit jenen Flächen, für welche die Lösungsgeschwindigkeit ein Minimum ist, die also den grössten Lösungswiderstand in dem betreffenden Medium haben.<sup>1)</sup>

Die Versuche zeigen aber weiter, dass mit dem chemischen Charakter des Lösungsmittels eine Aenderung in den Grössenverhältnissen der primären Minima eintritt. Für Säure ist das Minimum normal zu (100), für Alkalien das normal zu (110) am meisten ausgeprägt, während (111) in beiden Fällen ein mittlerer Wert entspricht.

Da nun solche Verschiedenheiten wie zwischen Salzsäure und Sodalösung auch unter den natürlichen Medien, aus denen Fluoritkrystalle sich absetzen, denkbar sind, ist es verständlich, dass je nach der Art des Mediums Krystalle mit vorherrschendem Würfel oder Krystalle mit vorherrschendem Dodekaëder entstehen werden.

---

<sup>1)</sup> Vergl. Diese Mitth. IX, 19 und XI, 494. Späteren Mittheilungen vorgreifend mag hier angeführt werden, dass Messungen der Lösungsgeschwindigkeit am Alaun für das Oktaëder kleinere Zahlen ergeben haben, als für den Würfel.

Es ist schliesslich auch denkbar, dass es in der Natur Lösungsmittel gibt, für welche das ausgeprägteste Minimum der Oktaëderfläche entspricht; aus solchen Lösungen sollten sich Oktaëder abscheiden.

Obwohl man nicht behaupten kann, dass wir über die Natur der Lösungen, aus denen sich die Flussspathkrystalle absetzen, genau unterrichtet sind, lässt sich doch aus der Paragenesis, in der Fluoritkrystalle vorkommen, der Schluss ziehen, dass die Lösungsmittel einen verschiedenen Charakter gehabt haben mögen.

Man findet Fluorit auf vielen Erzgängen in Begleitung von Sulfiden, von Quarz und von Carbonaten, aber ohne Silicate. Man weiss, dass die Gegenwart freier  $CO_2$  oder der Bicarbonate den Absatz von Silicaten hindert, indem die  $SiO_2$  als Quarz, die Basen als Carbonate abgesetzt werden. Man weiss ferner, dass derartige Prozesse sich vornehmlich in den oberen Theilen der Erdkruste abspielen. Wenn wir nun in dieser Gesellschaft den Flussspath fast ausnahmslos mit vorherrschendem Würfel antreffen, so ist das sicher mehr als Zufall. Hierher sind, von den bekannteren Flussspathvorkommen jene von Cumberland, Cornwall, Derbyshire in England, von continentalen vor allem Freiberg zu rechnen.

Wir kennen ferner andere Fluoritvorkommen, welche von Quarz und Silicaten begleitet werden. Was immer für eine Zusammensetzung die Lösungen haben mögen, welche diese Krystalle absetzten, jedenfalls verbietet das Vorkommen von Silicaten die Annahme, dass freie  $CO_2$  oder Bicarbonate vorhanden gewesen seien. Gerade unter den letzteren Vorkommen finden sich aber solche, die durch das Vorherrschen von Oktaëdern und Dodekaëdern ausgezeichnet sind. Das bestbekannte Vorkommen dieser Art dürfte jenes von Striegau in Schlesien sein.

Eine eigenthümliche Mittelstellung nimmt, wie es scheint, Andreasberg ein. Hier sind auf den Erzgängen Silicate, namentlich verschiedenartige Zeolithe, keine seltene Erscheinung. Damit stellen sich auch oktaëdrische Flussspathe ein, welche sonst auf Erzgängen selten sind.

Das bekannte Fluoritvorkommen von Zinnwald zeigt sowohl Oktaëder als Würfel. Die ersteren sind jedoch häufig matt und drusig und erweisen sich mit kleinen würfelförmigen Fortwachsungen bedeckt. (Sie erscheinen aus Würfeln aufgebaut, wie der gebräuchliche, aber irreführende Terminus lautet.)

Hier sind also zweierlei Fluoritgenerationen anzunehmen. Eine ältere, welche Oktaëder bildete, und eine jüngere, welche Würfel absetzte. Dass die letztere die jüngere ist, erscheint gesetzmässig begründet; sie wurde abgesetzt als die betreffenden Gänge der Erdoberfläche näher gerückt waren.

Die gleiche gesetzmässige Folge einer älteren Oktaëder- und einer jüngeren Würfelgeneration findet sich auch anderwärts.

Es wäre gewiss ein lohnendes Unternehmen, an einem grossen Materiale die Sätze zu prüfen, die ich hier mit aller Reserve und nur als heuristische Hypothese hinstellen kann.

### Vergleich des Fluorit mit anderen Mineralen.

Wie weit wir noch entfernt sind von einer erschöpfenden Kenntnis der Erscheinungen beim Aetzen zeigt sich wohl am klarsten darin, dass jede neue Untersuchung ganz neue Verhältnisse enthüllt, die sich mit dem bisher Bekannten nur theilweise und in einzelnen Stücken vergleichen lassen.

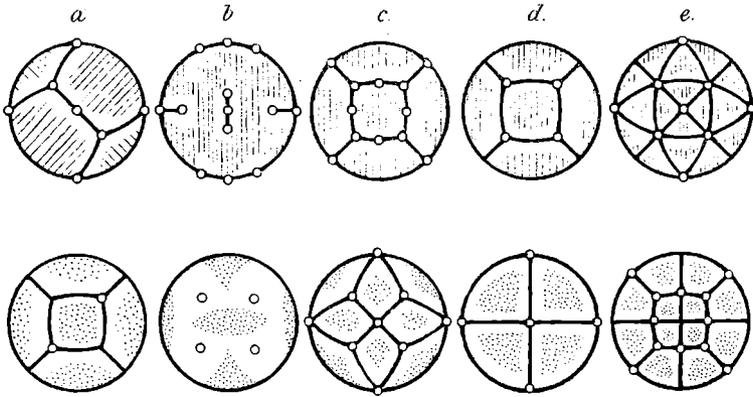
Auch der Fluorit lässt wieder einen ganz neuen Typus der Aetzbarkeit erkennen, der besonders durch den Vergleich des Auftretens der Aetzhügel klar hervortritt. Ich will der Kürze wegen jene Regionen des Krystalles, auf welchen bei der Aetzung Aetzhügel entstehen, als Aetzfelder bezeichnen.

In der hier folgenden Figur sind in Projectionen die Verhältnisse der bis jetzt untersuchten tesserale Minerale übersichtlich dargestellt. In der Figur beziehen sich die Projectionen der oberen Reihe auf Aetzung mit Säure, die der unteren auf Aetzung mit alkalischen Aetzmitteln. Fig. *a* bezieht sich auf Zinkblende, *b* auf Pyrit, *c* auf Magnetit, wobei für alkalische Aetzung Linneit substituiert wurde, *d* auf Bleiglanz, *e* auf Fluorit. Hauptätzonen sind durch ausgezogene Linien, primäre Aetzflächen (= primäre Lösungsflächen v. Ebner) durch Ringeln dargestellt.

Man bemerkt, dass die Aetzfelder mit grosser Regelmässigkeit bei Wechsel des Aetzmittels ihren Platz verändern. Aber ein bemerkenswerter Unterschied scheidet den Fluorit von den übrigen Mineralen. Bei den übrigen Mineralen liegt jedesmal im Schwerpunkt des Aetzfeldes eine primäre Fläche; beim Fluorit lassen die Aetzfelder die primären Flächen frei. Nächst verwandt wäre Typus *c*

(Magnetit-Linnett) bei Vertauschung des Aetzmittels. Allein dann müssten wir bei alkalischer Aetzung Aetzhügel auf der Würfelfläche, bei Säureätzung Aetzhügel auf der Dodekaëderfläche antreffen.

Fig. 4.



Der Fluorit stellt in der That einen neuen Typus dar. Die Beziehungen zu anderen tesseralen Mineralen sind daher spärlich und erstrecken sich eigentlich nur auf übereinstimmende Symmetrieverhältnisse.

### Beziehungen zur Molecularstructure.

Die im vorigen Abschnitt zu Tage tretende Unvollständigkeit unserer Erfahrungen legt uns auch jetzt noch in Bezug auf weitere Folgerungen betreffend die Molecularstructure grosse Zurückhaltung auf. Nur eines mag hervorgehoben werden; klarer als bei anderen Mineralen tritt beim Fluorit die Thatsache hervor, dass die Erscheinungen beim Aetzen vom Ineinanderspielen von zweierlei Ursachen abhängen. Eine dieser Ursachen ist unabhängig vom Aetzmittel; man wird sie im Aufbau des Krystalls aus Krystallmolekeln zu suchen haben. Die wichtige Rolle, welche der Oktaëderfläche bei jeder Art von Aetzung zukommt, die sich auch in dem ausgeprägten Lösungsminimum für beiderlei Aetzmittel in der Lösungsoberfläche ausspricht, wird man der Wirkung dieser Ursache zuzuschreiben haben. Es ist eine sehr erfreuliche Uebereinstimmung, dass auch die

mechanischen Cohäsionskräfte die wichtige Rolle der Oktaëderfläche erkennen lassen (Spaltbarkeit). Man wird daher mit einiger Zuversicht sagen dürfen, dass Bravais' oktaëdrisches Raumgitter mit der Molekularstructur des Flussspath bis zu einem gewissen Grade Verwandtschaft hat.

Eine zweite Kategorie von Ursachen wechselt mit dem Aetzmittel. Die Wirkung dieser Ursachen ist zu sehen in dem Austausch der Rollen, welche Würfel und Dodekaëder, Ikositetraëder und Tetrakishexaëder erleiden. Diese Ursachen hängen wohl mit der Stellung der *Ca*- und *F*-Atome in der Krystallmolekel zusammen.

Man fühlt sich versucht, anzunehmen, dass die *Ca*-Atome vorzüglich der Dodekaëderfläche, die *F* Atome vorzüglich der Würfel- oder vielleicht der Ikositetraëderfläche zugekehrt sind. Weitere Ausführungen müssen einem späteren Zeitpunkt vorbehalten bleiben.

### Schlusswort.

Zum Schlusse mögen die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung nochmals in einigen Sätzen zusammengefasst werden.

1. Beim Fluorit sind für Aetzung in Säure Hauptätzzonen: die Ikositetraëder- und Triakisoktaëderzonen; primäre Aetzflächen: Würfel und Oktaëder. Die durch das Vorkommen von Aetzhügeln ausgezeichneten Aetzfelder umfassen die Zone der Tetrakishexaëder und die Hexakisoktaëder.

2. Für Aetzung in alkalischen Lösungen sind Hauptätzzonen: die Tetrakishexaëder- und die Tetrakisoktaëderzonen. Die Aetzfelder liegen über der Zone der Ikositetraëder.

3. Man kann unterscheiden: Tiefe Aetzfiguren, welche durch die Hauptätzzonen ihrer Lage und Gestalt nach bestimmt werden, und Aetzfiguren, welche von Vicinalflächen der geätzten Fläche gebildet sind; die Seitenflächen der letzteren liegen nicht immer in den Aetzzonen.

4. Die Gestalt der vicinalen Aetzfiguren auf der Oktaëderfläche zeigt sich bei Aetzung mit Salzsäure in bestimmter Weise von der Concentration des Aetzmittels abhängig. Erhöhung der Temperatur wirkt ähnlich wie Steigerung der Concentration.

5. Manche Fluorite, welche sich gleichzeitig durch deutliche oder starke Doppelbrechung auszeichnen, zeigen anomale Aetzfiguren, welche mit der Art des Wachsthumms zusammenhängen. Der Krystall erscheint aufgebaut aus kegelförmigen Theilen (Anwachskegeln), deren jeder einer Krystallfläche entspricht und durch Ansatz von Substanz auf dieser Fläche entstanden ist. In jedem solchen Kegel herrscht in Bezug auf Aetzung eine Symmetrie, welche man erhält, wenn man zu der theoretischen Symmetrie des Krystalls die Richtung normal zur Anwachsfläche (Axe des Anwachskegels) als eine von allen anderen Richtungen verschiedene hinzunimmt. Hieraus folgt, dass an der natürlichen Oberfläche des Krystalls keine Anomalie beobachtet werden kann, weil hier die Axe des Anwachskegels normal zur geätzten Fläche steht, was die Symmetrie der Fläche nicht ändert. Auf Flächen, die durch die Mitte des Krystalls gelegt werden, kommen die Anomalien zum Vorschein, indem jede derartige Fläche in so viele Sektoren zerfällt, als sie Anwachskegel schneidet. Auf jedem Sector erscheinen die Aetzfiguren gesetzmässig verzerrt, indem sie entweder in der Richtung der Axe des Anwachskegels oder in der Ebene normal zu dieser Axe (der Anwachsfläche) abnorm vertieft erscheinen. Ersteres wurde bei würfelförmigen Krystallen von Cornwall, Derbyshire, Freiberg, letzteres bei oktaëdrischen Krystallen von Andreasberg beobachtet.

6. Die Lösungsgeschwindigkeit des Fluorit variirt mit der Richtung und lässt sich darstellen durch eine stetig gekrümmte Oberfläche, deren Radienvectoren der Lösungsgeschwindigkeit einer normal zum Radiusvector geschnittenen Platte proportional sind.

7. Diese Lösungsoberfläche ist dadurch ausgezeichnet, dass Minima den primären Richtungen: Würfel, Oktaëder, Rhombendodekaëder entsprechen, während in den zwischen diesen Normalen eingeschlossenen Zonen je ein Zwischenmaximum liegt.

8. Die Reihenfolge der Minima und Maxima, nach der Grösse geordnet, ändert sich mit dem Aetzmittel.

Für Salzsäure folgen nach der Grösse geordnet:

1. Minimum normal zum Würfel,
2. " " " Oktaëder,
3. " " " Dodekaëder.

1. Maximum in der Zone der Ikositetraeder,
2.     "     "     "     "     " Triakisoktaeder,
3.     "     "     "     "     " Tetrakishexaeder.

Für alkalische Aetzung ist die Reihe der Minima und Maxima die entgegengesetzte.

9. Zwischen der Lösungsoberfläche und den Aetzfiguren besteht ein inniger Zusammenhang. Flächen mit sehr kleinem Minimum tragen die schärfsten Aetzgrübchen; auf den Flächen, die dem grössten Zwischenmaximum entsprechen, treten Aetzhügel auf. Die Aetzzonen entsprechen den Zonen mit kleinerem Zwischenmaximum.

10. Für die tieferen, dem Vicinalbereich der geätzten Fläche entzogenen Aetzfiguren gilt der Satz, dass auf einer Fläche, in der mehrere Zonen sich kreuzen, die Seitenflächen der Aetzfiguren in den Zonen mit dem kleineren Zwischenmaximum liegen.

11. Es ist ein Zusammenhang anzunehmen zwischen der Form der Lösungsoberfläche und der vorherrschenden Krystallform. Der wachsende Krystall umgibt sich mit den Flächen kleinster Lösungsgeschwindigkeit.

Dies sind aber nach der Form der Lösungsoberfläche stets primäre Flächen. Je nach der Art des Lösungsmittels wird die eine oder die andere Primärform das kleinste Minimum der Lösungsgeschwindigkeit besitzen und sich vorherrschend ausbilden.

12. Die Molecularstructur des Flussspathes wird durch das oktaëdrische Raumgitter von Bravais als erste Annäherung dargestellt. Darauf weist die Rolle der Oktaëderfläche, welche bei jeder Art von Aetzung zu den primären Aetzflächen gehört und ein Minimum der Lösungsgeschwindigkeit darstellt. Die mit der Art des Aetzmittels wechselnden Erscheinungen, Wechsel der Reihenfolge der Maxima und Minima, Wechsel der Aetzfelder, sind auf die Stellung der *Ca*- und *F*-Atome zurückzuführen; man darf annehmen, dass die *Ca*-Atome mehr der Dodekaëderfläche, die *F*-Atome mehr der Würfelfläche zugewandt sind.

13. Der Fluorit ist ein Mineral mit unvollkommenerer Aetzbarkeit als Magnetit und Zinkblende, weshalb die Erscheinung der Verschleppung der Aetzflächen bei ihm intensiver auftritt, als bei

den genannten Mineralen und die Aetzflächen keine deutliche Beziehung zum Parametergesetz erkennen lassen.

14. Der Fluorit stellt einen neuen Typus der Aetzbarkeit dar, der sich von den bisher untersuchten tesserale Mineralen dadurch unterscheidet, dass die Aetzfelder keine primäre Fläche umschliessen.

Anhang.

Auf den folgenden Tabellen sind die Zahlenbelege für die im Text auf pag. 403 bis 410 aufgeführten Mittelwerte mitgeteilt.

Es bedeutet:

- $dv$  Dicke der Platte vor der Aetzung,
- $dn$  „ „ „ nach der Aetzung,
- $dg$  „ „ gelösten Schichte,
- $\Delta$  sind die Abweichungen vom Mittel.

Die in den Columnen  $dv$  und  $dn$  vorkommenden Zahlen sind Mittelwerte aus je 5 unabhängigen Dickenmessungen. Die Zahlen geben Umdrehungen der Sphärometerschraube.

Versuch VI.

1. Würfel.											
(001)				(110)				(110)			
$dv$	$dn$	$dg$	$\Delta$	$dv$	$dn$	$dg$	$\Delta$	$dv$	$dn$	$dg$	$\Delta$
16·862	16·748	0·114	—0·002	17·166	16·988	0·178	—0·007	18·305	18·127	0·178	—0·007
867	748	119	+ 003	166	985	181	— 004	305	129	176	— 009
865	751	114	— 002	162	973	189	+ 004	303	117	186	— 005
871	757	114	— 002	162	977	185	± 000	298	109	189	+ 004
873	759	114	— 002	167	986	181	— 004	300	121	179	— 006
867	758	109	— 007	167	985	182	— 003	299	118	181	— 004
868	753	115	— 001	159	972	187	+ 002	292	099	193	+ 008
875	753	122	+ 006	162	975	187	+ 002	293	105	188	+ 003
873	751	122	+ 006	161	963	198	+ 013	294	100	194	+ 009
Mittel: 0·116 ± 0·0010				Mittel: 0·185 ± 0·0014				Mittel: 0·185 ± 0·0014			

2. Würfel.											
(111)				$(\bar{1}\bar{1}2)$				$(\bar{1}\bar{1}0)$			
$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$
10·745	10·567	0·178	+0·006	14·921	14·757	0·164	-0·007	15·411	15·217	0·194	+0·006
751	581	170	- 002	922	759	163	- 008	410	215	195	+ 007
756	589	167	- 005	925	750	175	+ 004	405	?	—	
757	585	172	$\pm$ 000	927	756	171	$\pm$ 000	404	211	193	+ 005
749	585	164	- 008	924	755	169	- 002	408	225	183	- 005
741	567	174	+ 002	929	753	176	+ 005	410	231	179	- 009
738	559	179	+ 007	930	757	173	+ 002	407	224	183	- 005
748	578	170	- 002	929	749	180	+ 009	405	222	183	- 005
753	579	174	+ 002	921	752	169	- 002	402	205	197	+ 009
Mittel: 0·172 $\pm$ 0·0010				Mittel: 0·171 $\pm$ 0·0013				Mittel: 0·188 $\pm$ 0·0016			
3. Würfel.											
(113)				$(3\bar{3}\bar{2})$				$(\bar{1}\bar{1}0)$			
$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$
13·632	13·502	0·130	-0·010	15·962	15·792	0·170	-0·004	14·691	14·499	0·192	+0·003
629	486	143	+ 001	968	797	171	- 003	688	496	192	+ 003
624	474	150	+ 008	970	800	170	- 004	685	489	196	+ 007
619	470	149	+ 007	975	799	176	+ 002	691	503	188	- 001
623	481	142	$\pm$ 000	969	797	172	- 002	696	511	185	- 004
625	492	133	- 009	964	797	167	- 007	696	515	181	- 008
617	478	139	- 003	964	788	176	+ 002	703	519	184	- 005
614	472	142	$\pm$ 000	972	795	177	+ 003	701	513	188	- 001
612	461	151	+ 009	979	793	186	+ 012	696	500	196	+ 007
Mittel: 0·142 $\pm$ 0·0016				Mittel: 0·174 $\pm$ 0·0012				Mittel: 0·189 $\pm$ 0·0013			
4. Würfel.											
(116)				$(3\bar{3}\bar{1})$				$(\bar{1}\bar{1}0)$			
$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$
15·213	15·089	0·124	-0·005	14·461	14·274	0·187	-0·002	15·982	15·797	0·185	-0·007
214	090	124	- 005	468	285	183	- 006	980	794	186	- 006
212	089	123	- 006	470	279	191	+ 002	976	773	203	+ 011
215	086	129	$\pm$ 000	464	279	185	- 004	984	789	195	+ 003
215	084	131	+ 002	462	282	180	- 009	987	804	183	- 009
214	089	125	- 004	457	268	189	$\pm$ 000	989	803	186	- 006
212	079	133	+ 004	450	251	199	+ 010	993	800	193	+ 001
216	083	133	+ 004	453	263	190	+ 001	992	796	196	+ 004
218	083	135	+ 006	454	260	194	+ 005	990	785	205	+ 013
Mittel: 0·129 $\pm$ 0·0011				Mittel: 0·189 $\pm$ 0·0013				Mittel: 0·192 $\pm$ 0·0017			

## Versuch VII.

1. Würfel.											
(001)				(110)				(1 $\bar{1}$ 0)			
$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$
16·396	16·303	0·093	-0·005	16·861	16·723	0·138	-0·014	18·038	17·916	0·122	-0·020
393	301	092	- 006	864	724	139	- 013	039	919	120	- 022
389	292	097	- 001	865	711	154	+ 002	039	898	141	- 001
395	296	099	+ 001	870	715	155	+ 003	039	887	152	+ 010
400	305	095	- 003	867	723	144	- 008	040	900	140	- 002
402	311	091	- 007	864	716	148	- 004	039	902	137	- 005
408	306	102	+ 004	865	705	160	+ 008	036	879	157	+ 015
405	300	105	+ 007	870	710	160	+ 008	035	878	157	+ 015
401	294	107	+ 009	873	702	171	+ 019	035	870	165	+ 023
Mittel: 0·098 $\pm$ 0·0013				Mittel: 0·152 $\pm$ 0·0024				Mittel: 0·142 $\pm$ 0·0035			
5. Würfel.											
(001)				(210)				(1 $\bar{2}$ 0)			
$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$
12·943	12·818	0·125	-0·002	16·028	15·884	0·144	-0·026	15·559	15·401	0·158	-0·013
950	822	128	+ 001	030	879	151	- 019	552	371	181	+ 010
955	827	128	+ 001	028	872	156	- 014	539	365	174	+ 003
956	824	132	+ 005	023	849	174	+ 004	544	375	169	- 002
951	830	121	- 006	025	854	171	+ 001	556	378	178	+ 007
943	825	118	- 009	025	855	170	$\pm$ 000	566	407	159	- 012
939	806	133	+ 006	020	835	185	+ 015	569	402	167	- 004
948	825	123	- 004	019	836	183	+ 013	560	393	167	- 004
956	821	135	+ 008	018	822	196	+ 026	546	359	187	+ 016
Mittel: 0·127 $\pm$ 0·0013				Mittel: 0·170 $\pm$ 0·0038				Mittel: 0·171 $\pm$ 0·0022			
6. Würfel.											
(001)				(310)				(1 $\bar{3}$ 0)			
$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$
13·712	13·629	0·083	-0·009	12·408	12·276	0·132	-0·009	11·651	11·539	0·112	-0·014
706	624	082	- 010	406	266	140	- 003	661	542	119	- 007
700	605	095	+ 003	403	247	156	+ 013	669	538	131	+ 005
709	612	097	+ 005	411	259	152	+ 009	666	538	128	+ 002
714	620	094	+ 002	414	274	140	- 003	658	536	122	- 004
718	628	090	- 004	415	290	125	- 018	647	536	111	- 015
721	626	095	+ 003	420	284	136	- 007	645	515	130	+ 004
716	623	093	+ 001	420	274	146	- 003	654	525	129	+ 003
712	613	099	+ 007	419	261	158	+ 015	662	506	156	+ 030
Mittel: 0·092 $\pm$ 0·0013				Mittel: 0·143 $\pm$ 0·0024				Mittel: 0·126 $\pm$ 0·0030			

## Versuch VIII.

(100)				(110)			
$\bar{d}_v$	$\bar{d}_n$	$\bar{d}_g$	$\Delta$	$\bar{d}_v$	$\bar{d}_n$	$\bar{d}_g$	$\Delta$
13·657	13·587	0·070	+ 0·005	9·407	9·222	0·185	+ 0·014
658	592	066	+ 001	406	239	167	— 004
657	591	066	+ 001	399	235	164	— 007
662	595	067	+ 002	396	244	152	— 019
663	598	065	± 000	401	247	154	— 017
664	598	066	+ 001	406	232	174	+ 003
666	603	063	— 002	403	215	188	+ 017
664	606	058	— 007	399	222	177	+ 006
667	605	062	— 003	396	218	178	+ 007
Mittel:			0·065 ± 0·0007	Mittel:			0·171 ± 0·0029
(210)				(430)			
$\bar{d}_v$	$\bar{d}_n$	$\bar{d}_g$	$\Delta$	$\bar{d}_v$	$\bar{d}_n$	$\bar{d}_g$	$\Delta$
15·538	15·337	0·201	+ 0·007	5·254	5·053	0·201	+ 0·005
538	352	186	— 008	256	061	195	— 001
537	340	197	+ 003	256	051	205	+ 009
532	342	190	— 003	257	060	197	+ 001
532	353	179	— 015	257	074	183	— 013
534	339	195	+ 001	256	058	198	+ 002
532	329	203	+ 009	253	054	199	+ 003
529	335	194	± 000	258	073	185	— 009
526	328	198	+ 004	256	058	198	+ 002
Mittel:			0·194 ± 0·0017	Mittel:			0·196 ± 0·0016
(111)							
$\bar{d}_v$	$\bar{d}_n$	$\bar{d}_g$	$\Delta$				
5·868	5·739	0·129	+ 0·003				
868	744	124	— 002				
870	744	126	± 000				
877	751	125	— 001				
876	752	124	— 002				
872	748	124	— 002				
875	748	127	+ 001				
877	752	126	± 000				
879	751	128	+ 002				
Mittel:			0·126 ± 0·0004				

Versuch IX.

(100)				(211)			
<i>dv</i>	<i>dn</i>	<i>dg</i>	$\Delta$	<i>dv</i>	<i>dn</i>	<i>dg</i>	$\Delta$
8550	8486	0064	+ 0004	6135	5938	0197	+ 0003
553	494	059	- 001	141	946	195	+ 001
557	493	064	+ 004	144	943	201	+ 007
551	489	062	+ 002	141	944	197	+ 003
548	488	060	$\pm$ 000	140	949	191	- 003
542	486	056	- 004	131	944	187	- 007
535	481	054	- 006	127	937	190	- 004
541	484	057	- 003	134	942	192	- 002
546	481	064	+ 004	135	942	193	- 001
Mittel: 0060 $\pm$ 0008				Mittel: 0194 $\pm$ 0009			
(111)				(221)			
<i>dv</i>	<i>dn</i>	<i>dg</i>	$\Delta$	<i>dv</i>	<i>dn</i>	<i>dg</i>	$\Delta$
5522	5383	0139	+ 0002	5760	5510	0250	+ 0006
516	376	140	+ 003	761	520	241	- 003
501	362	139	+ 002	761	525	236	- 008
518	376	142	+ 005	762	525	237	- 007
525	393	132	- 005	764	527	237	- 007
530	398	132	- 005	761	514	247	+ 003
536	406	130	- 007	760	509	251	+ 007
532	395	137	$\pm$ 000	763	519	244	$\pm$ 000
526	382	144	+ 007	763	510	253	+ 009
Mittel: 0137 $\pm$ 0011				Mittel: 0244 $\pm$ 0015			
(110)							
<i>dv</i>	<i>dn</i>	<i>dg</i>	$\Delta$				
6221	5977	0244	+ 0006				
220	978	242	+ 004				
217	977	240	+ 002				
216	977	239	+ 001				
223	6000	223	- 015				
224	5989	235	- 003				
225	982	242	+ 004				
223	990	233	- 005				
219	972	247	+ 009				
Mittel: 0238 $\pm$ 0016							

## Versuch X.

(100)				(211)			
$d\nu$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d\nu$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$
8486	8437	0.049	+ 0.001	5938	5733	0.205	+ 0.008
494	446	048	$\pm$ 000	946	748	198	+ 001
493	445	048	$\pm$ 000	943	740	203	+ 006
489	441	048	$\pm$ 000	944	747	197	$\pm$ 000
488	441	047	- 001	949	755	194	- 003
486	434	052	+ 004	944	747	197	$\pm$ 000
481	429	052	+ 004	937	745	192	- 005
484	440	044	- 004	942	747	195	- 002
481	435	046	- 002	942	747	195	- 002
Mittel: 0.048 $\pm$ 0.0005				Mittel: 0.197 $\pm$ 0.0009			
(111)				(221)			
$d\nu$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d\nu$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$
5383	5274	0.109	- 0.004	5510	5280	0.230	+ 0.007
376	256	120	+ 007	520	294	226	+ 003
362	242	120	+ 007	525	300	225	+ 002
376	262	114	+ 001	525	304	221	- 002
393	278	115	+ 002	527	306	221	- 002
398	290	108	- 005	514	286	228	+ 005
406	295	111	- 002	509	281	228	+ 005
395	289	106	- 007	518	298	220	- 003
382	269	113	$\pm$ 000	510	298	212	- 011
Mittel: 0.113 $\pm$ 0.0011				Mittel: 0.223 $\pm$ 0.0012			
(110)				(430)			
$d\nu$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d\nu$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$
5977	5768	0.209	+ 0.014	5037	4810	0.227	- 0.012
978	777	201	- 006	053	818	235	- 004
977	787	190	- 005	045	805	240	+ 001
977	782	195	$\pm$ 000	053	813	240	+ 001
6000	808	192	- 003	067	832	235	- 004
5989	796	193	- 002	051	816	235	- 004
982	793	189	- 006	053	810	243	+ 004
990	801	189	- 006	075	833	242	+ 003
972	778	194	- 001	062	809	253	+ 014
Mittel: 0.195 $\pm$ 0.0015				Mittel: 0.239 $\pm$ 0.0016			

## Versuch XI.

(100)				(211)			
$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$
8437	8393	0044	+ 0002	5738	5548	0185	+ 0002
446	401	045	+ 003	748	564	184	+ 001
445	403	042	$\pm$ 000	740	554	186	+ 003
441	400	041	- 001	747	564	183	$\pm$ 000
441	398	043	+ 001	755	572	183	$\pm$ 000
434	393	041	- 001	747	558	189	+ 006
429	387	042	$\pm$ 000	745	561	184	+ 001
440	396	044	+ 002	747	572	175	- 008
435	396	039	-- 003	747	567	180	- 003
Mittel: 0042 $\pm$ 00004				Mittel: 0183 $\pm$ 00008			
(111)				(221)			
$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$
5274	5135	0139	+ 0004	5280	5046	0234	+ 0005
256	129	127	- 008	294	068	226	- 003
242	119	123	- 012	300	074	226	- 003
262	132	130	- 005	304	072	232	+ 003
278	140	138	+ 003	306	080	226	- 003
290	144	146	+ 011	286	055	231	+ 002
295	155	140	+ 005	281	050	231	+ 002
289	148	141	+ 006	298	078	220	- 009
269	135	134	- 001	298	069	231	+ 002
Mittel: 0135 $\pm$ 00016				Mittel: 0229 $\pm$ 00010			
(110)				(430)			
$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d_v$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$
5768	5571	0197	+ 0006	4810	4582	0228	-- 0005
777	591	186	- 005	818	590	228	- 005
787	594	193	+ 002	805	564	241	+ 008
782	598	184	- 007	813	576	237	+ 004
808	620	188	- 003	832	604	228	- 005
796	603	193	+ 002	816	587	229	- 004
793	593	200	+ 009	810	573	237	+ 004
801	614	187	- 004	833	604	229	- 004
778	590	188	- 003	809	569	240	+ 007
Mittel: 0191 $\pm$ 00012				Mittel: 0233 $\pm$ 00012			

## Versuch XII.

(100)				(311)			
$\delta v$	$\delta n$	$\delta g$	$\Delta$	$\delta v$	$\delta n$	$\delta g$	$\Delta$
8.393	8.355	0.038	- 0.002	10.147	10.032	0.115	+ 0.003
401	363	038	- 002	152	038	114	+ 002
403	360	043	+ 003	153	042	111	- 001
400	358	042	+ 002	155	045	110	- 002
398	358	040	$\pm$ 000	154	044	110	- 002
393	354	039	- 001	149	038	111	- 001
387	351	036	- 004	150	035	115	+ 003
396	355	041	+ 001	156	048	108	- 004
396	353	043	+ 003	159	048	111	- 001
Mittel: 0.040 $\pm$ 0.0005				Mittel: 0.112 $\pm$ 0.0005			
(111)				(331)			
$\delta v$	$\delta n$	$\delta g$	$\Delta$	$\delta v$	$\delta n$	$\delta g$	$\Delta$
3.167	3.063	0.104	+ 0.003	6.989	6.818	0.171	+ 0.003
164	063	101	$\pm$ 000	988	820	168	$\pm$ 000
160	058	102	+ 001	989	817	172	+ 004
155	055	100	- 001	979	815	164	- 004
143	044	099	- 002	979	819	160	- 008
149	051	097	- 004	981	819	162	- 006
156	054	102	+ 001	968	800	168	$\pm$ 000
Mittel: 0.101 $\pm$ 0.0006				969	799	170	+ 002
				966	789	177	+ 009
				Mittel: 0.168 $\pm$ 0.0011			
(110)				(210)			
$\delta v$	$\delta n$	$\delta g$	$\Delta$	$\delta v$	$\delta n$	$\delta g$	$\Delta$
4.177	4.007	0.170	+ 0.004	15.337	15.161	0.176	+ 0.001
180	020	160	- 006	352	167	185	+ 008
181	012	169	+ 003	340	161	179	+ 002
189	031	158	- 008	342	173	169	- 008
187	029	158	- 008	353	182	171	- 006
184	019	165	- 001	339	165	174	- 003
187	017	170	+ 004	329	141	188	+ 011
193	021	172	+ 006	335	163	172	- 005
195	019	176	+ 010	328	151	177	$\pm$ 000
Mittel: 0.166 $\pm$ 0.0015				Mittel: 0.177 $\pm$ 0.0044			

## Versuch XIII.

(100)				(311)			
$d\nu$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d\nu$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$
8·355	8·320	0·035	+ 0·001	10·032	9·944	0·098	+ 0·002
363	328	035	+ 001	038	949	089	+ 003
360	328	032	— 002	042	956	086	± 000
358	323	035	+ 001	045	960	085	— 001
358	324	034	± 000	044	960	084	— 002
354	320	034	± 000	038	953	085	— 001
351	318	033	— 001	035	945	090	+ 004
355	320	035	+ 001	048	966	082	— 004
353	319	034	± 000	048	963	085	— 001
Mittel: 0·034 ± 0·0003				Mittel: 0·086 ± 0·0006			
(111)				(331)			
$d\nu$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d\nu$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$
3·063	2·974	0·089	+ 0·007	6·818	6·660	0·158	— 0·003
063	981	082	± 000	820	661	159	— 002
058	978	080	— 002	817	658	159	— 002
055	973	082	± 000	815	654	161	± 000
044	964	080	— 002	819	665	154	— 007
051	968	083	+ 001	819	661	158	— 003
054	973	081	— 001	800	630	170	+ 009
Mittel: 0·082 ± 0·0008				799	631	168	+ 007
				789	629	160	— 001
				Mittel: 0·161 ± 0·0011			
(110)				(210)			
$d\nu$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$	$d\nu$	$d_n$	$d_g$	$\Delta$
4·007	3·836	0·171	— 0·004	15·161	14·973	0·188	+ 0·016
020	845	175	± 000	167	995	172	± 000
012	840	172	— 003	161	996	165	— 007
031	858	173	— 002	173	15·013	160	— 012
029	859	170	— 005	182	015	167	— 005
019	848	171	— 004	165	14·987	178	+ 006
017	837	180	+ 005	141	956	185	+ 013
021	842	179	+ 004	163	990	173	+ 001
019	839	180	+ 005	151	990	161	— 011
Mittel: 0·175 ± 0·0009				Mittel: 0·172 ± 0·0023			

## Versuch XIV.

(100)				(311)			
$\bar{d}_v$	$\bar{d}_n$	$\bar{d}_g$	$\Delta$	$\bar{d}_v$	$\bar{d}_n$	$\bar{d}_g$	$\Delta$
8.320	8.283	0.037	- 0.002	9.944	9.541	0.103	+ 0.001
328	288	040	+ 0.001	949	849	100	- 0.002
328	290	038	- 0.001	956	855	101	- 0.001
323	283	040	+ 0.001	960	860	100	- 0.002
324	284	040	+ 0.001	960	856	104	+ 0.002
320	282	038	- 0.001	953	850	103	+ 0.001
318	280	038	- 0.001	945	843	102	$\pm$ 0.000
320	280	040	+ 0.001	966	862	104	+ 0.002
319	279	040	+ 0.001	963	859	104	+ 0.002
Mittel: 0.039 $\pm$ 0.0003				Mittel: 0.102 $\pm$ 0.0004			
(111)				(331)			
$\bar{d}_v$	$\bar{d}_n$	$\bar{d}_g$	$\Delta$	$\bar{d}_v$	$\bar{d}_n$	$\bar{d}_g$	$\Delta$
2.974	2.873	0.101	+ 0.005	6.660	6.497	0.163	- 0.002
981	885	096	$\pm$ 0.000	661	499	162	- 0.003
978	886	092	- 0.004	658	494	164	- 0.001
973	877	096	$\pm$ 0.000	654	496	158	- 0.007
964	868	096	$\pm$ 0.000	665	507	158	- 0.007
968	877	091	- 0.005	661	499	162	- 0.003
973	874	099	+ 0.003	630	455	175	+ 0.010
Mittel: 0.096 $\pm$ 0.0009				Mittel: 0.165 $\pm$ 0.0019			
(110)				(210)			
$\bar{d}_v$	$\bar{d}_n$	$\bar{d}_g$	$\Delta$	$\bar{d}_v$	$\bar{d}_n$	$\bar{d}_g$	$\Delta$
3.836	3.686	0.150	+ 0.006	14.973	14.783	0.190	+ 0.001
845	705	140	- 0.004	995	805	190	+ 0.001
840	698	142	- 0.002	996	809	187	- 0.002
858	718	140	- 0.004	15.013	832	181	- 0.008
859	721	138	- 0.006	015	829	186	- 0.003
848	702	146	+ 0.002	14.987	802	185	- 0.004
837	684	153	+ 0.009	956	765	191	+ 0.002
842	700	142	- 0.002	990	804	186	- 0.003
839	694	145	+ 0.001	990	788	202	+ 0.013
Mittel: 0.144 $\pm$ 0.0012				Mittel: 0.189 $\pm$ 0.0013			

## Versuch XV.

(100)				(311)				(111)			
<i>dv</i>	<i>dn</i>	<i>dg</i>	$\Delta$	<i>dv</i>	<i>dn</i>	<i>dg</i>	$\Delta$	<i>dv</i>	<i>dn</i>	<i>dg</i>	$\Delta$
9·283	9·268	0·015	-0·001	9·841	9·818	0·023	-0·002	2·873	2·866	0·007	-0·005
288	273	015	- 001	849	825	024	- 001	885	874	011	- 001
290	273	017	+ 001	855	831	024	- 001	886	876	010	- 002
283	269	014	- 002	860	834	026	+ 001	877	858	019	+ 007
284	269	015	- 001	856	833	023	- 002	868	858	010	- 002
282	266	016	$\pm$ 000	850	826	024	- 001	877	862	015	+ 003
280	263	017	+ 001	843	816	027	+ 002	874	862	012	$\pm$ 000
280	262	018	+ 002	862	834	028	+ 003	Mittel: 0·012 $\pm$ 0·0007			
279	262	017	+ 001	859	831	028	+ 003				
Mittel: 0·016 $\pm$ 0·0003				Mittel: 0·025 $\pm$ 0·0005							

(331)				(110)				(210)			
<i>dv</i>	<i>dn</i>	<i>dg</i>	$\Delta$	<i>dv</i>	<i>dn</i>	<i>dg</i>	$\Delta$	<i>dv</i>	<i>dn</i>	<i>dg</i>	$\Delta$
6·497	6·483	0·014	-0·001	3·686	3·684	0·002	-0·005	14·805	14·802	0·003	-0·012
499	490	009	- 006	705	699	006	- 001	809	801	008	- 007
494	485	009	- 006	698	694	004	- 003	832	813	019	+ 004
496	483	013	- 002	718	712	006	- 001	829	818	011	- 004
507	493	014	- 001	721	712	009	+ 002	802	778	024	+ 009
499	475	024	+ 009	702	695	007	$\pm$ 000	804	781	023	+ 008
455	441	014	- 001	684	682	002	- 005	788	769	019	+ 004
467	446	021	+ 006	700	687	013	+ 006	Mittel: 0·015 $\pm$ 0·0016			
447	428	019	+ 004	694	682	012	+ 005				
Mittel: 0·015 $\pm$ 0·0011				Mittel: 0·007 $\pm$ 0·0009							

Anmerkung. Diese Bestimmungen hatten unter dem Umstand zu leiden, dass die durch wiederholte Aetzung schon ziemlich uneben gewordenen Platten von Versuch XII—XIV benützt wurden. Es wäre wünschenswert gewesen, dieselben abzuschleifen. Allein da sie durch die vorangehenden Versuche zum Theil Sprünge erhalten hatten, zog ich es vor, sie neuerlichen Gefahren nicht auszusetzen. Die Unebenheit der Oberfläche machte sich namentlich bei der Platte (210) unangenehm fühlbar was auch in den grossen Differenzen der *dg* sich ausdrückt. Das Mittel ist immerhin brauchbar.

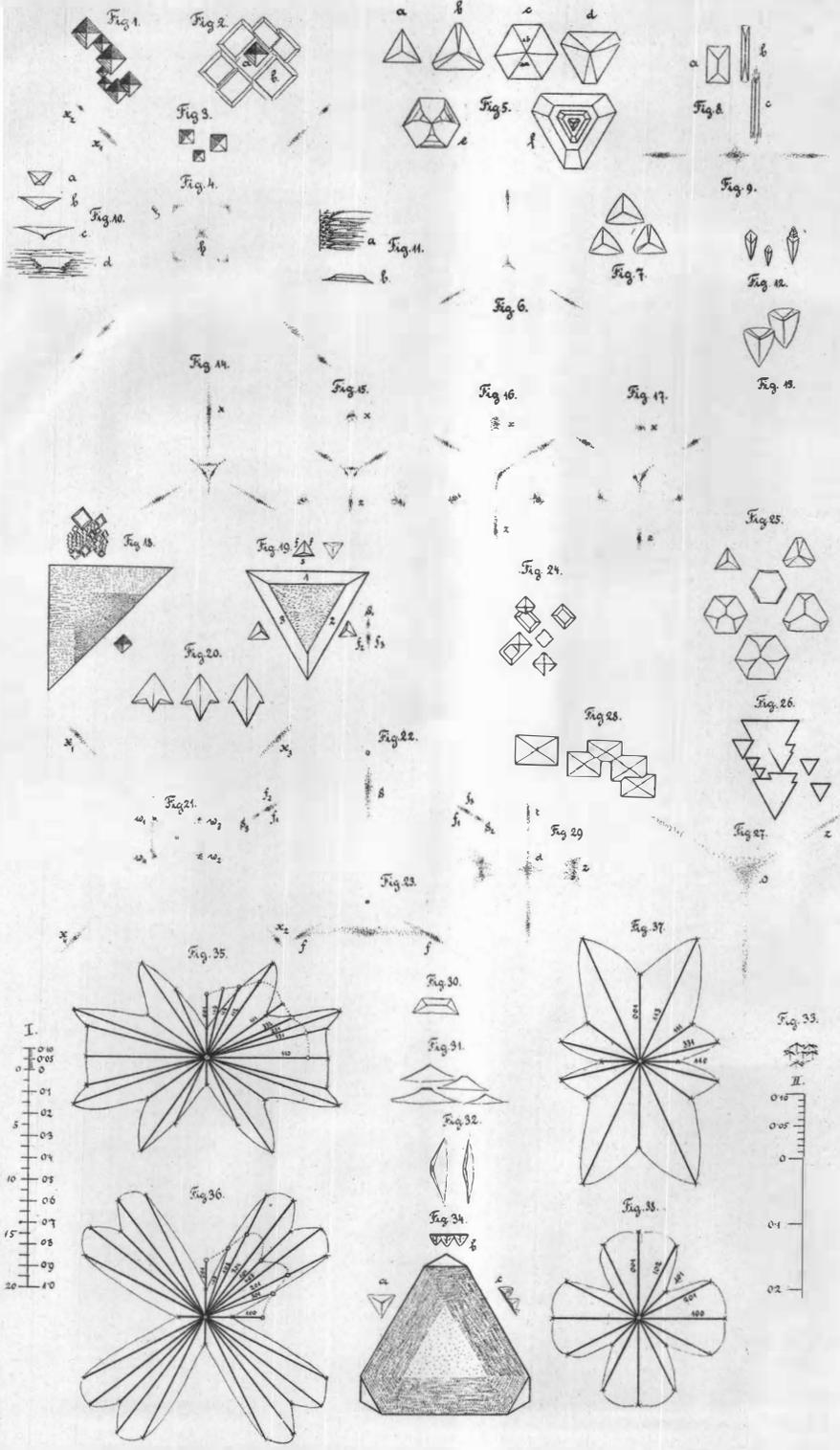
## Erklärung der Tafel VII.

Fig. 1—4. Würfelfläche.

- „ 1. Aetzgrübchen auf einer natürlichen Würfelfläche von Freiberg nach 1 Minute dauernder Aetzung in concentrirter siedender Salzsäure.
- „ 2. Aetzgrübchen auf einer geschliffenen Würfelplatte von Cumberland. Aetzdauer 9 Minuten, Aetzmittel: 22procentige Salzsäure bei der Temperatur des Wasserbades.

- Fig. 3. Aetzgrübchen von Tetrakishexaäderflächen gebildet, auf einer natürlichen Würfelfläche von Freiberg; Aetzmittel: Sehr stark verdünnte Schwefelsäure, siedend.
- „ 4. Lichtbild der natürlichen Würfelfläche von Freiberg. Die Einzeichnung der Reflexe erfolgt nach dem am linken Rande der Tafel gezeichneten Maassstab I. Aetzmittel: Mit gleicher Wassermenge verdünnte Salzsäure, Aetzdauer 1 Minute bei Siedetemperatur der Säure.
- „ 5. Aetzgrübchen auf der Oktaederfläche. *a*) Einfachste Form bei stark verdünnter (5procentiger) Salzsäure (Ikositetraeder); *b*) Hinzutreten schmalere Kantenabstumpfung; *c*) Ikositetraeder und Triakisoktaeder im Gleichgewicht; *d*) Triakisoktaeder vorherrschend (bei mässig verdünnter 20procentiger Salzsäure); *e*) Form der Aetzfigur bei Anwendung 20procentiger Salzsäure bei Zimmertemperatur und sehr langer Aetzdauer; *f*) treppenartige Abstufung der Aetzgrübchen.
- „ 6. Lichtfigur einer mit sehr verdünnter Salzsäure durch 2 $\frac{1}{2}$  Minuten bei Siedetemperatur geätzten Oktaederplatte von Freiberg. Maassstab I.
- „ 7. Ikositetraederfiguren, hervorgebracht durch heisse, mässig verdünnte Schwefelsäure (1 Theil conc. engl. Schwefelsäure, 1 Theil Wasser);  $\frac{1}{2}$  Minute Aetzdauer, Spaltfläche vom Fluorit von Freiberg.
- „ 8. Aetzfiguren auf einer Schlißfläche parallel (101) des Fluorit von Cumberland, *a* tiefere Figuren; *b*, *c* seichtere Rinnen, welche eng gedrängt die ganze Platte bedecken. Aetzmittel: 22procentige Salzsäure. Aetzdauer 9 Min. bei der Temperatur des Wasserbades.
- „ 9. Zugehörige Lichtfigur nach Maassstab I.
- „ 10. Aetzfiguren auf Ikositetraederflächen. *a* Auf (116) von Cornwall; *b* auf (113), *c* und *d* auf (112) Cumberland.
- „ 11. Aetzfiguren auf der Fläche (221) von Cumberland. *a* Partie am Seitenrande der Platte, zeigt die Aetzhügel auf der convexen Prärosionsfläche; *b* einzelne Aetzfigur von der Mitte der 9 Minuten mit 22procentiger Salzsäure geätzten Platte.
- „ 12. Aetzhügel auf einer Platte (304) von Cumberland,
- „ 13. Desgleichen auf einer Platte parallel (102), nach 9 Minuten Aetzdauer mit 22procentiger Salzsäure im Wasserbad.
- „ 14. Lichtbild der Oktaederfläche von Cumberland. 5 Minuten Aetzdauer in 5procentiger Salzsäure am Wasserbad.
- „ 15. Ebenso; 10procentige Salzsäure, 5 Minuten.
- „ 16. Ebenso; 15procentige Salzsäure, 2 Minuten.
- „ 17. Ebenso; 20procentige Salzsäure, 2 Minuten. Maassstab der Figuren 14—17, rechts unten II.
- „ 18. Würfelschnitt durch den anomalen Fluorit von Cornwall. Aetzung in circa 10procentiger Salzsäure. Oben reihenförmig angeordnete flache Aetzfiguren des oberen Randtheiles, rechts unten tiefe Aetzfigur vom Mittelfeld.
- „ 19. Oktaederspaltfläche von Cornwall mit anomalen Aetzfiguren. Am Rande ist die Form und Stellung der in jedem Sector auftretenden Aetzgrübchen gezeichnet. Punktirt: Form der Aetzgrübchen auf der Unterseite des Sectors I.

- Fig. 20. Form der Aetzfiguren auf Sector 1 einer Spaltungsplatte von Derbyshire.
- „ 21. Lichtbild der Würfelflatte Fig. 18. Der linke Randtheil ist verdeckt. Maassstab I.
- „ 22. Lichtbild der Oktaëderfläche Fig. 19.
- „ 23. Aehnliches Lichtbild bei Anwendung 11procentiger Säure von Sector 1 allein. Maassstab der Fig. 22 und 23 nach II.
- „ 24. Aetzfiguren auf der Würfelfläche von Freiberg. Aetzmittel siedende Lösung von KNa-Carbonat.
- „ 25. Aetzgrübchen auf der Spaltfläche des Fluorit von Freiberg. Geätzt eine Stunde mit siedender Sodalösung.
- „ 26. Aetzgrübchen auf einer Oktaëder-Schlifffläche des Fluorit von Cumberland. Geätzt mehrere Tage mit siedender Sodalösung.
- „ 27. Lichtfigur einer ähnlichen Platte von Freiberg. Maassstab II.
- „ 28. Aetzfiguren auf einer Platte (101) Fluorit von Cumberland. Geätzt wie Fig. 26.
- „ 29. Lichtbild einer ähnlichen Platte von Freiberg.
- „ 30. Aetzgrübchen auf einer Platte (304) von Cumberland. Geätzt wie Fig. 26.
- „ 31. Aetzgrübchen auf einer Fläche (102) von Cumberland. „ „ „
- „ 32. Aetzgrübchen auf der Fläche (313) von Cumberland. „ „ „
- „ 33. Aetzhügel auf einer Platte (112) von Cumberland. „ „ „
- „ 34. Anomaler Fluorit von Andreasberg. Unterseite einer abgespaltenen Lamelle; 2 Minuten in siedender 5procentiger Salzsäure geätzt. *a* Form der Aetzfiguren auf dem glänzenden Mittelfeld; *b* und *c* monosymmetrische Figuren auf den Sektoren, neben denen die Figuren gezeichnet sind.
- „ 35. Durchschnitt der Lösungsoberfläche des Fluorit nach der Nebensymmetrieebene. Durch  $\times$  sind die beobachteten Radienvectoren am Fluorit von Cumberland (Versuche X—XIV), durch  $\circ$  die Beobachtungen am anomalen Fluorit von Cornwall (Versuch VI) dargestellt. Die ausgezogene Linie beansprucht durchaus nicht eine richtige Darstellung des Durchschnittes ausserhalb der durch Versuch bestimmten Radien. So ist es nicht erwiesen, dass das Ikositeträedermaximum gerade mit (112), das Triakisoktaëdermaximum mit (221) zusammenfällt.
- „ 36. Durchschnitt der Lösungsoberfläche nach der Hauptsymmetrieebene.  $\times$  zeigen wieder die Beobachtungen der Versuche mit Fluorit von Cumberland (Versuche X—XIV),  $\circ$  die Zahlen des Versuches VII (Fluorit von Cornwall) an. Der Maassstab der Figuren 35 und 36 ist auf der linken Seite von Maassstab I aufgetragen. Die Strecken entsprechen der Abtragung in einer Minute, ausgedrückt in Tausendsteln des Millimeters ( $\mu$ ).
- „ 37. Durchschnitt der Lösungsoberfläche des Fluorit von Cumberland für Sodalösung nach der Nebensymmetrieebene.
- „ 38. Durchschnitt derselben Lösungsoberfläche nach der Hauptsymmetrieebene. Der Maassstab der Fig. 37 und 38 ist gleich, aber willkürlich.



Aut. del.

Tschermak's Mineral.u.petrograph. Mitth. XI. 4. 5.

Verlag von Alfred Hölder, k.u.k. Hof- und Universitäts-Buchhändler, Wien.

Photolithographie v. M. Jaffé, Wien, Währing.

~~~~~  
**Druck von Gottlieb Gistel & Comp. in Wien, I, Augustinerstrasse 12.**  
~~~~~