

Original-Mitteilungen an die Redaktion.

Ueber die Bildung von Quarz in Silikatschmelzen.

Von P. D. Quensel.

Mit 4 Textfiguren.

In den letzten Jahren ist es das Ziel der synthetischen Arbeit der experimentellen Mineralogie gewesen, die in der Natur vorkommenden Gesteine im Laboratorium darzustellen, und die Bedingungen zu ermitteln, unter welchen sich die einzelnen Mineralien bilden. Aber die Experimente zeigten, daß es nicht möglich war, alle Mineralien aus trockenen Schmelzen darzustellen, manchẽ erforderten die Anwendung der sogen. Mineralisatoren oder Kristallisatoren. Zu diesen Mineralien gehört in erster Linie der Quarz, welcher als gesteinsbildendes Mineral zu den allergewöhnlichsten gehört, den aber in Laboratorien darzustellen, nur in vereinzelt Fällen gelungen ist.

Schon 1878 publizierte HAUTEFEUILLE¹ die ersten Versuche über Quarzbildung in Schmelzen; ich will diese Versuche hier ziemlich ausführlich besprechen, weil sie von großem Interesse sind im Vergleich mit späteren Arbeiten, über welche die letzten Untersuchungen der physikalisch-chemischen Mineralogie ein neues Licht werfen.

Der Versuch wurde so ausgeführt, daß amorphe Kieselsäure mit einem Überschuß von Na_2WO_4 bis zum Schmelzen erhitzt und danach die Temperatur durch längere Zeit auf ungefähr 750^0 erhalten wurde. Bei dem ersten Teil des Versuches, bei welchem die Temperatur auf ungefähr 1000^0 durch ca. 4 Stunden erhalten wurde, gewann HAUTEFEUILLE dünne Blättchen von Tridymit, welche bei einer längeren Erhitzung bei der oben erwähnten niedrigeren Temperatur langsam zu Quarz umgewandelt wurden. Nach einer zweimonatlichen Erhitzung wurde ungefähr die Hälfte in Quarz umgewandelt. Das Ergebnis dieser Versuche war, daß HAUTEFEUILLE mit Hilfe eines Überschusses von Na_2WO_4 in verhältnismäßig kurzer Zeit amorphe Kieselsäure in Tridymit übergeführt hat, welchen er später durch einen sehr langwierigen Erhitzungsprozeß erst in Quarz verwandelte. Bei diesen Versuchen ist also keine

¹ C. r. 1878, p. 1194

Rede von den Bedingungen einer primären Anskristallisation des Quarzes, sondern es zeigt sich nur die sehr geringe Umwandlungsgeschwindigkeit, die zwischen Tridymit und Quarz vorhanden ist. Die Rolle, welche das Na_2WO_4 bei dieser Synthese gespielt hat, ist natürlich die, daß es den Schmelzpunkt so viel erniedrigt hat, daß man innerhalb des Stabilitätsgebietes des Quarzes gekommen ist, aber es dürfte hier auch eine chemische Einwirkung nicht ausgeschlossen sein, nämlich wenn das Na_2WO_4 in großem Überschuß vorhanden ist; auf diese Frage werde ich jedoch später noch zurückkommen.

Der nächste, welcher sich eingehend mit der Bildung von Quarz in Schmelzen beschäftigt hat, ist MOROZEWICZ¹, dem es gelungen ist, in seiner bekannten Liparitsynthese quarzähnliche Gebilde zu erhalten. Im Gegensatz zu HAUTEFEUILLE braucht er keinen Überschuß von Mineralisatoren, sondern er hat seine Liparitmengung mit nur 1% WO_3 1 Monat lang erhitzt. Er erhielt eine große Menge winziger Kristalle, die bei 1000facher Vergrößerung sich als Quarzdihexaeder erwiesen. Wie wir sehen, haben HAUTEFEUILLE und MOROZEWICZ ihre Versuche auf ganz verschiedene Art angestellt und ganz verschiedene Resultate erhalten. MOROZEWICZ, welcher eigentlich die Einwirkung der Mineralisatoren verneint, entwickelt hier seine Ansicht über die Rolle der WO_3 . Er meint, daß Na_2WO_4 auf sehr saure Silikate zersetzend wirkt, so daß sich Quarz ausscheidet, beim Steigen der Temperatur wurde wieder WO_3 ausgeschieden, die später beim Fallen der Temperatur nochmals auf kieselsaure Alkalien zersetzend einwirkt. Derartig können kleine Mengen WO_3 große Mengen amorpher Kieselsäure in kristallinischen Zustand überführen; der WO_3 wird hier also eine rein chemische Einwirkung zugeschrieben. An dieser Stelle will ich mich nur auf ein Referat beschränken und komme später nochmals darauf zurück.

K. BAUER² hat auch einmal bei seinen Versuchen Quarz erhalten aus einem Gemenge von: Orthoklas, Albit, Glimmer, Hornblende, Chlornatrium, K_2WO_4 , Borsäure und Natriumphosphat. Von welchem Mineral sich der Quarz abgespalten hat, ist bei einer solchen Menge von Bestandteilen schwer zu sagen. Dieser Versuch ist aber dadurch interessant, daß R. BAUER seine Quarzkristalle nach nur 10stündiger Erhitzung erhalten hat, also ein wesentlicher Unterschied gegen die früher erwähnten Versuche.

Meine Versuche haben in erster Linie den Zweck, die Kristallisationsgeschwindigkeit und das Kristallisationsvermögen des Quarzes zu untersuchen und die Rolle der Mineralisatoren

¹ Min.-petr. Mitt. 18. 1899. p. 163.

² N. Jahrb. f. Min. etc. Beil.-Bd. XII. 1899. p. 551, vergl. auch C. DOELTER, Petrogenesis p. 143.

bei der Auskristallisation festzustellen. Auch habe ich mit einigen Versuchen angefangen, bei welchen ich WO_3 durch überhitzten Wasserdampf ersetzte, doch sind diese noch nicht vollendet, weshalb dieser Teil der vorliegenden Arbeit nur als eine vorläufige Mitteilung zu betrachten ist. Wenn nicht ausdrücklich etwas anderes bemerkt ist, habe ich immer ein Gemenge von 74 Teilen Oligoklas und 26 Teilen Kieselsäure benützt, teils weil dann der Schmelzpunkt nicht so sehr hoch liegt, so daß man auch mit geringerer Menge von Mineralisatoren arbeiten kann, teils weil dies Gemenge der eutektischen Mischung von Vogt entspricht, und ich dadurch zu erfahren wünschte, ob eine Andeutung zur Eutektstruktur sich zeigen würde. Schon hier kann ich bemerken, daß eine solche **eutektische** Struktur bei keinem einzigen Versuch erhalten wurde, obwohl in einigen Fällen eine sehr reichliche Auskristallisation stattgefunden hat. Zum Auftreten dieser Struktur scheinen ganz spezielle Bedingungen notwendig zu sein, so z. B. eine besonders kräftige Wirkung des magmatischen Wassers, wodurch eine plötzliche Auskristallisation aus einem unterkühlten Magma aus der entsprechenden eutektischen Mischung bewirkt wird. — Ehe ich in eine nähere Beschreibung jedes einzelnen Versuches eingehe, will ich anführen, welche Anordnung ich bei meinen Arbeiten mit Wasserdampf getroffen habe. Von früheren Versuchen auf diesem Gebiete will ich nur die von FOUQUÉ und MICHEL-LÉVY¹ erwähnen. Sie haben ihre Versuche so ausgeführt, daß sie in einem festverschlossenen Platiniridiumtiegel z. B. 3 g Granitpulver mit $1\frac{1}{2}$ g Wasser durch einen Monat bis zur dunklen Rotglut erhitzt haben. Aber Ende des Monats war jede Spur von Wasser verschwunden und aus dem Granitpulver hatte sich ein poröses glasiges Produkt gebildet, welches von den Verf. als „Trachyte micacée“ bezeichnet wurde. Wahrscheinlich verhält es sich so, daß nicht einmal Platiniridium bei so großer Hitze das Wasser festzuhalten vermochte (Eisen läßt, wie bekannt, schon bei 500^0 Wasserdampf durch), deshalb erscheint jeder Versuch mit festgeschlossenem Tiegel ausgeschlossen. — Ich habe meine Versuche so ausgeführt, daß ein Kupferrohr, welches in ein gehärtetes Stahlrohr endet, von einem Dampfkessel aus (für 10 Atmosphären Druck berechnet) in den Schmelztiegel eingeführt ist. Um das Kristallisationsvermögen zu erhöhen, habe ich immer ziemlich große Tiegel angewendet (7,5 cm hohe Plumbago Crucible Comp.). Nachdem das Gemenge zum Schmelzen in den Tiegel gebracht war, habe ich das Kupferrohr zum Glühen erhitzt und danach einen langsamen Strom Wasserdampf durchgeleitet. Durch den Dampfdruck im Kessel dringt nun das Wasser durch die Schmelze. Man muß sich

¹ FOUQUÉ et MICHEL-LÉVY, Compt. rend. 113. 1891.

jedoch hüten, einen zu schnellen Strom einzuleiten, denn sonst wird der Dampf nicht auf die hohe Temperatur des Schmelzens erhitzt, und würde abkühlend auf die Schmelze einwirken. Ich übergehe es, jeden einzelnen Versuch näher zu beschreiben.

Versuch I.

Die Oligoklasquarzmischung mit 1 % WO_3 gemengt wurde durch 60 Stunden auf eine Temperatur zwischen 800—1000° erhitzt. Unter dem Mikroskop zeigen sich Schlieren von heller bis dunkler Farbe, die genau den Abbildungen von MOROZEWICZ' Liparitsynthese entsprechen. Die helleren Schlieren bestehen aus weißem Glas mit zahllosen winzigen Kristallen, die sich bei stärkerer Vergrößerung $\times 800$ als kleine Quarzdihexaeder erweisen. Sie zeigen eine lebhaft gelbliche Polarisationsfarbe. Weil es hier nur 60 Stunden dauerte, um die Kieselsäure als Quarz kristallisiert zu erhalten, während früher MOROZEWICZ mindestens 14 Tage gebraucht hat, scheint also die Zeit nicht die große Rolle zu spielen wie man früher angenommen hat. Die Kristallisationsgeschwindigkeit scheint also doch größer zu sein als früher angenommen wurde, was bei diesem Versuche natürlich davon abhängig ist, daß die WO_3 die Viskosität bedeutend verringert hat. Da es unmöglich ist, Quarz ohne die Hilfe von Mineralisatoren zu bekommen, so kann man keinen direkten Vergleich mit der Kristallisationsgeschwindigkeit anderer Mineralien anstellen.

Versuch II.

Dieselbe Mischung mit 6 % WO_3 und 0,5 % Borsäure wurde 120 Stunden erhitzt. U. d. M. zeigt sie nur stellenweise dieselbe

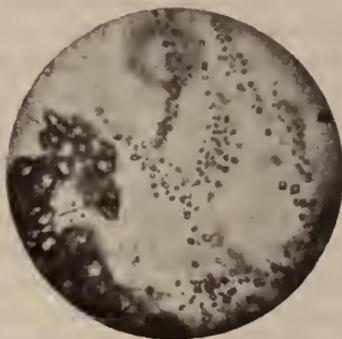


Fig. 1 zeigt den Übergang zwischen den kleinen Quarzdihexaedern und den zusammenhängenden Quarzanhäufungen.

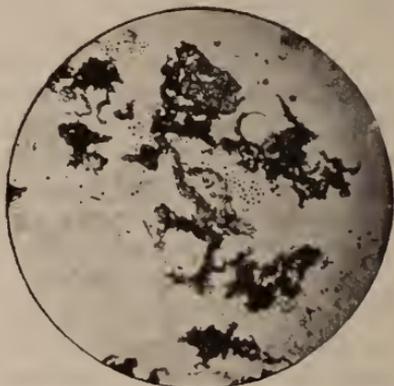


Fig. 2 zeigt eine Partie auf Fig. 1 800mal vergrößert.

Struktur wie in Versuch I. Wo die Schlieren vorkommen, sind immer dieselben Kristalle vorhanden, jedoch sind sie hier viel größer und deutlicher ausgebildet. Außer den Rhomboederflächen konnte man hier stellenweise auch Prismenflächen erkennen. Außerdem kommen auch zahlreich, besonders die Innenränder der Blasenräume begrenzende einzelne Quarzkristalle vor. Alle Übergänge zwischen den kleinen Dihexaedern und den größeren Anhäufungen sind vorhanden. Bei den Dihexaedern sind oft zwei und zwei miteinander verbunden, was wahrscheinlich einer teilweisen Umschmelzung der erst angeschiedenen Kristalle entspricht.

Vergl. Fig. I ca. 250mal vergrößert, Fig. II ca. 800mal vergrößert.

Versuch III.

Dieselbe Mischung mit 6 % WO_3 und Wasserdampf wurde durch 4 Stunden erhitzt. U. d. M. zeigt sich genau dieselbe Struktur wie im Versuch II, doch ist hier die kurze Zeit der Erhitzung besonders zu bemerken. Es zeigt sich bei diesem Versuche mit großer Deutlichkeit, daß sich durch die Vermehrung der Mineralisatoren die Kristallisationsgeschwindigkeit sehr bedeutend erhöht hat.

Versuch IV.

Die gleiche Mischung wurde 10 Stunden mit Wasserdampf allein erhitzt. Hier zeigten sich dieselben hellen und dunklen Schlieren, wie bei Versuch I (1 % WO_3) und dieselbe zahllose



Fig. 3.

Menge von winzigen Kristallen, welche so klein sind, daß man bei 1000facher Vergrößerung die Dihexaederform nur schwer erkennen kann. Die vollkommene Ähnlichkeit mit den früher erhaltenen Schlieren, die Menge von Kristallisationszentren, die auf ein Mineral mit sehr schlechtem Kristallisationsvermögen hindeuten, sowie die lebhaft gelblichweiße Polarisationsfarbe, die immer die kleinen Quarzkristalle bezeichnet, berechtigen zu dem Schluß, daß auch hier Quarz vorhanden ist. Und so scheint es hier gelungen,

die kristallbildende Einwirkung des Wasserdampfes experimentell nachzuweisen. (Fig. 3: 800fache Vergrößerung. auf Richtung $a-b$ eine Quarzwolke.)

Versuch V.

Dieselbe Mischung durch 6 Stunden mit 6% WO_3 erhitzt. U. d. M. zeigt sich, daß Quarz nur stellenweise vorhanden ist, aber dann stets in großen wohlausgebildeten Kristallen; die früher erhaltenen Schlieren mit ihren winzigen Dihexaedern sind hier



Fig. 4.

gar nicht vorhanden. Ein Kristall hatte die Größe von 0.05 mm parallel der Hauptachse, also 10mal so groß als die von MOROZEWICZ erhaltenen, welche er durch dreiwöchentliches Erhitzen mit 1% WO_3 erhalten hatte. (Fig. 4: 800fache Vergrößerung.)

Versuch VI.

1 g Kieselsäure mit einem Überschuß von Na_2WO_4 (5 g) wurde 4 Stunden erhitzt auf ungefähr $950-1000^{\circ}$. Hier und da liegen in der Na_2WO_4 -Schmelze zentimetergroße Kugeln von einer makroskopisch hellen, glasartigen Substanz, die sich u. d. M. sofort als Tridymit erkennen ließen. Der Dünnschliff zeigt eine Menge von Tafeln, welche sich dachziegelförmig übereinander decken, also dasselbe Resultat, wie es HAUTEFEUILLE erhielt. Bei diesem Versuche haben sich die winzigen Tridymitblättchen zu großen Partien zusammengepackt.

Zusammenstellung.

Wie schon aus dem ersten Versuch hervorgeht, scheint die langwierige, wochenlange Erhitzung unnötig zu sein; soweit ich durch Temperaturmessungen mit Anwendung von geeigneten Legie-

rungen bestimmen konnte, findet die Quarzbildung hauptsächlich bei ca. 900° statt. Es ist bei diesen Versuchen die Hauptsache, die Temperatur durch einige Zeit auf dieser Höhe konstant zu erhalten. Was die Rolle der WO_3 anbelangt, so wirkt WO_3 beschleunigend auf die Kristallisationsgeschwindigkeit, denn je mehr WO_3 zugegeben wird, in um so kürzerer Zeit bilden sich Kristalle, ferner wird durch WO_3 die Größe und der Flächenreichtum der Kristalle (Prisma neben Rhomboedern) vergrößert.

Die Behauptung von MOROZEWICZ, daß bei Verwendung von größerer Menge von WO_3 (z. B. 5%) sich auch nach zehntägiger Erhitzung keine merkbare Spur von Kristallisation ergab, ist also zufolge meiner Versuche unrichtig. Die Rolle der WO_3 ist eine zweifache, wenn beide auch physikalisch zusammenhängen. Die eine und wichtigste Wirkung ist natürlich, daß der Schmelzpunkt der Gemenge so viel erniedrigt wird, daß er in das Stabilitätsgebiet des Quarzes (d. h. unter 1000°) fällt¹. Ohne diese Bedingung ist jede Spur von Quarzbildung ausgeschlossen.

Die zweite Einwirkung ist die, daß die Viskosität verringert wird und zwar im Verhältnis zu der gebrauchten Menge von WO_3 . Während also 1% WO_3 genug sein kann durch Erniedrigung des Schmelzpunktes eine Quarzkristallisation zu ermöglichen, wird durch 5—10% WO_3 die Kristallisationsgeschwindigkeit bedeutend erhöht. Aus diesen Versuchen geht auch mit Deutlichkeit hervor, daß man bei geringerer Quantität von WO_3 eine zahllose Menge von winzigen Quarzdihexaedern (Quarzwolken von MOROZEWICZ) erhält, also das Kristallisationsvermögen erhöht wird, während man bei höherem WO_3 -Gehalt eine kleine Anzahl von wohl ausgebildeten bis 10mal so großen Kristallen in einigen Stunden gewinnt. Gleichzeitig will ich auch betonen, daß die größeren Quarzkristalle nahezu ohne Ausnahme um Blasenräume herum gelagert sind.

Ich habe bei meinen ersten 5 Versuchen immer Quarz, aber niemals eine Spur von Tridymit erhalten. Bei Versuch VI habe ich dagegen, ähnlich wie HAUTEFEUILLE, mit einem Überschuß von Na_2WO_4 Tridymit gewonnen. Daß ich später nur WO_3 und nicht Na_2WO_4 verwendet habe, spielt natürlich weiter keine Rolle, da in meiner Oligoklasquarzmischung immer Alkalien enthalten waren. Auch die Temperatur ist nicht allein entscheidend, denn bei kleinen Mengen von WO_3 erhielt man bei höherer Temperatur (gegen 1000°) nur spurenweise Kristalle und dann in jedem Falle Quarz. Es muß daher die Menge der angewandten Mineralisatoren von Einfluß sein; es ist nicht unmöglich, daß Mineralisatoren in verschiedener Art wirken, wenn sie in kleineren oder größeren Mengen vorhanden sind. Auf jeden Fall muß man hier eine vollständige

¹ Vergl. C. DOELTER, Min.-petr. Mitteil. 1906. TSCHERMAK-Heft.

Reihe von Versuchen anstellen, und hoffe ich nach einer größeren Reihe von Versuchen noch genauere Belege für die Richtigkeit des Gesagten bringen zu können.

Was meine Versuche, die WO_3 durch Wasserdampf zu ersetzen anbelangt, so scheint der Wasserdampf genau denselben Einfluß wie kleine Mengen von WO_3 zu haben, er wirkt also vergrößernd auf die Reaktionsgeschwindigkeit. Die Schwierigkeit bei diesen Versuchen liegt darin, daß es selten gelingt, den Wasserdampf durch die Schmelze vollständig durchdringen zu lassen. Wenn es aber gelingt, so wirkt der Wasserdampf bedeutend viskositätserniedrigend. Wie schon gesagt, sind meine Versuche auf diesem Gebiete noch gar nicht vollendet, weshalb dies nur als eine vorläufige Mitteilung zu betrachten ist.

Graz, Mineralog.-petrographisches Institut
 der Universität im Juli 1906.

**Bemerkungen zu den theoretischen Arbeiten von P. Pavlow
 über das Wachstum und die Auflösung der Kristalle.**

Von **F. Pockels.**

Heidelberg, 10. August 1906.

In den unten genannten Abhandlungen¹ versucht P. PAVLOW eine Reihe von Problemen, die den Einfluß äußerer Umstände auf die Ausbildung der Kristalle betreffen, auf Grund der Theorie des thermodynamischen Potentials zu behandeln. Den Ausgangspunkt bildet folgende Erwägung. Ist $\varphi(p, \tau)$ das vom allseitig gleichen Druck (p) und von der Temperatur (τ) abhängige thermodynamische Potential der Masseneinheit eines isotropen festen Körpers, so ist

$$\frac{\partial \varphi}{\partial p} = v$$

dessen spezifisches Volumen, und demnach

$$\pi = - \frac{\frac{\partial^2 \varphi}{\partial p \partial \tau}}{\frac{\partial^2 \varphi}{\partial p^2}} \cdot \frac{1}{p}$$

¹ P. PAVLOW, Über einige Eigenschaften der Kristalle vom Standpunkte der Thermodynamik. Zeitschr. f. Krist. 40. p. 189—205. 1905. — Über die Abhängigkeit zwischen der Kristallform und dem Zustande der Lösung. Zeitschr. f. Krist. 40. p. 555—561. — Über die Bedingungen der Bildung von Kristallen verschiedener Form in einem flüssigen Medium. Zeitschr. f. Krist. 42. p. 120—157. 1906.

dungen erfolgen. Läßt man aber, wie oben bei *Rhabdoceras* verfahren wurde, die erste Windung dort endigen, wo der Umgang die Stelle der ersten Scheidewand passiert, so kann man an den abgebildeten Stücken nur $1\frac{3}{4}$ Windungen bis zum Beginn des freiwachsenden Schaftes rechnen, genau wie bei *Rhabdoceras*.

Wiederum sehr ähnlich ist nach J. PERRIN SMITH¹ der Anfangsteil von *Baculites chicoensis* TRASK. aus den unteren Chico beds der Gegend von Livermore in Kalifornien. Die spirale Schale ist ein wenig größer, besteht aber nur aus etwa $1\frac{1}{6}$ Windung. Daneben ist außer einer sehr frühzeitig auftretenden Einschnürung eine starke Versmünerung des Windungsquerschnittes in der Gegend der Ablösung bemerkenswert.

¹ The larval coil of *Baculites*. The American Naturalist. Vol. XXXV p. 39—49. 1901.

Miscellanea.

Meteoritenfund in der argentinischen Provinz Buenos Aires.

Im September 1906 hat das La Plata-Museum einen neuen Meteoriten angekauft. Gefunden worden ist er schon im Jahre 1905. Ein Knecht auf der Besetzung eines Dänen, Herrn Christian Larsen, stieß beim Pflügen auf den Stein, der einen Fuß tief im Acker lag. Der Fundort ist 300 m vom Wohnhause entfernt, das etwa 10 km nördlich von der Eisenbahnstation „El Perdido“ F. C. S. liegt (zwischen Irene und Dorrego, bei Bahía Blanca). Der Meteorit wiegt 30,260 kg, mißt etwa 30—33 cm im Durchmesser und hat eine unregelmäßige eckig-kantige Gestalt mit vielen Schmelzeindrücken. Er sieht oberflächlich und innen dem ungefähr halb so großen Indio Rico-Meteoriten (14 kg) außerordentlich ähnlich; außerdem liegen die Fundpunkte beider nur 30—40 km auseinander. Es ist daher nicht unwahrscheinlich, daß beide Steine Bruchstücke eines und desselben Himmelskörpers sind. Diese Vermutung muß freilich vor allem durch eine genaue chemische Analyse bestätigt werden.

Personalia.

Privatdozent Dr. E. Philippi in Berlin hat einen Ruf als Nachfolger von Prof. Dr. J. Walther nach Jena angenommen.

Prof. D. J. F. Pompeckj in Hohenheim bei Stuttgart hat auf 1. Januar 1907 einen Ruf an die Universität Königsberg i. Pr. angenommen.

Berichtigung.

Durch ein Versehen wurden auf p. 660 in No. 21 dieses Centralblattes die Abbildungen zu Fig. 1 und 2 vertauscht. Fig. 1 ist demnach Fig. 2 und Fig. 2 ist Fig. 1.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [1906](#)

Autor(en)/Author(s): Quensel Percy D.

Artikel/Article: [Ueber die Bildung von Quarz in Silikatschmelzen. 657-664](#)