© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Mineralinhalt und Gefüge der Theiser Kugeln

Von J. Ladurner und F. Purtscheller

An einer großen Zahl von Theiser Kugeln wird der Mineralinhalt und die Ausscheidungsfolge beschrieben.
Außerdem wird das Quarzkorngefüge untersucht, wobei Wachstums- und Deformationsgefüge voneinander abgetrennt werden.
In den Augitporphyren, die am Ausgang des Villnößtales bei Klausen vor allem nahe der Ortschaft Theis anstehen, kommen häufig bis zu 20 cm große Hohlräume vor, die mit teils gut ausgebildeten Mineralen gefüllt sind. Diese Geoden werden als Theiser Kugeln bezeichnet, sie stellen seit langem ein beliebtes Sammelobjekt dar.
Vorliegende Untersuchung befaßt sich mit 85 derartigen Theiser Kugeln aus der Sammlung des Museums Ferdinandeum in Innsbruck.

VORKOMMEN

In basischen Ergußgesteinen sammeln sich die in der Schmelze gelösten Gase (vor allem H_2O) bei der Kristallisation in zahlreichen bis Dezimeter großen kugeligen Hohlräumen, die in einer postmagmatischen hydrothermalen Phase mit für solche Bildungen typischen Mineralparagenesen gefüllt sind. Vor allem sind es Quarz, Calcit und verschiedene Zeolithminerale, die die Füllung bilden. Die Theiser Kugeln stellen ein Beispiel für derartige Bildungen dar.
Die Größe der Hohlräume variiert von einigen Millimetern bis zu mehreren Dezimetern. Die Form der Geoden ist meist kugelig, seltener abgeplattet oder länglich.
Eine statistische Bewertung der Häufigkeit von Größe und Form ist auf Grund des vorliegenden Materials (teilweise sind es Bruchstücke von Geoden) nicht möglich.
Die Art und Weise der Mineralfüllung dieser Hohlräume ist verschieden, kleine Hohlräume sind meist völlig durch Chalcedon ausgefüllt, größere sind oft wandständig symmetrisch mit einer mehr oder weniger dicken Lage wandständiger Minerale überzogen, wobei in der Mitte der Geode meist ein freier Hohlraum bleibt. Daneben treten aber auch unsymmetrische Füllungen auf, die an eine geopetale Anlagerung des erstausgeschiedenen Kieselsäuregels denken lassen (siehe Abb. 1).

MINERALINHALT UND ABFOLGE

Nach Klebelsberg (1935) und Gasser (1922) kommen in Theiser Kugeln folgende Minerale vor: Chalcedon, Amethyst, Flußspat, Calcit, Datolith, Prehnit, Delessit, Apophyllit, Chabasit, Laumontit, Stilbit, Desmin, Comptonit, Thomsonit; nach Ramdohr und Strunz (1967) ist Comptonit = Thomsonit, Desmin = Stilbit.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

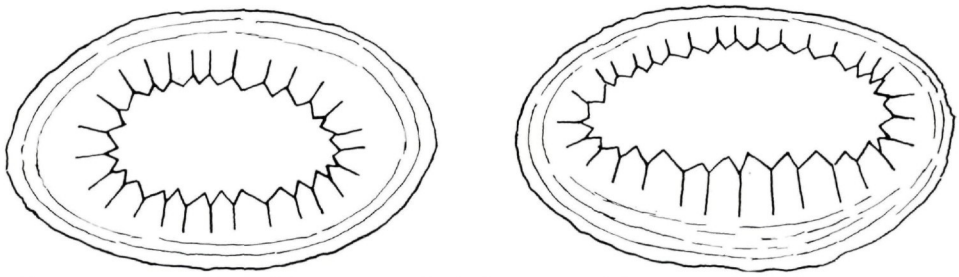


Abb. 1: Symmetrische (links) und geopetale (rechts) Mineralfüllung von Theiser Kugeln

Am vorliegenden Material wurde nun die Abfolge der verschiedenen Minerale makroskopisch und an Hand von Dünnschliffen untersucht.

Die Abfolge beginnt immer mit einer Lage von Chalcedonaggregaten (siehe Kapitel Gefüge), gefolgt von einer Lage wandständiger Quarzkristalle.

Im einzelnen wurden folgende Abfolgen festgestellt:

1. Chalcedon → Quarz	23 Fälle hier schöne Bergkristalle und Amethyst
2. Chalcedon → { Laumontit / Datolith	17 Fälle
3. Chalcedon → Quarz → { Datolith / Laumontit } → { Calcit / Zeolith	9 Fälle
4. Chalcedon → Quarz → Zeolithe	22 Fälle
5. Chalcedon → Quarz → Calcit	4 Fälle
6. Datolith	

Schwach gefärbte Amethyste kommen recht selten vor: sie bilden gelegentlich Wechsellagerungen mit Bergkristallen. Chalcedon, Quarz und auch Datolith bilden immer zusammenhängende Lagen, deren Dicke von Kugel zu Kugel variiert, Quarz und Datolith bilden gelegentlich 2 bis 3 cm große Einkristalle. Mengenmäßig stellt Quarz und Datolith den Hauptanteil. Alle anderen Minerale treten nur vereinzelt auf; Calcit kommt in 2 bis 3 cm großen Skalenoedern vor, Zentimetergröße erreichen noch Chabasit, während alle anderen Minerale nur 2 bis 3 mm große, frei stehende Einkristalle bilden.

Die verschiedenen Minerale wurden mit der Röntgendiafraktometrie untersucht und bestimmt. Folgende Minerale konnten festgestellt werden: Quarz, Calcit, Laumontit, Stilbit, Chlorit, Heulandit, Prehnit und Datolith.

Laumontit tritt immer zusammen mit Datolith auf, in manchen Fällen sogar vor Datolith.

Das Röntgendifraktogramm von Laumontit stimmt mit dem von Kaley und Hanson (1955) angegebenen gut überein.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Kaley und Hanson, 1955			Theis		
d (Å) =	9.42	vs	d (Å) =	9.48	vs
	6.81	s		6.83	vs
	6.20	w		—	
	5.04	w		—	
	4.73	vw		—	
	4.46	w		4.49	w
	4.16	vs		4.16	vs
	3.67	vw		3.66	w
	3.49	s		3.51	m
	3.32	vs		3.34	vs
	3.02	m		3.03	m

vs = sehr stark, s = stark, m = mittel, w = schwach, vw = sehr schwach

Laumontit tritt in Form von weißen, leicht zerfallenden stengeligen Aggregaten von ca. 1 cm Länge in einzelnen Nestern im Datolith bzw. als dünne Lage zwischen Quarz und Datolith auf.

Chabasit bildet einzelne, würfelähnliche farblose Rhomboeder. Die gefundenen d-Werte stimmen sehr gut mit den Werten überein, die E. Passaglia (1970) für Zeolithe aus dem Fassatal gefunden hat:

Chabasit (Theis)			Chabasit (Fassatal) nach Passaglia	
d (Å)	= 9.35	s	d (Å)	= 9.30
	= 6.91	vw		= 6.94
	= 5.55	w		= 5.55
	= 5.00	m		= 5.02
	= 4.32	vs		= 4.29
	= 3.87	m		= 3.86
	= 3.57	m		= 3.56
	= 3.44	w		= 3.45
	= 2.93	s		= 2.91
	= 2.88	s		= 2.87
	= 2.57	w		= 2.58
	= 2.49	w		= 2.49

Bemerkung: Durch die starke Variabilität der Zeolithe in ihrer Zusammensetzung variieren die d-Werte sehr stark.

Nach Passaglia lautet die chemische Zusammensetzung dieser Zeolithe etwa: SiO_2 46.4, Al_2O_3 19.3, Fe_2O_3 0.06, MgO 0.06, CaO 10.04, SrO 0.32, BaO 0.02 Na_2O 0.1, K_2O 0.92, H_2O^+ 20.93, H_2O^- 1.87.

Stilbit tritt teils in millimetergroßen, farblosen, tafeligen Kristallen, teils in bis 5 mm großen schlanken Säulchen auf.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Heulandit kommt ebenfalls in kleinen farblosen Täfelchen vor, die makroskopisch kaum von Stilbit zu unterscheiden sind.
Datolith bildet bis mehrere Zentimeter große, meist weiße, seltener wasserklare, durchscheinende Kristalle.
Calcit kommt in weißen, farblosen Skalenoedern vor. Der Hauptreflex (112) wurde mit Quarz als innerer Standard genau vermessen und ergab d = 3.033 Å, das heißt, es handelt sich um reinen Calcit ohne Beimengungen von Mg (Goldsmith, Graf, Joensuu 1955).
Prehnit bildet farblose bis leicht grünliche kugelige Aggregate; daneben konnte Prehnit auch in Schliffen in Quarz festgestellt werden.
Folgende Tabelle zeigt die Röntgendaten von Stilbit, Heulandit, Datolith und Prehnit.

Stilbit			Heulandit			Datolith			Prehnit		
d (Å) =	9.67	s	d (Å) =	9.9	vs	d (Å) =	3.76	m	d (Å) =	3.54	w
	5.33	vw		4.65	w		3.41	w		3.48	s
	4.66	w		3.97	m		3.11	vs		3.30	m
	4.40	vw		3.89	w		2.99	w		3.06	vs
	4.05	vs		3.49	w		2.85	s		2.81	w
	4.0	w		3.18	w		2.52	m		2.56	s
	3.75	w		3.12	w		2.24	w		2.36	m
	3.39	w		3.07	w		2.19	w		2.14	m
	3.19	w		2.97	w		2.14	w			
	3.03	m		2.80	w						
	2.77	w									
Vergl.: ASTM		10—433		13—196, 14—248			10—70			7—333	

Neben diesen Mineralen treten gelegentlich am Rand der Hohlraumfüllung blättrige Minerale mit einem deutlichen Pleochroismus von dunkelgrün nach farblos auf. Nach mikroskopischen Untersuchungen dürfte es sich um ein Glied der Diabamit-Pyknochloritreihe (Magnesium-Eisen II-Chlorite), vermutlich um Delessit handeln. Im Zusammenhang mit dieser Delessitbildung steht eine zunehmende Grünfärbung des Augitporphyrs gegen die Hohlräume hin. Von dieser Vergrünung wird nur die feinkörnige Grundmasse betroffen, nicht aber die großen Einsprenglinge (Plagioklas und Pyroxen). Eine nähere Bestimmung dieser extrem feinkörnigen Umwandlungen konnte nicht vorgenommen werden, nach Tröger (1967) könnte man diese Umwandlung als Viridit bezeichnen.

AUSSCHEIDUNGSFOLGE UND UMWANDLUNG

Die äußeren Lagen stellen immer verschiedene Chalcedonaggregate dar, die ursprünglich wohl als Kieselsäuregel angelagert wurden und später rekristallisiert sind. Fast immer folgt darauf meist recht klarer, nach innen zu kristallographisch

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

gut begrenzter Quarz, seltener Datolith. Alle anderen Minerale folgen weiter nach innen zu, also als letzte Ausscheidungen. Sie bilden niemals zusammenhängende Schichten. Datolith tritt immer zusammen mit Laumontit auf. Unter den übrigen Mineralen kann keine primäre Ausscheidungsfolge angegeben werden.
Es kann folgendes Schema aufgestellt werden:

$$\text{Chalcedon} \longrightarrow \text{Quarz} \longrightarrow \begin{cases} \text{Datolith} \\ \text{Laumontit} \end{cases} \longrightarrow \begin{cases} \text{Zeolith} \\ \text{Calcit} \end{cases}$$

Abb. 2 Randliche Durchwachsung von Quarz (hell) und Calcit (dunkel)

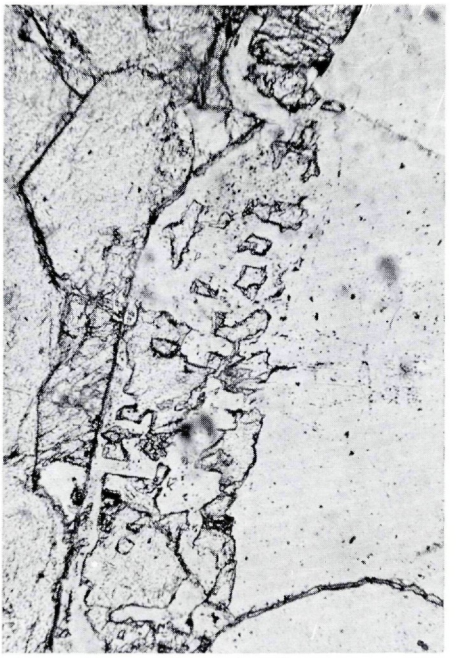


Abb. 3 Randliche Durchwachsung von Quarz (rechts) und Datolith (links)

Die primär ausgeschiedenen Minerale werden häufig von später gebildeten verdrängt. Ein Beispiel für die Verdrängung von Chalcedon durch Calcit wurde bereits anderweitig beschrieben (Ladurner und Purtscheller 1964). Gegenseitige randliche Durchwachsung und Verdrängung von Quarz-Calcit, Quarz-Datolith, Prehnit-Quarz, Prehnit-Calcit kann beobachtet werden (Abb. 2 und 3). Es ist also neben der primären Ausscheidungsfolge eine weitere späthydrothermale Phase zu beobachten, in der bereits gebildete Minerale durch später gebildete verdrängt werden.

DIE QUARZGEFÜGE DER THEISER KUGELN

Die Genese der Quarzphase innerhalb der Theiser Kugeln als wandständige Hohlraumkristallisation regte zu einer Untersuchung des Wachstumsgefüges des Quarzes an.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Im Zuge der Untersuchungen ergaben sich aber zusätzlich Deformationserscheinungen an Quarzen, die von vornherein an diesem Material nicht erwartet wurden und auf die hier ebenfalls eingegangen wird.

I. REINE WACHSTUMSGEFÜGE

Der schematische Aufbau der Quarzlagen (Abb. 4) folgt meist folgendem Schema:

1. Unmittelbar an die Chalcedongefüge anschließend folgt eine Lage von feinkörnigen Quarzen. Sie sind im allgemeinen frei von Einschlüssen und zeigen meist eine ausgeprägte Regel nach der Korngestalt; sie sind stengelig, die Stengelachse ist ungefähr normal zur Wand angeordnet.

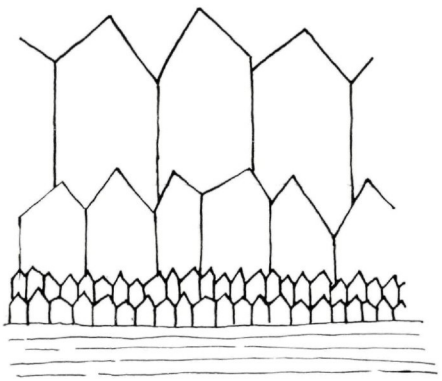


Abb. 4
Schematischer Aufbau der Quarzlagen in einer Theiser Kugel

Regel nach dem Kornfeinbau: an längeren geraden Partien innerhalb der Kugeln konnte der Winkel der Quarz c-Achsen zur Hohlraumwand eingemessen werden, es ergaben sich dabei folgende zwei Fälle:

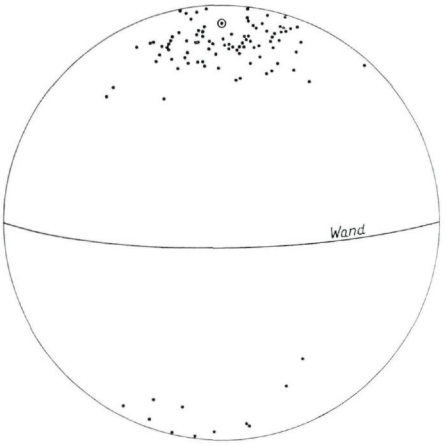
a) Die Quarz c-Achsen bilden ein deutliches Maximum um den Pol der Hohlraumwand, die c-Achsen stehen somit senkrecht zur Wand und fallen mit der morphologischen Längsachse des Quarzes zusammen (Abb. 5 a).

Bei glaskopfartig gekrümmter Oberfläche des unterlagernden Chalcedonbereiches ergibt sich dabei dann eine kleinkreisförmige Streuung der c-Achsen um den Pol der Wand; der Winkel des Kleinkreises zum Pol der Wand hängt vom Krümmungsradius der Buckel der Oberfläche des Chalcedons ab.

b) Die Quarz c-Achsen liegen annähernd parallel der Wand und zeigen innerhalb dieser Fläche keine bevorzugte Richtung. Die c-Achsen stehen statistisch senkrecht zur morphologischen Längenachse der Quarze (Abb. 5 b).

Die Regel nach a ist häufiger vertreten und scheint mehr an die größeren Kugeln gebunden zu sein, während die Regel nach b mehr an kleinere Kugeln bzw. an kleinräumige, enggekrümmte Teilbereiche gebunden erscheint. Eine strenge Gesetzmäßigkeit der Verteilung dieser Regeln ist allerdings nicht vorhanden.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at



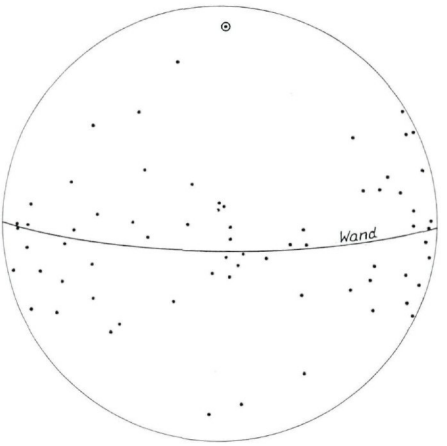


Abb. 5 a, 5 b Lage der Quarz c-Achsen in einer Theiser Kugel

Die oben angeführten Regelungstypen gelten nur für kleine Teilbereiche einzelner Kugeln. Eine vollständige Ausmessung einer ganzen Theiser Kugel würde eine homogene Besetzung der Lagenkugel ergeben. Die Ursachen für diese zwei verschiedenen Regelungstypen und der damit verbundenen Gefügetrachten sind nicht erkennbar.

2. Weiter gegen das Innere der Hohlräume hin folgen zentimetergroße, meist deutlich gelängte Quarze.
Diese Quarze zeigen häufig auffällige Deformationserscheinungen, auf die aber erst später eingegangen werden soll. Hier wird nur die Wachstumsregel nach der Korngestalt und dem Kornfeinbau besprochen.

a) Regel nach der Korngestalt: die Quarze sind meistens deutlich anisometrisch, die Längsachse steht mehr oder weniger senkrecht zur Wand.

b) Regel nach dem Kornfeinbau: auch die Quarz c-Achsen zeigen eine deutliche Häufung um den Pol der Hohlraumwand; somit c des Quarzes parallel der Längserstreckung des Kornes.

3. Palisadenquarz:
Eine Sonderstellung nehmen Quarze ein, die genetisch eng mit kugeligen Chalcedonaggregaten verknüpft und vermutlich durch Rekristallisation aus diesen entstanden sind.

Diese Quarze zeigen deutlich Scharen von Streifen parallel kristallographischer Flächen (r, z) und (m, a). In den meisten Fällen sind die Streifen völlig frei von Einschlüssen (Flüssigkeiten, Fremdminerale) und im Mikroskop als feine, gerade Linien erkennbar (Abb. 6). Im Phasenkontrast erscheinen deutlich helle, gerade Streifen. Pro Korn treten je nach Orientierung meist 2, selten 3, 4 oder 5 Scharen von Streifen auf, so daß sich palisadenartige Strukturen ergeben. Die Streifen wurden am Universaldrehtisch eingemessen und ihr Winkel zur Quarz c-Achse

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

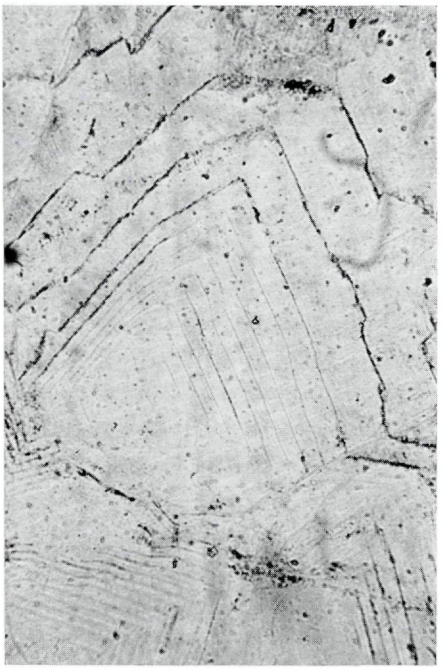


Abb. 6: Palisadenquarz

bestimmt. Abb. 7 zeigt als Ergebnis zwei deutliche Maxima der Winkel, eines um 50 Grad und eines um 90 Grad, die sich also mit den Winkeln zwischen Prismenflächen (m, a) bzw. Rhomboederflächen (r, z) und der c-Achse decken; die Streifen liegen also offensichtlich parallel zu diesen kristallographischen Flächen. Die Ab-

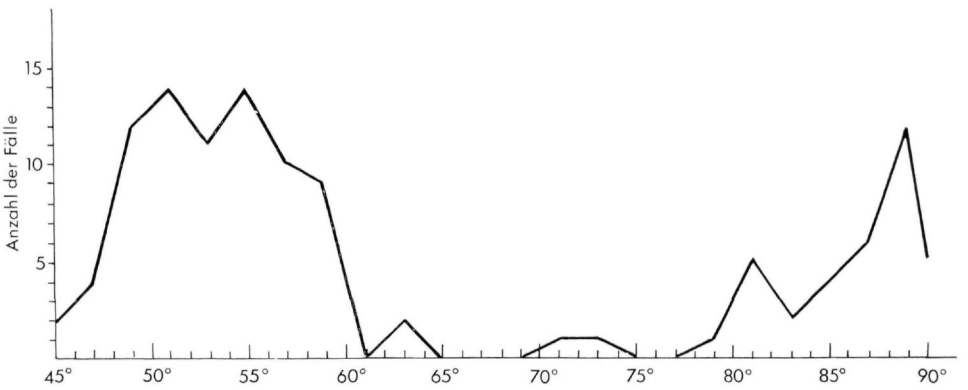


Abb. 7 Winkel zwischen den Streifen an Palisadenquarzen und der c-Achse dieser Quarze

stände zwischen einzelnen Streifen derselben Schar in einzelnen Körnern sind konstant. Die Abstände der Streifen parallel der Prismenflächen (m, a) sind deutlich geringer als die Abstände der Streifen parallel den Rhomboederflächen (r, z). Inner-

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

halb des Schliffbereiches bleiben die Werte konstant. In Bereichen, in denen Zonen bzw. Ebenen mit starker Anhäufung von Einschlüssen diese Palisadenstrukturen durchschlagen, ist auch eine deutliche Füllung dieser Flächen durch feine Partikel erkennbar. Diese Flächen bilden also Trennfugen, an denen sich belteropor die feinen Partikel leichter anlagern konnten.
Allem Anschein nach stellen diese Flächen Wachstumsformen dar und haben nichts mit Deformationslamellen, denen sie oft recht ähnlich sehen, zu tun.
Unterschiede gegenüber den Deformationslamellen sind:

a) Weitständigkeit
b) Ineinanderübergehen an Knicken, keine Durchkreuzungen
c) Orientierung zu c; Deformationslamellen bilden andere Winkel

II. DEFORMATIONSGEFÜGE

Obwohl die untersuchten Handstücke nicht orientiert entnommen wurden (Museumsmaterial), sollen doch die Deformationsgefüge an den Theiser Kugeln beschrieben werden, da eine relative Beziehung der Deformation zu den Wachstumsgefügen vorhanden ist. Die Theiser Kugeln zeigen äußerlich ebenso wenig wie das Muttergestein (Augitporphyr) im Schliffbereich Anzeichen irgendwelcher Deformation.

Die Quarze lassen aber teilweise auffällige Anzeichen für mechanische Deformation erkennen, und zwar:

a) Undulöse Auslöschung
b) Deformationsbänder
c) Deformationslamellen
d) Zerscherungen mit Rekristallisationen
e) Einschlußebenen

Diese Erscheinungen werden im einzelnen kurz beschrieben und diskutiert.

1. Undulöse Auslöschung

Tritt meist nur an großen Individuen auf; sie führt zu einer Zerlegung in Stengel subparallel c; die c-Achsen in verschiedenen Bereichen divergieren bis zu 20 Grad (meist aber viel weniger); die Grenzen zwischen verschieden auslöschenden Bereichen sind sehr undeutlich und über längere Strecken verlaufend. Die Zonen undulöser Auslöschung liegen meist senkrecht zur Hohlraumwand.

2. Deformationsbänder

Sie sind ähnlich wie undulöse Auslöschung, nur sind die Grenzen zwischen verschiedenen Bereichen eben und scharf und mit dem Universaldrehtisch einmeßbar. Diese Grenzflächen liegen genau parallel c des Quarzes (± 5 Grad), so daß also auch hier stengelige Teilaggregate aus einzelnen Großquarzen entstehen (Abb. 8). Die

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Winkel von c des Quarzes zu benachbarten Bereichen schwanken zwischen 5 Grad und 15 Grad. An einem Beispiel konnten deutliche Scherbewegungen an derartigen Deformationsbändern nachgewiesen werden: ungefähr parallel dem Außenrand einer Theiser Kugel verläuft eine Zone von Einschlüssen durch eine Vielzahl von Kristallen. Diese Einschlußebenen bilden gerade Flächen, die mit Ecken ineinander übergehen. Die Flächen sind mit dem Universaldrehtisch einmeßbar und gehören kristallographisch wieder Rhomboedern an. Es handelt sich hier um eine kurzfristige Unterbrechung des Quarzwachstums.
Diese Anwachsstreifen werden nun von Deformationsbändern geschnitten und deutlich versetzt, die Deformationsbänder sind also jünger und zeigen außerdem eine rupturelle Deformation des Quarzes an.

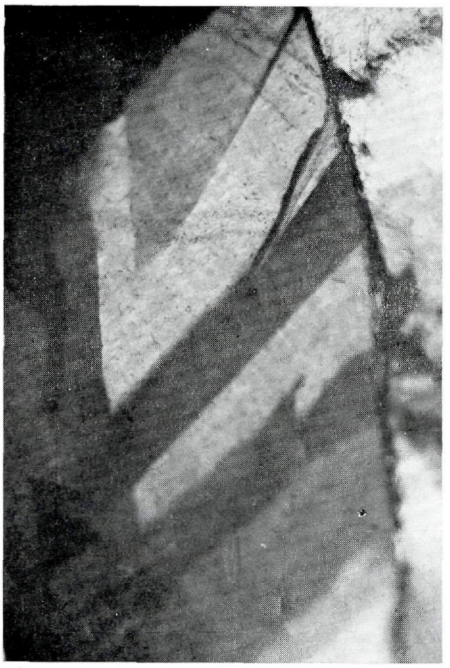


Abb. 8 Deformationsbänder an Quarzen

Abb. 9 Deformationslamellen an Quarzen

3. Deformationslamellen

Über Deformationslamellen existiert vor allem im Zusammenhang mit experimentellen Arbeiten eine umfangreiche neuere Literatur.
Echte Deformationslamellen (*Christie*, 1964) mit einem Polwinkel zu c des Quarzes von 0 bis 20 Grad, wie sie statistisch weitaus am häufigsten auftreten, wurden nur vereinzelt angetroffen (Abb. 9). Für eine statistische Auswertung sind die Erscheinungen jedoch zu wenig zahlreich.
Weitaus zahlreicher sind flächige Gebilde, die in ihrem Erscheinungsbild etwa zwischen den echten Deformationslamellen und den Palisadenstrukturen stehen.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

4. Einschlußebenen

Die meisten Großquarze zeigen neben diffus verteilten winzigen Einschlüssen auch solche, die in deutlichen Reihen angeordnet sind. Diese Reihen sind am Universaldrehtisch einmeßbar und erweisen sich dabei als Flächen oder schmale Zonen, die von feinen Partikeln besetzt sind; die Flächen sind teils eben, teils mehr oder weniger gewellt, aber immer im großen geradlinig durch ein Korn oder durch mehrere Körner durchgreifend. Die Winkel zwischen Einschlußebenen und Quarz c sind beliebig.

Die Einschlußebenen werden als verheilte Risse in den Großquarzen gedeutet und sind ebenfalls als Reste einer mechanischen Deformation anzusehen.

AUFTRETEN UND GENESE DER DEFORMATIONSERSCHEINUNGEN

Alle diese Deformationserscheinungen können auf zwei mögliche Ursachen zurückgeführt werden.

a) Spannungen innerhalb der Hohlraumfüllungen durch Wachstumsvorgänge

b) Tektonischer Stress

A Wachstumsspannungen

Bei wandständigem Wachstum von einer Wand in einen Hohlraum muß im Inneren bei gleichmäßigem Wachstum größerer Kristalle ein Raumdefizit und damit eine seitliche Druckkomponente entstehen. Diese könnte möglicherweise ausreichen, um Deformationserscheinungen zu verursachen.

Als Kriterien dafür sind anzusehen:

1. Deformationserscheinungen sind vollständig abwickelbar.
2. Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Krümmungsradius der Kugel, der Kristallgröße und dem Auftreten der Deformationserscheinungen: große Kugel — geringe Deformationen.

Derartige Zusammenhänge sind tatsächlich vorhanden. Undulöse Auslöschung und Regelung der Einschlußebenen ist in vielen Fällen abwickelbar und tritt quantitativ in kleineren Kugeln oder in Bereichen mit starkem Krümmungsradius deutlich hervor. Diese Erscheinungen sind also auf Wachstumsspannungen zurückzuführen.

B Einwirkung von Stress

Einwirkung von Stress müßte an annähernd kugeligen Vorzeichnungen nicht abwickelbare Deformationserscheinungen hinterlassen. Durch Entnahme mehrerer Schliffe an verschiedenen Stellen einer Kugel kann das leicht überprüft werden.

Dabei ergab sich, daß teilweise die Einschlußebenen und immer die Zonen der Rekristallisation und meist die Deformationsbänder und Lamellen nicht in allen Bereichen einer Kugel auftreten, sondern nur in solchen Bereichen, die gegenüber den Hauptspannungen günstige Orientierung der Quarze zeigen; außerdem sind diese Bildungen nicht abwickelbar.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Diese Fälle sind somit auf Einwirkung von Stress zurückzuführen, sie sind aber nur sehr selten nachzuweisen.
Aus diesen selektiven Deformationen wäre es möglich, die Hauptspannungsrichtungen abzuleiten, was aber bei dem vorliegenden, unorientierten Material nicht als sinnvoll erscheint.

Literaturverzeichnis

ASTM, 1964: Powder difraction file
Christie, J. M., Heard, H. C., Mori, P. N., 1964: Experiment deformation of quarts single crystals at 27 to 30 Kilobars confining pressure and 24° C, Amer. Journ. Sci, 262, 26–55
Gasser, G. (1922): Das „Theiser-Kugel"-Vorkommen in Villnöß bei Klausen, „Schlern"
Goldsmith, J. R., Graf, D. L. Joensuu, O. T., 1955: The occurence of magnesian calcites in nature, Geoch. et Cosm. Acta, 7, 212–230
Kaley, M. E., and Hanson, R. F., 1955: Laumontite and leonhardite cement in Miocene sandstone from a well in San Joequin Valley, California, Amer. Min, 40, 923
Klebelsberg, R. v., 1935: Geologie von Tirol, Verlag Gebrüder Borntraeger, Berlin
Ladurner, J., Purtscheller, F.: Über eine metasomatische Verdrängung an schalig gebauten Chalcedonaggregaten, Neues Jahrbuch für Mineralogie, Monatshefte, Stuttgart 1964
Passaglia, E., 1970: The cristal chemistry of chabasites, Amer. Min. 55, 1278–1301
Ramdohr, P., und Strunz, H., 1967: Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie, Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart
Tröger, W. E., 1967: Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale, Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart

Anschrift der Verfasser:
Univ.-Prof. Dr. Josef Ladurner, Univ.-Prof. Dr. Fridolin Purtscheller, Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität, A-6020 Innsbruck, Universitätsstraße 4

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Veröffentlichungen des Tiroler Landesmuseums Ferdinandeum

Jahr/Year: 1971

Band/Volume: 51

Autor(en)/Author(s): Ladurner Josef, Purtscheller Fridolin

Artikel/Article: Mineralinhalt und Gefüge der Theiser Kugeln. 99-110