

Ätzversuche an Kugeln aus Quarz und  $\alpha$ -Quarz.

Von

R. Nacken in Tübingen.

Mit Taf. X, XI und 3 Textfiguren.

Die vorliegende Arbeit will eine Entscheidung bringen daß dem oberhalb  $575^{\circ}$  C stabilen  $\alpha$ -Quarz<sup>1</sup> hexagonal-trapezoidrische Symmetrie zukommt.

Es herrschte bisher eine gewisse Unsicherheit über die kristallographische Natur der umgewandelten Quarzsubstanz, während man über die bei der Umwandlung eintretenden Änderungen der physikalischen und geometrischen Größen durch eine Reihe genauer Untersuchungen<sup>2</sup> unterrichtet war. Es zeigt sich, daß der Vorgang mit großer Präzision erfolgt, daß aber die hierbei stattfindenden Größenänderungen nicht sehr erheblich sind. So verändert sich nach F. RINNE und R. KOLB der Winkel zwischen (10 $\bar{1}$ 1) und ( $\bar{1}$ 101) nur um 3,3' und die Volumänderung beträgt nach A. L. DAY, R. B. SOSMAN und J. C. HOHSTETTER etwa 2,4 % zwischen  $500^{\circ}$  und  $575^{\circ}$  C.

<sup>1</sup> Einem Vorschlag von H. E. BOEKE (Grundlagen d. phys.-chem. Petrographie. Berlin 1915. p. 147) folgend, unterscheide ich Quarz und  $\alpha$ -Quarz, indem der bei höheren Temperaturen stabilen Form der Buchstabe  $\alpha$  zugeteilt wird. Schon früher verfuhr ich nach gleichem Prinzip (dies. Jahrb. Beil.-Bd. XXIV. 31. 1907).

<sup>2</sup> Es seien folgende Arbeiten genannt: H. LE CHATELIER, Compt. rend. 108. 1046. 1889; 109. 264. 1889. — LE CHATELIER und E. MALLARD, Compt. rend. 110. 339. 1890. — F. RINNE und R. KOLB, dies. Jahrb. 1910. II. 138; — Centralbl. f. Min. etc. 1911. 65. — F. E. WRIGHT und E. S. LARSEN, Zeitschr. f. anorg. Chem. 68. 338. 1910. — A. L. DAY, R. B. SOSMANN und J. C. HOHSTETTER, Amer. Journ. of. Sc. 37. 1. 1914.

Während der Umwandlung selbst ist die Volumänderung wesentlich geringer, da schon bei Temperaturen, die 50—100° unter der Gleichgewichtstemperatur liegen, eine erhebliche Volumvermehrung einsetzt.

So kommt es, daß selbst größere Stücke eines Quarzkristalls den Vorgang der Umwandlung überstehen, ohne zu zerspringen, und daß in kleineren Fragmenten die Umwandlungserscheinungen häufig nacheinander hervorgerufen werden können. Es zeigt sich auch, daß Flächen wie z. B. Prisma und Rhomboeder des Quarzes übergehen in neue Flächen, die dann dem  $\alpha$ -Quarz angehören. Dieses Verhalten ermöglichte die Versuche, mittels Ätzfiguren an überhitzten, umgewandelten Platten eine Entscheidung herbeizuführen, welcher Symmetrieklasse der  $\alpha$ -Quarz zuzuordnen sei.

Dies versuchten G. FRIEDEL<sup>1</sup> und O. MÜGGE<sup>2</sup>, indem sie Kristalle und Platten aus einheitlichen Individuen mit geeigneten schmelzenden Salzen ätzten. Hierzu diente Kaliumbisulfat, dem Fluorkalium zugesetzt wurde, und Natriummetaphosphat. Letzteres lieferte die besten Resultate, aus denen O. MÜGGE den Schluß zog, daß die Ätzfiguren wohl mit der Symmetrie der hexagonal-trapezoedrischen Klasse im Einklang stehen, aber noch nicht zwingend seien, wenn sie auch mit einer höher symmetrischen Klasse nicht mehr verträglich seien.

MÜGGE versuchte daher auf indirektem Wege die Symmetrieverhältnisse des  $\alpha$ -Quarzes zu ermitteln durch Überlegungen, die auf Entstehen und Verschwinden von Zwillingsbildungen Bezug haben. Als Resultat formuliert er folgenden Satz:

„Demnach ist es also sehr wahrscheinlich, daß der (umgewandelte) Quarz entweder der trapezoedrischen Hemiedrie oder der ersten hemimorphen Tetartoedrie angehört; eine sichere Entscheidung zwischen beiden ist einstweilen nicht möglich, indessen wird man den Übergang in die trapezoedrische Hemiedrie als den einfacheren für wahrscheinlicher halten dürfen, zumal alle Beobachtungen, wie über Ätzfiguren, so auch über die Form des  $\alpha$ -Quarzes, mit trapezoedrischer Hemiedrie noch vereinbar sind.“

<sup>1</sup> G. FRIEDEL, Bull. soc. min. franç. 25. 112. 1902.

<sup>2</sup> O. MÜGGE, dies. Jahrb. Festband 1907. 181.

Es fehlt hiernach noch eine sichere Entscheidung, welcher Symmetriegruppe der  $\alpha$ -Quarz angehört, wenn auch das Bestehenbleiben der optischen Aktivität<sup>1</sup> über 575° und die Ausbildung der hexagonalen Bipyramiden an den aus Schmelzfluß über 575° gebildeten natürlichen Quarzen für die Symmetrie der hexagonal-trapezoedrischen Klasse spricht.

Wie O. MÜGGE selbst ausführt, ist deswegen die Entscheidung durch Ätzen bei höheren Temperaturen nicht zum Ziel führend, weil „die Variationsmöglichkeit gering ist und nur eine kleine Zahl von Flächen untersucht werden können“.

Diesem Übelstand kann man nun leicht abhelfen, wenn man nicht auf einzelne Flächen, sondern auf Kugeln aus Quarz das Ätzmittel einwirken läßt. Hier erhält man leicht, wie es im folgenden gezeigt werden soll, einen vollständigen Überblick über die Verteilung der Ätzerscheinungen nach allen Richtungen hin.

Als Untersuchungsmaterial dienten polierte Kugeln von etwa 0,5—0,7 cm Durchmesser, welche aus einem einfachen rechtem Kristall geschnitten waren. In diesen Größenabmessungen bleiben die Kugeln bei der Umwandlung erhalten, während größere stets zerspringen. Die Sprunglinien zeigen häufig die Form einer Sinuskurve, wie sie auch von O. MÜGGE beobachtet wurde. Die Temperatur des Auftretens solcher Sprünge ist variabel und liegt für größere Kugeln von etwa 1 cm Durchmesser wenig über 100°, falls man einigermaßen rasch erhitzt, jedenfalls hängt die Erscheinung nicht mit der Zustandsänderung zusammen.

Das Erwärmen der Versuchskugeln geschah in einem elektrischen Ofen. Zur gleichmäßigen Erhitzung wurden sie in das gepulverte Ätzmittel gelegt und bis zum Schmelzen desselben erwärmt. Als Ätzmittel diente Natriummetaphosphat, das sich als geeigneter als Natriummetaborat oder Kaliumbisulfat mit Fluorkalium erwies.

Seine Schmelztemperatur<sup>2</sup> liegt bei 610°, also nur wenig über der Umwandlungstemperatur. Hier ist die Einwirkung noch nicht eine allzu energische. Selbst längeres Verweilen — bis zu einer halben Stunde — gibt noch deutliche Ätz-

<sup>1</sup> J. JOUBERT, *Compt. rend.* 87. 497. 1878.

<sup>2</sup> VAN KLOOSTER, *Zeitschr. f. anorg. Chem.* 69. 122. 1910.

eindrücke. Allerdings muß dabei die Kugel fortwährend in Bewegung erhalten werden, damit eine unregelmäßige Erwärmung vermieden wird und sich keine Konzentrationsströme ausbilden können. Erfolgt die Abkühlung ebenfalls sehr langsam, so erhält man nach dem Herauslösen mit Wasser unversehrte Präparate, die den Vorgang der Umwandlung ohne Schaden durchlaufen haben.

### I. Ätzversuche zur Prüfung der verwandten Quarzkugeln auf das Fehlen von Zwillingbildung.

Obwohl äußerlich der das Material liefernde Quarz (Alpen?) ein einheitlicher Rechtskristall war, war es doch notwendig, seine innere Struktur auf Einheitlichkeit zu prüfen. Eine Platte nach der Basis zeigte nach dem Polieren und Ätzen überall gleichartige dreiseitige Ätzeindrücke; etwaige Zwillingsgrenzen, kenntlich an einem an ihnen wechselnden Schimmer, wurden nicht beobachtet.

Hiernach liegt also ein nur aus einem Individuum bestehender Quarz vor, so daß die aus ihm geschnittenen Kugeln ebenfalls einfache Individuen sind.

Da das Fehlen von Zwillingverwachsungen geradezu Bedingung ist für die Ätzversuche bei höheren Temperaturen, so stellte ich auch an einer der Kugeln bei ca. 30° C mit Flußsäure, der konzentrierte Schwefelsäure zugemischt war (10 : 1), solche Versuche an. Hierdurch wurde einmal das Resultat der Plattenätzung bestätigt und gleichzeitig wurden vergleichende Beobachtungen über die Verteilung der Ätzeindrücke bei Quarz und  $\alpha$ -Quarz gewonnen.

In kurzer Zeit entstanden in der genannten Flüssigkeit Ätzeindrücke, die u. d. M. deutlich erkennbar waren. Leider stand mir z. Z. ein zweikreisiges Goniometer nach V. GOLDSCHMIDT nicht zur Verfügung. Auf genauere Auswertung der Ätzfiguren mußte ich daher verzichten. Einen Ersatz lieferte die Untersuchung der Lichtfiguren, an denen besonders schön die Symmetrie der Ätzeindrücke zutage tritt, wie es die photographischen Aufnahmen zeigen (Taf. X). Für den vorliegenden Zweck der Ermittlung des Symmetriecharakters erweisen sie sich als genügend.

Einen Überblick über die Verteilung der Ätzeindrücke erhält man am schnellsten, wenn man mit einem weichen Bleistift die geätzten Partien der Kugel mit Graphit einreibt. Man erkennt dann sofort die in der Verteilung der Ätzeindrücke auftretende Dreizähligkeit. Auf beiden Seiten ist der Austritt der optischen Achse gekennzeichnet durch eine gleichmäßig stark angeätzte Partie von gleichseitiger dreieckiger Umrandung. Sie färben sich völlig schwarz an infolge der tiefen Ätzeindrücke. Die Eindrücke selbst sind

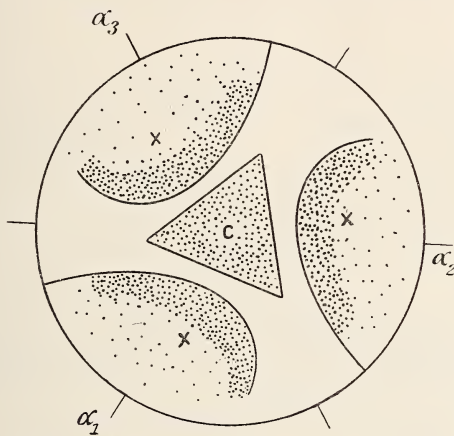


Fig. 1. Verteilung der Ätzeindrücke, die bei  $30^\circ$  durch Flußsäure auf einer Quarzkugel hervorgerufen werden. (Rechter Kristall.)

ebenfalls dreiseitig als Abdrücke von Pyramiden, deren gleichseitige Grundflächen gegen die Umrandung des geätzten Gebiets um  $30-40^\circ$  nach links gedreht erscheinen. Vergleicht man Pol und Gegenpol, so sind zwar beide gleich stark angegriffen, doch sind die geätzten Gebiete um etwa  $20-30^\circ$  gegeneinander verdreht, und zwar das obere nach rechts hin.

In Fig 1 ist ein solches Feld  $c$  gezeichnet. Die Lage der drei Achsen  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  und  $\alpha_3$  ist angegeben und es ergibt sich hieraus schon der Schluß, daß eine zweiseitige dreizählige Symmetrieachse  $\gamma$  und drei polare zweizählige Querachsen  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  vorhanden sind, während Symmetrieebenen und Zentrum fehlen.

An die kräftig geätzten Mittelfelder  $c$  schließen sich schmale Zonen an, in denen nur sehr wenige Ätzgrübchen vorhanden sind, und dann drei stärker geätzte Felder  $x$ , deren Lage gegen die Dreiecke etwas nach rechts gedreht erscheint. Die Umgrenzung dieser Felder ist asymmetrisch. Besonders stark ist die Ätzung entlang den oberen Rändern. Für die Gegenseite gilt eine entsprechende Figur, die entsteht, wenn man die Kugel um eine zweizählige Achse  $\alpha$  umklappt.

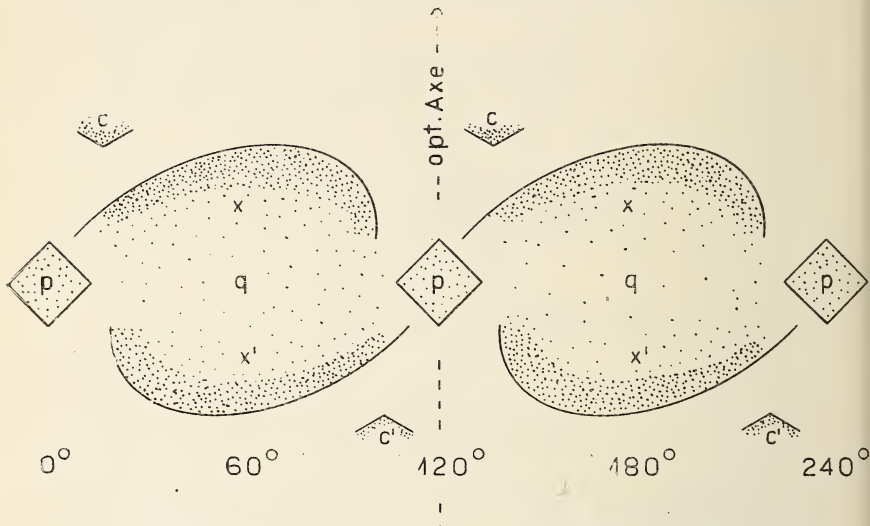


Fig. 2. Verteilung der Ätzeindrücke, die bei  $30^\circ$  durch Flußsäure auf einer Quarzkugel in der Äquatorzone hervorgerufen werden. (Rechter Kristall.)

Verfolgt man die Ätzeindrücke auf der Äquatorialzone, so erhält man die Verteilung der Fig. 2. Die Flächen wiederholen sich dreimal im Abstand von je  $120^\circ$  und ergänzen sich durch die Flächen  $x'$ , so daß auf dem so entstandenen Gebilde im Mittelpunkt  $q$  eine zweizählige Achse ausstrahlt. Das ganze Feld  $x$  und  $x'$  ist mit asymmetrischen Ätzfiguren besetzt, welche der Mitte zu immer geringer und feiner werden.

Zwischen den  $x$ -Feldern liegen weitere, wenig stark geätzte Flächen  $p$  von rhombischer Umgrenzung; ebenfalls im Abstand von  $120^\circ$  sich dreimal wiederholend. Die Lage

der Ecke von  $c$  und  $c'$  ist oben und unten angedeutet. Sie liegen an der rechten bezw. linken Seite der Flächen  $p$ .

Die Deutung der auf der Kugel entstandenen flächenähnlichen Gebilde ist einfach,  $c$  und  $c'$  könnten als Basisfläche angesprochen werden,  $x$  und  $x'$  ergänzen sich zu trigonalen Trapezoedern. Die Flächen  $p$  sind trigonale Prismen.

Dehnen sich die Flächen  $x$  links oben,  $p$  und  $x'$  rechts unten weiter aus, so würden sie schließlich zum Schnitt in parallele Kante kommen; ebenso würde  $x'$  links unten,  $p$  und  $x$  rechts oben zum Schnitt kommen müssen. Es entstände dann die Kombination eines rechten Trapezoeders mit einem trigonalen Prisma.

Es ergibt sich aus der Gesamtheit der Ätzeindrücke eine Verteilung, die zunächst zeigt, daß ein unverzwilligtes Individuum vorliegt.

Die Symmetrie der Verteilung der Ätzfiguren auf der Kugel ist nur verträglich mit der der trigonal-trapezoedrischen Gruppe: eine zweiseitige dreizählige Achse  $\gamma$  und drei polare zweizählige Achsen  $\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3$ .

Dies wird bestätigt durch die Untersuchung der Lichtfiguren, die von den einzelnen Kugelteilen entworfen werden. Auf Taf. X zeigen Fig. 1—3 die für die Kugelteile an den Endpunkten der Symmetrieachsen  $\gamma$  und  $\alpha$  charakteristischen Lichtfiguren.

Die Kugeln wurden hierzu zur Hälfte in Canadabalsam eingebettet, auf einem Deckgläschen befestigt und u. d. M. justiert. Die Aufnahme erfolgte mit einem Apparat, aus dem das Objektiv entfernt war. Mit der Irisblende wurden die Kugeln so festgeklemmt, daß das Deckglas nach außen gerichtet war. In dieser Stellung ließ sich der Momentverschluß der Kamera noch benutzen, was sich als zweckmäßig erwies, da zur guten Wiedergabe ganz kurze Belichtung,  $\frac{1}{50}$  bis  $\frac{1}{100}$  Sekunde, genügte. Durch das Deckgläschen hindurch wird nun ein dünnes parallelstrahliges Lichtbündel einer Bogenlampe (5 Amp.) geschickt, welches infolge der ähnlichen Brechungsindizes von Canadabalsam und Quarz ungebrochen in die Kugel eintritt, aber beim Austritt an den Flächen der Ätzeindrücke Ablenkung erleidet. Der Kugelmittelpunkt steht durchweg 4,3 cm von der Platte ab. Nimmt man ein dünnes Strahlen-

bündel, so ist die Ablenkung durch Brechung, die die Lichtstrahlen beim Austritt aus der Kugel erleiden, zu vernachlässigen und man findet angenähert den Neigungswinkel  $i$  einer zu einem Lichtknoten gehörigen Fläche zur Achse des Strahlenbündels aus der Beziehung

$$i = \frac{\alpha}{2}; \quad \sin \alpha = \frac{a}{b},$$

worin  $a$  die Entfernung des Lichtpunkts vom Mittelpunkt der Figur,  $b$  der Abstand der Kugel von der Platte ist.

So stehen die scharfen, äußeren Lichtpunkte 1,7 cm von der Mitte ab.

Für  $a = 1,7$ ,  $b = 4,3$  ergibt sich  $\alpha = 23^\circ 17'$ , demnach für  $i$   $11^\circ 38'$ . Dieser Wert liegt nahe bei dem Wert des Neigungswinkels eines beim Quarz häufigen Trapezoeders {5161}. Die mittleren drei hellen Flecken dürften von Eindrücken herrühren, die weiter nach außen gelegen sind, etwa in den Feldern  $x$ . Sie könnten von Flächen herrühren, deren Neigung etwa  $2\frac{1}{2}^\circ$  betrage, die also sehr steil zur Achse  $\gamma$  gerichtet wären. Auch kann ein Teil des Lichtes herrühren von dem direkten Durchgang durch die unmittelbar an  $c$  stoßenden, ungeätzten Partien.

Jedenfalls tritt in der Lichtfigur die Symmetrie deutlich zutage. Der Gegenpol liefert das gleiche Bild. An den schwachen, gekrümmten Fortsätzen der drei äußeren Knoten erkennt man, daß die Ätzgrübchen vizinale Flächen besitzen müssen, dasselbe gilt in erhöhtem Maße für die sternförmige Figur in der Mitte. An ihr ist bemerkenswert die geringe Umbiegung der längeren Strahlen nach rechts. In der Mitte selbst herrscht Dunkelheit, ein Zeichen dafür, daß die Ätzgrübchen von scharfen Spitzen begrenzt sind.

Die Ätzeindrücke an den Enden der Achsen  $\alpha$  sind nicht so scharf, und da sie nicht so zahlreich sind, ist die Menge des direkt auf die Platte fallenden Lichts bedeutend. Dementsprechend sind auch die Lichtfiguren weniger schön. Doch tritt der Symmetriecharakter auch hier deutlich zutage: Die Figuren 2 und 3 besitzen nur einen zweizähligen Drehungsmittelpunkt. Die vierseitigen Flächen  $p$  geben eine vierseitige Lichtfigur, die nach oben und unten einen schwachen Schweif erkennen lassen (Taf. X Fig. 2). Die Gegenseite der Achse



liefert einen hellen, undeutlich begrenzten Lichtfleck (Taf. X Fig. 3), von dem nach rechts und links schwache Fortsätze ausgehen. Verfolgt man diese weiter beim Drehen der Kugel, so gehen sie langsam aufsteigend über in jene Linien der Taf. X Fig. 2, welche die Fortsätze nach oben und unten besitzen.

Es tritt demnach durch das Studium der Lichtfiguren ganz unzweideutig die kristallographische Symmetrie des Auflösungs Vorgangs zutage.

Erwähnt sei, daß die von O. MEYER und S. L. PENFIELD<sup>1</sup> angestellten Auflösungsversuche mit Quarzkugeln in Flußsäure mit meinem Resultate in voller Übereinstimmung stehen. Am stärksten erfolgt der Angriff in Richtung der  $c$ -Achse, am schwächsten an jenen Stellen, an denen sich die Flächen  $p$  bilden.

## II. Ätzversuche an Kugeln aus Quarz oberhalb $575^{\circ}$ .

Beim vorsichtigen Behandeln einer Kugel mit flüssigem Natriummetaphosphat bei ca.  $700^{\circ}$  C zeigten sich schon nach einer Viertelstunde recht schöne Ätzeindrücke. Die Prüfung der abgekühlten Kugel<sup>2</sup>, die aus dem Schmelzkuchen mit Wasser herausgelöst wurde, zeigte, daß auch nach der doppelten Umwandlung ein rechtsdrehender Kristall vorlag, dem rechtsdrehenden Ausgangsmaterial entsprechend.

U. d. M. erscheinen die beiden Pole der Achse  $\gamma$  gleichmäßig angegriffen. Die Einwirkung war ziemlich intensiv, man erkennt das an der tiefen Schwärzung, die eine geätzte Kugel dort beim Reiben mit Graphit annimmt. Da die geschwärzten Felder gleichen Umfang besitzen, so ist die Achse  $\gamma$  auch über  $575^{\circ}$  zweiseitig geblieben. Die Felder besitzen rundliche Umrisse im Gegensatz zu den scharfen Dreiecken der bei  $30^{\circ}$  geätzten Kugeln. Bei genauerem Zusehen er-

<sup>1</sup> O. MEYER und S. L. PENFIELD, Trans. Connecticut. Acad. 8. 157. 1889.

<sup>2</sup> Beiläufig sei darauf hingewiesen, daß derartige Kugeln im parallelstrahligen polarisierten Licht unter ganz schwachen Objektiven ausgezeichnete Interferenzbilder liefern. Auch zweiachsige Kristalle können so untersucht werden. Der Abstand der Objektive vom Objekt ermöglicht hierbei die Ausführung von Erhitzungsversuchen zur Beobachtung der Änderung des Achsenwinkels.

kennt man, wenn auch unendlich, sechs vorspringende kurze Spitzen, die der Figur das Ansehen eines sechsstrahligen Sterns geben. U. d. M. löst sich die rauhe Fläche auf in ein Aggregat unvollkommener sechsseitiger Grübchen und Hügeln.

Schließlich, wenn auch nur um wenige Grade, sind die sechsseitigen Flecken oben und unten gegeneinander verdreht. Eine Messung war nicht möglich.

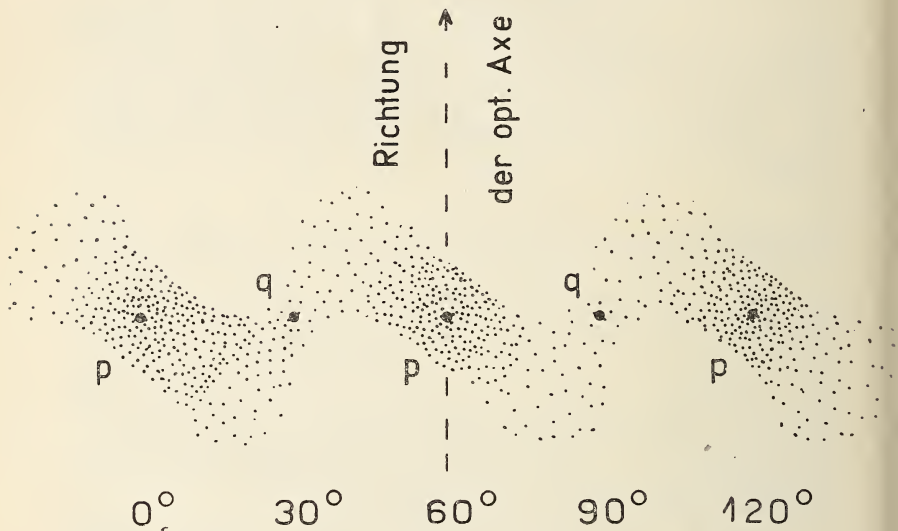


Fig. 3. Verteilung der Ätzeindrücke, die bei etwa  $700^\circ$  durch Natriummetaphosphat auf einer  $\alpha$ -Quarzkugel in der Äquatorzone hervorgerufen werden. (Rechter Kristall.)

Auf beiden Kugelhälften folgt der stark geätzten Polregion ein breiter Gürtel, dem Ätzeindrücke fast gänzlich fehlen.

Erst um den Äquator herum zeigt sich wieder ein starker Angriff des Ätzmittels.

Die Schwärzung mit Graphit macht eine wellenförmige Verteilung von stark und schwach geätzten Feldern kenntlich. In Gestalt einer Sinuskurve verläuft ein Kranz von Ätzfiguren ober- und unterhalb des Äquators, wie es Fig. 3 zeigt. Sechs stark geätzte Stellen p und dazwischen sechs weniger kräftig

geätzte Stellen q liegen auf dem Äquator rings um die Kugel herum in Übereinstimmung mit der sechsseitigen Ätzfigur. Entsprechende Punkte stehen, wie man im Drehapparat u. d. M. erkennen kann, je  $60^\circ$  voneinander ab. In Fig. 3 sind einige dieser Stellen skizziert.

U. d. M. erkennt man die Ätzfiguren genauer. Sie besitzen jedenfalls keine Symmetrieebenen. Bei p sind es längliche Vierecke mit gerundeten Kanten, deren längere Kanten unter ca.  $50^\circ$  gegen die Äquatorebene geneigt erscheinen. Bisweilen liegt im Grunde eine vierseitige Fläche, so daß eine negative abgestumpfte Pyramide entsteht. Die Figur besitzt einen zweizähligen Drehungsmittelpunkt. Nach links oben und rechts unten gehen die Eindrücke über in asymmetrische dreiseitige Eindrücke. Bei q sind die Figuren undeutlich, doch tritt auch hier ein Drehungsmittelpunkt von der Ordnung zwei auf.

Aus der Gesamtheit der Ätzeindrücke ergibt sich die Existenz einer zweiseitigen sechszähligen Symmetrieachse  $\gamma$  und von zweimal drei zweiseitigen zweizähligen Symmetrieachsen  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ . Symmetrieebenen und Symmetriezentrum fehlen.

Diese Symmetrieelemente entsprechen denen der hexagonal-trapezoedrischen Gruppe.

Deutlicher als die Ätzfiguren lassen die Lichtfiguren der geätzten Stellen die Symmetrie der Achsen  $\gamma, \alpha$  und  $\beta$  erkennen. Zu dem Zweck wurden wie oben die an den Achsenpolen befindlichen geätzten Partien untersucht.

Besonders schön ist auf Taf. XI in Fig. 1 und 2 die Sechszähligkeit der Achse  $\gamma$  und deren Zweiseitigkeit zu erkennen. Die Lichtfiguren der Partien oben und unten sind völlig gleich. Beide Male sind es sechsstrahlige Sterne mit einigen Nebenreflexen. Sechs schwach ausgebildete Lichtknoten liegen um einen dunkleren Mittelpunkt. Von ihnen strahlen etwas nach rechts gekrümmte kurze Schweife aus. Pol und Gegenpol geben völlig analoge Bilder.

Fig. 3 und 4 sind Lichtfiguren, die zu den Flächenstücken p und q gehören. Nimmt man an, daß in p die Achsen  $\alpha$ , in q die  $\beta$ -Achsen ausstoßen, so gehört p einem

hexagonalen Prisma II. Art (1120), q einem Prisma I. Art (1010) an.

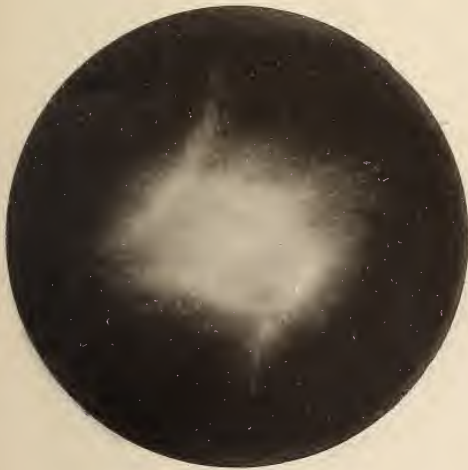
Die Figuren besitzen keine Symmetrieebenen, sondern nur einen zweizähligen Drehungsmittelpunkt, wie es den eben genannten Flächenarten der hexagonal-trapezoedrischen Klasse zukommt. Der helle Fleck in der Mitte von Fig. 3 rührt her von der p. 81 erwähnten Abstumpfung der Ätzpyramide. In Fig. 4 kehren die gleichen Flecke wieder, jetzt rechts und links von der Mitte gelegen. —

Überblickt man noch einmal die Resultate der Ätzmethode an Kugeln aus Quarz und  $\alpha$ -Quarz, so ergibt sich mit Sicherheit für den über  $575^{\circ}$  C stabilen  $\alpha$ -Quarz hexagonal-trapezoedrische Symmetrie. Da das Ausgangsmaterial frei von Zwillingsbildung war und auch kein Grund vorliegt, daß während des langsamen Erhitzens bis  $575^{\circ}$  eine Zwillingsbildung eintritt — zumal bei dem Fehlen von Gleitflächen am Quarzkristall —, so kann die Verteilung der durch Natriummetaphosphat bei  $700^{\circ}$  hervorgerufenen Ätzeindrücke nur bedingt sein durch den geänderten krystallographischen Bau des  $\alpha$ -Quarzes.

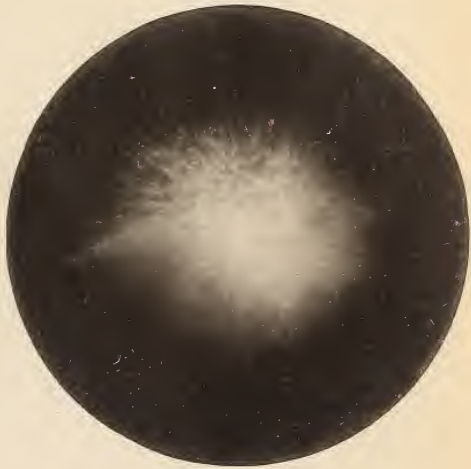
Tübingen, Min.-petr. Inst. der Univ., August 1915.



1



2



3

R. Naden: Aetzversuche an Kugeln aus Quarz und  $\alpha$ -Quarz.

Fig. 1-3 Lichtfiguren von geätzten Quarzkugeln.  
Aetzmittel: 10 Teile HF mit 1 Teil  $H_2SO_4$ . Temperatur  $30^\circ C$ .



Fig. 1-2. Lichtfiguren von geätzten  $\alpha$ -Quarzkugeln. Ätzmittel:  $\text{Na PO}_3$ , Temperatur etwa  $700^\circ \text{C}$ .  
Pol und Gegenpol einer sechsachsiggen Ase  $\gamma$ .



Fig. 3-4 dasselbe. Pole der sechsachsiggen Axen  $\alpha$  und  $\beta$ . Ase  $\gamma$  von oben nach unten gerichtet.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1916

Band/Volume: [1916](#)

Autor(en)/Author(s): Nacken Richard

Artikel/Article: [Ätzversuche an Kugeln aus Quarz und a-Quarz, 71-82](#)