

XXI. Lösungserscheinungen am Anhydrit.

Von

W. Burkhardt in Leipzig.

(Hierzu Tafel IV.)

Inhalt.	Seite
Einleitung	209
I. Methode der Ätzung	210
II. Die Ätzfiguren	212
1. Ätzfiguren mit Schwefelsäure.	212
2. Ätzfiguren mit Salpetersäure	217
3. Ätzfiguren mit destilliertem Wasser.	219
4. Ätzfiguren mit Salzsäure	221
III. Die Lösungskörper	222
1. Allgemeines.	222
2. Lösungskörper mit Schwefelsäure.	223
3. Lösungskörper mit Salpetersäure	226
4. Lösungskörper mit destilliertem Wasser.	227
5. Lösungskörper mit Salzsäure	227
6. Abhängigkeit der Auflösungsgeschwindigkeit des Anhydrits von der Richtung und von der Natur des Lösungsmittels.	228
7. Entstehung von Ätzgrübchen und Ätzhügel	229

Einleitung.

Das Ziel meiner Untersuchungen war: die Kenntnis über den Anhydrit hinsichtlich seines Verhaltens beim Lösen zu erforschen, und zwar sollten die betreffenden Studien sich beziehen auf die Wirkung verschiedener Ätzmittel bei verschiedenen Temperaturen. In Betracht kamen Ätz- und Lichtfiguren, sowie Lösungskörper.

Über diese Umstände ist bislang bei Anhydrit nichts bekannt gegeben. Es zeigte sich, daß er in dieser Hinsicht von großem Interesse ist und zwar durch Mannigfaltigkeit der Ätzerscheinungen und insbesondere durch einen

eigenartigen Wechsel der Gestalt der Lösungskörper bei Anwendung verschiedenartiger Säuren.

Der verwendete Anhydrit stammt von Berchtesgaden und von Neustaßfurt. Der von Berchtesgaden und ein Teil des von Neustaßfurt waren wasserhell; öfters wies er Hohlräume von der Form {001}, {100}, {010} auf, die sich aber beim Ätzen nicht störend geltend machten. Der Anhydrit von Berchtesgaden zeigte ferner manchmal Verunreinigungen von gelber Farbe, wohl Brauneisenerz. Sie verschwanden beim Lösungsproceß in Säuren bald und hatten keinen nachteiligen Einfluß auf die Ausbildung der Ätzfiguren. An einigen Spaltstücken wurden Zwillingslamellen nach {101} beobachtet, die aber die Ätzung nicht derart beeinträchtigten, daß das Material unbrauchbar gewesen wäre. Der trübe Anhydrit von Neustaßfurt wurde von den Säuren heftiger angegriffen als der klare. Die Ätzeindrücke waren tiefer als bei dem klaren, die Prärosionsflächen aber traten viel weniger oder gar nicht deutlich hervor.

I. Methode der Ätzung.

Es wurden stets glatte Spaltpräparate verwendet, und zwar wurde das zu ätzende Material erst unmittelbar vor dem Gebrauche in ca. 8 cbmm große Stücke zerlegt. Auf diese Weise wurden die Bedingungen für die Bildung der Ätzfiguren für alle Präparate gleich gemacht, denn es hatte sich gezeigt, daß Flächen, die der Luft längere Zeit ausgesetzt waren, von Lösungsmitteln im allgemeinen schneller angegriffen werden als durch Spaltbarkeit frisch hergestellte. Es ist das vielleicht auf die vorbereitende, wenn auch nur submikroskopische Ätzwirkung des Wassergehaltes der Luft zurückzuführen. Damit etwaige Verunreinigungen an der Oberfläche keinen störenden Einfluß hätten, wurden die Spaltstücke vor dem Ätzen in Alkohol abgespült. Wasser konnte als Waschflüssigkeit nicht genommen werden, da es sehr bald Ätzfiguren erzeugt. Die so vorbereiteten Spaltstücke wurden den öfters erneuerten Ätzmitteln in Uhrgläsern ausgesetzt. Nicht immer erhielt ich gleich Figuren, die für die Untersuchung geeignet waren. Auf einigen Präparaten waren sie deutlicher als auf anderen, weshalb zweckmäßig jedesmal mehrere Spaltstücke unter den gleichen Bedingungen geätzt wurden.

Flächen, die überhaupt keine Ätzfiguren (also auch bei längerem Ätzen nicht) aufwiesen, wurden beim Anhydrit nicht beobachtet. Bekanntermaßen¹⁾ kommt derartiges bei ganz glatten Flächen am Steinsalz vor; an ihnen vollzieht sich die Lösung durch einfache Parallelverschiebung der Flächen. Beim Anhydrit ist anzunehmen, daß stets kleine, gelegentlich submikro-

¹⁾ Johnsen, Wachstum und Auflösung der Krystalle 1910, S. 10.

skopische, örtliche Ungleichmäßigkeiten der Flächenbeschaffenheit Ursache der Bildung von Ätzfiguren sind.

Als Ätzmittel wurden verwendet: Schwefelsäure spec. Gewicht 1,84; destilliertes Wasser; Salpetersäure spec. Gewicht 1,4; Salzsäure spec. Gewicht 1,12; 20 %ige Flußsäure; käufliche Kalilauge und Kaliumcarbonatlösung.

Bei allen Lösungsmitteln machte sich die Ätzung zuerst auf dem ersten Pinakoid {100} bemerkbar; hier entstehen wegen der weniger guten Spaltbarkeit leicht Bruchflächen, an welchen die Ätzmittel mehr Angriffstellen finden als auf den weniger versehrten vollkommenen Spaltflächen nach {010} und {004}. In der Regel folgen bezüglich Auftretens von Ätzfiguren das dritte Pinakoid {004} und zuletzt das zweite {010}. Auf dieser Fläche waren die Ätzfiguren im allgemeinen am deutlichsten.

Die Dauer bis zum Eintritt der ersten Spuren der Ätzung war bei den verschiedenen Flächen und Lösungsmitteln verschieden, gleiche Temperatur und oben angegebene Concentration der Säuren vorausgesetzt. Bei Schwefelsäure traten die ersten unter dem Mikroskop sichtbaren Ätzeinwirkungen in der kürzesten Zeit ein, im Durchschnitt nach etwa 10 Minuten, dann folgen Salzsäure mit 15 Minuten, Flußsäure mit 20 Minuten, destilliertes Wasser mit $4\frac{1}{2}$ Stunden, Salpetersäure mit 2 Stunden, Kalilauge mit $2\frac{1}{2}$ Stunden und Kaliumcarbonatlösung mit 3 Stunden, alles in bezug auf das dritte Pinakoid {004}. Doch treten nicht selten beträchtliche Schwankungen auf, denn manchmal ist schon in kürzerer Zeit an einzelnen Stellen der Oberfläche die Wirkung der Säure sichtbar. Der Grund für dieses frühzeitige Eintreten der Ätzfiguren kann nur an der zufälligen Beschaffenheit der Oberfläche des Ätzkörpers liegen. Entweder war die Fläche an jener Stelle gerade rauher als in der Umgebung, sodaß die Säure eine größere Angriffsstelle hatte, oder das Krystallgebäude ist nicht so gleichmäßig, wie man zunächst wohl annehmen möchte. In dieser Hinsicht kam besonders das dritte Pinakoid {004} in Betracht, wo bei einem Präparat bei Anwendung von Schwefelsäure schon nach 5 Minuten die Ätzeinwirkung zu sehen war.

Die Versuche wurden bei verschiedenen Temperaturen ausgeführt. Die besten Resultate erhielt ich bei gewöhnlicher Temperatur. Bei höheren Wärmegraden war die Einwirkung meist zu heftig, und auf Kosten dieser größeren Lösungsfähigkeit litt die Ausbildung der Ätzfiguren manchmal beträchtlich. Durch siedendheiße Schwefelsäure wurde das Material sehr schnell in kleine Spaltstücke zerteilt, die dann von der Säure bald aufgelöst wurden.

Ein günstiger Umstand war es, daß bei dem Ätzen (ausgenommen bei dem mit Alkalien) keine festen Ausscheidungen auftraten, durch die die Ätzuntersuchungen meist ungünstig beeinflusst werden.

II. Die Ätzfiguren.

1. Ätzfiguren mit Schwefelsäure.

A. Ätzfiguren bei gewöhnlicher Temperatur.

a) Auf dem dritten Pinakoid $\{001\}$.

Auf dem dritten Pinakoid $\{001\}$ machte sich die erste Spur der Ätzung am Rande gegen $\{010\}$ und an Sprüngen parallel der a -Axe bemerkbar, und zwar erschienen diese Stellen mit kleinen Ätzhügeln fischschuppenartig bedeckt (Taf. IV, Fig. 1)¹⁾. Ausgebildete Ätzfiguren auf der Fläche selbst wurden erst nach einer Ätzdauer von 10 Minuten beobachtet. Nach 15 Minuten langem Ätzen trat die Einwirkung der Säure auf allen Teilen der Oberfläche hervor, in Gestalt von verhältnismäßig vereinzelt stehenden schwach sichtbaren Rhomben, deren entsprechende Seitenlinien nicht immer genau parallel zueinander lagen. Ihre längere Diagonale war die b -Axe (Fig. 2).

Bei längerem Einwirken der Säure wurden die Figuren deutlicher, und bald erkennt man, daß es sich um Vertiefungen handelt, welche von vier Pyramidenflächen gebildet werden. Die Winkel der Umrandung der Grübchen schwankten vorne zwischen 72° und 82° . Der Winkel $(110):(1\bar{1}0)$ bei Anhydrit beträgt $83^\circ 33'$, sodaß die Pyramidenflächen der Ätzfiguren, wenn auch nur angenähert, der Zone $(110):(001)$ angehören. Die Spitze der Ätzfigur lag nicht selten seitlich etwas verschoben, sodaß infolgedessen außer den im Grundriß disymmetrischen Figuren auch mono- und unsymmetrische vorkamen (Fig. 2b). Bisweilen trat an dem Boden dieser Grübchen anstatt einer Pyramidenspitze $\{001\}$ auf, eine Erscheinung, die besonders den größeren Figuren eigen ist. Manchmal beobachtete ich an den letzteren treppenförmigen Aufbau (Fig. 2b und c).

Bei längerer Ätzdauer erscheinen auch Figuren von sechsseitigem Umriss (c in Fig. 2). Die beiden neu hinzutretenden Flächen sind nur mit starker Vergrößerung sichtbar. Sie entstehen als Abstumpfungen der im Hauptschnitt $a c$ liegenden vertieften Polkanten der Pyramiden. Durch diese nicht immer bis zum Grunde der Grübchen reichenden Flächen wird ein Teil der Ätzeindrücke auf dem dritten Pinakoid $\{001\}$ nach $\{100\}$ monosymmetrisch, also polar nach Axe b , denn die mit $\{001\}$ gebildete Kombinationskante geht der b -Axe nicht genau parallel, sondern bildet einen kleinen Winkel mit ihr. Es handelt sich bei ihnen um Pyramidenflächen, welche die b -Axe in sehr großer Entfernung schneiden.

¹⁾ Alle Figuren sind krystallographisch orientiert.

b) Auf dem zweiten Pinakoid $\{010\}$.

Die ersten Einwirkungen der Säure waren am Rande nach $\{100\}$ in Form von größeren und kleineren Zacken sichtbar, die die Querschnitte von erhabenen Ätzfiguren auf dem ersten Pinakoid $\{100\}$ darstellen. Erst nach 20 Minuten traten auch Ätzfiguren auf der ganzen Fläche von $\{010\}$ auf, die sich als dichtgedrängte, schwarze, rhombenförmige, disymmetrisch gelagerte Figuren von der Oberfläche abheben. Es waren vierseitige, pyramidale Vertiefungen, wie auf dem dritten Pinakoid $\{004\}$, aber viel kleiner als letztere. Bei ihnen war es infolge der geringen Größe (Kantenlänge ca. 0,003 mm) ausgeschlossen, Neigungswinkel zu messen. Abstumpfungen der Spitze wurden erst in späteren Stadien beobachtet. Auffallend ist, daß die Grübchen nur wenig über ihre anfängliche sehr geringe Größe hinaus wuchsen.

c) Auf dem ersten Pinakoid $\{100\}$.

Schon nach 5 Minuten langer Einwirkung der Säure war die Ätzung wahrzunehmen in Gestalt von feinen, schmalen Riefen parallel der b -Axe, die an Bruchstellen absetzen, bei ebener Spaltfläche aber über das ganze Präparat hinwegreichen. Zwischen je zwei Furchen entsteht eine erhabene scharfe Kante.

Außer diesen Ätzfiguren machen sich unregelmäßig begrenzte punktähnliche Gebilde bemerkbar, die an manchen Stellen dicht zusammenliegen, an anderen wieder mehr vereinzelt auftreten. Diese wachsen bei weiterer Ätzung hauptsächlich in der Richtung der b -Axe, und nach etwa 10 Minuten langer Ätzdauer zeigen sich nach Axe b gestreckte Ätzhügel (Fig. 3a) der Combination $\{h\ 0\ l\}$ und $\{h\ k\ 0\}$. Während diese erhabenen Ätzfiguren größere Dimensionen annehmen, verschwinden die Riefen auf $\{100\}$. Die Ätzhügel sind meist im Grundriß disymmetrische Figuren; manchmal zeigte sich auf einer Fläche des Prismas 2. Art $\{h\ 0\ l\}$ noch ein kleines Individuum. Jedoch wurden auch im Grundriß nach $\{004\}$ monosymmetrische Figuren beobachtet, bei denen die eine Prismenfläche viel größer als die andere ausgebildet war. Erstere zeichnet sich gewöhnlich durch hohen Glanz aus, sodaß die ganze Figur manchmal nur aus dieser einen glänzenden Prismenfläche zu bestehen scheint. Erst mit starkem Objectiv und nach einigem Suchen sieht man dann auch die anderen Flächen schwach angedeutet.

Bei der Betrachtung der Figuren auf $\{100\}$ vom zweiten Pinakoid $\{010\}$ aus konnte ich gelegentlich im Mikroskop den inneren Winkel des Prismas 2. Art $\{h\ 0\ l\}$ auf $\{100\}$ zu ca. 97° messen. Das entspricht dem Prisma $\{104\}$, für welches der Winkel $96^\circ 30'$ berechnet wurde¹⁾. Die Flächen des Prismas 3. Art $\{h\ k\ 0\}$ der Ätzhügel bilden, wie man im Querschnitt

¹⁾ Bei allen Berechnungen wurde das Axenverhältnis 0,8932 : 1 : 4,0008 zugrunde gelegt.

auf $\{004\}$ sieht, einen Winkel von etwa 130° miteinander (Schwankungen von 2°); der Winkel für $\{210\}$ ist $131^\circ 52'$. Die Combination der Ätzhügel auf $\{100\}$ ist also $\{104\}$, $\{210\}$, in der Annäherung, wie es die Ausbildung von Ätzfiguren bekanntermaßen anzugeben zuläßt.

d) Auf einer neu entstandenen Lösungsfläche $\{0kl\}$.

Nach mehrstündigem Ätzen zeigte sich bei Platten nach $\{004\}$, daß die Combinationskanten $(004):(010)$ von der Säure viel stärker angegriffen waren als die von $(004):(100)$. Man sah deutlich, daß sich hier eine neue Fläche herauszubilden begann. (Vergl. Lösungskörper Fig. 22.) Die Ätzfiguren auf dieser zum dritten Pinakoid $\{004\}$ schrägen Fläche $\{0kl\}$ sind dreiseitig begrenzte, nach dem Hauptschnitt bc symmetrische, erhabene Gestalten, von denen nur eine mit $\{004\}$ zugleich reflectierende Fläche glänzend ist. Die anderen beiden Flächen waren rauh aussehende Pyramidenflächen, die den Eindruck machten, als wenn sie aus schichtweise übereinander gelagerten $\{004\}$ -Flächen gebildet seien. Die Figuren gleichen Graten, die durch tiefe Täler voneinander getrennt sind. Sie zogen sich quer über die ganze Lösungsfläche hin. Nicht immer waren diese Ätzhügel so schön ausgebildet, wie es Fig. 4 zeigt; auf den meisten Präparaten gewahrte man nur Teile der eben beschriebenen Gestalten, die als Charakteristikum aber alle die glänzende $\{004\}$ -Fläche zeigten.

B. Ätzfiguren mit kochender Schwefelsäure.

Bei Verwendung von kochender Schwefelsäure als Ätzmittel beobachtete ich schon nach Verlauf von 2 Minuten auf dem zweiten Pinakoid $\{010\}$ gut ausgebildete Ätzfiguren, die denen auf S. 213 unter b beschriebenen der Gestalt nach gleich sind, sie an Größe aber etwas übertreffen. Nicht selten waren die Grübchen verzerrt, insbesondere lag die Pyramiden spitze im Grundriß fast immer unsymmetrisch zum Umriß der Ätzfiguren.

Auf dem ersten Pinakoid $\{100\}$ findet man wieder die früher beschriebenen briefcouvertähnlichen Ätzhügel.

Nur die Ätzfiguren auf dem dritten Pinakoid $\{004\}$ weisen sicher darauf hin, daß die Ätzung unter anderen Bedingungen geschah. Anstatt der mit kalter Säure erzeugten vierseitigen pyramidalen Vertiefungen zeigen sich nach der b -Axe gestreckte monosymmetrische Grübchen von den nach Axe b polaren Formen der Fig. 5. Scharf ausgeprägt sind hauptsächlich die beiden Enden der Figuren.

C. Lichtfiguren.

Zwecks Beobachtung von Lichtfiguren wurde die auf dem Goniometer centierte und justierte Fläche in der Regel durch ein Punktsignal beleuchtet.

Hinter dem Goniometer wurde ungefähr senkrecht zur mittleren Sehrichtung ein auf einem Reißbrett befestigtes Blatt Papier angebracht und die Lichtfigur auf letzterem nachgezeichnet.

Vor der Schilderung der Erscheinungen sei darauf hingewiesen, daß die Symmetrie der Ätzfiguren im allgemeinen nicht mit der Symmetrie zugehöriger Lichtfiguren übereinstimmt, wie sie vom Auge bei einer Stellung der geätzten Platte erblickt wird. Das geht aus den stereographischen Projectionen (Figg. 6, 7, 8 und 9) hervor. Darin sind L_{10° , L_{20° usw. Lichtstrahlen, die unter Winkeln von 10° , 20° usw. zum Lot der durch F_1 , F_2 usw. dargestellten Schar spiegelnder Flächen auffallen. Wie man zu den Curven B.-R. f. L_{0° , B.-R. f. L_{10° ¹⁾ usw. kommt, sei im folgenden erläutert.

Trifft ein Lichtstrahl beispielsweise in Richtung L_{30° (Fig. 6) auf die Fläche F_1 ob. ²⁾, so wird er von F_1 ob. reflectiert und erzeugt ein Bild in Richtung des durch den Punkt $B_{30^\circ} F_1$ ob. ³⁾ dargestellten Lichtstrahles. Ebenso gehören zusammen L_{30° und F_2 ob. mit $B_{30^\circ} F_2$ ob. In ganz analoger Weise erhält man die Punkte $B_{30^\circ} F_1$ u., $B_{30^\circ} F_2$ u. ⁴⁾ usw. durch Reflexion des Lichtstrahles L_{30° von den durch F_1 u. und F_2 u. usw. dargestellten Flächen. B.-R. f. L_{30° ist die Projection der Curve, auf der alle Reflexe von den verschiedenen durch F dargestellten Flächen liegen.

Fig. 7 zeigt, wie die Lichtfiguren der von vier gekrümmten Pyramidenflächen gebildeten Ätzfiguren aussehen; insbesondere z. B. entspricht B.-R. f. L_{20° der Lichtfigur von Pyramidenflächen F aus den in der Fig. 7 angegebenen Zonen, auf welche ein Lichtstrahl unter einem Winkel von 20° zum Lote auf den Grundkreis auffällt. Für eine von vier ebenen Pyramidenflächen begrenzte Ätzfigur erhält man anstatt der Linien Punkte, deren geometrischer Ort durch die stereographische Projection leicht bestimmt werden kann.

Übertragen wir das Vorhergehende beispielsweise auf das erste Pina-koid {100}. Prismenflächen 1. Art {0 h l } machen sich dann in der Lichtfigur nicht geltend, weil das von ihnen reflectierte Licht nicht in das Auge des Beobachters gelangt. Von ineinander verlaufenden Prismenflächen 2. Art { h 0 l } erhält man in der Lichtfigur Curven, wie sie in Fig. 6 projiziert sind, und von der Zone der Prismenflächen 3. Art { h h 0} bekommt man eine gerade Lichtlinie. Die Lichtfigur von Pyramidenflächen zeigt Fig. 7.

1) B.-R. f. L_{10° = Bildreihe für einen Lichtstrahl, der unter 10° auf F_1 , F_2 usw. auffällt.

2) ob. = oben (Fallen im geologischen Sinne nach dem Centrum des Grundkreises zu.)

3) $B_{30^\circ} F_1$ ob. = Bildrichtung von einem unter 30° zum Lot auf F_1 ob. auffallenden Lichtstrahl.

4) u. = unten.

Die stereographischen Projectionen lehren also, daß auf geätzten $\{100\}$ -Flächen, deren c -Axe mit der Goniometeraxe zusammenfällt, die Reflexe von Prismenflächen 2. Art und von Pyramidenflächen nicht auf geraden, sondern auf gekrümmten Linien liegen, und zwar ist der Grad der Krümmung abhängig von der Größe des Einfallswinkels des Lichtstrahles. Eine gerade Linie bekommt man von der Reihe der Prismenflächen 2. Art $\{h\ 0\ l\}$ nur, wenn der Lichtstrahl unter dem Einfallswinkel von 0° auffällt.

Daß die Krümmung der Lichtbögen entgegengesetzt ist zu der in den Projectionsfiguren, erklärt sich durch die spiegelbildliche Betrachtung.

Die Figg. 8 und 9 sind Beispiele dafür, in welcher Weise sich der Grad der Krümmung der Lichtfiguren mit dem Einfallswinkel ändert. Fig. 8 veranschaulicht Lichtfiguren von Ätzfiguren, wie sie Figg. 19a und b darstellen, wenn der Lichtstrahl unter 80° (Fig. 8a), 60° (Fig. 8b) und 40° (Fig. 8c) zum Lote der Ätzflächen auffällt.

Man sieht bei diesem Experiment deutlich, daß die Krümmung des Lichtbogens, der von der Zone der $\{h\ 0\ l\}$ -Flächen herrührt, wechselt, hingegen die Zone der $\{0\ k\ l\}$ -Flächen sich als gerader Lichtstreifen bekundet.

Aus den Figg. 9a, b und c ist ersichtlich, wie sich die Lichtfigur von Pyramidenflächen bei wechselnder Incidenz des Lichtstrahles ändert. Insbesondere ist Fig. 9a die Lichtfigur von den auf S. 212 unter a beschriebenen Ätzfiguren auf $\{001\}$, auf die ein Lichtstrahl unter 80° fällt. Bei Fig. 9b fällt er unter 60° und bei Fig. 9c unter 40° auf.

Man sieht also, daß durch Reflexion hervorgerufene Lichtfiguren bei schrägem Einfallen des Lichtes oftmals einen geringeren Grad der Symmetrie aufweisen als die zugehörigen, unter dem Mikroskop beobachteten Ätzfiguren. Das wahre Symmetriebild erhält man durch Combination der Lichtbilder von senkrecht gestellten Zonen.

Lichtfiguren der Ätzfiguren mit Schwefelsäure.

Wie Fig. 10 zeigt, besteht die Lichtfigur von dem mit Ätzfiguren wie in Fig. 2 bedeckten dritten Pinakoid $\{001\}$ aus einem vierstrahligen Stern. Wären die Ätzflächen eben, so müßte die Lichtfigur aus vier Punkten bestehen; statt deren beobachtet man Lichtstreifen; es werden also die Ätzflächen gebogen sein, wie schon Solger¹⁾ in ähnlichen Fällen hervorhob. Diese von Becke²⁾ als »Schleppung« bezeichnete Krümmung der Ätzflächen war auch bei einigen größeren Figuren im Mikroskop sichtbar. Es liegt auch die Möglichkeit vor, daß viele gedrängte Lichtpunkte, wie sie zahlreiche ebene Flächen einer Zone liefern, vom Auge nicht auseinandergehalten werden.

1) N. Jahrb. f. Min., Geol. usw. 1904, Beil.-Bd. 13, 469 ff. Ausz. diese Zeitschr. 36, 288.

2) Min. u. petrogr. Mitt. 1885, 7, 240. Ausz. diese Zeitschr. 17, 200.

Die kleineren Flächen der Ätzfiguren lieferten keine Reflexe, wohl aus dem Grunde, weil diese Flächen in zu geringer Anzahl, nur an einem kleinen Teil der Ätzfiguren beobachtet wurden und sie auch viel kleiner sind als die den hellen Strahlen entsprechenden Flächen. Ihre Reflexe sind daher nicht lichtstark genug, um hervortreten zu können. Bei einem Präparat fand ich nach längerem Suchen ganz oben einen keilförmigen Reflex. Später wurde auch der der zweiten kleinen Fläche entsprechende gefunden, der aber noch lichtschwächer war als jener. Das unterschiedliche Verhalten der beiden kleinen Flächen bezüglich ihrer Lichtstärke in der Lichtfigur rührt daher, daß manchmal nur die eine der beiden Flächen an den Ätzfiguren ausgebildet war. Der Centralreflex zeichnet sich durch maximale Helligkeit aus und rührt nur von dem von Ätzfiguren nicht bedeckten Teil der ursprünglichen Fläche des dritten Pinakoids {001} her.

Das zweite Pinakoid {010} liefert sowohl im reflektierten als auch durchfallenden Lichte nur einen von der geätzten Fläche selbst herrührenden Schein. Die Ätzgrübchen sind zu klein, als daß sie sich in einer Lichtfigur geltend machen könnten.

Die Lichtfigur des ersten Stadiums der Ätzung, d. h. von den Riefen und erhabenen Kanten auf {100}, ist bei senkrechter Stellung der Axe b eine gerade Linie, wie zu erwarten war. Zwei Lichtpunkte, wie sie die ideale Lichtfigur fordert, konnte ich nicht beobachten. Die Lichtfigur der Ätzfiguren des zweiten Stadiums wird unter dem Capitel »Lösungskörper mit Schwefelsäure« beschrieben werden.

2. Ätzfiguren mit Salpetersäure.

A. Ätzfiguren bei gewöhnlicher Temperatur.

a) Auf dem dritten Pinakoid {001}.

Von allen verwendeten Säuren griff Salpetersäure den Anhydrit am wenigsten, nämlich erst nach stundenlangem Ätzen, deutlich an. Die Längsaxe der Ätzfiguren auf {001} ist die b -Axe. Aus diesen Figuren werden später gestreckte, nicht selten 0,3 mm lange Grübchen. Fig. 11a gibt ein Bild von diesen Figuren, deren Mitte gewöhnlich durch ein sich von der Oberfläche schwarz abhebendes sechseckiges Ätzgrübchen angedeutet ist. Außer diesen in geringer Zahl auftretenden disymmetrischen Figuren beobachtete ich öfters im Grundriß nach {010} monosymmetrische, wie sie Fig. 11b darstellt. Auch zeigen sich außer diesen regelmäßigen Formen noch mehr verzerrte.

Die erste Einwirkung der Säure war wiederum am Rande nach {010} sichtbar in Gestalt von öfters fischschuppenartig übereinanderliegenden Ätzhügeln. Zum Unterschiede von den scharfkantigen und eckigen der Schwefelsäure zeigen sich aber mehr verrundete Formen (Fig. 12).

b) Auf dem zweiten Pinakoid $\{010\}$.

Hier bilden sich zunächst vierseitige Grübchen, die von vier Prismenflächen, und zwar je zwei 1. $\{0kl\}$ und 3. Art $\{h k 0\}$ begrenzt sind (Fig. 13a und b). Anfangs sind sie nach der c -Axe gestreckt, später aber zeigen sie quadratische Form (Fig. 13c). Ebenso wie bei den mit Schwefelsäure erzielten fällt sofort das massenhafte Auftreten der Ätzfiguren auf dem zweiten Pinakoid $\{010\}$ ins Auge. Sie stehen viel dichter als auf $\{001\}$ und $\{100\}$.

Im weiteren Verlaufe des Ätzprocesses treten Figuren auf, die in bezug auf Flächenreichtum alle anderen übertreffen. Diese besonders hübschen Figuren (Fig. 13d) zeigen die Prismenflächen 1. und 3. Art $\{0kl\}$ und $\{h k 0\}$ meist treppenförmig ausgebildet. Bei einigen sind alle vier Combinationskanten durch Pyramidenflächen schräg bzw. gerade abgestumpft (Fig. c und d). Das Centrum des ganzen Grübchens zeigt ein um 45° zum Umriß gedrehtes Rechteck, eine der geätzten parallele Fläche. Diese sternartigen Gebilde sind scheinbar tetrasymmetrisch, in Wirklichkeit aber doch wahrscheinlich disymmetrisch.

Nach langem Ätzen fließen die Ätzfiguren zusammen, bzw. sie greifen oft ineinander, wodurch unregelmäßige Begrenzungen entstehen. Deutlich heben sich von der Oberfläche dann nur die inneren schwarzen rechteckigen Figuren ab. Eine Indexbestimmung der auftretenden Flächen war wegen ihrer geringen Größe nicht möglich.

c) Auf dem ersten Pinakoid $\{100\}$.

Als Anfangsstadium bemerkte ich wieder die auf S. 243 beschriebenen Leisten. Später zeigen sich dann lange, schmale, nach Axe b gestreckte und nach ihr polare monosymmetrische Gestalten (Fig. 14).

B. Ätzfiguren mit kochender Salpetersäure.

Die mit kochender Salpetersäure erhaltenen Ätzfiguren sind, abgesehen davon, daß sie geringere Größe haben, im großen und ganzen den mit kalter Säure erzielten ähnlich. Nur die Ätzfiguren auf dem zweiten Pinakoid $\{010\}$ machen eine Ausnahme. Hier treten disymmetrische, von Pyramidenflächen gebildete Grübchen auf, deren Polecke gewöhnlich durch eine $\{010\}$ -Fläche abgestumpft ist (Fig. 15). Diese wächst bei längerem Verweilen des Präparates in der Säure auf Kosten der Pyramidenflächen und gewährt bald kleineren Figuren Platz. Auffallend ist, daß sich auf $\{010\}$, zum Unterschiede von den anderen Spaltflächen, später wenig oder keine neuen Figuren bilden, vielmehr wirkt die Säure hauptsächlich da weiter, wo sie angegriffen hat. Das ist ein Charakteristikum des zweiten Pinakoids $\{010\}$.

C. Lichtfiguren.

Entsprechend den nach der b -Axe gestreckten Grübchen auf dem dritten Pinakoid $\{001\}$ erhält man als Lichtfigur eine wagerechte Linie, wenn die Längsrichtung der Ätzfiguren vertical gestellt wird. Um das Centrum der Figur, das der $\{001\}$ -Fläche entspricht, ist das Lichtbild ein wenig verwaschen.

Die geätzte $\{010\}$ -Fläche zeigt unscharfe, verwischte Reflexe. Die von der $\{100\}$ -Fläche beschriebenen Ätzfiguren ergeben als Lichtfigur eine gerade Linie, wie sie auch vom ersten Pinakoid $\{100\}$ beschrieben wurde (vergl. S. 217).

3. Ätzfiguren mit destilliertem Wasser.

A. Ätzfiguren bei gewöhnlicher Temperatur.

a) Auf dem ersten Pinakoid $\{100\}$.

Destilliertes Wasser greift das Material kräftiger an, als erwartet wurde. Die ersten Ätzfiguren traten früher ein als z. B. bei Verwendung von Salpetersäure. Bereits nach 3 Minuten zeigten sich im Mikroskop auf dem ersten Pinakoid $\{100\}$ wahrnehmbare Spuren der Ätzung in Form von den unter »Ätzfiguren mit Schwefelsäure« beschriebenen Riefen und Erhöhungen (S. 213). Es handelt sich auch hier um das Prisma 2. Art $\{101\}$.

Bei längerem Ätzen erhält die Oberfläche durch neue Bildungen, die senkrecht zu den Riefen verlaufen, ein narbiges Aussehen, welches dem durch Schwefelsäure hervorgebrachten ähnlich ist. Auch hier wachsen im zweiten Stadium die Ätzfiguren schneller als im ersten. Im Querschnitt auf dem dritten Pinakoid $\{001\}$ sieht die Fläche des ersten Pinakoids $\{100\}$ nahtförmig tief eingekerbt aus, wie es Fig. 16 zeigt.

Besonders auffällig trat bei der Ätzung mit destilliertem Wasser hervor, daß gelegentlich einzelne Etappen der Ätzfiguren nicht erschienen. So zeigte ein Präparat nach dreitägigem Verweilen in destilliertem Wasser noch nicht das zweite Stadium der Figurenbildung. Bei anderen Spaltstücken war das erste Stadium nicht zu beobachten, sondern es traten gleich Figuren zweiten Stadiums auf.

Was den Symmetriegrad der Figuren zweiten Stadiums betrifft, so sind sie die einzigen am Anhydrit beobachteten, die im Grundriß durchgehend unsymmetrisch erscheinen. Auch war keine Figur der anderen ganz gleich.

b) Auf dem zweiten Pinakoid $\{010\}$.

Das zweite Pinakoid $\{010\}$ ist im Anfang der Ätzung charakterisiert durch Ätzfiguren aus je zwei schmalen, der a -Axe parallelen Strichen von ca. 0,02 mm Länge. Wie Fig. 17 zeigt, findet man an der Mitte der einen

Linie (also einseitig) einen Punkt. Beim Heben des Tubus entsteht zwischen den beiden Strichen ein heller Schein, was nach meiner Erfahrung darauf hindeutet, daß es sich um Grübchen handelt. Sie bestehen aus je zwei Prismenflächen 1. Art $\{0\ k\ l\}$ und 3. Art $\{h\ k\ 0\}$.

c) Auf dem dritten Pinakoid $\{001\}$.

Kurz nach erfolgtem Eintritt der Ätzung zeigen sich auf $\{001\}$ Striche, die den Ätzgrübchen auf dem zweiten Pinakoid $\{010\}$ (Fig. 47) ähnlich sind. Ihre Längserstreckung geht parallel Axe a , sie sind nur etwa halb so lang als jene, aber viel tiefer. Eigenartig ist es, daß die Neigung der in Rede stehenden Ätzgrübchen (Fig. 46) zur angeätzten Fläche $\{001\}$ wechselt. Dabei bleibt aber die Spitze der Ätzfigur im Hauptschnitt bc . So wurde es auch bei der Salzsäureätzung beobachtet. Entsprechendes scheint bei den Ätzgrübchen auf $\{010\}$ (Fig. 47) vorzuliegen. Das Einfallen ist im übrigen bald rechts, bald links gerichtet.

Bei längerer Ätzdauer treten auf $\{001\}$ außer den eben beschriebenen Ätzeindrücken noch fünf- und sechseckige weniger tiefe Grübchen auf, wie es Fig. 46 zeigt. Die zuerst beschriebenen Figuren fehlen später.

Die mit kochendem destillierten Wasser entstehenden Ätzfiguren zeigen nichts Neues.

B. Lichtfiguren.

Wegen der Ähnlichkeit der Ätzfiguren auf $\{100\}$ mit denen bei der Schwefelsäureätzung erhält man auch dieselbe Lichtfigur wie dort.

Die von der geätzten $\{010\}$ -Fläche besteht aus zwei getrennten scharfen Punktreflexen, die Prismenflächen 3. Art $\{h\ k\ 0\}$ entsprechen. Der Winkel zwischen beiden Reflexen wurde einmal zu $40^{\circ}30'$, ein anderes Mal zu nahe 0° gemessen. Ein Reflex der $\{010\}$ -Fläche fehlte, weil sie mit Ätzfiguren so dicht bedeckt ist, daß von der ursprünglichen Oberfläche fast nichts mehr vorhanden ist. Von den Punktreflexen gingen gabelförmige Reflexe aus, die andeuten, daß sich auch Pyramidenflächen an dem Aufbau der Ätzfiguren beteiligen, und tatsächlich wurden bei den Lösungskörpern, wo die Entwicklung der Ätzfiguren noch weiter fortgeschritten ist, auch solche beobachtet. Eine schwach sichtbare, zwischen beiden Punktreflexen fast vertical verlaufende Linie symbolisiert die Prismenflächen 1. Art $\{0\ k\ l\}$, die, der Lichtfigur nach zu urteilen, nicht so gut, bzw. nicht so groß ausgebildet sind, als die Prismenflächen 3. Art $\{h\ k\ 0\}$.

An dem Aufbau der Ätzgrübchen auf $\{001\}$ nehmen, wie aus der Lichtfigur (Fig. 48) hervorgeht, Prismenflächen 1. und 2. Art $\{0\ k\ l\}$ und $\{h\ 0\ l\}$ teil.

4. Ätzfiguren mit Salzsäure.

A. Ätzfiguren bei gewöhnlicher Temperatur.

a) Auf dem dritten Pinakoid $\{004\}$.

Viel kräftiger als Salpetersäure und destilliertes Wasser wirkt Salzsäure ein; sie steht bezüglich ihrer auflösenden Kraft beim Anhydrit der Schwefelsäure kaum nach. Fast in derselben kurzen Zeit wie bei letzterer zeigen sich auf $\{004\}$ schräg einfallende Grübchen (Fig. 49), wie sie im vorigen Capitel von $\{004\}$ beschrieben worden sind. Oft beobachtet man auch Ätzeindrücke, wie sie Fig. 49b veranschaulicht; sie stellen Teile der Fig. 49a dar.

Als compliciertere Ätzfiguren entstehen später solche, die den auf S. 220 beschriebenen nicht unähnlich sind (Fig. 49d). Sie setzen sich zusammen aus mehreren Einzelfiguren, von denen die innerste am tiefsten liegt (treppenförmiger Aufbau). Je länger die Ätzung dauert, desto mehr verschwinden die Figuren der ersten Art und desto häufiger treten solche vom Typus der Fig. 49d auf. Letztere sind fast immer verzerrt und entstehen aus den ersteren infolge Streckung nach der b -Axe.

b) Auf dem zweiten Pinakoid $\{010\}$.

Im ersten Stadium der Bildung sind die Ätzfiguren den mit destilliertem Wasser auf derselben Fläche erzeugten so ähnlich, daß man sie von ihnen gar nicht zu unterscheiden vermag. Bald aber tritt deutlich die stärkere Lösungskraft der Salzsäure hervor. Später sind die Ätzfiguren nicht so lang wie jene, aber dafür viel breiter und tiefer. In der Regel zeigen sie eine die Polecke abstumpfende $\{010\}$ -Fläche von sechseckiger Gestalt (Fig. 20), die bei der Verwendung von destilliertem Wasser als Ätzmittel nicht aufzutreten scheint. Die anfangs vierseitigen Grübchen gehen schließlich in sechsseitige über, indem eine Furche parallel der a -Axe die Prismenflächen 3. Art $\{hk0\}$ zu Pyramidenflächen umgestaltet (Fig. 20).

Als interessante Tatsache wäre noch hervorzuheben, daß die Pyramiden- und Prismenflächen 1. Art $\{0kl\}$, viel mehr aber noch die Prismenflächen 3. Art $\{hk0\}$ im Verlaufe des Ätzens immer steilere Lage zur geätzten Fläche bekommen, wodurch die schwarz erscheinende $\{010\}$ -Fläche am Grunde der Figuren an Ausdehnung gewinnt. Die neugebildete Ätzfläche $\{010\}$ verhält sich aber insofern anders als die ihr parallele Spaltfläche, als auf ersterer bei weiterer Ätzung gleich Figuren mit steil abfallenden Ätzflächen entstehen.

c) Auf dem ersten Pinakoid $\{100\}$

erzeugt Salzsäure dieselben Ätzfiguren wie destilliertes Wasser.

Die Ätzfiguren mit kochender Salzsäure sind den mit kalter Salzsäure erhaltenen gleich.

B. Ätzversuche mit gasförmiger Salzsäure.

Schließlich stellte ich auch Ätzversuche mit gasförmiger trockener Salzsäure an. In dem Salzsäurestrom wurde ein Anhydritspaltstück etwa 12 Stunden lang belassen. Nach dieser Zeit zeigte sich noch keine Spur von Ätzung. v. Ebner¹⁾ hat mit wasserfreien Säuren am Kalkspat auch keine Ätzfiguren erhalten.

C. Lichtfiguren.

Auch in der Lichtfigur kommt die Verwandtschaft der Ätzfiguren auf dem ersten Pinakoid $\{100\}$ mit den im vorigen Capitel unter c beschriebenen zur Geltung.

Von den Ätzfiguren auf dem zweiten Pinakoid $\{010\}$ erhalten wir eine Lichtfigur (Fig. 21), die auf Grund der Erörterungen auf S. 214—216 auf Ätzfiguren mit vier Pyramidenflächen schließen läßt. Von den anfangs vorhandenen Prismenflächen 3. Art $\{hk0\}$ zeigten sich keine Reflexe mehr, woraus hervorgeht, daß sie gegenüber den Pyramidenflächen eine untergeordnete Rolle spielen. Die Lichtfigur von Ätzfiguren des ersten Stadiums weist je zwei Reflexe für Prismenflächen 4. Art $\{0kl\}$ und 3. Art $\{hk0\}$, aber keine für Pyramidenflächen auf; letztere sind also erst später und zwar auf Kosten der ersteren entstanden.

Beim Ätzen mit Flußsäure, Kalilauge und Kaliumcarbonatlösung bedeckten sich die Spaltkörper bald mit weißen Überzügen, die einen Einblick in den Aufbau der Ätzfiguren nicht mit Sicherheit gestatteten.

III. Die Lösungskörper.

1. Allgemeines.

Als Ausgangskörper zu den Lösungskörpern benutzte ich würfelförmige Spaltstücke. Um von äußeren Umständen möglichst unabhängige Resultate zu erhalten, wurden die Spaltkörper nicht auf den Boden des Gefäßes gelegt, wo durch Sättigung ein unregelmäßiger Lösungsvorgang hätte eintreten können, sondern in dem Lösungsmittel, in Glaswolle lose eingehüllt, in Schwebelage gehalten. Außerdem wurde durch zeitweiliges Schütteln und öfteres Auswechseln des Lösungsmittels für möglichst gleiche Concentration gesorgt. Auf diese Weise war keine Fläche vor einer anderen begünstigt, sondern bei allen waren die Bedingungen dieselben. Vor und nach dem

¹⁾ Ber. d. Kais. Akad. d. Wiss. zu Wien 1885, 91 (II), 768. Ausz. diese Zeitschr. 12, 298.

Lösen wurde jedes Präparat in der Richtung der drei Axen unter dem Mikroskop gemessen.

Die Versuche wurden bei Zimmertemperatur ausgeführt.

Sobald der Lösungskörper bei der Betrachtung mit bloßem Auge eine wesentliche Veränderung zeigte, wurde er der Einwirkung der Säure entzogen und unter dem Mikroskop untersucht. Auf diese Weise wurde bestätigt, daß die Reihe der Lösungsmittel, nach der Stärke ihres Angriffes beim Anhydrit geordnet, so war, wie sie oben auf Grund der Ätzversuche angegeben wurde, nämlich: Schwefelsäure, Salzsäure, destilliertes Wasser, Salpetersäure. Andererseits wurde auch, was die verschiedene Angreifbarkeit der Spaltflächen betrifft, ermittelt, daß die Lösungsmittel am stärksten in der Richtung der *a*-Axe, am zweitstärksten in der *c*-Axe und am wenigsten in der *b*-Axe wirkten.

Alle Versuche stimmten darin überein, daß der Endkörper der Auflösung von dem Ausgangskörper verschieden war, und zwar ergab jeder Lösungskörper einen für das verwendete Lösungsmittel charakteristischen Endkörper.

2. Lösungskörper mit Schwefelsäure.

Auf die angegebene Weise wurde ein Anhydritspaltstück etwa vier Tage lang in Schwefelsäure belassen. An Stelle des sechsfächigen Ausgangskörpers wurde ein zehnfächiger erhalten, wie ihn Fig. 22 zeigt. Das zweite Pinakoid {010} hatte infolge der überaus zahlreichen Ätzfiguren eine raue undurchsichtige Oberfläche. Indessen war nicht zu verkennen, daß von dieser Fläche die Säure nur wenig gelöst hatte.

Das dritte Pinakoid {001} war noch als schmale, glänzende Fläche vorhanden. Symmetrisch zur *ac*-Ebene war zu beiden Seiten eine die Combinationskante (001):(010) abstumpfende Prismenfläche 1. Art {0 *kl*} entstanden, deren höckerartige Ätzhügel schon im Capitel »Ätzfiguren mit Schwefelsäure« beschrieben wurden. Die Bestimmung der Lösungsfläche {0 *kl*} wurde mit dem Reflexionsgoniometer vollzogen. Als Mittel wurde der Winkel {001} zu der Lösungsfläche {0 *kl*} zu 26° 4' gefunden. Das entspricht annähernd dem Prisma 1. Art {012}, für welches jener Winkel zu 26° 35' berechnet wurde.

Zwecks weiterer Kennzeichnung von {012} als Lösungsfläche wurde sie an einem Anhydritspaltstück angeschliffen und dieser Körper der Einwirkung von Schwefelsäure ausgesetzt. Ein wesentlicher Unterschied zwischen den Ätzfiguren auf den angeschliffenen und den durch den Lösungsakt hervorgerufenen Flächen war nicht festzustellen.

Bei länger dauernder Einwirkung der Säure zeigt sich der Winkel zwischen der Lösungsfläche und {001} (26° 4') innerhalb der Fehlergrenzen constant, was aus einem Präparat hervorging, welches so lange geätzt

worden war, bis $\{004\}$ und $\{040\}$ verschwunden waren (Fig. 23). Bei weiterer Lösung änderte sich die Gestalt nicht mehr. Es ist also die Combination $\{042\}$, $\{400\}$ die Lösungsgestalt des Anhydrits in Schwefelsäure. Dies wurde dadurch bestätigt, daß ein Präparat, an welches beliebige Flächen angeschliffen worden waren, nach längerer Lösung unverkennbare Annäherung an die oben als Lösungsgestalt bezeichnete Form zeigte. Das Prisma 1. Art $\{042\}$ und die $\{400\}$ -Fläche waren schon deutlich ausgebildet, und einige der angeschliffenen Flächen waren durch diese verdrängt worden.

Die mikroskopische Untersuchung der Lösungskörper zeigte sie mit Ätzfiguren bedeckt, und zwar wurde in dieser Hinsicht folgendes ermittelt.

Die $\{400\}$ -Flächen werden von der Säure unregelmäßig corrodirt, denn bei derselben Höhe des Tubus sieht man nur einen kleinen Teil der Fläche. Bei länger geätzten Präparaten waren schon mit bloßem Auge bucklige Erhebungen zu erkennen. Die ganze Fläche sieht aus wie mit einem mattweißen Überzuge bedeckt, welche Erscheinung hervorgerufen wird durch die Spitzen der Ätzhügel, von denen einige von so bedeutender Größe sind, daß man sie mit bloßem Auge sehen kann. Im durchfallenden Lichte scheinen sie alle aus vier Flächen zu bestehen, beobachtet man aber aufmerksamer, so gewahrt man bald (besonders deutlich, wenn das Licht von vorn einfällt), daß einzelne der Ätzhügel aus sechs, wieder andere aus acht und noch mehr Flächen aufgebaut sind (Figg. 3a, b und c). Im reflectierten Lampenlichte zeigt sich im Mikroskop, wenn das Licht unter bestimmtem Winkel auffällt, beim Drehen des Präparates zuweilen ein lebhafter Schimmer, der hervorgerufen wird von den Flächen, die gegen den Lichtstrahl dieselbe Neigung haben. Treten mehr als vier Flächen auf, so finden die neu hinzutretenden immer auf Kosten der Prismenflächen 3. Art $\{h\ k\ 0\}$ Platz.

Gut ausgebildete Ätzfiguren zeigen in der Regel acht und mehr Flächen, vier Flächen kommen nur bei den kleineren Hügeln vor. Es scheint also, als ob die in der Fig. 3b mit 1, 2, 3 und 4 bezeichneten Flächen jüngeren Datums seien.

Lichtfigur von der $\{400\}$ -Fläche.

Die Lichtfigur von der geätzten $\{400\}$ -Fläche ist sehr ausgedehnt, so daß man sie nicht mit einem Male überschauen kann; durch entsprechende Drehung des Präparates kommen die verschiedenen Reflexe ins Gesichtsfeld. Der einer $\{400\}$ -Fläche entsprechende Centralreflex, der immer einen guten Ausgangspunkt für die Messungen bildet, fehlte. Dem wurde aber leicht durch Anspalten einer neuen Fläche abgeholfen.

Die Winkel zwischen je einem Reflex der Prismenfläche 3. Art $\{h k 0\}$ und dem Centralreflex in der Lichtfigur wurden zu $24^{\circ} 49'$ und $23^{\circ} 30'$ als Mittel von je drei Messungen ermittelt. Die Winkel deuten auf das Prisma $\{210\}$ hin, für welches der Winkel zu $\{100\}$ zu $24^{\circ} 4'$ berechnet wurde; er steht also dem beobachteten von $23^{\circ} 30'$ bzw. $24^{\circ} 49'$ (Mittel $23^{\circ} 55'$) nahe. Auf Grund von Schimmermessungen mittels Kollimator und Fernrohr, bei denen der größeren Helligkeit wegen anstatt des Punktsignals der Websky'sche Spalt als Signal benutzt wurde, ergaben sich obige Winkel zu $23^{\circ} 50'$ und $23^{\circ} 52'$. Jeder den Prismenflächen 2. Art $\{h 0 l\}$ entsprechende Reflex ist durch vier kaum sichtbare Strahlenansätze verziert und von dem Centralreflex noch weiter als die Reflexe der Prismenflächen 3. Art $\{210\}$ entfernt. Im Mittel wurden die Winkel $\{100\} : \{h 0 l\}$ zu $42^{\circ} 46'$ und $40^{\circ} 53'$ (Mittel $41^{\circ} 49' 30''$) gemessen, welcher Wert dem Prisma 2. Art $\{101\}$ nahe liegt, denn der berechnete Winkel beträgt $41^{\circ} 45'$.

Es kommen diese Resultate den unter dem Mikroskop festgestellten Messungen von etwa 97° für die Prismenflächen 2. Art $\{h 0 l\}$ (s. S. 213) bzw. von 50° für die Prismenflächen 3. Art $\{h k 0\}$ nahe; auch dort wurde das Prisma zu $\{210\}$ und das 2. Art zu $\{101\}$ gefunden.

Die Flächen 1, 2, 3, 4 (Fig. 3b) konnten durch Schimmermessungen in ihrer Lage gekennzeichnet werden. In der folgenden Tabelle sind die beobachteten Polkantenwinkel der Pyramidenflächen eingetragen.

Eingestellte Kante	Beobachtete Winkel			Mittel	Gesamtmittel
2 : 3	40 15'	38 45'	38 54'	39 018'	} 39 48'
1 : 4	40 10	40 30	40 15	40 19	
1 : 2	33 57	33 0	34 24	33 47'	} 34 20
3 : 4	34 45	35 15	34 45	34 53	

Die Mittel dieser Messungen stimmen am ehesten mit der Annahme einer Pyramide $\{15.5.6\}$ als Ätzgestalt überein, die zu $\{311\}$ vicinal ist. Die entsprechenden Werte sind in folgender Tabelle eingetragen.

Pyra- mide	Ber. Wink. 1 : 4	Beobachteter Winkel 1 : 4			Diff.	Ber. Wink. 1 : 2	Beobachteter Winkel 1 : 2			Diff.
		Max.	Min.	Mittel			Max.	Min.	Mittel	
$\{15.5.6\}$	$37^{\circ} 46'$	$40^{\circ} 30'$	$38^{\circ} 45'$	$39^{\circ} 48'$	$202'$	$31^{\circ} 20'$	$35^{\circ} 15'$	33°	$34^{\circ} 20'$	30°

Bei der Beurteilung dieser Winkelvergleiche ist natürlich die Verrundung der Ätzflächen zu berücksichtigen, wie sie durch den oben angegebenen Spielraum der Messungsergebnisse gekennzeichnet wird.

3. Lösungskörper mit Salpetersäure.

Wegen der geringeren Löslichkeit des Anhydrits in Salpetersäure wurde der würfelige Probekörper, damit man an ihm deutliche Veränderungen wahrnehmen konnte, etwa sechs Wochen lang der Säure ausgesetzt. Nach dieser Zeit war das zweite Pinakoid $\{010\}$ ähnlich dem Lösungskörper mit Schwefelsäure wie mit einem mattweißen Überzug bedeckt. Das dritte Pinakoid und das erste $\{100\}$ erschienen als durchsichtige Flächen, obgleich sie, wie schon mit bloßem Auge zu sehen war, stark angegriffen waren. Das Präparat (Fig. 24) zeigte ein neu entstandenes Prisma 1. Art $\{0k1\}$, welches sich von dem im vorigen Capitel beschriebenen insofern unterscheidet, als es mit $\{001\}$ fast zusammenfällt. Die Kanten sind bei diesem Lösungskörper mehr verrundet als bei irgend einem anderen. Es ergaben die Messungen unter dem Mikroskop im Mittel 168° (Innenwinkel), welcher Wert auf das Prisma 1. Art $\{0.1.10\}$ hinweist, dem der Winkel $169^\circ 26'$ entspricht.

Auf $\{010\}$ haben die Ätzfiguren alle die Form des zweiten Stadiums angenommen; von den Prismenflächen 1. und 3. Art des ersten Stadiums ist nichts mehr vorhanden. Man erblickt nur noch die innere sich schwarz abhebende rechteckige Form der früheren. Nach längerer Ätzdauer zeigt sich, daß man es bei ihnen mit vierflächigen Grübchen zu tun hat, auf deren Grunde sich wieder neue Grübchen, aber nur solche zweiten Stadiums ansiedeln. Die Ätzfiguren auf dem ersten Pinakoid $\{100\}$ haben keine Änderung mehr erfahren, ebenso die auf $\{001\}$.

Zwei andere Lösungskörper wiesen außer den Prismenflächen 1. Art $\{0.1.10\}$ deutlich noch Prismenflächen 3. Art $\{hk0\}$ als Prärosionsflächen auf (Fig. 25). Bei einem Präparat war die vordere Prismenkante recht scharf; sie besaß, wie die Messungen unter dem Mikroskop ergaben, einen Winkel von 144° . Dafür käme $\{310\}$ in Betracht; der berechnete Winkel beträgt $147^\circ 9'$.

Lichtfiguren.

Die Lichtfigur von den Ätzfiguren auf der neu entstandenen Prismenfläche 1. Art $\{0.1.10\}$ (Fig. 26) setzt sich zusammen aus zwei Lichtbögen. Im Scheitelpunkt des Winkels ist die Figur am lichtstärksten. Der helle Reflex entspricht der Prärosionsfläche und der Oberfläche der Ätzfiguren. Die beiden abfallenden Ränder der letzteren kommen in den vom Centralreflex abzweigenden Lichtbogen zur Geltung.

Von der $\{100\}$ -Fläche des Lösungskörpers erhält man, obwohl an ihren Ätzfiguren keine Veränderung mehr gegen früher wahrgenommen wurde, als Lichtfigur anstatt der früher beobachteten geraden Linie zwei getrennt liegende Reflexe, die sehr lichtschwach sind. Ein Centralreflex von der $\{100\}$ -Fläche wurde nicht beobachtet. Der Winkel zwischen beiden Reflexen ergab als Mittel von mehreren Messungen ca. 20° .

4. Lösungskörper mit destilliertem Wasser.

Zunächst unterscheidet sich dieser Lösungskörper (Fig. 27) wesentlich von den anderen, insofern als bei ihm trotz langandauernder Ätzung $\{001\}$ erhalten geblieben ist. Außerdem ist die Combinationskante $(001):(010)$ scharf und von dem Lösungsmittel so gut wie nicht angegriffen. Dagegen ist die Kante $(001):(100)$ durch eine neue Fläche abgestumpft. Wegen allzu großer Verrundung dieses $\{100\}$ genäherten neugebildeten Prismas 2. Art $\{h\ 0\ l\}$ konnte sein Symbol nur ungefähr bestimmt werden. Als brauchbare Meßmethode kam die Messung unter dem Mikroskop in Betracht. Der Winkel $(001):(\bar{h}\ 0\ l)$ ergab im Mittel ca. 55° und läßt auf $\{504\}$ schließen, bei welchem der berechnete Winkel $54^\circ 24' 38''$ beträgt. Die neugebildete Fläche kommt an allen entsprechenden Kanten vor, sodaß der Lösungskörper, auf $\{010\}$ gelegt, einen regelmäßigen achtseitigen Umriß zeigt.

Die $\{001\}$ -Fläche ist parallel Axe a mit schwarzen Strichen bedeckt, die den früher beobachteten dunklen Stellen auf dem Grunde der Ätzgrübchen entsprechen. Die anderen Spaltflächen zeigen die früher beschriebenen Ätzfiguren.

5. Lösungskörper mit Salzsäure.

Auch in den Lösungskörpern drückt sich das ähnliche Verhalten des Anhydrits bei Benutzung von Salzsäure und Wasser aus, denn an der Combinationskante $(001):(100)$ wurde ebenso wie bei Verwendung von destilliertem Wasser eine neu entstandene Fläche beobachtet (Fig. 28). Diese bildet mit $\{001\}$ einen Winkel von $44^\circ 5'$, wie als Mittel aus Schimmermessungen am Goniometer hervorging, die im Maximum um $4^\circ 17'$ schwankten. Zur Kontrolle wurde auch der Winkel mit $\{100\}$ gemessen; es ergab sich im Mittel $48^\circ 35'$; $44^\circ 5' + 48^\circ 34' = 89^\circ 40'$ statt 90° . Der gefundene Winkel von $44^\circ 5'$ entspricht annähernd dem Prisma 2. Art $\{304\}$, für welches sich berechnet $40^\circ 2' 30''$.

Schon mit bloßem Auge, noch besser unter dem Mikroskop erkennt man, daß die neue Lösungsfläche unter Verrundung in $\{001\}$ übergeht, sodaß bei der Betrachtung von der Seite der Lösungskörper oben und unten einen flach ovalen Umriß zeigt.

Was die Ätzfiguren betrifft, so zeigen die auf $\{001\}$ und $\{100\}$ befindlichen gegenüber den früher beschriebenen keine Veränderung mehr. Anders die auf dem zweiten Pinakoid $\{010\}$. Allenthalben sehen wir Ätzfiguren zweiten Stadiums, und solche des ersten vermissen wir fast vollständig; nur hin und wieder zeigen sich einige, die aber gegenüber den anderen immer eine untergeordnete Rolle spielen.

Bemerkenswert ist, daß die Zahl der Ätzfiguren sich auf $\{010\}$ im

Verlaufe der Ätzung kaum vermehrt, die Säure vielmehr im allgemeinen nur die alsbald entstandenen Figuren vertieft.

6. Abhängigkeit der Auflösungsgeschwindigkeit des Anhydrits von der Richtung und von der Natur des Lösungsmittels.

Der aus der Lösung mit Schwefelsäure hervorgegangene Lösungskörper ist in der Richtung der Normalen auf die Präerosionsflächen $\{012\}$ am schnellsten löslich. Dies wurde bestätigt durch Lösungskörper, die, nachdem an ihnen nach einiger Lösungsdauer bereits die neu gebildeten Flächen entstanden waren, ausgemessen und dann der Säure zwecks weiterer Lösung wieder ausgesetzt wurden. Ich vermeide es, die Resultate in Zahlen anzuführen, weil bei den verschiedenen Lösungskörpern beträchtliche Schwankungen statthatten. Immer aber ging aus den Messungen hervor, daß die Auflösungsgeschwindigkeit am größten in der Richtung der Normalen der Präerosionsflächen ist, dann folgen der Reihe nach bezüglich der Auflösungsgeschwindigkeiten die Richtung der a -, b - und c -Axe.

Daß unter den Pinakoiden $\{010\}$ sich am langsamsten löst, findet auch darin eine Begründung, daß ihre Ätzfiguren (mit Ausnahme bei Verwendung von Schwefelsäure als Ätzmittel, wo ich es der Kleinheit der Ätzfiguren wegen nicht feststellen konnte) fast immer durch eine $\{010\}$ -Fläche abgestumpft sind, jedenfalls häufiger als die auf der leichter löslichen $\{004\}$ befindlichen. Die Bildung der neuen $\{010\}$ -Fläche auf dem Grunde der Grübchen ist etwa so zu denken: Zuerst erzeugt die Säure Grübchen in dem Anhydrit, welche von Pyramidenflächen begrenzt sind, in deren Normalenrichtung das Material aber leichter löslich ist als in der Richtung der b -Axe. Die Folge davon ist, daß die Pyramidenflächen auch schneller parallel sich selbst verschoben werden, als die Auflösung in der Richtung der b -Axe fortschreitet, sodaß sich am Grunde der Figur eine neue $\{010\}$ -Fläche bilden muß (Fig. 29). Wegen der Stabilität dieser Fläche entstehen später auch wenig neue Ätzfiguren; die Säure wirkt in erster Linie da weiter, wo sie sich einmal eingearbeitet hat, zum Unterschied von den anderen Flächen, wo immer wieder neue Figuren gebildet werden.

Die anderen Lösungsmitteln ausgesetzten Probekörper verhalten sich bezüglich der Auflösungsgeschwindigkeit der Flächen, wie aus der Beschreibung zu ersehen ist, anders als beim Versuch mit Schwefelsäure. Bei den Lösungsmitteln destilliertes Wasser und Salzsäure liegt das Maximum der Lösungsgeschwindigkeit in der Richtung der Normalen auf die neu gebildeten Prismenflächen 2. Art $\{504\}$ bzw. $\{304\}$. Bei Salpetersäure ist die Auflösungsgeschwindigkeit in der Richtung der Normalen auf die Präerosionsfläche der des ersten Pinakoids $\{400\}$ annähernd gleich.

7. Entstehung von Ätzgrübchen und Ätzhügeln.

Becke äußert sich in min. u. petrogr. Mitt., n. F., 6, 268 dahin, daß Ätzgrübchen auf den Flächen auftreten, die der Ätzzone angehören, Ätzhügel dagegen auf solchen, welche weit außerhalb der Ätzzone liegen.

v. Ebner führt in seiner S. 222 citierten Arbeit S. 824 den Satz an. »Wird eine Krystallfläche geätzt, welche einer Lösungsfläche entspricht, so entstehen auf derselben zwar sehr leicht Ätzfiguren, aber nur sehr selten erhabene Lösungsgestalten. Es wäre sogar möglich, daß auf ganz reinen Lösungsflächen überhaupt niemals erhabene Lösungsgestalten entstehen.«

Mir scheint folgende Erklärung begründet zu sein, die mit den an der Zinkblende, dem Bleiglanz, den Mineralien der Magnetitgruppe, dem Aragonit, dem Kalkspat und dem Anhydrit beobachteten Ätzresultaten in Einklang steht. Für die Entstehung von Ätzgrübchen und Ätzhügeln wird das Verhältnis der Lösungsgeschwindigkeit zwischen den Flächen der Ätzfiguren und der Fläche, auf welcher die Ätzfiguren entstehen, maßgebend sein; und zwar ist meiner Ansicht nach bei den Ätzgrübchen die Lösungsgeschwindigkeit ihrer Flächen größer als die der geätzten Fläche; bei den Ätzhügeln ist das Umgekehrte der Fall.

Weiterhin läßt sich sagen: Wenn man auf einer Fläche Ätzhügel beobachtet, so liegt erfahrungsgemäß eine Fläche vor, die sich durch relativ große Lösungsgeschwindigkeit vor den anderen mit Ätzgrübchen versehenen Flächen auszeichnet.

Dementsprechend erhielt Becke an den Mineralien der Magnetitgruppe ¹⁾ Ätzhügel auf den Würfflächen, von denen er sagt, daß sie »bei beginnender Ätzung sehr bald matt werden, während auf den Oktaeder- und Dodekaederflächen noch keine Spur von Ätzung zu bemerken ist«.

Beim Bericht über Ätzversuche an der Zinkblende ²⁾ äußert sich Becke dahin, daß Dodekaederflächen Ätzgrübchen zeigen, negative Tetraeder Ätzhügel. Auch sei nicht zu verkennen, daß auf den letzteren die Auflösung rascher fortschreitet als auf den ersteren.

Was den Bleiglanz betrifft, so »zeigten sich die ersten Spuren der Ätzung auf den Würfflächen« ³⁾. Auch auf dieser Fläche hat Becke Hügel beobachtet, und er erwähnt S. 269 ausdrücklich, daß der Würfel am stärksten angegriffen wird.

Über Lösungsgeschwindigkeit bei Aragonit macht Lavizzari ⁴⁾ eine Angabe, nach der sich die Gasentwicklung beim Lösen in Säuren von dem

1) Min. u. petrogr. Mitt. 1885, 7, 200 ff. Ausz. diese Zeitschr. 12, 287.

2) Min. u. petrogr. Mitt. 1882, 5, 457 ff. Ausz. diese Zeitschr. 11, 34.

3) Becke, l. c. 1884, 6, 257. Ausz. diese Zeitschr. 11, 273.

4) Nouveaux phénomènes des corps cristallisés, Lugano 1865. Referat in Ber. d. Kais. Akad. d. Wiss. zu Wien 1885, 91 (II).

dritten Pinakoid $\{004\}$ zu der von den Prismenflächen 3. Art $\{hk0\}$ verhält wie 3:1. v. Ebner¹⁾ stellte dann auch Ätzhügel auf $\{004\}$ und Ätzgrübchen auf $\{hk0\}$ fest.

Am Kalkspat beobachtete v. Ebner²⁾ der großen Lösungsgeschwindigkeit wegen auf allen diesbezüglich untersuchten Flächen außer auf $\{02\bar{2}4\}$ Ätzhügel.

Daß Ätzhügel ein Charakteristikum für relativ große Lösungsgeschwindigkeit der geätzten Flächen sind, geht auch daraus hervor, daß letztere beim Anhydrit immer eine raue, nicht glänzende Oberfläche haben, die in der Lichtfigur keinen Reflex gibt. Es liegt dies daran, daß eben bei jenen Flächen hauptsächlich die zu ätzende Fläche gelöst wird, während auf den Flächen mit Ätzgrübchen die Hauptwirkung der Säure an einzelnen Punkten stattfindet, sodaß die ursprüngliche Fläche an manchen Stellen gar nicht angegriffen wird; daher auch der helle Centralreflex in der Lichtfigur.

Schließlich sei noch erwähnt, daß beim Anhydrit an den Ätzfiguren auf $\{100\}$ nie diese Fläche als Ätzfläche gefunden wurde, wohl aber $\{004\}$ und $\{040\}$ an den Ätzfiguren auf diesen Flächen. Dieses unterschiedliche Verhalten läßt sich auch mit Hilfe obiger Theorie leicht erklären, denn nach ihr ist $\{100\}$ schneller und $\{004\}$ und $\{040\}$ langsamer löslich als die Flächen der auf ihnen befindlichen Ätzfiguren.

Herrn Geheimrat Rinne bin ich für die Anregung zu dieser Arbeit und für seine freundliche Unterstützung zu großem Danke verpflichtet.

Leipzig, Institut für Mineralogie und Petrographie,
den 4. August 1911.

1) l. c. 91, 808.

2) l. c. 89 und 91.