

fertige Umwandelungspseudomorphose von Quarz nach Flußspat vorliegt.

Ich werde meine Beobachtungen fortsetzen und hoffe, daß es mir noch gelingen wird, weiteres Material beizubringen, das die einwandfreie Deutung dieser interessanten Erscheinungsformen zuläßt.

München im März 1913.

Untersuchungen über das Verhältnis von Chalcedon und Quarzin zu Quarz.

Von W. Wetzel in Kiel (Mineralog. Institut).

Inhaltsübersicht.

	Seite
Einleitendes	356
Vergleichende Beschreibung der Eigenschaften von Quarz, Quarzin und Chalcedon.	
Übereinstimmende Eigenschaften	357
Unterschiedliche Eigenschaften	358
Lichtbrechung	358
Doppelbrechung	358
Spezifisches Gewicht	359
Habitus	359
Opalgehalt	359
Thermische Veränderlichkeit der Doppelbrechung	360
Erklärung der Hauptunterschiede unter Annahme einer einzigen Modifikation.	
Lichtbrechung und spezifisches Gewicht	362
Doppelbrechung	365
Schlußbemerkung über die Unterschiede im Habitus und im Opalgehalt	366

Einleitendes.

Quarzin ist 1890 von MICHEL-LÉVY und MUNIER-CHALMAS als Mineralart aufgestellt worden, und zwar mit einem Hauptmerkmal: Faserachse // *c*. Dagegen hat der Chalcedon im Sprachgebrauch MICHEL-LÉVY's (= Chalcedonit LACROIX) *a* in der Faserachse. An Stelle einer eingehenderen Definition der beiden Erscheinungsformen des SiO₂, die bei der auffallenden Verschiedenheit der bisherigen Diagnosen¹ nicht mit kurzen Worten abzumachen ist, zähle ich weiter unten die übereinstimmenden und unterschiedlichen Eigenschaften von Quarz, Quarzin und Chalcedon auf. Die Nach-

¹ In der neuesten Auflage der ROSENBUSCH-WÜLFING'schen Hilfstabellen zur mikroskopischen Mineralbestimmung (III e) sind beispielsweise für die Lichtbrechung und die Doppelbrechung des „rhombischen“ Chalcedons die WALLERANT'schen Daten für Quarzin angegeben.

prüfung bisheriger Angaben und die Feststellung noch nicht zuvor beschriebener Eigenschaften geschah hauptsächlich an Präparaten von Drusen-Füllungen, die sich in einem chalcedonisierten Geschiebeholz cretacischen Alters von Holtenau finden und die aus schönen zentrogenen Sphärolithen von Chalcedon und Quarzin nebst Gruppen von Quarz bestehen¹.

Die Frage nach den Modifikationen, die den drei Körpern Quarz, Chalcedon und Quarzin zugrunde liegen, hat man bisher recht verschiedenartig beantwortet.

Die Annahme einer einzigen Modifikation findet sich bereits 1890 bei LE CHATELIER², der Chalcedon mit Quarz identifizierte, und 1892 bei MICHEL-LÉVY und MUNIER-CHALMAS³, welche Forscher indessen eine hypothetische zweiachsige Substanz als Grundelement unserer drei Körper betrachteten, und 1897 bei WALLERANT⁴, der überall trikliner Grundelemente annahm; wiederum α -Quarz als einzige Modifikation nehmen an: 1901 BECKENKAMP⁵, 1908 HEIN⁶, 1911 MÜGGE⁷, 1911 BRAUNS⁸ und 1912 SCHNEIDERHÖHN⁹.

Zur Annahme verschiedener Modifikationen neigen wohl 1885 ROSENBUSCH¹⁰, 1907 STEIN¹¹ und 1911 WÜLFING¹².

Vergleichende Beschreibung der Eigenschaften von Quarz, Quarzin und Chalcedon.

Übereinstimmende Eigenschaften.

Die drei Körper gleichen einander in Folgendem: 1. Der optische Charakter aller ist positiv; 2. sie sind einachsige — für Chalcedon hatte schon WÜLFING l. c. die Einachsigkeit vermutet, ich machte diese Annahme a. a. O. weiterhin sowohl für Chalcedon wie für Quarzin wahrscheinlich —; 3. die Schraubenachse der

¹ Die spezielle mineralogische, wie auch geologische und paläontologische Beschreibung dieses Vorkommens geschah unter dem Titel „Über ein Kieselholzgeschiebe mit Teredonen aus den Holtenauer Kanal-Anschlüssen“ im VI. Jahresber. d. Niedersächs. geol. Ver. 1913.

² LE CHATELIER, Bull. Soc. franç. Min. **13**. p. 112 u. 123—129 (MALLARD u. LE CHATELIER).

³ MICHEL-LÉVY et MUNIER-CHALMAS, Bull. Soc. franç. Min. **15**. p. 159 ff.

⁴ WALLERANT, Bull. Soc. franç. Min. **20**. p. 52—100.

⁵ BECKENKAMP, Zeitschr. f. Krist. **34**. p. 582. 1901.

⁶ HEIN, N. Jahrb. f. Min. Beil.-Bd. XXV. p. 182—231. 1908.

⁷ MÜGGE, dies. Centralbl. 1911. p. 193—196.

⁸ BRAUNS, dies. Centralbl. 1911. p. 465.

⁹ SCHNEIDERHÖHN, N. Jahrb. f. Min. 1912. II. p. 1—32.

¹⁰ ROSENBUSCH, Mikr. Phys.

¹¹ STEIN, Zeitschr. f. anorgan. Chemie. **55**. p. 159 ff. 1907.

¹² WÜLFING, Sitzungsber. Heidelb. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl. 1911. Abh. 20.

gedrillten Chalcedonfasern, die Schraubenachse der makroskopisch „gewundenen Rauchquarze“ und die Krümmungsachse der gekrümmten Quarzfasern liegen alle drei // α , d. h. senkrecht zur Hauptachse¹.

Unterschiedliche Eigenschaften.

In vielfacher Hinsicht erscheinen die drei Körper einander zwar ähnlich, aber nicht gleich.

Lichtbrechung. Quarzin steht mit den Brechungsexponenten $\varepsilon_{Na} = 1,544$ und $\omega_{Na} = 1,533$ — von WALLERANT 1897 l. c. an Material von Cuise bei Paris gemessen — zwischen Quarz mit $\varepsilon_{Na} = 1,5533$ und $\omega_{Na} = 1,5442$ einerseits und Chalcedon mit $\varepsilon_{Na} = 1,539$ und $\omega_{Na} = 1,531$ — von WÜLFING 1911 l. c. an Material unbekanntes Fundorts gemessen — andererseits². Ich bestimmte die Lichtbrechung an zwei dünngeschliffenen Stücken reinen, ziemlich parallelfaserigen Chalcedons meines oben erwähnten Materials (Drusenfüllung im Feuerstein-Geschiebe von Holtenau). Nach der Methode SCHROEDER VAN DER KOLK's und auch auf dem Totalreflektometer fand ich $\varepsilon_{Na} = 1,539 \pm 0,002$ und $\omega = 1,531 \pm 0,002$. Bezüglich der auffallenden Übereinstimmung dieser Daten mit denen WÜLFING's sei hervorgehoben, daß die beiderlei Objekte auch sonst gewisse Ähnlichkeit zeigen.

Doppelbrechung. Wie sich aus obigen Lichtbrechungsdaten ergibt, steht hinsichtlich der Doppelbrechung der Quarz mit 0,0091 zwischen Quarzin mit 0,011 und Chalcedon mit 0,008(5).

¹ Bekanntlich zeigen auch Quarze in Gesteinsdünnschliffen Spuren von Verbiegung, für die aber die Achsen noch nicht genau bestimmt sind (nach MÜGGE, N. Jahrb. f. Min. Beil.-Bd. X. 1895—1896. p. 767, sind sie jedenfalls von der c-Richtung verschieden). Hinsichtlich der Windung der Rauchquarze stehen die Erklärungen TSCHERMAK's (Zwillingsbildung) und BOMBICCI's (Torsion während des Wachstums in gelatinösem Medium) einander unvermittelt gegenüber. — Man hat, worauf mich Herr Prof. JOHNSON freundlichst aufmerksam machte, auch die Elastizitätseigenschaften von Chalcedon und Quarz vom Standpunkte der Modifikationseinheit verglichen (W. VOIGT, Nachr. d. Kgl. Ges. d. Wiss. Göttingen. 1890. p. 544, u. Kristallphysik. 1910. p. 964). Der Quotient c/c_1 bzw. a/b der VOIGT'schen Elastizitätskonstanten ist für Chalcedonaggregat nahezu ebenso groß, wie er sich für ein dichtes Quarzaggregat aus den für Quarzkristalle geltenden Werten berechnen läßt. Man konnte bei dieser Berechnung also den für Chalcedonaggregate anzunehmenden Opalgehalt (s. unten) vernachlässigen, was erklärlich ist, da c/c_1 des Opals von obigen Quotienten auch kaum abweicht, während der Elastizitätsmodul (E) des Opals halb so groß wie derjenige des Chalcedonaggregates und $\frac{2}{5}$ so groß wie der größte Elastizitätsmodul des Quarzes ist.

² Quarzin steht mit beiden Brechungsexponenten dem Canadabalsam mit $n = 1,541$ — $1,533$ besonders nahe. Alle drei Körper brechen das Licht erheblich stärker als amorphes Si O₂.

Letzteren Wert bestimmte ich auch durch direkte Messung an meinen obigen Präparaten.

Spezifisches Gewicht. In anderer Reihenfolge als hinsichtlich der Lichtbrechung und der Doppelbrechung steht hinsichtlich des spezifischen Gewichtes der Chalcedon mit 2,586 — bestimmt an obigem auch hinsichtlich der Lichtbrechung von mir untersuchten Materiale — zwischen Quarz mit 2,657 einerseits und Quarzin mit 2,576 — nach WALLERANT'S Bestimmung — anderseits¹.

Habitus. Quarzin und Chalcedon unterscheiden sich bekanntlich durch die Orientierungen der Faserachse, n. a. W. durch den optischen Charakter der Sphärolithe, der beim Quarzinsphärolith +, beim Chalcedonsphärolith — ist; mit diesem Unterschied hängt zusammen, daß die Chalcedonfaser, weil \perp zur optischen Achse c gestreckt, gedrillt erscheinen, d. h. zwischen gekreuzten Nicols das charakteristische Oszillieren der Polarisationsfarbe zeigen kann, während die Quarzinfaser, weil // zur optischen Achse c gestreckt, keine Drillung zeigen kann; anderseits pflegen Quarzfasern um a , d. h. um Richtungen senkrecht zu ihrer Faserachse, gekrümmt zu sein, Chalcedonfasern nicht². In der Ausbildungsweise steht also der Quarzin dem Quarz näher als der Chalcedon; daher gehen, wo die charakteristische zonare Abgrenzung der drei SiO_2 -Ausscheidungen zu beobachten ist (a. a. O. näher beschrieben), die Zonen von Quarzinsphärolithen häufiger und weniger scharf abgesetzt in Quarzonen über als die Zonen der Chalcedonsphärolithe in Quarz- oder Quarzinzonen.

Opalgehalt. Die mikroskopisch feine „Opalschichtung“, die in Chalcedon-Drusen mehrfach beobachtet worden ist und die ich a. a. O. als Sonderfall des LIESEGANG'Schen Austrocknungsrythmus³ ansprach, ist beim Quarzin sehr selten (nur nur in zwei Fällen bekannt). Daß es sich bei der Opalschichtung um Querschichten von abwechselnd opalreicher und opalarmer Fasersubstanz handelt, welche Schichten kontinuierlich von jeder Faser in die Nachbarfaser unter Bildung konzentrischer Zonen

¹ In der Literatur finden sich verschiedentlich größere Dichten für Chalcedon angegeben, so von BARVIR, Sitzungsber. d. böhm. Ges. d. Wiss. 1897. No. 14, 2,591—2,616 für Chalcedon von Mohelno.

² Es gibt sehr unregelmäßige sphärolithische Chalcedonaggregate, in denen die Fasern nicht gedrillt sind, aber gekrümmt erscheinen, freilich durchaus nicht so gleichmäßig und einheitlich, wie die Fasern normaler Quarzinsphärolithe; soweit es sich erkennen läßt, handelt es sich in ersterem Falle mehr um einen Fiederbau mit Verzweigung und Knickung. Es erscheint berechtigt, von einer und nur einer strukturell analogen Tendenz zu Verbiegungen bei Quarzin, Chalcedon und Quarz zu sprechen, wie denn auch oben die als Krümmungsachse fungierende a -Richtung in ihrer für die drei Körper gemeinsamen Bedeutung gewürdigt wurde.

³ Dies. Centralbl. 1911. p. 497—507.

der Faserbündel übersetzen, wird durch die Lichtbrechungsunterschiede wahrscheinlich¹. Eine auf Opalgehalt zurückzuführende optische Eigentümlichkeit kann bei allen drei Erscheinungsformen des kristallisierten SiO_2 auftreten, nämlich die Farben trüber Medien². Immerhin bestehen auch hinsichtlich des Opalgehaltes gewisse Unterschiede, namentlich zwischen Quarzin und Chalcedon. Das zeigen, abgesehen von dem beschränkten Vorkommen von Opalschichtung beim Quarzin, folgende Erhitzungsversuche recht deutlich: Eine Anzahl dünngeschliffener Aggregate von Chalcedon, Quarzin und Quarz wurden unter dem Erhitzungsmikroskop auf einem Quarzglas-Objekttträger erhitzt, wobei das Auftreten von Trübung, von Farben trüber Medien, bis zu schließlich totaler Undurchsichtigkeit, der Präparate zu beobachten war; und zwar waren die dabei gemessenen Temperaturen nicht, wie nach WALLERANT³ und LACROIX⁴ anzunehmen, immer die der Rotglut (525°), sondern verschieden, je nachdem Chalcedon, Quarzin oder opalhaltiger Quarz vorlag, und beim Chalcedon außerdem je nach der Varietät. Die Trübung ist bereits von anderen Autoren (s. LACROIX l. c.) guten Grundes auf das Entweichen des Opal-Wassers zurückgeführt worden. Trotz der der Versuchsanordnung anhaftenden Ungenauigkeit der Temperaturmessungen ließ sich ersehen, daß die Trübung des Quarzins in dem von mir untersuchten Material bei ca. 375° beginnt und bei ca. 450° vollständig ist (Schliffe No. 1 b u. 1 c), daß gedrillter und zugleich opalgeschichteter Chalcedon bei ca. 460° getrübt wird (Schliff 1 a), während solcher ohne Opalschichtung erst bei 470° — 530° (Schliff 1 c) und solcher ohne Opalschichtung und ohne Drillung (ein Präparat von Island) erst bei noch höherer Temperatur Trübung zeigt. In einigen Fällen begann die Trübung des Chalcedons mit beginnender Rotglut (525°) (Schliffe 8 b, 27, 28; und zwar in Schliff 8 b zunächst auch nur an denjenigen Stellen der Sphärolithe, wo Opalschichtung angedeutet war, die übrigens trotz der Trübung kenntlich

¹ Die opalreichen Schichten sind oft nur 1μ breit, die mit ihnen abwechselnden opalärmeren 32μ , der Opalreichtum der ersteren bedingt keine merkbare Erniedrigung der Interferenzfarbe der Chalcedonfasern. Ähnlicher Zonarbau wurde a. a. O. vom Quarz beschrieben. Bei ihm sind die Zonen parallel der ebenflächigen Umgrenzung orientiert beim Chalcedon parallel dem Sphärolithumriß, m. a. W. konzentrisch-kugelschalig.

² Genauere Angaben über opalhaltigen Quarz (Blauquarz) sollen demnächst erfolgen.

³ WALLERANT. Bull. Soc. franç. Min. 20. 1897.

⁴ LACROIX. Mineralogie de France. III. 1901. p. 121: übrigens spricht LACROIX bereits von „opale interposée“, im Gegensatz zu WALLERANT, der im Quarzin hygroskopisches Wasser annimmt, bei dessen Verlust sich der Quarzin trübt.

blieb¹. Außerdem wurde eine Anzahl Präparate längere Zeit hindurch der Temperatur bestimmter siedender Flüssigkeiten ausgesetzt, in die sie teils unmittelbar hineingehängt, teils am Boden langer, einseitig zugeschmolzener Glasröhrchen liegend eingeführt wurden, welche bis zu Höhen von 5—10 cm von der siedenden Flüssigkeit umspült wurden. Erhitzung in Xylol, Anilin, Naphtalin, Benzoesäure, Glyzerin ergab keinerlei Veränderung. Bei 360° (siedendes Stearin) zeigten sich kaum schwache Anfänge von Trübung des Quarzins, obwohl die Erwärmungsdauer je 1½ Stunden und mehr betrug. Bei 445° (siedender Schwefel) wurde der Quarzin in Schliß No. 29 getrübt. Bei einer nicht genau bestimmten Temperatur zwischen 445° und 525°² wurde der Quarzin der Schliße 27 u. 28 total undurchsichtig und außerdem der opalhaltige Quarz in Schliß 15 partiell getrübt, während die Chalcedonpräparate bis dahin kaum eine Trübung zeigten, nur Schliß 19 in geringem Maße. Es zeigte sich dabei als nicht gleichgültig, ob die Schliße sich einmal unmittelbar in kochendem Xylol und in kochendem Anilin befunden hatten oder nicht. War ersteres der Fall, so wurde die Trübung bei der späteren, höheren Erhitzung anscheinend verzögert, dagegen trat durch die Destillationsresiduen der eingedrungenen obigen Kochflüssigkeiten eine Braunfärbung der Chalcedonsphärolithe auf, und zwar schichtweise verschieden, nämlich in denjenigen Sphärolithzonen am intensivsten, die frei von Opalschichtung und primärer Trübung durch verunreinigenden Opal waren.

Bei der chemischen Analyse der von mir untersuchten Drusenfüllungen ging während der Trocknung der gepulverten Substanz bei 120° bereits der Wasserverlust im wesentlichen vor sich, was nach Bischof (Lehrb. chem. Geologie. II. 1864. p. 840) auch für gepulverten Opal gilt.

Thermische Veränderlichkeit der Doppelbrechung.

Daß den drei Erscheinungsformen der SiO₂ trotz der angezählten Unterschiede nur eine Modifikation zugrunde liegt, wird durch eine andere Beobachtung am erhitzten Chalcedon (Schlißpräparate 27 u. 28 der oben erwähnten Drusenfüllung) sehr wahrscheinlich, nämlich dadurch, daß der Chalcedon während der Temperatursteigerung die nämliche Abnahme der Doppelbrechung zeigt wie der Quarz, wobei er sich vermutlich auch einem Umwandlungspunkt bei 573° nähert. Ich

¹ Verschiedene Versuche, die Trübungen durch nachträgliches Imbibieren mit Wasser und anderen Flüssigkeiten rückgängig zu machen blieben erfolglos; der Opal hatte sein Absorptionsvermögen für die Flüssigkeiten eingebüßt.

² Erhitzung in SnCl₂-Schmelze, die weit unterhalb ihres Kochpunktes (ca. 603°) Zersetzung und Sublimation erfuhr.

beobachtete die Veränderung u. d. M. bis hinauf über 525⁰ (Rotglut); bis dahin fiel die Interferenzfarbe des im Schliff 27 enthaltenen Quarzes von Grüngelb zweiter Ordnung auf Blaugrün derselben Ordnung, die Farbe des Chalcedons von Blau zweiter Ordnung auf Rotviolett erster Ordnung; entsprechend verhielt sich Schliff 28, wo Quarz den gleichen Farbenwechsel zeigte. Chalcedon von Blaugrün zweiter Ordnung zu Blau derselben Ordnung wechselte. Die bisherigen Untersuchungen über die Temperaturkoeffizienten des Volumens und der spezifischen Wärme des Chalcedons ergaben widersprechende Resultate¹ und sind, wie ich a. a. O. ausführte, auch aus anderen Gründen nicht sehr beweiskräftig.

Erklärung der Hauptunterschiede unter Annahme einer einzigen Modifikation.

Von dem somit fester begründeten Standpunkte der Modifikationseinheit aus müssen nunmehr die vorher beschriebenen Unterschiede erklärt werden.

Lichtbrechung und spezifisches Gewicht.

Die Lichtbrechung des Chalcedons und Quarzins ist niedriger als die des Quarzes infolge der ihnen eigenen Verunreinigung mit Opal. Diese Erklärung deutete bis zu gewissem Grade schon HEIN l. c. an². Hinzusetzen ist, daß die Unterschiede im spezifischen Gewicht gleichzeitig mit erklärt werden können. WALLERANT hat in der Annahme, Quarzin sei ein lockeres, Quarz ein dichteres Gebände aus gewissen Bauelementen, das GLADSTONE'sche Gesetz $\frac{n-1}{d} = \text{konst.}$ auf Quarz und Quarzin angewandt. Zwar stimmen die so aus der Lichtbrechung des Quarzins für den Quarz berechneten Brechungsindizes mit den experimentell gefundenen überein, aber darauf kann kein Gewicht gelegt werden, da WALLERANT in seine Rechnung als Dichte des Quarzes den abnorm niedrigen Wert 2,622 eingeführt hat³.

Da nun wohl unsere spezifisch leichten SiO₂-Varietäten als opalhaltiger Quarz aufzufassen sind, und deren Lichtbrechung wahrscheinlich ohne großen Fehler der Lichtbrechung eines Gemisches zweier Flüssigkeiten mit den Brechungen des Quarzes und des Opals gleichzusetzen ist, so berechnete ich die Lichtbrechung n des WALLERANT'schen Quarzins sowohl wie die meines Chalcedons

¹ Vergl. z. B. LE CHATELIER, Bull. Soc. franç. Min. 13, 1890. und STEIN, Zeitschr. f. anorg. Chemie. 55. 1907.

² Irrtümlicherweise schreibt dieser Autor seinen Gedanken WALLERANT zu, dessen oben wiedergegebener Erklärungsversuch den Opalgehalt nicht heranzieht.

³ Diesen Wert stellte W. an einem mit seinem Quarzin vergesellschafteten, offenbar wenig homogenen Quarzaggregat fest.

aus folgender Gleichung zwischen den LORENZ'schen Ausdrücken für spezifische Refraktion und den Mischungsanteilen:

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{100}{d} = \frac{n_1^2 - 1}{n_1^2 + 2} \cdot \frac{p}{d_1} + \frac{n_2^2 - 1}{n_2^2 + 2} \cdot \frac{100 - p}{d_2} = S_1 + S_2$$

$$n_2 = \frac{1 + 2(S_1 + S_2) \frac{d}{100}}{1 - (S_1 + S_2) \frac{d}{100}}$$

Hier bedeutet d die Dichte der Mischung, n_1 und d_1 Lichtbrechung und Dichte der ersten Mischungskomponenten (Quarz), n_2 und d_2 Lichtbrechung und Dichte der zweiten Mischungskomponente (Opal) und p den Quarzgehalt der Mischung in Gewichtsprozenten; p berechnete ich unter der Annahme additiven Verhaltens der spezifischen Volumina aus der Gleichung $\frac{p}{d_1} + \frac{100 - p}{d_2} = \frac{100}{d}$. Aus den für Opale in der Literatur verzeichneten n - und d -Werten wählte ich je einen extrem hohen und extrem niedrigen zum Einsetzen in unsere Gleichungen aus und erhielt so für ω und ε des Quarzins und des Chalcedons vier Wertpaare, die zur Hälfte gut, zur Hälfte schlecht zu den beobachteten Werten passen. Es kann, wie weiter unten auszuführen ist, nicht als Zufall angesehen werden, daß sich für Quarzin gut stimmende Werte ergaben, wenn ein Opal mit extrem geringer Dichte und extrem geringer Lichtbrechung (Opal I) als Mischungskomponente angenommen wurde, daß die Rechnung dagegen für Chalcedon stimmte, wenn ein Opal mit extrem großer Dichte und hoher Lichtbrechung (Opal II) angenommen wurde¹:

¹ Der dichteste und am stärksten brechende Opal ist Quarzglas, welchem gewisse natürliche, sehr wasserarme Opale hinsichtlich Dichte und Brechung sehr nahe kommen (Opal II). Andererseits gibt es wasserreiche Opale mit geringer Dichte und geringem Brechungsvermögen, als deren Repräsentant Opal I ausgewählt ist. Indessen lassen sich nicht alle bekannten Opale in eine Reihe nach abnehmendem Wassergehalt und zunehmender Dichte ordnen, wie aus der Analysen-Zusammenstellung in HINTZE'S Handbuch ersichtlich ist. Abgesehen von den die Dichte beeinflussenden, oft sehr erheblichen Verunreinigungen der Opale, gibt es entwässerte Opale, die durch zu geringe Dichte aus obiger Reihe herausfallen, da sie offenbar an Stelle des verlorenen Wassers feinste, luftgefüllte Hohlräume enthalten. (Opal ist ein „wenig elastisches“ Gel [FREUNDLICH, Kapillarchemie, p. 486], dessen Schrumpfungsfähigkeit je nach Bildungsbedingungen verschieden früh aufhört.) Auch der Fall eines spezifisch schweren Opals mit auffallend großem Wassergehalt kommt vor; alle diese Verhältnisse erfordern neue und eingehendere Untersuchung. Für unsere Rechnung ist die Annahme jener beiden extremen Opale als feine Beimengung der Quarzaggregate nichtsdestoweniger berechtigt, da schon in frühem Gelstadium unserer Drüsenfüllungen eine weitgehende Differenzierung nach dem Wassergehalt stattgefunden haben dürfte (Opalschichtung u. a. m.), nach der Kristallisation aber eine sekundäre Entwässerung und Lockerung der feinen Opalreste in keinem erheblichen Maße erfolgt sein wird, jedenfalls kaum unter Bildung gaserfüllter kleinster Hohlräume.

	d	p	ϵ		ω		$\epsilon - \omega$		
I. {	Quarzin . . .	2,576	100,00	1,544	1,541	1,533	1,533	0,011	0,008
				beob.	berechn.	beob.	berechn.	beob.	berechn.
	Opal I . . .	1,9	7,90	1,4401				—	
II. {	Quarz . . .	2,657	{ I. 92,10 II. 86,78 }	1,5533		1,5442		0,0091	
	Opal II . . .	2,2	13,22	1,4588				—	
	Chalcedon ¹	2,586	100,00	1,539	1,538	1,531	1,531	0,0085	0,007
				beob.	berechn.	beob.	berechn.	beob.	berechn.

Wurde für Fall I, die relativ leichte Mischung (Quarzin), der spezifisch leichte Opal I gewählt, so wurde von diesem nur eine verhältnismäßig geringe Menge gebraucht, um die an Quarzin beobachtete Mischungsdichte darzustellen; zugleich darf auch wegen der relativ hohen Lichtbrechung der Mischung Quarzin nur die gleiche, geringe Menge des als besonders schwach lichtbrechend zu betrachtenden Opals I in die Rechnung eingesetzt werden; Opal II, auf die Berechnung von ϵ und ω des Quarzins angewandt, ergibt $p = 84,87$ und die schlecht stimmenden Lichtbrechungswerte 1,526 und 1,529. Wurde in Fall II spezifisch schwerer Opal für die relativ schwere Mischung Chalcedon gewählt, so war eine verhältnismäßig große Menge Opal erforderlich, um der beobachteten Mischungsdichte zu entsprechen, gleichzeitig aber auch erforderlich, um mit Hilfe dieses verhältnismäßig stark lichtbrechenden Opals die gegenüber Quarz erheblich verminderte Lichtbrechung des Chalcedons darzustellen; Opal I auf die Berechnung von ϵ und ω des Chalcedons angewandt, ergibt $p = 93,11$ und die schlecht stimmenden Lichtbrechungswerte 1,542 und 1,534. Daß aber im Quarzin ein anderer Opal als im Chalcedon, und zwar ein verhältnismäßig sehr wasserhaltiger, daher spezifisch leichter, stecke, wurde auch durch die Erhitzungsversuche wahrscheinlich gemacht, bei denen die Trübung, d. h. der Wasserverlust, des Quarzins eher, bei reichlich 100^0 niedrigerer Temperatur, eintrat als beim Chalcedon². Bei letzterem darf nach den Erhitzungsversuchen nicht überall das gleiche spezifische Gewicht und die gleiche Lichtbrechung erwartet werden, sondern gewisse Abweichungen von WÜLFING's und meinen Werten, je nach den Varietäten des Chalcedons, die auf Grund des Vorhandenseins oder Fehlens von Opalschichtung, Drillung und Trübung, m. a. W. auf

¹ Die Fehlergrenze beträgt für die von mir gemessenen Brechungsexponenten (s. oben) $\pm 0,002$.

² Ursprüngliche Trübung — Farben trüber Medien, wie oben bemerkt — zeigt der Quarzin viel häufiger als der Chalcedon; dabei handelt es sich wohl um wasserreichen Opal, der den Fasern zwischen-
gelagert ist.

Grund verschiedenartiger Verunreinigungen durch Opale zu unterscheiden waren ¹.

Doppelbrechung.

Die Unterschiede hinsichtlich der Doppelbrechung unserer drei Körper bedürfen noch besonderer Erklärungen. Naheliegend ist, daß die für Quarz zu niedrigen Interferenzfarben des Chalcedons eine Folge seines feinen Sphärolithfaser-Baues sind. Für das von mir untersuchte Material habe ich beispielsweise ermittelt, daß in normal dünnen Schliffen desselben 10 oder mehr Sphärolithfasern übereinander liegen, und zwar mit bald mehr, bald weniger Opal verkittet, und daß diese Faserpakete auch im Vertikalschnitt noch fächerartigen Bau haben müssen, wie denn auch im Zentrum zentral geschnittener Sphärolithe, wo die Konvergenz der Fasern am stärksten ist, bedeutend niedrigere Interferenzfarben sichtbar sind als an der Peripherie. Immer muß in derartigen Aggregaten die Summe der Gangunterschiede hinter dem Gangunterschied in einer gleich dicken homogenen Platte eines Individuums von der gleichen Kristallart zurückbleiben. Um so erstaunlicher ist nun aber, daß der Quarzin nicht nur keine niedrigere, sondern sogar eine höhere Doppelbrechung als Quarz besitzt; vergl. in obiger Tabelle die Differenz zwischen dem beobachteten und dem berechneten Wert $\varepsilon - \omega$. Hier kann vorderhand nur die Vermutung ausgesprochen werden, daß die Doppelbrechung durch Spannung ² erhöht ist. Man kann sich vorstellen, daß die etwa beim Austrocknen des primären SiO_2 -Gels entstandenen Spannungen während der sekundär eintretenden Auskristallisation des Quarzins anhielten, zumal dieser das Gel in einem relativ frühen, gleichsam unreifen Stadium pseudomorphosiert haben dürfte, da er anscheinend besonders wasserreichen Opal führt. Auch ist vor der Kristallisation des Quarzins keine Differenzierung des Gels im Sinne des LIESEGANG'schen Austrocknungsrythmus³ erfolgt, wie so häufig beim Chalcedon in Form von Opalschichtung. A. a. O. habe ich darauf hingewiesen, daß die regelmäßige, d. h. zonenbildende

¹ Auch die Drillung des Chalcedons darf vielleicht als Folge eines Opalgehaltes, und zwar wohl einer in fester Lösung enthaltenen Opalmenge, angesehen werden, seit durch WALLERANT (Bull. Soc. franç. Min. 30. 1907) und GAUBERT (Bull. Soc. franç. Min. 32. 1909) gezeigt wurde, daß bei vielen organischen, sphärolithisch kristallisierenden Verbindungen Drillung auftritt, wenn die Fasern bei ihrer Entstehung gewisse Stoffe in fester Lösung aufnehmen. Näheres über die Drillung des Chalcedons und über eine bisher nur vermutete Abhängigkeit derselben von der Opalschichtung bezw. dem zonaren Wechsel im Opalgehalt ist a. a. O. von mir ausgeführt worden.

² Dieselbe Vermutung äußert LIESEGANG in seinem während des Druckes dieser Arbeit erschienenen Werke „Geologische Diffusionen“, 1913.

Drilling der Fasern großer Chalcedonsphärolithe eine Erniedrigung der Sphärolith-Symmetrie mit sich bringt, daß die in Ringen oder zum mindesten in Bändern angeordneten Sphärolithe einer Generation eine gemeinsame, an den Drillungszone orientierte ausgezeichnete Richtung besitzen, die zu der Annahme wirksam gewesener Spannungen führen kann. Der gedrilte Chalcedon von Drusenfüllungen ist vielleicht unter Einwirkung einer Art Ringspannung gewachsen und seine Drilling mag eine Reaktion darauf sein, bei welcher der Spannung nachgegeben wurde¹. Beim Quarzin konnte nun eine derartige Reaktion nicht erfolgen, da er — als Varietät der Modifikation α -Quarz — in der Faserrichtung keiner Drilling fähig ist; die oben erwähnten Krümmungen der Quarzfasern stellen weit geringere Deformationen dar als die Drilling der Chalcedonfasern.

Schlußbemerkung über die Unterschiede im Habitus und im Opalgehalt.

Unerklärt bleibt noch die Verschiedenheit der Faserrichtungen in diesen Quarz-Varietäten, die nebeneinander, allerdings zonar gesondert vorkommen, nur allgemein läßt sich behaupten, daß in verschiedenartig ausgebildeten Generationen (Zonen) verschiedene Wachstumsbedingungen trotz nachbarlicher Wachstumsräume geherrscht haben, daß vielleicht der wichtigste Faktor der Formbeeinflussung in dem verschiedenen Wassergehalt, der verschiedenen Konsistenz und Spannung des SiO_2 -Gels zu sehen ist. Dann bleibt freilich noch zu erklären, wieso der Zustand des Gels während der Kristallisationen so verschieden sein konnte, daß der restliche Opalgehalt heute noch verschieden ist. Weiterer Aufklärung bedarf auch noch der Opalgehalt selbst seiner molekularen Anordnung und seiner Verteilung nach, welche letztere so verschieden und, wie erwähnt, besonders in manchen Quarzen sehr auffällig ist.

¹ Auch die künstlichen Präparate regelmäßig gedrilter, scheibenförmiger Sphärolithe zwischen Objektträger und Deckglas sind unter mechanischem Zwang gewachsen, nicht bloß unter ungünstigen Kristallisationsbedingungen angesichts der Verunreinigungen, denen WALLERANT und GAUBERT dabei gewiß mit Recht große Bedeutung einräumen (vergl. meine Ausführungen a. a. O.).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: [1913](#)

Autor(en)/Author(s): Wetzell Walter

Artikel/Article: [Untersuchungen über das Verhältnis von Chalcedon und Quarzin zu Quarz. 356-366](#)