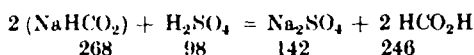
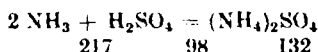
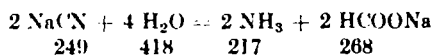
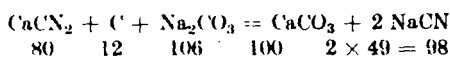


Darstellung von Ammoniak und Ameisensäure mit Vorteil verwendet werden kann.

Für die technische Darstellung von Ammoniak und Ameisensäure aus der Rohschmelze von Kalkstickstoff dürfte am besten nach folgendem Verfahren gearbeitet werden:

Eine Rohschmelze aus Kalkstickstoff mit Kohle und Soda, enthaltend 100 Teile Cyanwasserstoffsäure, wird pulverisiert, mit der 50—60fachen Menge Wasser angerührt und in einen eisernen, innen emaillierten Autoklaven gefüllt, und dieser hierauf geschlossen. Nun beginnt man zu erhitzen, bis eine Temperatur von 170° erreicht ist. Während 10 Min. steigert man noch die Temperatur auf 190°, worauf man das Ventil öffnet und mit dem Abdestillieren beginnt. Nachdem etwa ein Drittel abdestilliert ist, schließt man von neuem das Ventil, da die Temperatur gewöhnlich bis auf 150° gesunken, und erhitzt geschlossen weitere 10 Min., worauf wieder ein Drittel abdestilliert wird. Das Gleiche wird ev. noch ein drittes Mal wiederholt, wenn nicht schon nach dem zweiten Male alles Ammoniak abgetrieben ist, was man leicht durch eine Titration des Destillates erfährt. Gewöhnlich ist aber schon nach der zweiten Operation alles Ammoniak abgetrieben. Dasselbe wird in Wasser oder einer Säure aufgefangen und auf bekannte Art und Weise auf eine handelsfähige Ware verarbeitet. Der Rückstand im Autoklaven wird dann zur Trockne eingedampft, um aus dem Alkaliformiat in bekannter Weise die freie Ameisensäure zu erhalten.

Die Reaktionen, vom Kalkstickstoff ausgehend, finden nach folgenden Gleichungen statt:



100 kg Kalkstickstoff von 20% Stickstoffgehalt ergeben somit theoretisch

Schwefelsaures Ammoniak = 94 kg

Ameisensäure = 65,5 kg.

Hierzu werden verbraucht:

	kg
Calcinierte Soda	85
Holzkohle	20
Kalkstickstoff	100
Schwefelsäure zur Neutralisation des Ammoniaks und Zersetzung der Formiate . . .	160

Es ist nun durch diese Arbeit der Beweis erbracht, daß der Kalkstickstoff nicht nur der Landwirtschaft dient, sondern auch das Ausgangsmaterial für andere wertvolle technische Produkte ist. Speziell Ammoniak und Ameisensäure werden zu Preisen dargestellt, die ganz bedeutend unter den heutigen liegen, so daß es nur eine Frage der Zeit ist, ob nicht dieses sehr billige Ammoniak als Ausgangsmaterial zur Herstellung von Salpetersäure und deren Produkten, die Ameisensäure aber zur Herstellung der weiteren Formylderivate, wie z. B. Methylalkohol und Formalin dienen wird.

Neue Reaktion auf Ameisensäure.

Bei der Schmelze von Kalkstickstoff mit Kochsalz bilden sich, wie bereits bemerkt, in der Schmelze Alkalicyanide, die sich beim endgültigen Zersetzen mit Schwefelsäure in Ameisensäure und Salzsäure spalten, welche beim Abdestillieren miteinander übergehen. In dem Destillat, das ein Gemisch beider enthält, läßt sich die Ameisensäure mit Silbernitrat nicht mehr nachweisen, da eine Spur Chlor die Reduktion zu Silber vollkommen verhindert, wie auch aus der Literatur zu ersehen ist. Es handelte sich daher darum, eine neue Reaktion auf Ameisensäure bei Gegenwart von Chlor zu finden. Es hat sich in Analogie mit Aldehyd gezeigt, daß die Chromsäure hier vorzügliche Dienste leistet, und Chlor keineswegs schädlich ist. Es findet die bekannte Reduktion von Chromsäure zu Chromtrioxyd statt. Wird eine Lösung von Kaliumbichromat mit konz. Schwefelsäure versetzt, derselben einige Tropfen eines Gemisches von Salzsäure und Ameisensäure zugesetzt und erwärmt, so findet sofort ein Farbumschlag von Orange in Grün statt, was bei der Salzsäure nicht stattfindet. Diese Reaktion hat mir in diesem Falle vorzügliche Dienste geleistet und ist bestens zu empfehlen. [A. 28.]

Über die Bildung von Silicatmineralien aus wässriger Lösung bei höherer Temperatur.

Nach Versuchen von W. J. MÜLLER und J. KÖNIGSBERGER.

(Vorgetragen von Wolf J. Müller im Rheinischen Bezirksverein am 13./I. 1912.)

(Eingeg. 22./3. 1912.)

M. H.! Der Stoff, der in der unbelebten Natur in der größten Zahl von Verbindungen und wohl auch nächst dem Sauerstoff, in größter Menge erscheint, ist das Silicium. Und doch ist die Chemie des Siliciums, verglichen mit der des ihm so nahe stehenden Kohlenstoffs, dürftig zu nennen. Der Grund hierfür liegt wohl darin, daß die rein chemischen Methoden, welche die Chemie des Kohlenstoffs so weitgehend entwickeln halfen, bei Silicium versagen. Und wenn auch namhafte Forscher ihre Bestrebungen auf die Darstellung von Siliciumverbindungen richteten, so blieben diese Versuche immer vereinzelt. Hierzu kam noch, daß den interessantesten Problemen der Siliciumchemie, der Aufklärung der Natur und Entstehung der natürlichen Silicatmineralien mit rein chemischen Methoden kaum beizukommen war. Hier sind in der letzten Zeit Fortschritte zu verzeichnen, die in der Anwendung physikalisch-chemischer Methoden ihren Grund haben. Ich meine hier in erster Linie die Untersuchungen in den Laboratorien in Washington von Day und seinen Mitarbeitern und in Wien von Doelter und seinen Schülern, sowie die theoretischen Betrachtungen von Vogt in Christiania.

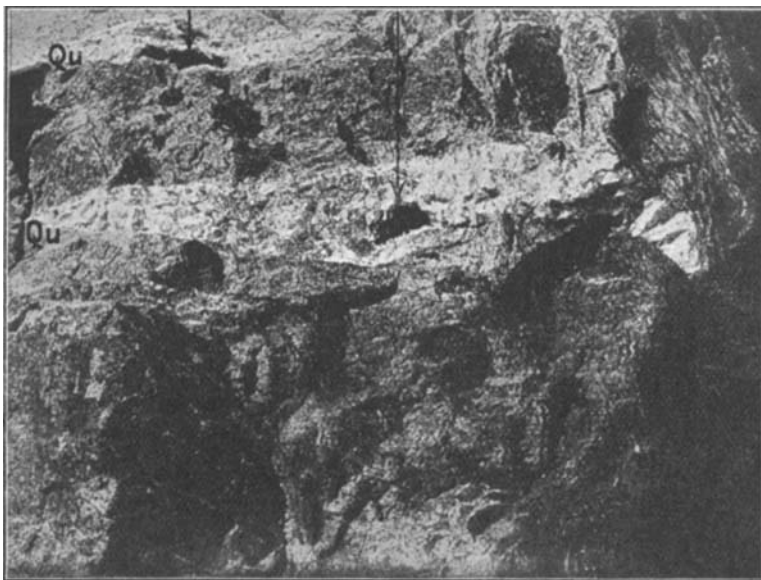
Die Mitteilungen, die ich heute machen möchte, beziehen sich auf ein spezielles Problem, auf die Bildung von Silicatmineralien aus wässriger Lö-

sung. Hier haben französische Forscher, wie D a u - br é c, S e n a r m o n t, F r i e d e l und S a r a - s i n durch Einwirkung von Wasser auf ungeformte Silicate, wie Glas, Quarzminerale synthetisch hergestellt. In Anschluß an phasentheoretische Betrachtungen hat B a u r synthetische Versuche über Feldspat und andere Aluminosilicate, auf welche wir im Laufe unserer Betrachtungen noch zurückzukommen haben, angestellt.

Die Versuche, die wir¹⁾ durchgeführt haben, und über die ich heute im Zusammenhang berichten will, waren in erster Linie der Aufklärung des Problems der Entstehung der alpinen Kluftminerale gewidmet. Wer von Ihnen in der Schweiz gewesen ist und die mineralogischen Museen in Basel oder besonders Bern besucht hat, hat dort wohl die gewaltigen Quarzkristalle bewundert, die in alpinen Mineralklüften gefunden wurden. Wessen Interesse an der Mineralogie nicht so groß war, daß er diese Sammlungen besuchte, der hat in den Verkaufsbuden der großen oder kleinen Kurorte Mineraldrusen und auch Produkte der Verarbeitung dieser Halbedelsteine gesehen. Ich

die Bildung der Kluftminerale erfolgt ist, entnehmen, welche wir dann durch geeignete Untersuchungen im Laboratorium prüfen wollen. Daß die Bildung der Kluftminerale aus wässriger Lösung geschehen ist, dafür sprechen folgende Tatsachen: Einmal sind die Klüfte ringsum in größerem Abstände von unzersetztem Gestein umgeben. In der nächsten Umgebung der Kluft ist Gestein zersetzt; ihm fehlen gerade die Bestandteile, welche in der Kluft als Mineralien ausgeschieden sind. Die in den Klüften ausgeschiedenen Mineralien enthalten Flüssigkeitseinschlüsse, welche unter dem Mikroskop leicht wahrgenommen werden können. Den teils flüssigen, teils gasförmigen Inhalt dieser Einschlüsse deutete zuerst S o r b y als Reste der Mutterlauge, aus der der Krystall sich abgeschieden hat. Wir haben durch eine möglichst genaue chemische Analyse die Zusammensetzung der in den Einschlüssen enthaltenen Lösung festgestellt. Wasser und Kohlensäure wurden durch Glühen im Rohr im indifferenten Gasstrom und Auffangen der Gase nach Art der Elementaranalyse bestimmt, die festen Bestandteile durch Auslaugen des schwach

geglühten einschlusreichen Quarzes im Platintiegel, Eindampfen und mikrochemische Untersuchungen des Rückstandes. Die Lösung enthielt etwa 7% feste Salze, hauptsächlich Alkalisalze. Die Salzmenge waren bei Quarzen verschiedener Herkunft ungefähr dieselben, dagegen variierten die Kohlensäuremengen zwischen 8 und 17%. Wir werden sehen, daß diese gelösten Salze bei der Bildung der Mineralien eine große Rolle spielen. Auch die Temperatur, bei der die Ausscheidung dieser Quarze erfolgt, läßt sich aus dem Verhalten der Einschlüsse ermitteln. Erwärmt man eine Quarzplatte mit Einschlüssen auf dem Tische eines Heizmikroskopes, so sieht man, daß die Gasbläschen mit steigender



Qu = Quarzband, Klüfte durch Pfeile angedeutet.

möchte Ihnen wenigstens im Bilde diese Mineralklüfte vorführen. Sie sehen in den Lichtbildern, wie diese Krystallklüfte im Gestein erscheinen, umgeben von offenbar zersetztem Gestein, dem sog. Quarzband. Die Mineralien, welche in diesen Klüften vorkommen, sind hauptsächlich Quarz, Albit, Adular, Sphen, Amiant, Anatas, Brookit, Chlorit, manchmal auch Calcit und Fluorit. Die Ausbeutung dieser Mineralhöhlen wird von den sog. Strahlern betrieben. Kehren wir zu unserem Problem zurück, so können wir aus der Natur selbst eine Reihe von Andeutungen, wie

¹⁾ Die Versuche wurden teils im physikalisch-chemischen Laboratorium der Chemieschule Mülhausen i. E., teils im physikalisch-mathematischen Institut der Universität Freiburg i. B. 1903—1911 durchgeführt.

Temperatur immer kleiner werden und bei einer bestimmten Temperatur, die bei unseren Quarzen bei etwa 220—230° liegt, verschwinden. Diese Temperatur muß der Temperatur entsprechen, bei welcher sich der Krystall aus der homogenen Flüssigkeit ausgeschieden hat, der Druck, bei dem die Ausscheidung geschah, muß dem Dampfdruck der eingeschlossenen Lösung bei dieser Temperatur entsprechen haben. Da die Quarze in den Klüften sich nach den Feldspaten ausgeschieden haben, können diese bei noch höheren Temperaturen ausgeschieden sein; wir haben deshalb die Temperatur bei unseren Versuchen bis 420° ausgedehnt. Für die experimentelle Anordnung ergab sich hieraus die Aufgabe, die Einwirkung von Wasser bzw. von Einschluslösung in Gegenwart oder in Abwesenheit von Kohlensäure auf die Komponenten der Kluft-

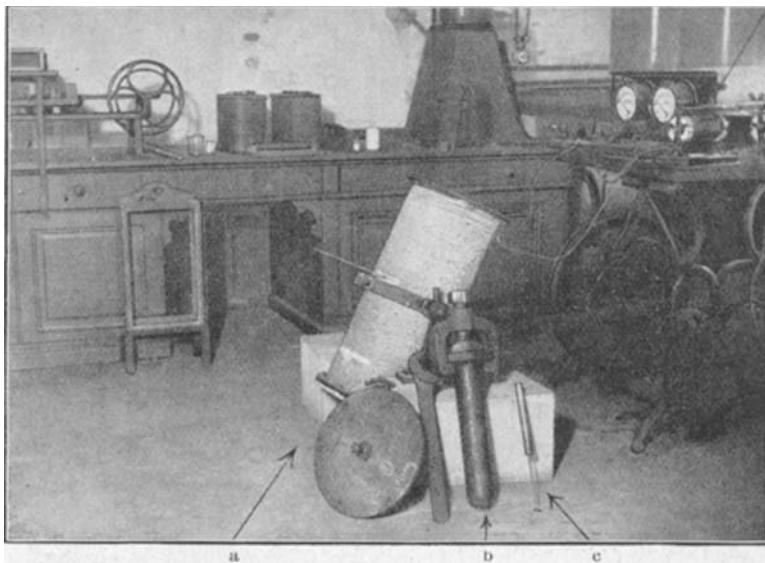
mineralien zu untersuchen. Die Versuche mußten in einem Bombenrohre, ähnlich wie es Friedel-Sarasin benutzten, ausgeführt werden, das bei etwa 420° etwa 300 Atm. Druck aushielt und der chemischen Einwirkung der Salz-Kohlensäurelösung standhielt. Wir fanden, daß nur ein Futter aus Platiniridium den starken mechanischen und chemischen Einwirkungen widerstand. Baur, der nur mit neutralen und alkalischen Lösungen arbeitete, schreibt, daß nur ein eisernes Rohr bei solchen Versuchen genüge. Das ist für die von ihm verwendeten Lösungen richtig, sowie aber Kohlensäure ins Spiel kommt, ist ein Platinfutter absolut unerläßlich. Dieses war uns von W. C. Heraeus, dem wir auch hier nochmals unseren besten Dank sagen, leihweise überlassen worden. Als Bombenrohr diente uns bei den ersten Versuchen ein einerseits zugeschweißtes Mannesmannrohr, das jedoch bei einem Versuch explodierte und auch unseren ersten elektrischen Ofen dabei vollständig zerstörte. Für die weiteren Versuche benutzten wir ein geschmiedetes und ausgebohrtes Rohr aus Krupp'schem Nickelstahl von 3 cm Wandstärke und 2 cm Lumen. Der Verschluß war ein Schraubendruckverschluß, die Dichtung, welche uns anfänglich große Schwierigkeiten verursachte, wurde dadurch erreicht, daß in den Verschlußkopf eine Platte aus Feingold eingelegt war. Um die Produkte der direkten chemischen Einwirkung der Lösung auf die Reaktionskomponenten, im folgenden kurz Bodenkörper genannt, von denjenigen zu trennen, welche beim Abkühlen der bei hoher Temperatur erhaltenen Lösung entstanden, brachten wir im Innern des Bombenrohres ein Filterrohr an, so daß wir durch Umdrehen der Bombe bei hoher Temperatur die Lösung vom Bodenkörper trennen konnten.

Der elektrische Heizofen war deshalb so eingerichtet, daß er in Achsen drehbar mit eingelegtem Rohr vollständig ausbalanciert aufgehängt war. Er konnte durch einen Exzenter geschüttelt und bei beliebiger Temperatur umgedreht werden, so daß Filtration eintrat. Die Details sind auf dem Bilde leicht erkennbar; die Heizwicklung des Ofens bestand aus Manganindraht, der in Asbestwasserglas eingebettet war; der Raum zwischen der Heizspirale und der äußeren Ofenwandung war mit Kieselgur ausgefüllt. Die Isolation war eine recht gute, der Ofen wurde bei einem Energieverbrauch von 1,4 Kilowatt auf 420° erhitzt. Die Verteilung der Temperatur wurde durch geeignete Anordnung der Wicklung so gleichmäßig erhalten, daß die Temperaturdifferenzen zwischen den Enden des Bombenrohres gemessen unter 2—3° blieben. Als Material für unsere ersten Versuche dienten einmal Mineralien des Protogins des Aaremassivs, die auf

ihre Angreifbarkeit hauptsächlich untersucht wurden, dann hauptsächlich als kolloidale Silicate Thüringer Glas und Obsidian von Lipari der folgenden Zusammensetzung:

	Glas	Obsidian
SiO ₂	69,21	74,3
Al ₂ O ₃	2,48	13,0
Fe ₂ O ₃	0,45	2,6
MgO	0,52	0,3
CaO	9,84	1,0
K ₂ O	1,98	4,6
Na ₂ O	14,91	3,8
H ₂ O	—	0,3
	99,39	99,9

Die Verwendung kolloider Silicate war besonders deshalb geboten, weil in diesem Falle entstehende kristallisierte Verbindungen von dem Ausgangsmaterial leicht unterschieden werden konnten. Die Bestimmung der bei den Versuchen entstehenden sehr kleinen Kryställchen geschah durch mikroskopisch - kristallographisch - optische Untersuchungen, durch Bestimmung der Dichte nach der Schwebemethode und durch mikrochemische



a = Schüttelofen; b = Röhre mit Verschluß; c = Filterrohr.

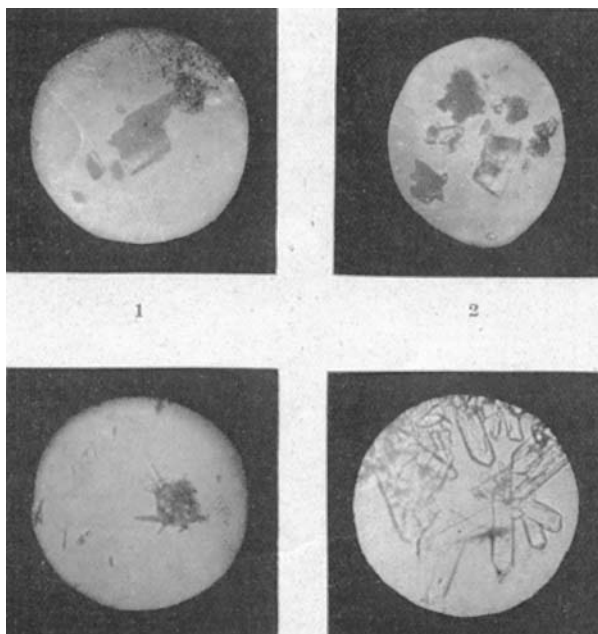
Prüfung. Auch die Dichtebestimmung mußte mit Hilfe des Mikroskops ausgeführt werden. Bei den verschiedenen Versuchen mit Glas kam dest. Wasser unter Zusatz verschiedener Mengen Kohlensäure zur Verwendung. Die Kohlensäure wurde in Form festgestampfter Pastillen abgewogen, in das Rohr gegeben, und dieses rasch verschlossen. Es zeigte sich, daß die Zersetzung des Glases am weitestgehenden war bei Verwendung reinen Wassers, daß Kohlensäure den Angriff stark zurückdrängte; bei Verwendung von 15 g Kohlensäure auf 60 cem Wasser war das Glas fast nicht angegriffen. Bei Verwendung von reinem Wasser war in der Lösung im Filterrohr nach dem Abkühlen noch Kieselsäure und Alkali gelöst, im Filterrohr fanden sich schön ausgebildete Quarze und wasserhaltige amorphe Kieselsäure. Im Bodenkörper war Kieselsäure als Chaledon, Tridymit und Quarz vorhanden. Außerdem fanden sich zahlreiche wasserhelle Kryställ-

ehen, die durch eingehende Untersuchung als ein natronreicher Kalifeldspat identifiziert werden konnten. Bei Verwendung des Obsidians waren die Resultate ähnliche, auch hier drängte Kohlensäure den Angriff stark zurück, auch hier krystallisierten im Filterrohr Quarze aus, auch hier fand sich bei Verwendung von reinem Wasser Kieselsäure in Form von Quarz, Chalcedon und Tridymit vor. Nur trat an Stelle des Kalifeldspats ein eisenhaltiges Silicat Agyrin-Augit. Das wichtigste Resultat dieser Versuchsreihen war das, daß bei Verwendung von reinem Wasser Produkte entstehen, welche, rein thermodynamisch betrachtet, bei der betreffenden Temperatur nicht stabil sind, und daß stabile und labile Produkte nebeneinander auskrystallisieren. Bei Zusatz von Kohlensäure und Salzen

zu diesem Zwecke erhitzten wir Lösungen von Kalialuminat und Kaliwasserglas oder auch Kaliwasserglas mit Aluminiumhydroxyd-Hydrogel, wobei das Verhältnis der Komponenten der Zusammensetzung des Feldspats KAlSi_3O_8 entsprach, mit oder ohne Zusatz von Kohlensäure und mit oder ohne Zusatz von Einschlußlösung. Erhitzt man eine solche Mischung in einem Silbertiegel auf 100° , so erhält man äußerst kleine subkrystalline Ausscheidung, deren Untersuchung große Schwierigkeiten bereitet. Erhitzt man das Gemenge in der Bombe auf $360-400^\circ$, so erhält man bei Abwesenheit von Salzen und Kohlensäure-Ausscheidungen, die chemisch noch nicht genau untersucht wurden und entweder Kalianalzim oder Læuzit sein dürften. Im Filterrohr findet man keinerlei Produkte, obwohl

nach Abkühlung die Lösung noch Kali, Aluminium und Kieselsäure, wenn auch in geringen Mengen, enthält. Bei Anwesenheit von Kohlensäure und Salzen erhält man vorwiegend im Bodenkörper typischen Orthoklas in Bavenovierlingen, jedoch wird auch hier im Filterrohr, selbst bei sehr langsamer Abkühlung, nichts ausgeschieden. In der Lösung ist nach dem Abkühlen Kieselsäure nicht mehr vorhanden. Daß in der Tat die kohlensauen Salze orthoklasausfällend wirken, läßt sich dadurch zeigen, daß man auf die bei Verwendung von reinem Wasser entstehende Mutterlauge kohlensaure Salze erst bei der Maximaltemperatur in der Bombe einwirken läßt. Dies schien anfangs experimentell recht schwierig, ließ sich jedoch nach vielen mühevollen Versuchen in recht einfacher Weise ausführen. Das Rohr wurde mit der gewöhnlichen Mischung beschickt. In das Filterrohr kam dann ein aufrecht stehendes, einseitig geschlossenes Röhrchen aus Feinsilber zu stehen, in welchem eine kleine Menge Soda sich befand. Das Rohr wurde in aufrechter Stellung erhitzt und bei 360° umgedreht. Hierbei mußte sich die Soda mit der filtrierten Lösung vermischen, und es resultierte in der Tat eine starke Ausscheidung im Filterrohr, die hauptsächlich aus Feldspat bestand. Nach diesen Versuchen ist

es höchst wahrscheinlich, daß der Feldspat sich in der Natur durch Einwirkung eindringender Kohlensäure aus der Kluftlösung ausgeschieden hat. Das Resultat dieser Versuche steht in einem gewissen, jedoch leicht zu erklärenden Widerspruch zu Versuchen, welche Baur angestellt hat. Baur untersuchte die Mineralien, welche bei systematischer Änderung der Ausgangslösung an den Komponenten der Mineralien entstehen, und nimmt an, daß die so erhaltenen Krystallisationen stabilen Bodenkörpern entsprechen. Er schreibt (Z. f. Elektrochem. 1911, 740): „Es bildet sich dann eine wässrige Silicatlösung, und da die amorphen Stoffe sehr löslich sind, wahrscheinlich sogar beliebig löslich, so erweist sie sich als stark übersättigt in bezug auf verschiedene krystallinische Phasen, die nun in zwar kleinen, aber häufig sehr wohl ausgebildeten Krystallen sich ausscheiden.“ Schon unsere Versuche im Silbertiegel zeigen, daß eine Ausscheidung von festen Stoffen bereits weit unter der



3

1, 2, 4 Quarz. 3 Ägirinaugit.

4

werden die labilen Produkte Opal, Tridymit, Chalcedon zurückgedrängt. Diese Versuche beweisen, daß die Einwirkung von Wasser auf Silicate kein reversibler Prozeß ist, daß es sich hier nicht um Gleichgewichte der Art handelt, wie sie van't Hoff bei seinen klassischen Untersuchungen über die Bildung der Salzlagern auffand. Es ist deshalb kaum richtig, hier die Phasenregel anzuwenden. Dagegen läßt sich für die Ausscheidung des Quarzes aussagen, daß dieser sich in den kohlensäurehaltigen Lösungen beim Abkühlen durch Verschiebung des Gleichgewichts Silicat, Wasser, Kohlensäure bildet, und zwar nimmt bei steigender Temperatur die Acidität der Kieselsäure schneller zu als die der Kohlensäure, so daß also aus einer bei hoher Temperatur gesättigten Lösung beim Abkühlen durch Kohlensäure die Kieselsäure in stabiler Form als Quarz ausgefällt wird.

Unsere weiteren Versuche waren hauptsächlich auf die Aufklärung des Feldspatproblems gerichtet;

von Baur gewählten Versuchstemperatur eintritt (300—500°).

Die außerordentliche Beeinflussung der Produkte durch kleine Salz- oder Kohlensäuremengen zeigt ferner, daß es sich hier nicht um wohl definierte Gleichgewichte im Sinne der Phasenregel handelt. So wünschenswert es also erschiene, daß hier einfach phasentheoretisch zu deutende Verhältnisse vorlägen, so müssen wir nach unseren Versuchen sagen, daß dies leider nicht der Fall ist.

Kehren wir zum Schluß zum Problem der natürlichen Kluftmineralienbildung zurück, so geben unsere Versuche eine vollständige Klarlegung der Bildung des Quarzes; dieser hat sich in den Klüften bei Abkühlung der Lösung durch Verschiebung des hydrolytischen Gleichgewichts abgeschieden. Für den Orthoklas machen unsere Versuche es wahrscheinlich, daß er sich bei Temperaturen von etwa 400° durch Einwirkung eindiffundierender Kohlensäure abgeschieden hat. Unsere Versuche bestätigen demnach die Annahme, daß die Kluftmineralien einer sekundären Erhitzung des Gesteins ihre Bildung verdanken. Eine solche kann in der geologischen Epoche der Aufwölzung des Alpenwalls stattgefunden haben. In der Tat finden sich die meisten Mineralfundorte der Alpen innerhalb der Zone des maximalen Dynamometamorphismus.

Blicken wir auf die Resultate dieser Arbeiten zurück, so erscheint das Resultat im Verhältnis zu der vielen darauf verwandten Mühe und Arbeit nicht reichhaltig; dies ist aber leicht erklärlich, da es sich hier um Versuche auf einem Gebiete handelt, in welchem durch die chemische Eigenart seiner Stoffe die Analogien mit den übrigen Gebieten der Chemie versagen, und jede kleinste Änderung der Versuchsbedingungen neue Schwierigkeiten brachte. Trotzdem können wir sagen, daß durch diese Versuche die Bildung der Kluftmineralien prinzipiell aufgeklärt ist, und daß hier ein interessantes Gebiet für weitere Arbeiten vorliegt. [A. 59.]

Elektrolytischer Sauerstoff- und Wasserstoffentwicklungs-Apparat.

Von Göttinger Rheostaten- und Schalttafel-Fabrik, Gebr. RUHSTRAT, Göttingen.

(Eingeg. 20.3. 1912.)

Auf elektrolytischem Wege kann man bekanntlich Wasserstoff und Sauerstoff in sehr reiner Form darstellen. Bei der Elektrolyse von Säuren sowohl wie von Basen scheidet sich an der Kathode reiner Wasserstoff ab, während an der Anode Sauerstoff in reiner Form frei wird.

Der vorstehende von der Firma Gebr. Ruhstrat, Göttingen, hergestellte Apparat (siehe Fig. 1) vermag je nach der Stromstärke einen kontinuierlichen Wasserstoff- resp. Sauerstoffstrom unter konstantem Druck zu liefern. Im wesentlichen besteht er aus einem Glasgefäß A, welches mit einem Holzdeckel B verschlossen wird. Der Holzdeckel trägt mittels eines Glasansatzes die Glasglocke C, welche oben mit einem Tubus versehen und nach unten offen ist. Innerhalb der Glasglocke ist die Elektrode D angebracht, welche aus einem runden Rein-

nickelblech besteht. Als Stromzuleitung zu dieser Elektrode dient ein dicker Nickeldraht E, der gasdicht durch einen Gummistopfen F geführt ist. Die Glocke C ist außen von der andern Elektrode G umgeben, welche gleichfalls aus reinstem Nickelblech hergestellt und an dem Holzdeckel B befestigt ist. Die Stromzuführung geschieht durch eine Polklemme. Der Elektrolyt besteht aus einer ca. 30%igen Natronlauge. Taucht man nun die Glasglocke mit den beiden Nickelelektroden in den Elektrolyten und schließt den Strom, so entwickelt sich an der Kathode Wasserstoff und an der Anode reiner Sauerstoff. Wünscht man daher mit dem bei-

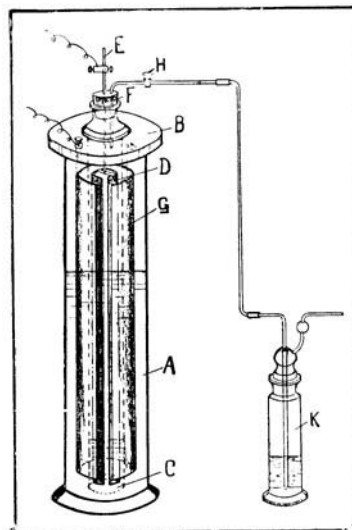


Fig. 1.

stehenden Apparat Wasserstoff zu entwickeln, so ist die Elektrode innerhalb der Glasglocke zur Kathode zu machen, d. h. mit dem negativen Pol der Batterie zu verbinden; der frei werdende Wasserstoff wird durch den Hahn H, welcher durch den Gummistopfen F führt, entnommen. Wünscht man hingegen, Sauerstoff zu entwickeln, so braucht man nur die Pole zu wechseln. Der so entwickelte Sauerstoff ist sehr rein, insbesondere enthält er kein Ozon, welches ja bekanntlich bei der Elektrolyse an Platinelektroden entsteht.

Der Apparat arbeitet wie ein Kipp-scher Apparat. Der Elektrolyt innerhalb der Glasglocke steigt nicht höher als nötig ist, um das Gas mit der Geschwindigkeit nachzuliefern, mit welcher es verbraucht wird. Der Strom reguliert sich also von selbst; hat sich eine bestimmte Quantität Gas abgeschieden und ist der Druck in der Glasglocke gestiegen, so wird die Natronlauge nach unten gedrückt; hierdurch wird die Fläche, mit der die Elektrode in die Flüssigkeit taucht, verkleinert, und damit auch die Stromstärke entsprechend verringert.

Etwaige ursprünglich in dem Nickelblech vorhandene geringe Spuren von störenden Elementen, z. B. Arsen, werden gleich bei der ersten Elektrolyse aus der Elektrode entfernt, so daß der weiterhin abgeschiedene Wasserstoff chemisch absolut rein ist.

Der Apparat ist sehr handlich und stellt sich im Betriebe dadurch äußerst preiswert, daß man nur das zersetzte Wasser von Zeit zu Zeit nachfüllen