

Merkmale des OH-Spektrums alpiner Quarze (3-Gebiet)

Autor(en): **Bambauer, H.U. / Brunner, G.O. / Laves, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **43 (1963)**

Heft 1: **Festschrift Robert L. Parker : zu seinem 70. Geburtstag : 1. Mai
1963**

PDF erstellt am: **15.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-33451>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Merkmale des OH-Spektrums alpiner Quarze (3 μ -Gebiet)

Von *H. U. Bambauer, G. O. Brunner* und *F. Laves* (Zürich)¹⁾

Mit 4 Textfiguren

Zusammenfassung

Von 33 repräsentativen Kluftquarzen aus den Schweizer Alpen wurde das OH-Spektrum im 3 μ -Gebiet bei ca. -180°C aufgenommen. Es zeigten sich Zusammenhänge zwischen Domänenstruktur der Kristalle, dem Wasserstoff-Gehalt und den Intensitätsverhältnissen der OH-Banden. Das bereits früher festgestellte Auftreten von zwei Quarz-Typen („gewöhnliche Quarze“ inkl. Rauchquarze und „Lamellenquarze“) ist auch an Merkmalen der OH-Spektren erkennbar.

Abstract

33 representative quartz crystals from fissure deposits in the Swiss Alps were selected; their OH-spectra have been recorded in the 3 μ -region at a temperature of -180°C . Relations between domain structure of the crystals, the concentration of hydrogen and the relative intensities of the OH-bands were found. The existence of two types of quartz (1) "ordinary quartz" including smoky quartz and, (2) "quartz crystals with less symmetrical lamellae" as previously reported is also evident from their OH-spectra.

I. Einleitung

Das Studium von strukturellen Eigenheiten und Defekten in Kristallen, in unserem Institut auch mit Blick auf petrologische Anwendungen betrieben, ergab bei Quarz unter anderem folgende Resultate:

Die Kluftquarze der Schweizer Alpen enthalten als mengenmässig wesentliche Spurenelemente Al, Li und H (BAMBAUER, 1961). Im 3 μ -Gebiet des IR-Spektrums der Quarze sind an Hand der OH-Schwingungen über zehn verschiedene strukturelle Wasserstoff-Positionen zu erkennen (BRUNNER, WONDRATSCHEK und LAVES, 1961; KATS, 1962). Die über

¹⁾ Institut für Kristallographie und Petrographie der ETH, Zürich.

450 untersuchten Quarze lassen sich sowohl nach ihrer Domänenstruktur als auch nach der Konzentration an Spurenelementen in *zwei* Gruppen unterteilen (BAMBAUER, 1961). 1. Gruppe: Rauchquarze und gewöhnliche Bergkristalle, beide mit einem meist ausgeprägten Makromosaikbau (Verzweigungsstruktur) und relativ *geringem* Spurenelementgehalt. 2. Gruppe: Bergkristalle mit einem mimetischen Aufbau aus optisch zweiachsigen, *gleichsinnig* drehenden Lamellen (keine Zwillinge; vgl. BAMBAUER, BRUNNER und LAVES, 1961) und einem durchschnittlich etwa 20mal *höheren* Spurenelementgehalt. Als vorläufige Arbeitsbezeichnung²⁾ nennen wir Kristalle der 1. Gruppe „gewöhnliche Quarze“ und jene der 2. Gruppe „Lamellenquarze“.

Es zeigte sich, dass das OH-Spektrum petrogenetisch verwertbare Informationen enthält. Auf Grund petrologischer Vorstellungen über die spätalpine Gesteinsmetamorphose im Fundgebiet (vgl. zum Beispiel WENK, 1962) konnte wahrscheinlich gemacht werden, a) dass in beiden Quarzgruppen der Gehalt an Al, Li und H vorwiegend von der Wachstumstemperatur diktiert wird, und b) dass das lokale Auftreten der Lamellenquarze mit dem Nebengestein in Beziehung steht (BAMBAUER, BRUNNER und LAVES, 1962). Während in dieser zitierten regionalen Arbeit nur die H-Gehalte bestimmt wurden, werden hier nun unter verbesserten experimentellen Bedingungen weitere Merkmale des OH-Spektrums verfolgt. Die Leitgedanken dabei sind: a) Für Vergleiche bei Quarz-Synthesen sollen Merkmale der OH-Spektren katalogisiert werden. b) Es soll geprüft werden, ob neben Domänenstruktur und H-Gehalt noch weitere Kriterien zur Unterscheidung der beiden Quarzgruppen (gewöhnliche Quarze und Lamellenquarze) im OH-Spektrum auftreten. c) Finden sich Merkmale, die eine Korrelation mit dem als Thermometer anzusehenden H-Gehalt aufweisen (BAMBAUER, BRUNNER und LAVES, 1962), so stehen damit weitere thermometrische Kriterien zur Verfügung. Zeigen sich dagegen Merkmale ohne eine derartige Korrelation, so dürften diese möglicherweise eine Information über den Chemismus des umgebenden Milieus beim Wachstum der Quarze enthalten. Das Verständnis der Merkmale ist dann durch Synthese von Quarzen unter verschiedenen Bedingungen anzustreben. Bei Fortführung der Arbeiten kann man hoffen, dass aus dem OH-Spektrum von Quarz (wie auch von andern Mineralien) gegenseitig korrigierbare Aussagen über physikalische und

²⁾ Es bestehen auffällige Analogien zu Diamant, bei dem eine Unterteilung in Typ I und Typ II eingeführt ist. Die Wahl endgültiger Bezeichnungen nach den Richtlinien der IMA erscheint aber noch verfrüht.

chemische Gegebenheiten während des Wachstums und/oder der Zeit danach zu gewinnen sind.

Die paragenetische Stellung der Quarze unter den alpinen Kluftmineralien ist umfassend dargestellt bei NIGGLI, KOENIGSBERGER und PARKER (1940) und PARKER (1954).

II. Experimentelles

Die untersuchten Quarze (18 gewöhnliche, wovon 6 rauchfarbig; 15 Lamellenquarze) sind repräsentative Vertreter des bisherigen alpinen Untersuchungsmaterials³⁾ (siehe die Zitate). Die Spektren der Quarze (Durchstrahlungsrichtung // c) wurden bei Raumtemperatur (ca. 20°C) und bei der Temperatur von siedender flüssiger Luft (ca. -180°C) mit einem Gittergerät aufgenommen. Bei Kühlung verringert sich die Halbwertsbreite und es erscheint eine grössere Zahl von OH-Banden getrennt. Wie früher (BRUNNER, WONDRATSCHKE und LAVES 1961, BAMBAUER 1961) wurde der H-Gehalt aus der integralen Absorption des OH-Spektrums bei Raumtemperatur bestimmt. Alle übrigen, im folgenden beschriebenen Merkmale beziehen sich auf die Spektren bei -180°C. Da die Konzentration an Spurenelementen von der Wachstumsrichtung abhängt (vgl. z. B. BAMBAUER 1961), wurden möglichst nur Partien mit Wachstum nach r(10 $\bar{1}$ 1) ausgewählt, da sie den grössten Volumanteil im Quarz ausmachen und andere Partien oft für Messungen zu klein waren. Bei den Lamellenquarzen konnten wegen der Kleinheit der Kristalle meist nur Kernpartien mit Lamellen nach beiden Rhomboedern ausgewählt werden. Stichproben ergaben jedoch, dass zumindest bei gewöhnlichen Quarzen zwischen Partien verschiedener Rhomboeder keine prinzipiellen Unterschiede bestehen. Dennoch könnten (bei kleinen Kristallen) Schwankungen der Intensitätsverhältnisse möglicherweise von der Durchstrahlung von Gebieten verschiedener Wachstumsrichtung herrühren. Der Messfehler der H-Gehaltsbestimmung wird im wesentlichen durch die Unsicherheit beim Ziehen der Basislinien verursacht (ca. 10—20 % je nach H-Gehalt). Der systematische Fehler dürfte weniger als 30 % betragen (herrührend von der Unsicherheit des molaren Extinktionskoeffizienten; vgl. BRUNNER, WONDRATSCHKE und LAVES 1961). Die Nachweisgrenze für strukturell eingebautes H bei Raumtemperatur-Aufnahmen liegt, wenn Schichtdicken von mehreren mm zur Verfügung stehen, bei etwa 1 H/10⁶Si. Bei der Temperatur von flüssiger Luft beträgt sie wegen der schärferen und entsprechend stärkeren Banden weniger als 0,1 H/10⁶Si⁴⁾. Der Fehler der Frequenzangaben beträgt ca. ± 3 cm⁻¹. Die spektrale Spaltbreite betrug ca. $\frac{1}{4}$ der Halbwertsbreite der Banden.

Die folgende Diskussion beschränkt sich im wesentlichen auf Intensitätsverhältnisse. Auf geringe Variationen von Halbwertsbreite und Lage der Banden soll andernorts eingegangen werden.

³⁾ Einzelne geprüfte Quarze aus Madagaskar und Brasilien zeigten dieselben Merkmale wie die alpinen Lamellenquarze (Varietäten wie z. B. *lamellar* rechtslinks *verzwillingte* Quarze (vorwiegend Amethyste) werden hier nicht besprochen).

⁴⁾ 1 Atom/10⁶Si = 2,66 · 10¹⁶ Atome/cm³. 1 H/10⁶Si = 0,0167 g H/t SiO₂.
3 Atome/10⁶Si = 1 Atom/10⁶ Gitteratome.

III. Ergebnisse und Diskussion

a) OH-Spektren „gewöhnlicher Quarze“

Fig. 1 A enthält das typische OH-Spektrum eines gewöhnlichen Bergkristalls ($16 \text{ H}/10^6 \text{ Si}$). Es zeigt im wesentlichen vier verschieden starke Banden. Dieses Spektrum erwies sich als charakteristisch für alle gewöhnlichen Quarze bis zu einer oberen Grenze von ca. $50 \text{ H}/10^6 \text{ Si}$. Die natürliche Rauchfarbe unserer alpinen Quarze äussert sich im OH-Spektrum (ausser im niedrigen H-Gehalt) nicht weiter. Bei den seltenen Proben mit H-Gehalten an der für gewöhnliche Quarze oberen Grenze ($50\text{--}90 \text{ H}/10^6 \text{ Si}$) erscheinen schwach (α meist $< 0,1 \text{ cm}^{-1}$) bereits sämtliche weiteren Banden, die für die Lamellenquarze typisch sind. Da bisher geprüfte Rauchquarze immer weniger als $40 \text{ H}/10^6 \text{ Si}$ enthielten, das heisst nur schwach absorbierten, konnten diese zusätzlichen Banden bei ihnen nicht nachgewiesen werden. An Stelle der bei den Lamellenquarzen meist in zwei Banden aufgelösten Gruppe um 3435 cm^{-1} ist bei den gewöhnlichen Quarzen nur eine sehr breite Bande sichtbar. Dies wird wahrscheinlich nicht durch variable Halbwertsbreite, sondern durch unterschiedliches Intensitätsverhältnis von mindestens drei sich überlagernden Banden vorgetäuscht. Über die Variation der Bandenintensitäten mit dem H-Gehalt siehe Abschnitt c.

b) OH-Spektren von „Lamellenquarzen“

Das typische Spektrum eines Lamellenquarzes ($700 \text{ H}/10^5 \text{ Si}$) in Fig. 1 B zeigt mehr als zehn verschieden starke Banden, darunter stets auch die vier wesentlichen Banden der gewöhnlichen Quarze. Die Banden sind bei BRUNNER, WONDRAUSCHEK und LAVES (1961) sowie KATS (1962) aufgeführt und in groben Zügen gedeutet worden. (Die zugrunde liegenden Spektren stammten dort vorwiegend von brasilianischen Quarzen.)

Danach kann zwischen AlH-Defekten (Al auf Si-Plätzen, Ladungskompensation durch H; hier als „beständige Banden“ zusammengefasst) und MeOH-Defekten (LiOH bzw. NaOH auf Zwischengitterplätzen; hier als „ausheizbare Banden“ zusammengefasst) unterschieden werden. Die Lage der Banden und das Verhalten der beiden Defekttypen bei der Elektrolyse⁵⁾ (vgl. dazu BRUNNER, WONDRAUSCHEK und LAVES 1961, KATS 1962) deuten auf „sauren“ Charakter von AlH und „basischen“ Charakter von MeOH. Das unterschiedliche Auftreten dieser beiden Bandentypen legt daher nahe, auf die Basizität der Wachstumslösung zu schliessen. Damit übereinstimmend treten Lamellenquarze (die an „basischen“ Defekten relativ reich sind) vorwiegend in karbonathaltigen Gesteinen

⁵⁾ Bei MeOH-Defekten kann Me elektrolytisch relativ leicht ausgetauscht werden, was auf eine Dissoziation in Me^+ und OH^- hinweist. Bei AlH-Defekten wurde die Wanderung von H^+ beobachtet, nicht aber von OH^- .

auf, wofür sich zwanglos eine Beziehung zur Basizität herleiten lässt (z. B. Neutralisationsreaktionen). Es ist aber auch denkbar, dass die ausheizbaren, „basischen“ Banden der Lamellenquarze als Folge von Sekundärreaktionen im Kristall entstanden sind, die wohl auch durch spezielle Wachstumsbedingungen vorgegeben wurden. (BAMBAUER, BRUNNER und LAVES (1961) nehmen für die Bildung der Lamellen Sekundärreaktionen an.) Ein Indiz dafür ist, dass in zwei Ausnahmefällen von Lamellenquarzen mit hohem H-Gehalt, welche die ausheizbaren Banden zu einem ausnehmend schwachen Anteil enthalten, die Banden eine etwa verdoppelte Halbwertsbreite zeigen. Dies deutet auf innere Verzerrungen, die ursprünglich eventuell bei allen jetzigen Lamellenquarzen bestanden und durch Sekundärreaktionen gelöst wurden. (Diese Hypothesen sollen zeigen, welche Art von Überlegungen sich an das OH-Spektrum anknüpfen lassen.)

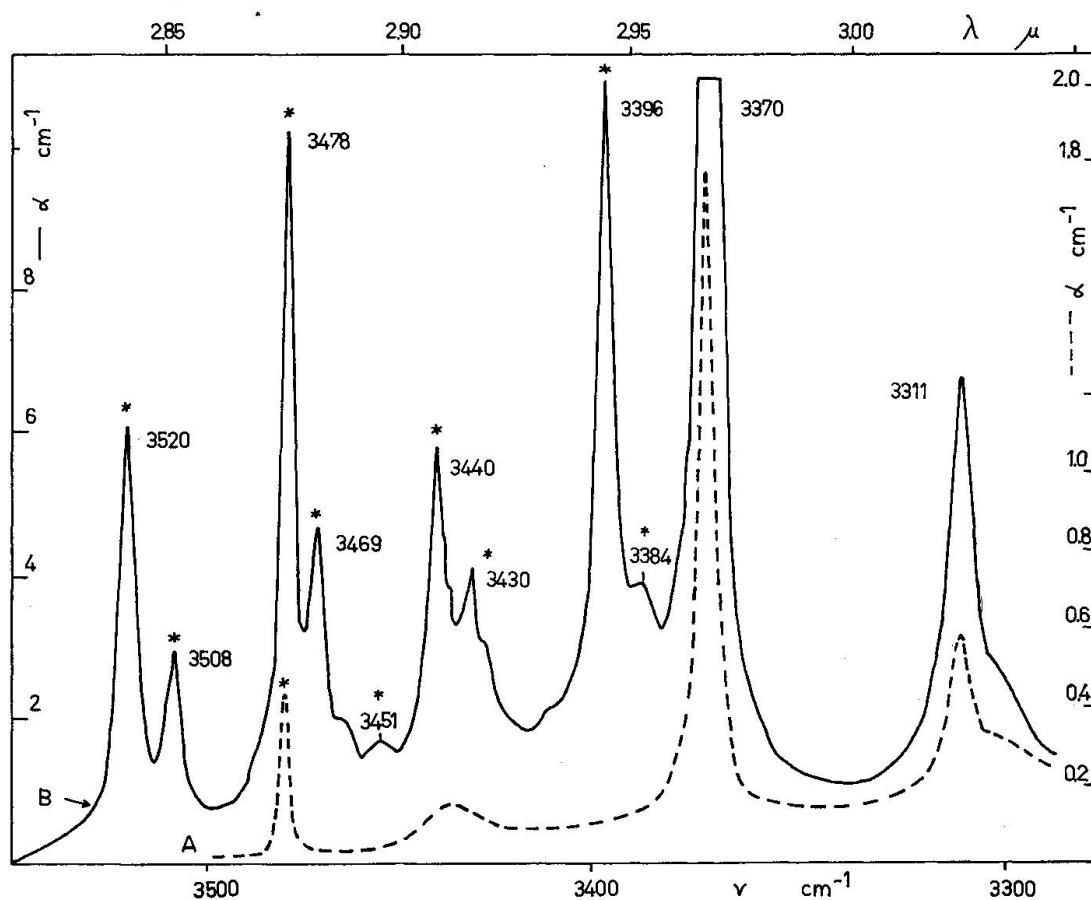


Fig. 1. OH-Spektren (bei -180°C) von alpinem Quarz im 3μ -Gebiet.

A. Typisch für „gewöhnliche Quarze“ (inklusive Rauchquarze) mit weniger als ca. $50\text{ H}/10^6\text{ Si}$. Q 240 (farblos), Poncione di Valleggia (südlich von Val Bedretto), Tessiner Alpen; $16\text{ H}/10^6\text{ Si}$, Sektor unter $r(10\bar{1}1)$ (vgl. BAMBAUER 1961, Fig. 5).

Ordinatenmassstab am rechten Rand.

B. Typisch für „Lamellenquarze“ mit mehr als ca. $100\text{ H}/10^6\text{ Si}$. Q 74, Laghetto Scimfös (nördlich Airolo), Südrand des Gotthardmassives; $700\text{ H}/10^6\text{ Si}$, Kernpartie mit Rhomboederlamellen. Ordinatenmassstab am linken Rand. Mit Stern markierte Banden sind „ausheizbar“. ($\alpha_{3370} \approx 21,5\text{cm}^{-1}$.)

Der Variationsbereich der H-Gehalte lag bei den Lamellenquarzen zwischen etwa 45 und 1900 H/10⁶ Si. Nur wenige Werte liegen im Überlappungsbereich beider Quarzgruppen zwischen etwa 45 und 90 H/10⁶ Si. Bei einigen Proben wurden um 3384 und 3451 cm⁻¹ zwei schwache Banden gefunden (stets $\alpha < 0,1$ cm⁻¹), die möglicherweise von Na-haltigen Defekten herrührten (vgl. KATS, 1962). Damit übereinstimmend konnten in Lamellenquarzen immer auch geringe Gehalte an Na nachgewiesen werden, die in der Regel weit höher sind als bei gewöhnlichen Quarzen (BAMBAUER, 1961).

c) Vergleich der OH-Spektren beider Quarztypen

Die in Fig. 1 mit einem Stern markierten Banden sind „ausheizbar“, das heisst durch Erhitzen auf Temperaturen oberhalb 650° C verschwinden sie, wofür die restlichen Banden (infolge Platzwechsels von H) entsprechend stärker werden (BRUNNER, WONDRATSCHKE und LAVES, 1961; KATS, 1962). Der Anteil dieser ausheizbaren Banden am gesamten H-Gehalt ist in gewöhnlichen Quarzen im Mittel geringer als in Lamellenquarzen, ferner ist bei den gewöhnlichen Quarzen meist nur eine der ausheizbaren Banden festzustellen. Die Histogramme der Fig. 2 illustrieren dies⁶⁾.

Obwohl statistisch gesehen einzelne Beziehungen bestehen, erwies sich keines aller möglichen Intensitätsverhältnisse als konstant. Das bedeutet, dass jede einzelne OH-Bande von einer separaten strukturellen H-Position herrührt. Es ist aber wahrscheinlich, dass bei noch tieferer Aufnahmetemperatur einzelne Banden noch weiter aufspalten, wobei sich dann einzelne konstante Verhältnisse herauschälen könnten. Das Verhältnis $\alpha_{3311}/\alpha_{3370}$ war für alle Quarze beider Gruppen nahezu konstant und variierte zwischen 0,13 und 0,21, Mittelwert 0,17. Das Verhältnis $\alpha_{3520}/\alpha_{3395}$ war nur bei den Lamellenquarzen gut messbar und lag dort zwischen 0,4 und 1,0, Mittelwert 0,7. Dagegen variierte das Verhältnis $\alpha_{3478}/\alpha_{3311}$ bei gewöhnlichen Quarzen zwischen etwa 0,2 und 2,5, bei Lamellenquarzen zwischen ca. 1,0 und 6,5. Zwischen diesem Verhältnis und dem H-Gehalt besteht eine positive Korrelation, wobei die beiden Quarzgruppen kontinuierlich ineinander übergehen (Analoges gilt für $\alpha_{3478}/\alpha_{3370}$, da $\alpha_{3311}/\alpha_{3370} \approx \text{konst.}$).

Mit steigendem H-Gehalt wachsen im allgemeinen alle registrierten

⁶⁾ In Fig. 2, 3 und 4 sind die Banden um 3435 cm⁻¹ nicht berücksichtigt, da sich in dieser Gruppe ausheizbare und beständige Banden überlagern. Die angegebenen Intensitätsverhältnisse werden dadurch jedoch nur unwesentlich beeinflusst.

Banden. Die stets vorhandenen, nicht ausheizbaren Banden bei 3370 und 3311 cm^{-1} machen den Hauptteil der H-Gehalte aus und nehmen daher statistisch gesehen linear mit dem H-Gehalt zu. Analog verhalten sich die ausheizbaren Banden um 3475 cm^{-1} (Fig. 3). Im Überlappungsbereich von gewöhnlichen Quarzen mit Lamellenquarzen ist bei allen drei Banden keine Diskontinuität zu bemerken. Die gefundene Variation

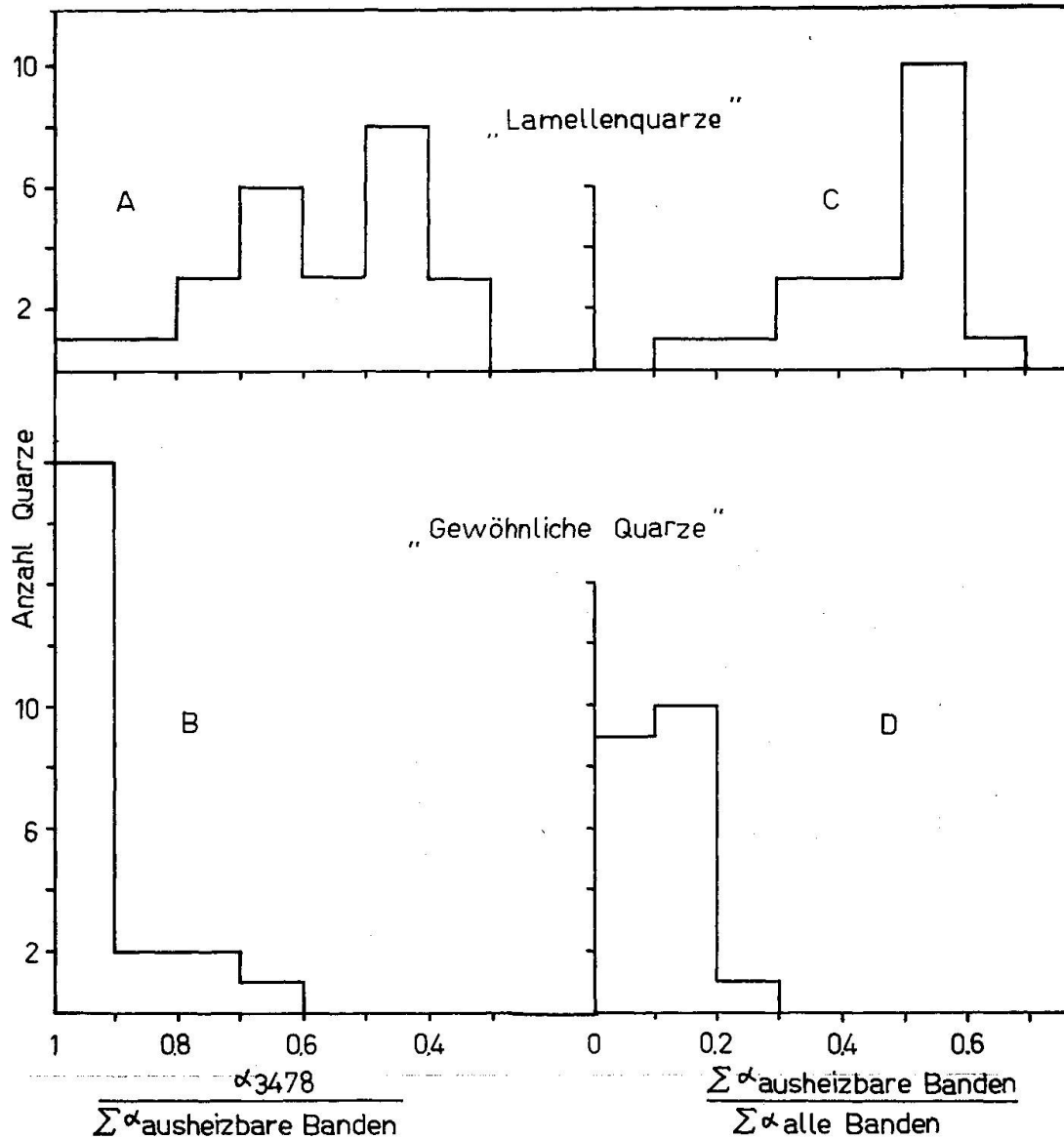


Fig. 2. Intensitätsverhältnisse der OH-Banden (Spektren bei -180°C) alpiner Quarze. a) und b) Bande bei 3478 cm^{-1} zur Summe der „ausheizbaren Banden“; a) „Lamellenquarze“, b) „gewöhnliche Quarze“; c) und d) Summe der „ausheizbaren Banden“ zur Summe aller Banden; c) „Lamellenquarze“, d) „gewöhnliche Quarze“.

ihrer Extinktionen α [cm^{-1}] beträgt in der Reihenfolge der Banden bei 3478, 3370, 3311 cm^{-1} für gewöhnliche Quarze: 0,07—1,2; 0,30—6,1; 0,04—1,2 cm^{-1} ; für Lamellenquarze: 1,5—38,0; 3,9—40,0; 0,75—6,0 cm^{-1} .

Anders verhalten sich die restlichen, ausheizbaren Banden. Wie aus Fig. 4 zu ersehen ist, zeigen sowohl die α -Werte der Bande bei 3396 cm^{-1} als auch die Summe der α -Werte der Bandengruppe um 3515 cm^{-1} im Gebiet der Lamellenquarze bis hinab zu etwa 100—150 $\text{H}/10^6 \text{Si}$ eine ähnliche Korrelation zum H-Gehalt wie die bereits besprochenen Banden. Im

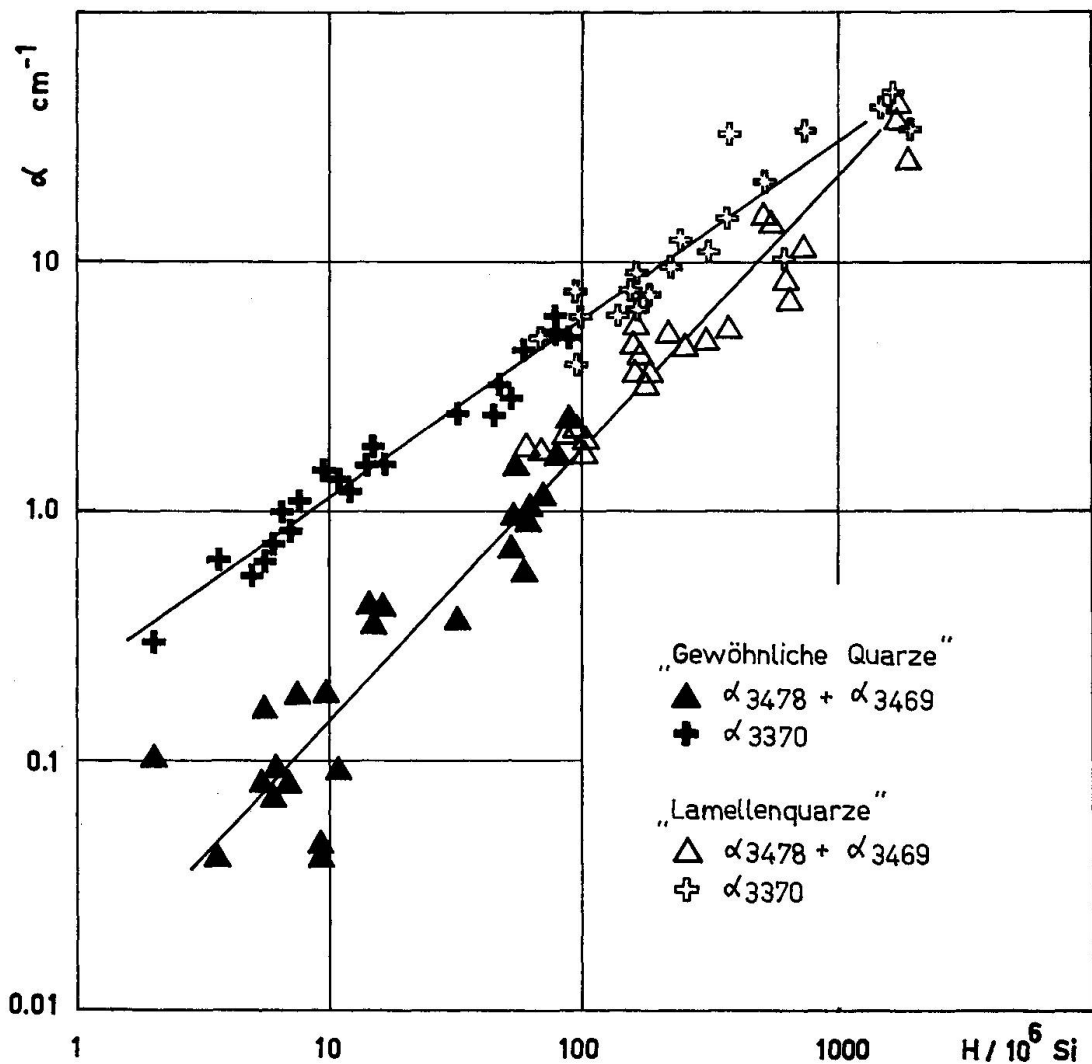


Fig. 3. Korrelationen zwischen der Extinktion α [cm^{-1}] einzelner Banden in OH-Spektren (bei -180°) alpiner Quarze und dem gesamten H-Gehalt. „Ausheizbare“ Bandengruppe um 3475 cm^{-1} (Summe der Extinktionen) und „stabile“ Bande bei 3370 cm^{-1} . (Die entsprechende Beziehung der „stabilen“ Bande bei 3310 cm^{-1} folgt aus $\alpha_{3311}/\alpha_{3370} \approx 0,17$.)

anschliessenden Bereich fallen die α -Werte jedoch steil ab. Dabei fügen sich die Werte der gewöhnlichen Quarze zwangslos in diesen Verlauf ein. Nur im Überlappungsbereich sind demnach gewöhnliche Quarze anhand des OH-Spektrums nicht streng von Lamellenquarzen zu unterscheiden (vgl. auch Fig. 2). Immerhin liegt damit neben dem H-Gehalt ein weiteres *Indiz* zum Erkennen von Lamellenquarzen vor, das besonders bei solchen Kristallen erwünscht ist, welche nur die optisch wenig auffälligen Rhomboederlamellen enthalten. (Mehrfach bei Quarzen von Piezoqualität beobachtet, vgl. BAMBAUER, BRUNNER und LAVES, 1961.)

Die Halbwertsbreiten der Banden bei 3478 und 3370 cm^{-1} von gewöhnlichen Quarzen zeigen eine Variation von ca. $\pm 10\%$ des Mittel-

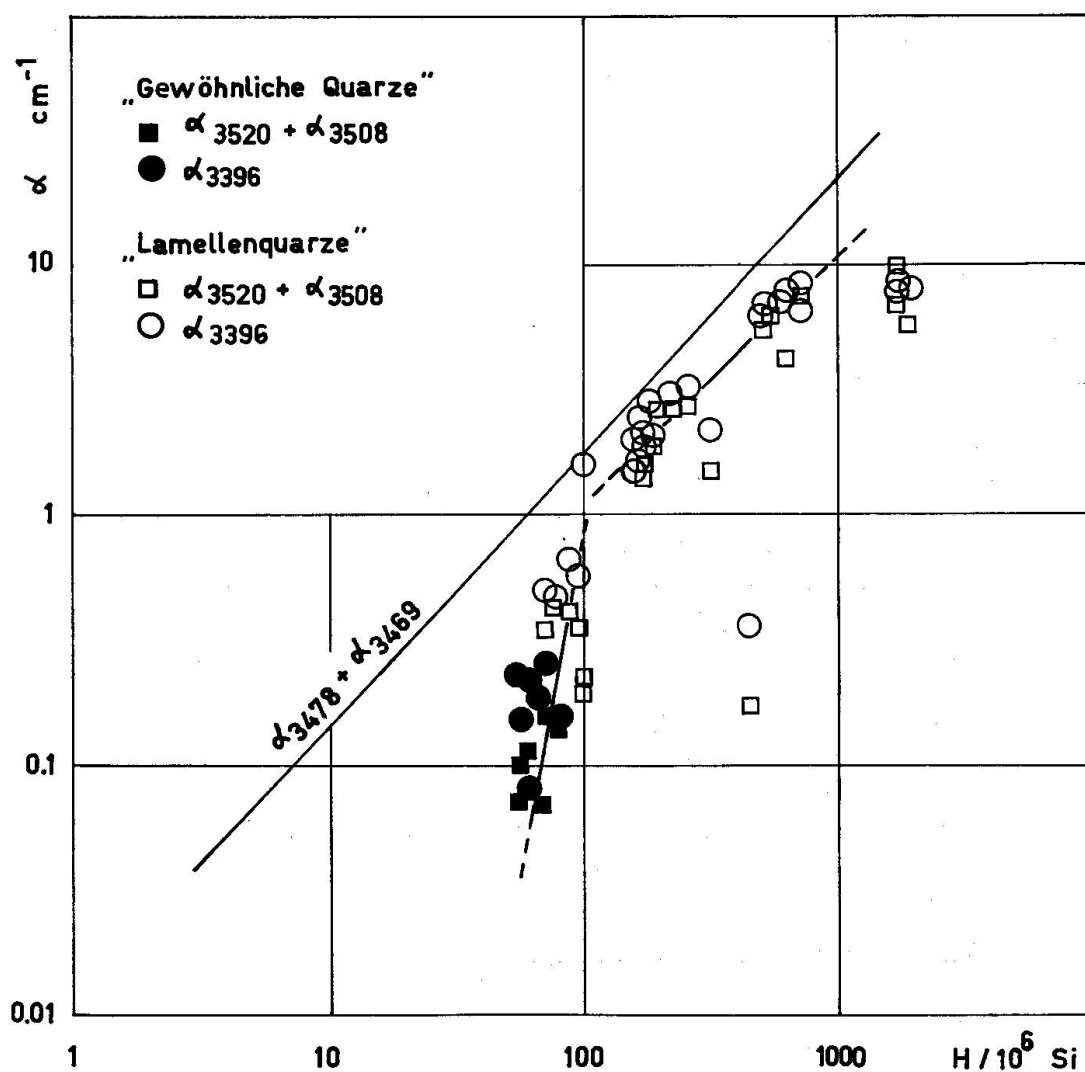


Fig. 4. Wie Fig. 3 Bandengruppe um 3315 cm^{-1} (Summe der Extinktionen) und Bande bei 3396 cm^{-1} . Alle Banden sind „ausheizbar“.

wertes. Während die meisten Lamellenquarze vergleichbare Variationen aufweisen, beobachtet man bei einigen, vorzugsweise mit hohem H-Gehalt, eine starke Linienverbreiterung (etwa Faktor 2). Es sind dies gerade die Proben, deren Punkte (Korrelation der Banden um 3515 und 3396 cm^{-1}) in Fig. 4 bei relativ tiefen Werten liegen, beziehungsweise im Histogramm der Fig. 2 sich mit den gewöhnlichen Quarzen überlappen.

Ausser den früheren Beobachtungen⁷⁾ an farblosen und rauchfarbigen alpinen Quarzen (Amethyste, Citrine u. a. nicht berücksichtigt) erscheint es auch in bezug auf die OH-Spektren sinnvoll, eine Einteilung in „gewöhnliche Quarze“ (farblos und rauchfarbig) und „Lamellenquarze“ (mit optisch zweiachsigen Lamellen) vorzunehmen.

Die Untersuchungen wurden u. a. durch einen Kredit des Schweiz. Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung ermöglicht. Auch danken wir dem Zentenarfonds der ETH für die Mittel zur Anschaffung des IR-Spektrographen. — Herrn E. Schärli danken wir für die Präparation der Quarze.

Literatur

- BAMBAUER, H. U. (1961): Spurenelementgehalt und γ -Farbzentren in Quarzen aus Zerrklüften der Schweizer Alpen. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 41, 335—369.
- BAMBAUER, H. U., BRUNNER, G. O. und LAVES, F. (1961): Beobachtungen über Lamellenbau an Bergkristallen. Z. Krist. 116, 173—181.
- (1962): Wasserstoffgehalte in Quarzen aus Zerrklüften der Schweizer Alpen und die Deutung ihrer regionalen Abhängigkeit. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 42, 22—236.
- BRUNNER, G. O., WONDRAUSCHKE, H. und LAVES, F. (1961): Ultrarotuntersuchungen über den Einbau von H in natürlichem Quarz. Z. Elektrochem. 56, 735—750.
- FRIEDLÄNDER, C. (1961): Untersuchungen über die Eignung alpiner Quarze für piezoelektrische Zwecke. Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Serie 29.
- KATS, A. (1962): Hydrogen in α -Quartz. Philips Res. Rep. 17, 133—195 und 201—279.
- NIGGLI, P., KOENIGSBERGER, J. und PARKER, R. L. (1940): Die Mineralien der Schweizer Alpen, Bd. I und II. Wepf & Co., Basel.
- PARKER, R. L. (1954): Die Mineralfunde der Schweizer Alpen. Wepf & Co., Basel.
- WEIL, M. R. (1931): Quelques observations concernant la structure du quartz. Compte rendu 1er Réunion de l'Institut d'Optique, 2—11.
- WENK, E. (1962): Plagioklas als Indexmineral in den Zentralalpen. Die Paragenese Calcit-Plagioklas. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 42, 139—152.

Manuskript eingegangen am 7. Januar 1963.

⁷⁾ Die Ergebnisse der regionalen Arbeit (BAMBAUER, BRUNNER, LAVES 1962) konnten erst nach Vornahme dieser Unterscheidung sinnvoll interpretiert werden. Siehe ferner auch die Feststellungen von WEIL (1931) und FRIEDLÄNDER (1951) über optische Anomalien von Quarz.