

**EINSCHLÜSSE IN EDEL- UND SCHMUCKSTEINEN UND IHRE  
MINEROGENETISCHE BEDEUTUNG**

von

**Gerhard Niedermayr**

Mineralogisch-Petrographische Abteilung und Staatliches Edelsteininstitut  
Naturhistorisches Museum in Wien, Burgring 7, A-1010 Wien

Vortrag vor der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft  
gehalten am 1. Dezember 1997 in Wien

Es ist wahrscheinlich müßig, im Kreis von Mineralogen über die genetische Aussagemöglichkeit von Einschlüssen in Mineralien im allgemeinen und von Edel- und Schmucksteinen im besonderen zu sprechen. Viele Beispiele sind da heute in der Literatur bereits bestens dokumentiert und verbesserte Analysemethoden erweitern ständig das Anwendungsgebiet der Einschlußforschung. Die praktische Arbeit mit solchen Phänomenen zeigt aber immer wieder interessante Aspekte dieses Wissensgebietes auf. Im Vortrag wurde das Thema an Hand von Beispielen, die sich im Zuge von an das Staatliche Edelsteininstitut des Naturhistorischen Museums in Wien herangetragenen Fragestellungen ergeben haben, beleuchtet. In der nachfolgenden Zusammenstellung werden nur einige ausgewählte Beispiele davon gebracht.

### **Einleitung**

Stellen wir die beiden großen Einschlußgruppen, die in Mineralien möglich sind und genetische Aussagemöglichkeiten gestatten, gegenüber, so handelt es sich einerseits um Festkörpereinschlüsse und andererseits um Fluideinschlüsse.

Paradebeispiel für erstgenannten Typus ist wohl der Diamant. Festkörpereinschlüsse von Diamant sind schon seit mehr als 100 Jahren bekannt, die wissenschaftliche Bearbeitung solcher Einschlüsse, die auch genetische Aussagen ermöglichte, erfolgte aber erst in den letzten 15 Jahren. Diese Untersuchungen gestatteten nicht nur eine Altersbestimmung der Diamanten, sondern erlaubten auch eine Gliederung der Diamant führenden Gesteine in eine peridotitische und in eine eklogitische Paragenese (MEYER, 1982) und lieferten darüber hinaus genaue Vorstellungen zum Alter der diamantführenden Schlotte, die erstaunlicherweise eine sehr weite altersmäßige Streuung aufweisen (z.B. RICHARDSON, 1986; KIRKLEY et al., 1991).

Demgegenüber sind Fluideinschlußuntersuchungen hauptsächlich an Quarzen durchgeführt worden. Gerade im alpinen Bereich gab und gibt es zahlreiche Projekte, die sich mit dieser Fragestellung befaßten bzw. befassen. Erinnerung sei da besonders an die zahlreichen Arbeiten von J. Mullis, die wertvolle Informationen über die Bildung der Quarze der Alpen und damit auch über die Entstehung alpiner Klüfte beisteuerten (z.B. MULLIS, 1983, 1987, 1993 und 1996). Beschränken wir uns auf Einschlüsse in Mineralien, die als Edel- und Schmucksteine Verwendung finden, so dienen die in solchen Materialien zu beobachtenden Einschlußbilder in erster Linie zur Identifizierung der entsprechenden Mineralarten und zur Unterscheidung von Natursteinen, synthetischen Produkten und Imitaten. Aussagen über genetische Aspekte treten demgegenüber in den Hintergrund.

### **Welche Bedeutung haben Einschlüsse in mineralischen Substanzen für die praktisch arbeitenden Gemmologen ?**

Der bekannte amerikanische Edelsteinkundler John I. Koivula hat einmal treffend formuliert: *„Einschlüsse sind Geburtsmarken der Natur und übermitteln wertvolle Informationen über die Entstehung eines Edelsteins und über seine nachfolgende Geschichte“* (KOIVULA, 1982).

Prinzipiell sind Einschlüsse einmal Fremdkörper, die entweder vor der Bildung des Wirtminerals bereits existiert haben oder während dessen Bildung entstanden und von diesem umschlossen wurden. Aber auch Lösungen, aus denen sich ein Kristall bildete, können von diesem eingeschlossen werden und legen dann Zeugnis ab von der ehemaligen Zusammensetzung derartiger Mutterlaugen. Dazu kommen noch Komponenten, die bei hoher Temperatur in das Kristallgitter eingebaut werden können, im Zuge der Abkühlung eines solchen „Mischkristalls“ aber entmischen, wie wir das etwa von den Feldspäten (Mondsteine) und von Korund („Seide“ im allgemeinen, Sternkorund im besonderen) kennen.

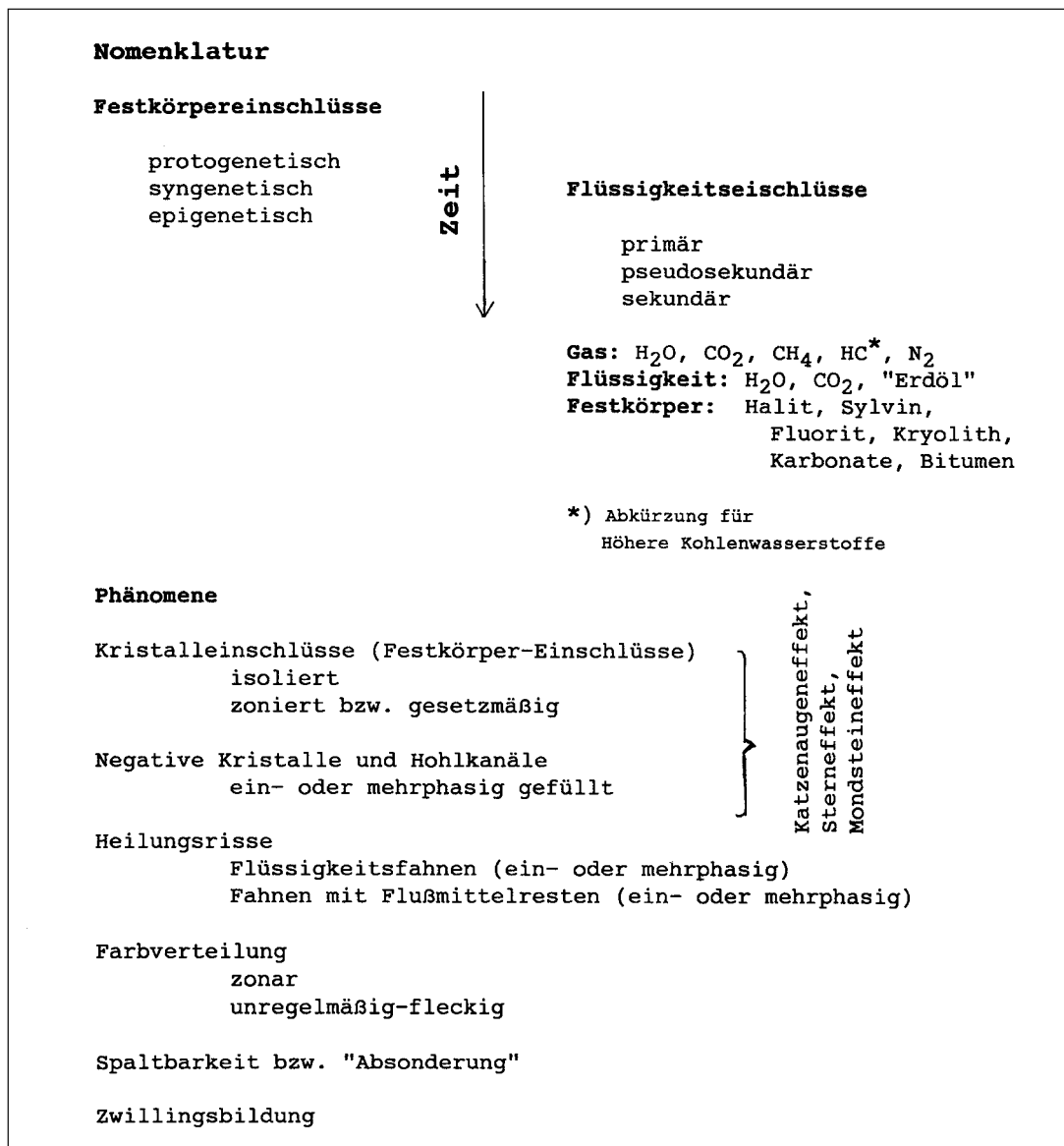
Außer den im Vorstehenden genannten Einschlüssen müssen in der Edelsteinkunde aber noch verschiedene Phänomene berücksichtigt werden, die keine Einschlüsse im eigentlichen Sinn darstellen, denen aber bei der praktischen Arbeit besondere Bedeutung zukommt und die das zu beobachtende Einschlußbild ergänzen. Dazu sind zu rechnen: Art und Weise der Farbverteilung (gleichmäßig, zonar oder unregelmäßig-fleckig), Anzeichen und Ausbildung von Spaltbarkeit und Zwillingslamellierung.

All die in Tab. 1 zusammengestellten Einschlußphänomene gestatten Aussagen zu verschiedenen gemmologischen Fragestellungen:

Aus den im Vortrag genannten Beispielen seien einige im Rahmen dieses kurzen Aufsatzes herausgegriffen und fallweise ihre genetische Interpretationsmöglichkeit diskutiert.

### **Einschlüsse von Rutil in Quarz**

Rutil ist in Quarzen ein häufiger Festkörpereinschluß und er kann hier regellos oder in gewissem Sinn orientiert eingelagert sein. Besonders dicht mit Rutilnadelchen durchsetzte Quarze sind ein beliebtes Material im Schmuckgewerbe („Rutilquarz“).



Tab. 1  
Einschlüsse in Edel- und Schmucksteinen

Besonders in Bergkristallen aus Alpinen Klüften finden sich die als Sagenit bekannten, typisch gitterartigen Verwachsungen von Rutil, die gelegentlich noch das für diese Art der Verwachsung verantwortliche Vorgängermineral, den Ilmenit, in Resten erkennen lassen. Ilmenit scheidet sich aus der Klüftlösung aus, wird vom Quarz umschlossen, bleibt aber in der sich abkühlenden Lösung offenbar nicht stabil und wandelt sich unter Fe-Abfuhr in Rutil um; die entstehenden Rutilgitter zeichnen dabei die ehemaligen Ilmenittäfelchen nach. Derartige Phänomene sind von vielen Quarzvorkommen der Ostalpen belegt (z.B. Zillertaler Alpen, Großvenediger Gruppe, Goldberggruppe).

## Rutil in Korund und Granat

Rutil ist nicht nur im Quarz ein oft typisches Einschlußmineral, sondern er findet sich auch sehr häufig in Korund und Granat sowie natürlich in einer Reihe anderer Edel- und Schmucksteine (Dravit, Andalusit, Kyanit, u.a.).

Größere und kleinere Rutilkriställchen sind in Korund und Granat oft regellos verteilt, in vielen Fällen aber gesetzmäßig eingelagert. So sind die Rutilnadelchen, gitterartig verwachsen, im Korund einerseits parallel zur Basis und andererseits parallel zum Prisma II. Stellung  $\{1120\}$  angeordnet, solcherart ein charakteristisches, regelmäßiges und auch klaren kristallographischen Richtungen folgendes Einschlußmuster ergebend (Abb. 1).

Abb. 1

Lange, dünne und orientiert eingelagerte Rutilnadeln sind ein charakteristisches Einschlußphänomen für Korund, insbesondere aus Sri Lanka.

Bildbreite 1 mm.



Auch im Fe-Al-Granat (Almandin), farblich gelegentlich Rubin durchaus ähnlich, sind Rutilnadelchen ein typisches Einschlußphänomen und sie sind auch hier gesetzmäßig, nach den vier Richtungen der Kanten von  $\{110\}$  orientiert eingelagert, angeordnet. Bei flüchtiger Betrachtung kann somit das Einschlußbild von Rubin und Almandin im Hinblick auf auftretende Rutil-„Gitter“ sehr ähnlich sein. Die scheinbar chaotische Anordnung der Rutilnadelchen im Almandin wird diesen vom Rubin, in dem die Nadelchen immer einen Winkel von  $60^\circ$  einschließen, unterscheiden.

$\text{TiO}_2$  kann darüber hinaus bei höheren Temperaturen im Korundgitter relativ leicht eingebaut werden, besitzt dagegen bei tieferen Temperaturen eine weit geringere Löslichkeit. Da der  $\text{Ti}^{4+}$ -Einbau im Korundgitter (in Anwesenheit von  $\text{Fe}^{2+}$ ) darüber hinaus beim Saphir zur Bildung von Farbzentren Anlaß gibt, kann durch entsprechend gesteuerte thermische Behandlung im Korund/Saphir unter bestimmten Voraussetzungen einerseits die Farbe des geschliffenen Steines verbessert - intensiviert oder aufgehellt - oder andererseits ein Sterneffekt erzielt werden (vgl. NASSAU, 1994). Ganz gezielt macht man sich diesen Effekt heute bei der sogenannten „Diffusionsbehandlung“ von farblosem bzw. mißfarbigem Korund zunutze (vgl. NASSAU, 1994).

## Hämatit in Amethyst

Ein charakteristisches Phänomen vieler Amethyste sind eigentümliche rötlichbraune Nadelchen, mit oft an Käferbeine erinnernder Gestalt, die in der mehr populärwissenschaftlichen Literatur auch dementsprechend als „Käferbeine“ bezeichnet worden sind (Abb. 2). In beinahe allen einschlägigen älteren gemmologischen Werken werden diese Einschlüsse als Lepidokrokit angegeben. Neueste Untersuchungen mittels Ramanspektroskopie konnten aber belegen, daß es sich dabei ziemlich sicher um Hämatit handelt (WHITE, 1997, Mag. Waltraud WINKLER, Salzburg, pers. Mitt.).

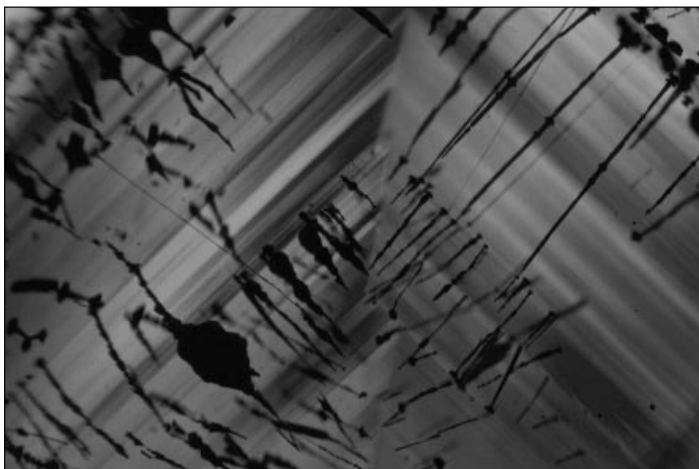


Abb. 2

Farbzonierung parallel den Rhomboederflächen des Quarzes und eigenartige, an „Käferbeine“ erinnernde Einschlüsse sind ein typisches Einschlußphänomen für Amethyst. Die „Käferbeine“ wurden früher für Lepidokrokit gehalten, haben sich aufgrund raman-spektroskopischer Untersuchungen aber als Hämatit erwiesen. Amethyst aus Brasilien. Bildbreite ca. 7 mm.

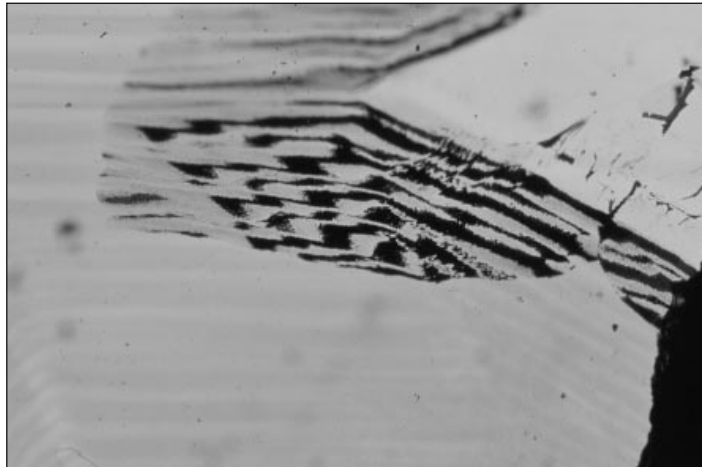
## Gelbgrüner „Amethyst“ aus Namibia

Erst kürzlich gelangte über die Fa. Kaiser-Mineralien in Wien Material eigenartiger, gelbgrüner „Amethyste“ aus einem Vorkommen von der Farm Rooisand, Gamsberg in Namibia, an das Staatliche Edelsteininstitut zur Untersuchung. Nach der mir zugegangenen Mitteilung führt der anstehende Quarzgang normalen, rötlichviolett/grauweiß gebänderten Amethyst. An der Oberfläche, der Sonne ausgesetzt, soll der Amethyst aber innerhalb weniger Stunden seine Farbe zu Gelbgrün verändern.

Nach Angaben verschiedener Autoren ist das Amethystfarbzentrum bei Erhitzung bis ca. 400 °C stabil. Bei weiterer Zunahme der Temperatur entfärben sich Amethyste mancher Vorkommen, nehmen aber, offenbar bei Anwesenheit von  $\text{Fe}^{2+}$  im Quarzgitter, bei Temperaturen von 450-500°C einen grünen bis gelblichgrünen Farbton an; Üblicherweise wird Amethyst durch Tempern in mehr oder weniger intensiv citrinfarbige Steine umgefärbt (NASSAU, 1994). Farbänderungen an Amethysten durch Einwirkung des bloßen Sonnenlichtes werden z.B. von CURRIER (1985) und BRACEWELL (1991) berichtet. Möglicherweise spielt da auch die natürliche UV-Strahlung eine gewisse Rolle. Im gegenständlichen Fall scheint dies die einzige Erklärungsmöglichkeit zu sein. Die Betrachtung im Edelsteinmikroskop zeigte jedenfalls, daß die für Amethyste typische „Tigerstreifung“, die sonst bei keiner anderen Quarzvarietät erkennbar ist, in dem grünen Quarzmaterial von Namibia durchaus ein häufiges Einschlußphänomen ist und es sich somit bei dem gelbgrünen Material ursprünglich tatsächlich um Amethyst gehandelt haben muß (Abb. 3).

Abb. 3

Die „Tigerstreifung“ in einem durch natürliche Vorgänge von violett auf gelbgrün umgefärbten Amethyst aus Namibia weist darauf hin, daß es sich hier ursprünglich tatsächlich um Amethyst gehandelt hat. Amethyst von der Farm Rooisand, Gamsberg, Namibia. Bildbreite ca. 2 mm.



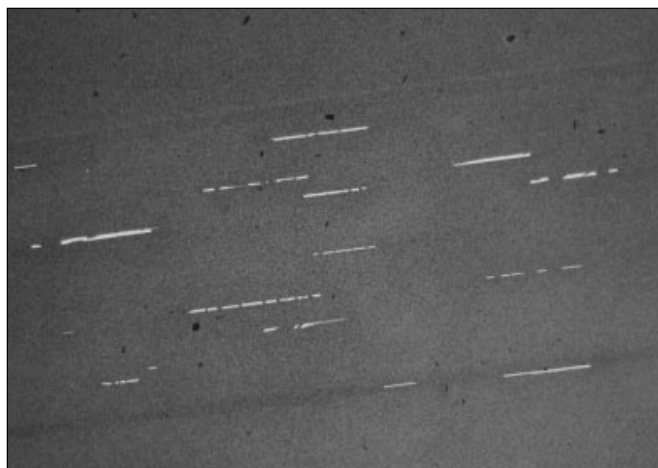
Erhitzungsversuche an violett gefärbtem Material der gleichen Lokalität zeigten jedenfalls, daß der Farbumschlag dieser Amethyste von rötlichviolett nach typisch gelbgrün im Temperaturbereich von etwa 410 - 430°C erfolgt.

#### **Einschlüsse von ged. Kupfer im Turmalin von Sao José da Batalha in Paraiba, Brasilien**

Seit Ende der 80er-Jahre sind die gelegentlich ungewöhnlich intensiv blauen bis blaugrünen Turmaline aus Paraiba bekannt. Die auffallende Färbung ist auf einen nicht unerheblichen Einbau von  $\text{Cu}^{2+}$  in das Turmalingitter zurückzuführen. BRANDSTÄTTER & NIEDERMAYR (1993) konnten darüber hinaus zeigen, daß es sich bei den eigenartigen metallisch-glänzenden, dendritischen Einschlüssen, die das Einschlußbild mancher dieser Turmaline dominieren, um gediegen Kupfer handelt und dieses auch orientiert parallel  $c$  im Turmalin eingelagert ist (Abb. 4).

Abb. 4

Rückstreuerelektronen-Bild von gediegen Kupfer (weiß) in Cu-Elbait (grau) von Sao José da Batalha, Paraiba. Die plättchenförmigen Kupferdendriten sind parallel  $c$  des Turmalins orientiert.



Nach BRANDSTÄTTER & NIEDERMAYR (1994) scheint es sich dabei um ein Entmischungsphänomen, ähnlich den schon eingangs erwähnten Rutilgittern im Korund, zu handeln. Die an den Turmalinen von Paraiba bestimmten Cu-Gehalte (von 0.4 - 2.4 Gew.-% CuO) zählen jedenfalls zu den höchsten, die je in nominell Cu-freien Silikaten festgestellt werden konnten.



Über die geologischen Verhältnisse des Vorkommens ist bisher nur sehr wenig bekannt, doch dürfte der gegenständliche Pegmatit eine Kupfermineralisation durchschlagen haben, wobei die hydrothermal-pneumatolytische Lösung  $\text{Cu}^{2+}$  aufnahm. Ein Teil des im Turmalingitter eingebauten Kupfers scheint im Zuge der Abkühlung der Kristalle entmischt zu sein und bildete dabei die für Turmaline dieses Vorkommens so typischen, der trigonalen Symmetrie des Wirtminerals folgenden Cu-Kristallite. Nach den bisherigen Kenntnissen ist das gezeigte Einschlußbild auch als fundortspezifisch zu klassifizieren.

### **Beryll und seine Einschlußphänomene**

Beryll, als typisches Mineral des pegmatitisch-pneumatolytischen bis hydrothermalen Bildungsbereiches, ist üblicherweise in seinem Einschlußbild, wie alle anderen Mineralphasen ähnlicher Genese, durch eine Dominanz von Fluideinschlüssen gekennzeichnet, wenn auch Festkörperphasen nicht fehlen. Die im Zuge regional- oder kontaktmetamorpher Prozesse im Gestein gesproßten Berylle (wie z.B. Smaragdtypepus „Habachtal“) sind dagegen meist sehr reich an Festkörperphasen. So konnte etwa GRUNDMANN (1981) mehr als 40 Mineralien in den Habachtaler Smaragden nachweisen.

In diesem Zusammenhang sei auch besonders darauf hingewiesen, daß der genannte Autor auch Phenakit als Festkörperphase in Habachtaler Smaragden beobachten konnte. Die von GÖBELIN und KOIVULA (1986) getroffene Feststellung, daß „Phenakit als Einschlußmineral ausschließlich in synthetischen Smaragden anzutreffen ist“, ist somit unrichtig und soll hier als Hinweis dafür gebracht werden, daß Angaben im gemmologischen Schrifttum von Fall zu Fall mit gewisser Vorsicht interpretiert werden sollen. Sowohl neue Vorkommen als auch neue Synthesen können herkömmliche Leitsätze ad absurdum führen. In jedem Fall aber wird eine möglichst viele bestimmbare Parameter eines Steinmaterials berücksichtigende Expertise dieses als echt, als manipuliert, als Unterschiebung, als Imitat oder eben als synthetisches Produkt ausweisen.

Das Einschlußbild von Beryll ist von Vorkommen zu Vorkommen z.T. ziemlich unterschiedlich, wirklich vorkommensspezifische Merkmale werden nur gelegentlich angegeben. So war z.B. lange Zeit Parisit nur von Smaragden aus Muzo bekannt und wurde, wenn vorhanden, als sicherer Hinweis auf dieses Vorkommen angesehen. Neuerdings ist aber Parisit als Einschluß auch in Smaragden von Coscuez, etwa 15 km von der Lagerstätte Muzo entfernt, beschrieben worden. Davon einmal abgesehen können Einschlüsse von Parisit nach unseren heutigen Kenntnissen noch immer als indikativ für eine kolumbianische Provenienz eines geschliffenen Smaragdes angesehen werden !

Das Einschlußbild kolumbianischer Smaragde ist nachgerade typisch für eine Hydrothermalparagenese und ist auch in guter Übereinstimmung mit der Mineralvergesellschaftung der beryllführenden karbonatischen Gangfüllungen (mit überwiegend Calcit, Dolomit, Quarz, Fluorit, Albit, Pyrit u.a. sowie Beryll), die in einer kretazischen, leicht metamorph (diagenetisch bis schwach epizonal) geprägten Sedimentserie mit sapropelitischem Einschlag angetroffen werden.

Die Genese dieser für den Schmuckhandel auch heute noch wirtschaftlich bedeutendsten Smaragdorkommen war lange Zeit unklar, scheint durch Untersuchungen von OTTAWAY et al.(1994) und GIULIANI et al.(1995) aber weitgehend geklärt.

So ergab die Untersuchung der hochsalinaren Flüssigkeitseinschlüsse Bildungstemperaturen für Smaragd, Quarz und Calcit von etwa 300 bis max. 400°C. Im Zuge von Diagenese Prozessen tieferliegender, evaporitisch beeinflusster Sedimentserien wurden hochsalinare, hydrothermale Lösungen freigesetzt, die bei ihrer Migration durch den Sedimentstapel Sulfat an strukturell günstige Positionen transportierten, wo dieses auf thermochemischen Weg reduziert werden konnte. Bei diesen Vorgängen wurden auch die für die Bildung der Smaragde notwendigen Spurenelemente aus dem an organischem Material reichen Sedimentverband freigesetzt. Die schon lange aufgrund der in den smaragdführenden Gängen zu beobachtenden Kluftmineralvergesellschaftung vermutete, diagenetisch bzw. schwach metamorph bedingte Bildung dieser Smaragdparagenese hat damit nun durch exakte Labordaten ihre Bestätigung erfahren.

Eigenartige schleifenförmige Gebilde aus Niobit und Fe-Oxid/Hydroxid wurden erst kürzlich von BANKO et al.(1997) aus Aquamarinen von Nigerien beschrieben. Die Entstehung dieser Einschlüsse ist noch ungeklärt, das generelle Einschlußbild aber typisch für eine hydrothermale Bildung (aus Quarzgängen ?) und möglicherweise auch als vorkommensspezifisch anzusehen.

Ein Spezifikum vieler Berylle aus unterschiedlichsten Paragenesen sind die parallel c orientierten Hohlkanäle, ein primäres Wachstumsphänomen, und dazu senkrecht stehende, und somit parallel zur Basis des Berylls orientierte feinste Spaltrisse, die durch oft sehr charakteristische, ovale „Flüssigkeitsfilme“ nachgezeichnet werden (Abb. 5).

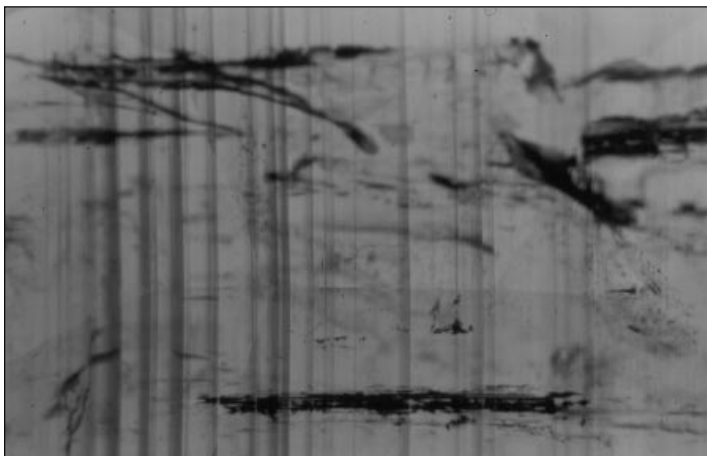


Abb. 5

Parallel (0001) orientierte feinste Spaltrisse sind ein charakteristisches Einschlußphänomen von Beryll, vor allem aber von Aquamarin und Goldberyll. In gleicher Orientierung ist gelegentlich auch eine deutlich ausgeprägte Farbzonierung zu beobachten.

Goldberyll aus dem Ural,  
Bildhöhe ca. 3 mm.

Üblicherweise wird beim Beryll nicht von einer Spaltbarkeit, sondern nur von einer Absonderung parallel zur Basis gesprochen. Die erwähnten Heilungsrisse und „Spaltrissen“, die bei tektonischer Beanspruchung oft in scheibchenförmige Einzelteile zerlegten Beryllkristalle mancher Vorkommen und auch die für Beryll, insbesondere für Aquamarin und Goldberyll, typische Farbzonierung parallel {0001}, sind meiner Meinung nach doch als Anzeichen dafür zu werten, daß es sich hier um strukturbedingte Phänomene handelt, der Beryll somit auch eine Spaltbarkeit im eigentlichen Sinn besitzt. Auffällig ist, daß Smaragde die Absonderung bzw. Spaltbarkeit parallel zur Basis weit weniger ausgeprägt zeigen als etwa Aquamarin oder Goldberyll.



## **Ein Smaragd der „Alba“ in der Weltlichen Schatzkammer in Wien**

Abschließend sei hier noch ein Beispiel für die in kulturgeschichtlicher Hinsicht wertvolle Ausagemöglichkeit von Einschlußbildern in Edelsteinen gebracht.

Im Zuge der edelsteinkundlichen Bearbeitung des Steinbesatzes der „Alba“, wesentlicher Teil des aus dem 12. Jahrhundert stammenden Krönungsornates der Kaiser und Könige des Heiligen Römischen Reiches, der in der Wiener Schatzkammer aufbewahrt wird, konnte auch einer der Smaragde ausgefaßt und einer genaueren Bearbeitung zugeführt werden.

Der in grobem Rundschliff verarbeitete Smaragd wies einen schon mit freiem Auge gut sichtbaren, muschelförmigen Sprung auf, der das Cabochon in etwa zwei gleich große Teile teilte. Der etwas kleinere, leicht gelblichstichige Teil war reich an nadeligen Festkörpereinschlüssen, die als Amphibolnadelchen identifiziert werden konnten. Der größere, intensiver grün gefärbte und wesentlich transparentere Steinteil zeigte dagegen viele, unregelmäßige Flüssigkeitsfahnen und auch streng parallel c orientierte negative Kristalle, mit charakteristisch quadratischem bis rechteckig-länglichem Querschnitt, die meist zweiphasig, gelegentlich aber auch mehrphasig gefüllt waren. Auch Füllungen mit Gasphase und zwei nicht mischbaren Flüssigkeiten waren festzustellen. Darüber hinaus konnten noch sehr feine, parallel c orientierte Hohlkanälchen und feinste Risse parallel zur Basis beobachtet werden.

Das Einschlußbild der beiden Steinteile unterscheidet sich so fundamental, daß hier nur angenommen werden kann, daß das Cabochon aus zwei Smaragden verschiedener Provenienz zusammengesetzt worden ist. Offenbar ist der originale Stein zerbrochen und wurde wieder rekonstruiert. Wann diese Reparatur erfolgte und welcher Stein das originale Material repräsentiert, ist heute nicht mehr feststellbar. Die Reparatur selbst dürfte vor Mitte des 16. Jahrhunderts, vor Bekanntwerden der dann reichlich Material liefernden kolumbianischen Smaragdorkommen, erfolgt sein. Keiner der beiden Steinteile weist ein für kolumbianische Smaragde typisches Einschlußbild auf. Nach NIEDERMAYR (1991) könnte der Amphibolnadelchen führende Teil des Cabochons auf ein Vorkommen im Ural oder in Südägypten zurückgeführt werden. Der an typischen Flüssigkeitseinschlüssen reiche, größere Steinteil wäre vom Einschlußbild her am ehesten noch gewissen Smaragden indischer Provenienz vergleichbar.

## **Zusammenfassung**

Prof.Dr. Edwin Roedder, einer der anerkanntesten Wissenschaftler, der sich mit der Untersuchung von Fluideinschlüssen in Mineralien befaßt hat, hat generell Einschlüsse in Edel- und Schmucksteinen sehr treffend als wertvolle Defekte bezeichnet. Deren Interpretation liefert nicht nur Hinweise zur Identifizierung derartiger Materialien sondern ermöglicht nicht selten auch wertvolle Angaben über das Bildungsmilieu, die geologische Entwicklung und die Herkunft des Schmucksteines. In besonderen Fällen können auch Hinweise zum kulturgeschichtlichen Werdegang eines Steines bzw. des betreffenden Schmuckstückes gewonnen werden (Tab.2).

**Einschlüsse in Edel- und Schmucksteinen können zur Klärung folgender Fragestellungen beitragen:**

- welches Material
- ist das Material natürlich oder synthetisch
- ist das Material eventuell manipuliert („geschönt“ = qualitätsmäßig verbessert)
- Herkunft des Rohmaterials
- bei Synthesen: welches Verfahren wurde angewandt
- Verifizierung eines bestimmten geschliffenen Steines
- kulturgeschichtliche Aspekte

**„Einschlüsse sind wertvolle Defekte – sie sind dem Fingerabdruck eines Menschen vergleichbar“**

Tab. 2

Einschlußphänomene in Edel- und Schmucksteinen und ihre edelsteinkundliche Bedeutung

Einschlüsse sind gewissermaßen dem Fingerabdruck eines Menschen vergleichbar; ein photographisch dokumentiertes Einschlußbild kann somit darüber hinaus auch zur Verifizierung eines ganz bestimmten geschliffenen Steines herangezogen werden. Es ist damit u.U. auch für eine eventuelle gutachterliche Auswertung von entscheidender Bedeutung.

**Literatur**

- BANKO, A.G., BRANDSTÄTTER, F. & NIEDERMAYR, G. (1997): Ungewöhnliche Mineraleinschlüsse in den Beryllen aus Nigeria. - Z.Dt.Gemmol.Ges. 46, 13-20.
- BRACEWELL, H. (1991): Natural Fading of Amethyst. - Australian Gemmologist 17/12, 525
- BRANDSTÄTTER, F. & NIEDERMAYR, G. (1993): Einschlüsse von gediegen Kupfer in Cu-Elbait von Sao José da Batalha in Paraiba, Brasilien. - Zs.Dt.Gemmol.Ges. 42. 37-41
- BRANDSTÄTTER, F. & NIEDERMAYR, G. (1994): Copper and Tenorite Inclusions in Cuprian-Elbait Tourmaline from Paraiba, Brazil. - Gems & Gemology, 30/3, 178-183
- CURRIER, R.H. (1985): Natural Fading of Amethyst. - Gems & Gemology, 21/2, 115 (116)
- GIULIANI, G., CHEILLETZ, A., ARBOLEDA, C., CARRILLO, V., RUEDA, F. & BAKER, J.H. (1995): An evaporitic origin of the parent brines of Colombian emeralds: fluid inclusion and sulphur isotope evidence. - Eur.J.Mineral., 7, 151-165.
- GRUNDMANN, G. (1981): Einschlüsse der Berylle und Phenakite des Smaragdorkommens im Habachtal (Land Salzburg, Österreich). - Der Karinthin, 84, 227-237.
- GÖBELIN, E.J. & KOIVULA, J.I. (1986): Photoatlas of Inclusions in Gemstones. - Zürich: ABC Edition, 532 S.

- KIRKLEY, M.B., GURNEY, J.J. & LEVINSON, A.A. (1991): Age, origin, and emplacement of diamonds: scientific advances in the last decade. - *Gems & Gemology*, 27, 2-25.
- KOIVULA, J.I. (1982): Inclusions in a Better Light. - *Internat. Gemol.Symp.*, 1982, Proceedings, 473-476.
- MEYER, H.O.A. (1982): Mineral Inclusion in Natural Diamond. - *Internat.Gemol.Symp.* 1982, Proceedings, 445-465.
- MULLIS, J. (1983): Einschlüsse in Quarzkristallen der Schweizer Alpen und ihre mineralogisch-geologische Bedeutung. - *Bull.Soc.Frib.sc.Nat.*, 72, 5-19.
- MULLIS, J. (1987): Fluid inclusion studies during very low-grade metamorphism. In: *Low Temperature Metamorphism* (M.FREY, Ed.), 162-199.
- MULLIS, J. (1993): Die Entstehung Alpiner Klüfte und Kluftminerale. - *extraLapis* 5, 17-32.
- MULLIS, J. (1996): P-T-t path of quartz formation in extensional veins of the Central Alps. - *Schweiz.Mineral.Petrogr.Mitt.* 76, 159-164.
- NASSAU, K. (1994): *Gemstone Enhancement*. 2.Aufl. - Oxford: Butterworth-Heinemann Ltd., 252 S.
- NIEDERMAYR, G. (1991): Gemmologische Charakterisierung eines Smaragdes von der „Alba“ in der Weltlichen Schatzkammer in Wien. - *Zs.f.Kunsttechnologie und Konservierung* 5/2, 225-229.
- OTTAWAY, T.L., WICKS, F.J., BRYNDZIA, L.T., KYSER, T.K. & SPOONER, E.T.C. (1994): Formation of the Muzo hydrothermal emerald deposit in Colombia. - *Nature* 269, 552-554.
- RICHARDSON, S.H. (1986): Latter-day origin of diamonds of eclogitic paragenesis. - *Nature* 322, 623-626.