

Hauyn aus der Eifel - ein attraktiver Edelstein

Häüyne from the Eifel - an attractive gemstone

L. KIEFERT, Basel

Zusammenfassung

Hauyn ist ein seltenes Mineral, das trotz seiner attraktiven blauen Farbe extrem selten in Schmuckstücken zu finden ist. Es gibt nur wenig gemmologische Daten über diesen Edelstein, die meist bis in die frühen achtziger Jahre zurückgehen. Das SSEF hatte vor kurzem die Gelegenheit, eine grosse Menge von facettierten Hauynen zu untersuchen, die später in eine Schmetterlingsbrosche montiert wurden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden hier vorgestellt, sie umfassen gemmologische, mikroskopische, chemische und spektroskopische Merkmale.

Abstract

Häüyne is a rare mineral and is even less often found as gemstone in jewellery, despite of its attractive blue colour. Gemmological data about this material are scarce and often reach back into the early eighties. The author had the opportunity to examine a large number of faceted stones which were later set into a butterfly brooch. The results of this study are presented, they include gemmological, microscopical, chemical and spectroscopic data.

Einleitung

Hauyne sind meist kleine blaue Kristalle mit einer aussergewöhnlich leuchtenden Farbe. Ihre chemische Zusammensetzung wird mit $(\text{Na,Ca})_{8-4}[(\text{SO}_4)_{2-1}/(\text{AlSiO}_4)_6]$ angegeben. Das Kristallsystem dieses Gerüst-

silikats ist kubisch, die Kristallklasse ist $4\bar{3}m$. Spaltbarkeit nach {110}, Zwillingsbildung nach {111}; die Härte ist $5\frac{1}{2}$ bis 6 (DEER et al., 1992).

Hauyn gehört zusammen mit Sodalith, Nesean und Lazurit der Sodalithgruppe an und ist ein Bestandteil von Lapislazuli. Diese Mineralien bilden eine Mischkristallreihe, wobei der Lazurit als Hauptbestandteil und Träger der Blaufärbung in Lapislazuli ist. Ausser blau tritt Hauyn auch noch weiss, grau, grün, gelb und rot auf (AREM, 1987), aber facettiertes Material von Edelsteinqualität ist in der Regel blau. Trotz dieser attraktiven Farbe findet man Hauyn jedoch nur selten in Schmuck verarbeitet. Dies liegt zum einen an der geringen Grösse transparenter Hauyne (siehe auch MERTENS, 1984), zum anderen an der geringen Härte der Steine.

Es war deshalb erstaunlich, als das SSEF-Labor 100 facettierte Hauyne von einem Kunden zur Untersuchung erhielt (Abb. 1). Der Kunde fertigte aus diesen Steinen, zusammen mit Diamanten und einem rosafarbenen Saphir, eine Brosche an, die im November 1999 bei Sotheby's in Genf zur Versteigerung gelangte und eine beachtliche Summe von 45.000 SFr. erzielte (Abb. 2). Durch diesen Auftrag hatte das SSEF-Labor Gelegenheit, eine grosse Anzahl von Hauynen genauer zu untersuchen. Weitere Hauyne wurden von den Firmen GEBR. BANK und CONSTANTIN WILD, beide Idar-Oberstein, zur Verfügung gestellt.



Abb. 1 Facettierte runde und ovale Hauyne vom Laacher Seegebiet in der Eifel; der grösste Stein wiegt 0,172 ct.

Fig. 1 Faceted round and oval hauynes from the area around the „Laacher See“ in the Eifel; the largest stone weighs 0.172 ct.

Vorkommen

Hauyne wird in Verbindung mit Alkalivulkaniten (hauptsächlich Phonolithen) gefunden, weltweite Vorkommen sind in USA, Kanada, Frankreich, Italien, Teneriffa, Marokko, und dem Laacher Seegebiet bei Niedermendig in der Eifel in Deutschland (AREM, 1987). Aus dem letztgenannten Vorkommen kommen grössere Mengen Kristalle von Edelsteinqualität, während schleifwürdiges Material von anderen Fundpunkten nicht bekannt ist (BÜRGER & FISCHER, 1976; AREM, 1987). Die hier beschriebenen Steine stammen alle aus der Eifel (C. WILD, F. BANK, pers.Mitt.).

Der Hauyne von der Eifel kommt in einem



Abb. 2 Schmetterlingsbroche gefertigt mit den in Abb. 1 abgebildeten Hauynen, Diamanten und einem rosa Saphir. Photo: DELLA VALLE, Genf.

Fig. 2 The hauynes shown in Fig. 1 were mounted in a butterfly brooch with diamonds and a pink sapphire. Photo: DELLA VALLE, Geneva.



Abb. 3 / Fig. 3

Abb. 3 Hauyn-Rohkristall in phonolithischer Bimssteinmatrix vom Laacher Seengebiet; die Grösse des Kristalls ist ungefähr 1,5 mm.

Fig. 3 Häüyne rough crystal in a matrix of phonolitic pumice from the area around the „Laacher See“ in the Eifel; size approx. 1.5 mm.



Abb. 4 / Fig. 4

Abb. 4 Farbvarietäten von Hauyn vom Laacher See, Deutschland; die facettierten Steine in diesem Photo wiegen zwischen 0,2 ct und 0,8 ct.

Fig. 4 Various häüyne varieties from „Laacher See“, Germany; the faceted stones weigh between 0.2 and 0.8 ct.

Phonolithbimsstein als Einsprengling vor (Abb. 3). Dieses Gestein kann ausserdem idiomorph ausgebildete Kristalle von Nasanidin, Nosean, Nephelin oder Leucit enthalten (MATTHES, 1983; HENTSCHEL, 1983). Es wird angenommen, dass die Hauyne beim explosionsartigen Austritt der magmatischen Massen in der Vulkaneifel in subvulkanischen Auswürflingen an die Erdoberfläche gelangt sind (MERTENS, 1984). Dies erklärt auch ihre geringe Grösse, die meist im mm-Bereich liegt.

Ein kommerzieller Abbau von Hauynen ist nicht bekannt. Weltweit werden die meisten Kristalle von Sammlern gefunden (z.B. LINDE, 1998). Auch in der Eifel werden die meisten Hauyne in einer kommerziellen Bimssteinmine nach den dort stattfindenden Sprengungen von Sammlern aufgelesen.

Probenmaterial und Untersuchungsmethoden

Das Probenmaterial bestand aus den bereits

erwähnten 100 facettiert geschliffenen runden und ovalen Hauynen mit einem Gewicht zwischen 0,095 und 0,173 ct. Die Abmessungen der runden Steine betragen zwischen 3,11 – 3,16 x 2,02 mm und 3,68 – 3,74 x 2,56 mm, die der ovalen Steine zwischen 3,50 x 2,81 x 1,66 mm und 4,15 x 3,92 x 2,20 mm. Als Referenzmaterial für Hauyne aus der Eifel dienten zusätzlich etwa 80 Rohsteine zwischen 0,01 und 0,15 ct, ein Rohstein in Matrix von etwa 1,5 mm (Abb. 3), 15 kleine facettierte Steine zwischen 0,02 und 0,10 ct und 7 grössere facettierte Hauyne von 0,15 bis 0,83 ct.

Die klassischen gemmologischen Untersuchungen umfassten die Ermittlung des Brechungsindex mittels eines GemLED Refraktometers, des spezifischen Gewichts mit einer hydrostatischen Waage und ein Fluoreszenztest der Steine unter langwelligem und kurzwelligem UV-Licht. Die inneren Merkmale wurden mit einem gemmologischen Standardmikroskop unter Benutzung von Hellfeld-, Dunkelfeld- und Fa-

seroptik-Beleuchtung bestimmt. Die Aufnahmen der Einschlussfotos erfolgten mit einem Wild M8/MPS55 Stereozoom-Mikroskop.

Absorptionsspektren im sichtbaren und UV-Bereich zwischen 800 und 290 nm wurden mit einem Hitachi U4001 Spektralphotometer aufgenommen, Infrarotspektren im Bereich von 500 bis 6000 cm^{-1} wurden mit einem Phillips PU9800 FTIR Spektrometer gemessen, wobei der für Hauyn wichtige Bereich zwischen 2500 und 4000 cm^{-1} liegt. Die chemische Zusammensetzung wurde qualitativ mit einem Tracor Spectrace 5000 Röntgenfluoreszenzspektrometer ermittelt. Ramanspektren wurden mit einem Renishaw Raman System 1000 Spektrometer

aufgezeichnet, der mit CCD Peltier-Detektor und Argon-Ionenlaser (514 nm) ausgestattet ist.

Physikalische Daten

Die Dichte der Hauyne wurde an drei Gruppen von je 10 Steinen ermittelt und ergab reproduzierbare Ergebnisse ($SG = 2,46 - 2,48 \text{ g/cm}^3$). Diese Ergebnisse stimmen mit der ermittelten Dichte einer Referenzprobe überein (Tabelle 1, $SG = 2,48 \text{ g/cm}^3$), ferner mit Literaturangaben, die im Bereich zwischen 2,40 und 2,50 g/cm^3 liegen (AREM, 1987; DEER et al., 1992).

Die Ermittlung des Brechungsindex von 8 Hauynen (aus den hundert Steinen der Brosche) sowie von 2 Referenzsteinen ergaben

Tabelle 1. Merkmale von Hauyn aus der Eifel.

Table 1. Properties of hauyne from the Eifel.

Zusammensetzung:	$(\text{Na,Ca})_{8,4}[(\text{SO}_4)_2,/(/\text{AlSiO}_4)_6]$ (+ K, Fe) Mischkristallreihe mit Sodalith und Nosean
Farbe:	hellblau bis dunkelblau
Reinheit:	transparent bis durchscheinend
Brechungsindex:	1,498 – 1,507
Doppelbrechung:	keine, manchmal leicht anomale Doppelbrechung
Optischer Charakter:	isotrop
Dichte:	2,461 – 2,482 g/cm^3
Härte (nach Mohs):	5 $\frac{1}{2}$ – 6
UV-Fluoreszenz:	
LW (365):	inert bis hellorange
SW (254):	inert bis schwach rot
Einschlüsse:	Apatit, Augit, kleine Nadeln und Mineralpartikel, schwarz-opakes hexagonales Mineral, Negativkristalle, Heilungsrisse, reflektierende Risse, mit Paraffin behandelte Risse
UV-Vis-Absorption:	Spektroskop: keine deutlichen Banden Spektrophotometer: breite Bande bei 600 nm, kleiner Absorptionspeak bei 380 nm, Absorptionskante bei 300 nm
FTIR-Absorption:	Hauptabsorptionsbanden bei 3593 cm^{-1} und 3697 cm^{-1}
Raman-Spektrum:	Haupt-Peaks: 544 und 988 cm^{-1} , weitere: 450, 613, 1089 cm^{-1}

Werte zwischen 1,498 und 1,507 (Tabelle 1). In der Literatur ist der Brechungsindex von Hauyn mit 1,490 bis 1,508 angegeben (BANK, 1977, 1978; AREM, 1987; DEER et al., 1992).

Ungefähr ein Drittel der untersuchten Proben zeigte unter langwelligem UV-Licht eine orangefarbene Fluoreszenz. Diese Eigenschaft wird als typisch für Hauyne aus der Eifel beschrieben (WEBSTER, 1994). Die restlichen Steine waren inert in langwelligem UV-Licht (siehe auch BANK, 1977). In kurzwelligem UV-Licht zeigen die meisten Hauyne nur eine sehr schwach rötliche Fluoreszenz.

Die Farbe sämtlicher zur Untersuchung zur Verfügung stehender Hauyne variiert von hellblau mit einem Farbton, der dem von blauem Paraibaturmalin oder blauem Apatit ähnlich ist (Abb. 4, rechte Seite) bis dunkelblau mit einer Farbe, die der von feinen Kashmirsaphiren ähnlich ist (Abb. 4, linke Seite). Die Mehrheit der Proben zeigte jedoch ein einheitliches mittleres Blau (Abb. 1 und Abb. 4, Mitte), eine Farbzonierung wurde nicht beobachtet.

Spektroskopische Eigenschaften

UV-Vis spektrometrische Untersuchungen zeigen, dass die Hauyne eine Hauptabsorptionsbande bei ungefähr 600 nm aufweisen, ferner eine maximale Transmission bei 476 nm und eine kleinere Absorptionsbande bei 400 nm (Abb. 5). Diese Eigenschaften stimmen mit dem Absorptionsspektrum für Hauyn von HENN & BANK (1990) überein. Die Absorptionsbande bei 600 nm ist mit zunehmend intensiverer Farbtonung der Steine stärker ausgeprägt, während sich die kleinere Absorptionsbande bei 400 nm nicht verändert. Absorptionsbanden bei 600 nm wurden auch in Sodalith und Lazurit nachgewiesen und durch EPR Spektroskopie mit einem mit S_3^- verbundenen Farb-

zentrum erklärt (MARFUNIN, 1979). Dieses Farbzentrum beruht auf einem Strahlungsdefekt (VASSILIKOU-DOVA & LEHMANN, 1990), ein ähnliches Farbzentrum könnte auch für die blaue Farbe von Hauyn verantwortlich sein.

Die FTIR-Spektren lassen eine Einteilung der Hauyne in 2 Gruppen zu. Eine Gruppe zeigt Absorptionsbanden im Bereich zwischen 3000 und 3800 cm^{-1} (Abb. 6). Diese Gruppe ist unbehandelt, wie anhand der Vergleichsspektren unbehandelter Referenzsteine zu sehen ist, d.h. diese Absorptionsbanden sind typisch für Hauyn. Die zweite Gruppe von Hauynen weist zusätzliche Absorptionsbanden zwischen 2840 und 2960 cm^{-1} auf (Abb. 6). Vergleichsspektren zeigen die Zugehörigkeit dieser Absorptionsbanden zu einem Wachs, das häufig als Rissfüllung in den Hauynen beobachtet wurde (siehe mikroskopische Merkmale).

Mikroskopische Merkmale und Einschlussbestimmung

Die untersuchten Hauyne zeigen oft kurze Nadeln und feine Staubzüge, die ähnlich aussehen wie Rutil in Saphiren (Abb. 7). Eine Identifikation dieser kleinen Mineraleinschlüsse mit der Ramansonde war nicht möglich. Die einzigen grösseren Kristalleinschlüsse, die gehäuft in zwei der untersuchten Steine auftreten, sind transparent und längsprismatisch ausgebildet (Abb. 8). Sie wurden mittels Raman-Spektroskopie als Apatit identifiziert (Abb. 13). Ein weiteres Mineral, das in einem unserer Referenzsteine vorhanden und angeschliffen war, konnte mittels Raman-Spektroskopie als Augit identifiziert werden (Abb. 13). Ein dritter angeschliffener Einschluss, der opak mit einem hexagonalen Umriss ausgebildet war (Abb. 9), ergab kein Raman-spezifisches Spektrum und konnte deshalb nicht

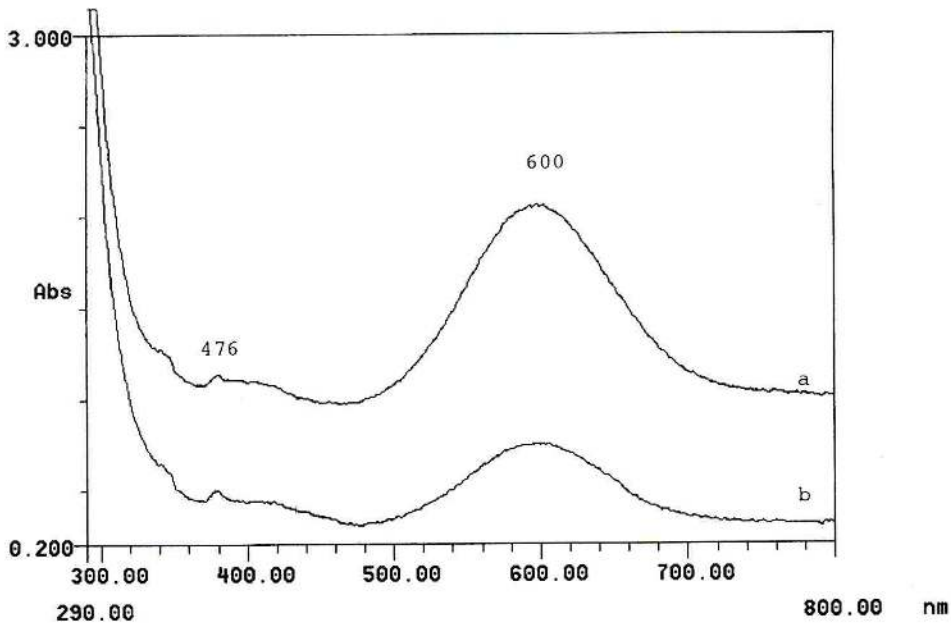


Abb. 5 UV-Vis Spektrum von mittelblauem Hauyn (a), und von hellblauem Hauyn (b).
 Fig. 5 UV-Vis spectra of medium blue (a), pale blue (b) hauyne.

SSEF SWISS GEMMOLOGICAL INSTITUTE
CH-4001 BASEL

FTIR Spectrum

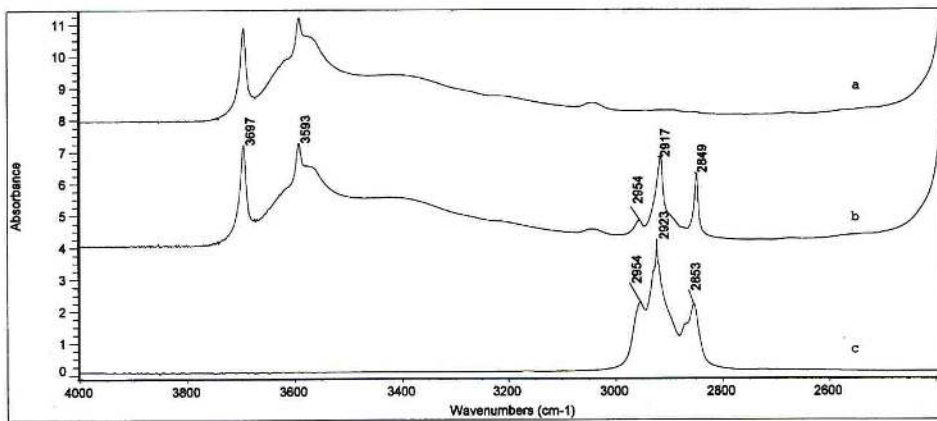


Abb. 6 FTIR Spektrum von a) Hauyn-Referenz, b) mit Wachs behandeltem Hauyn, c) Wachs-Referenz.
 Fig. 6 FTIR Spectra of a) hauyne-standard, b) hauyne-enhanced by wax, c) wax-standard.

identifiziert werden. Dies lässt den Schluss zu, dass es sich entweder um ein sulfidisches Mineral handelt oder dass es durch

Zersetzungserscheinungen umgewandelt war. Negativkristalle, die teilweise gut ausge-

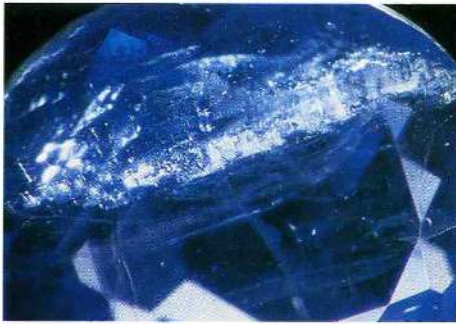


Abb. 7 / Fig. 7



Abb. 8 / Fig. 8

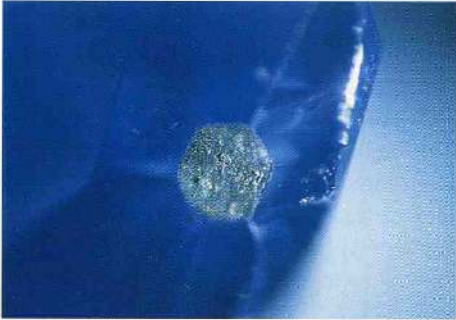


Abb. 9 / Fig. 9



Abb. 10 / Fig. 10

Abb. 7 Kleine nadelige Einschlüsse und Mineralstaub (obere Hälfte des Fotos), oranger Farbreflex (rechts); x30.

Fig. 7 small needle-like inclusions and mineral dust (upper half of photo), orange flash (right); magnified 30x.

Abb. 8 Längsprismatische Apatitkristalle (Mitte) und Muttergestein (links) nahe der Hauynoberfläche; x50.

Fig. 8 Long-prismatic apatite crystals (middle) and host-rock (left) near the hauyne surface; magnified 50x.

Abb. 9 An der Oberfläche des Hauyns angeschliffener opaker hexagonaler Kristall; x50.

Fig. 9 Polished opaque hexagonal crystal at the surface of the hauyne; magnified 50x.

Abb. 10 Gut ausgebildeter Negativkristall mit rosettenartigen Heilungsrissen (rechts) und Heilungsriss mit Interferenzfarben und wurmartiger Struktur; x30.

Fig. 10 Well developed negative crystal with rosette-shaped healing-cracks (right) and a healing crack with interference-colours and a worm-shaped structure; magnified 50x.

bildet sind (Abb. 10), teilweise aber auch durch eine korrodierte Oberfläche begrenzt sind (Abb. 11), sind häufig von Heilungsrissen umgeben. Solche Negativkristalle mit Heilungsrissen waren in etwa 30% der Steine zu beobachten und erinnern an die Heilungsrisse um Negativkristalle wie sie in Saphiren von Sri Lanka häufig auftreten. Häufig zeigen die Heilungsrisse aber auch

Strukturen, die an glasgefüllte Risse in Rubinen erinnern (Abb. 10). Fünf der untersuchten geschliffenen Proben zeigten schwarze Gesteinsreste am Rand (Abb. 8). Gelegentlich auftretende, nicht geschliffene Naturflächen sind vom Magma korrodiert.

Ein Hauptmerkmal in vielen der analysierten Hauyne sind Risse, die mit einer ölig-



Abb. 11 Gerundeter Negativkristall mit korrodiert aussehender Oberfläche und rosettenartigem Heilungsriss; x40.

Fig. 11 Rounded negative crystal with a corroded surface and a rosette-shaped healing crack; magnified 40x.

bis wachsartig erscheinenden Substanz gefüllt sind. Diese konnte mittels FTIR- und Raman-Spektroskopie als Paraffinwachs identifiziert werden (Abb. 6, 14). Aufgrund des niedrigen Brechungsindex von Hauyn, der im Bereich desjenigen von Paraffinwachs oder Paraffinöl liegt, weisen die Risse gelegentlich orange- oder rosafarbene Reflexe auf (Abb. 7), die den orangefarbenen Reflexen ähneln, die in mit Kunstharz gefüllten Rissen in Smaragd beobachtet werden (KIEFERT et al., 1999; JOHNSON et al., 1999).

Chemische Eigenschaften

Wie bereits erwähnt, wird die allgemeine chemische Formel von Hauyn in der gemmologischen und mineralogischen Standardliteratur mit $(\text{Na,Ca})_{8-4}[(\text{SO}_4)_{2-1}/(\text{AlSiO}_4)_6]$ angegeben (z.B. AREM, 1987; DEER et al., 1992). Qualitative chemische EDS-Analysen an 4 Steinen ergaben, dass die Hauyne neben den Elementen, die in der Standardformel aufgeführt sind, auch noch deutliche Spuren von Fe und etwas K enthalten (Abb. 12). In Publikationen, die Analysen von Hauyn enthalten, wird die che-

mische Formel als $(\text{Na}_{3,7}\text{Ca}_{0,2}\text{K}_{0,3})(\text{AlSiO}_4)_6(\text{SO}_4)_{1-2}$ (VASSILIKOU-DOVA & LEHMANN, 1990) bzw. mit $\text{Na}_{5,6}\text{Ca}_2\text{K}_{0,1}[(\text{SO}_4, \text{S})_{1-2}/(\text{AlSiO}_4)_6]$ (LIPPOLT et al., 1990) angegeben. Diese Formeln sind in Übereinstimmung mit dem ermittelten K-Gehalt in unseren Proben. Quantitative chemische Analysen aus der Literatur geben verschiedene K_2O und FeO -Gehalte für Hauyne verschiedener Provenienzen an. Die meisten dieser Daten stammen von Hauynen aus Italien, wo die K_2O -Gehalte zwischen 3,9 und 5,4 Gew.-%, und die FeO -Gehalte zwischen 0,05 und 0,69 Gew.-% liegen (DEER et al., 1963; XU & VEBLEN, 1995; SAPOZHNIKOV et al., 1997). Hauyne aus der Eifel enthalten nach Literaturwerten K_2O -Konzentrationen zwischen 0,56 und 1,12 Gew.-% (DEER et al., 1992; SAPOZHNIKOV et al., 1997). Ein Fe_2O_3 -Wert wird mit 0,36 Gew.-% angegeben (DEER et al., 1992).

Raman-spektroskopische Ergebnisse

Raman-spektroskopische Untersuchungen wurden sowohl an den Hauynen selbst als auch an allen Einschlüssen durchgeführt, die eine ausreichende Grösse hatten, um eine Raman-Analyse zu ermöglichen. Die Ramanspektren der untersuchten Hauyne stimmen mit den Ramanspektren unserer Referenzproben einschliesslich des Rohsteins in Matrix sowie dem Ramanspektrum von Hauyn in MAESTRATI (1989) überein (Abb. 13), während die Ramanspektren der Renishaw-eigenen Datenbank erheblich anders aussehen.

Lange transparente Mineraleinschlüsse, die in zwei der untersuchten Proben vorhanden waren, wurden als Apatit identifiziert (Abb. 13). Ein dunkles, angeschliffenes Mineral ergab, dass es sich um Augit handelt (Abb. 13). Kleine Nadeln und staubförmige Mineraleinschlüsse konnten aufgrund ihrer

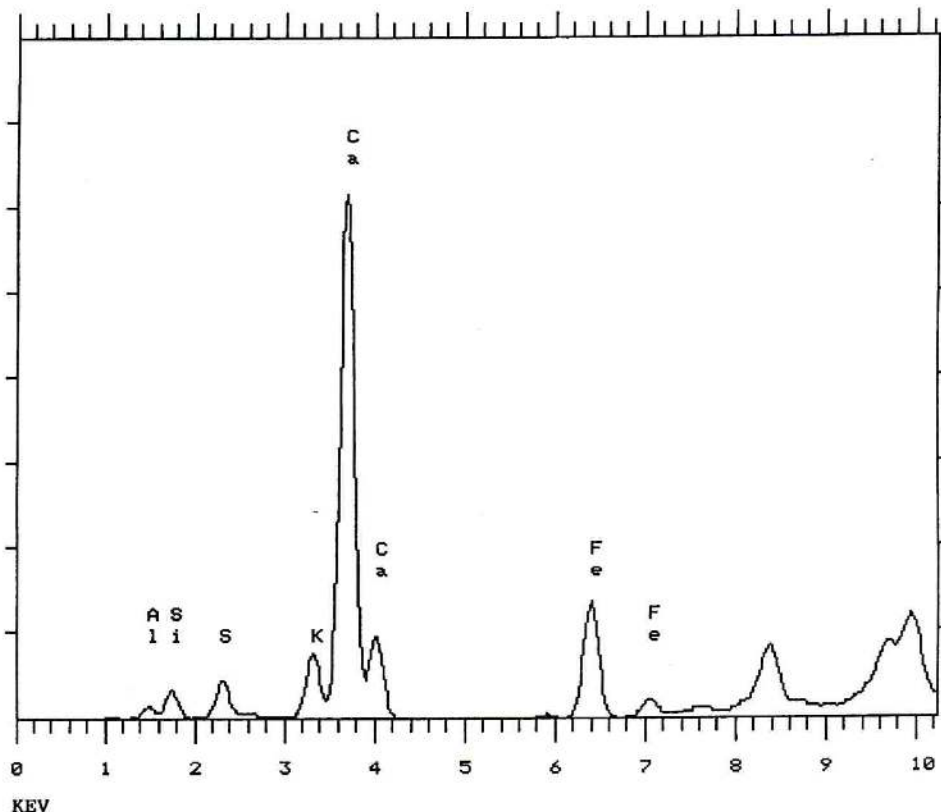


Abb. 12 Energiedispersives Röntgenfluoreszenzspektrum von Hauyn.

Fig. 12 Energy-dispersive X-ray fluorescence spectra of hauyne.

gerinen Grösse nicht identifiziert werden. Eine grosse Anzahl der Hauyne weist Rissfüllungen auf, die den Rissfüllungen in Smaragden ähneln. An einer Probe war eine solche Füllung an der Oberfläche sichtbar und konnte mittels Raman-Spektroskopie als Paraffinwachs identifiziert werden (Abb. 13). Dies bestätigt das Ergebnis der FTIR-Spektroskopie (Abb. 6).

Schlussfolgerungen

Die gemmologischen Daten, die während

dieser Studie gewonnen wurden haben gezeigt, dass Hauyn als interessanter und seltener Edelstein betrachtet werden kann. Seine attraktive blaue Farbe wird einem Farbzentrum in Verbindung mit S_3^- zugeschrieben. Korrodiert wirkende Negativkristalle, Heilungsrisse mit flussmittelähnlichen Strukturen und eine korrodierte Oberfläche reflektieren die Entstehung und den Transport der Kristalle in Magma unter Einfluss hoher Temperaturen. Die vielen Risse lassen darauf schliessen, dass die

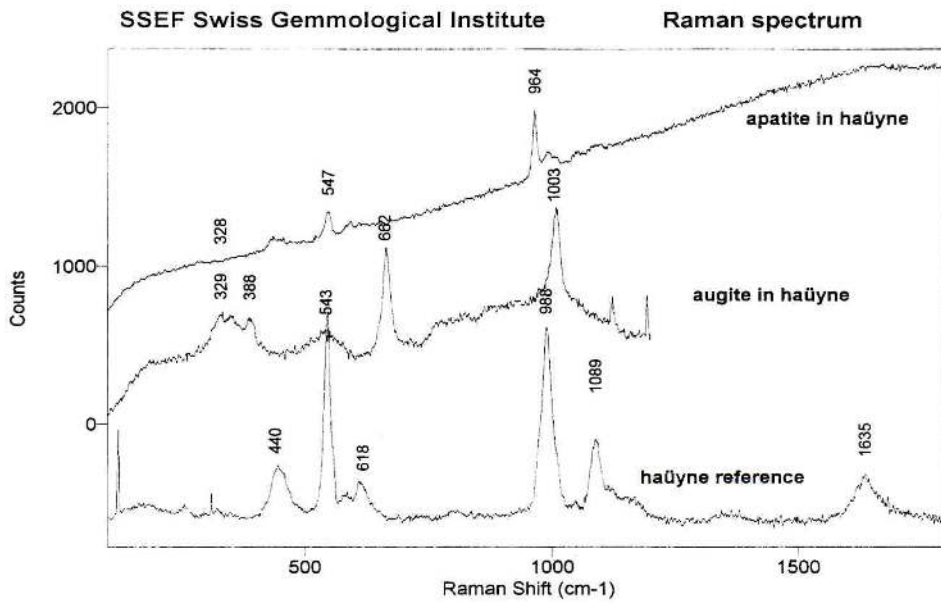


Abb. 13 Ramanspektren von Apatiteinschluss in Hauyn (oben), Augiteinschluss in Hauyn (Mitte) und Hauyn-Referenz (unten).

Fig. 13 Raman spectra of an apatite inclusion of hauyne (top), augite in hauyne (middle) and hauyne standard (bottom).

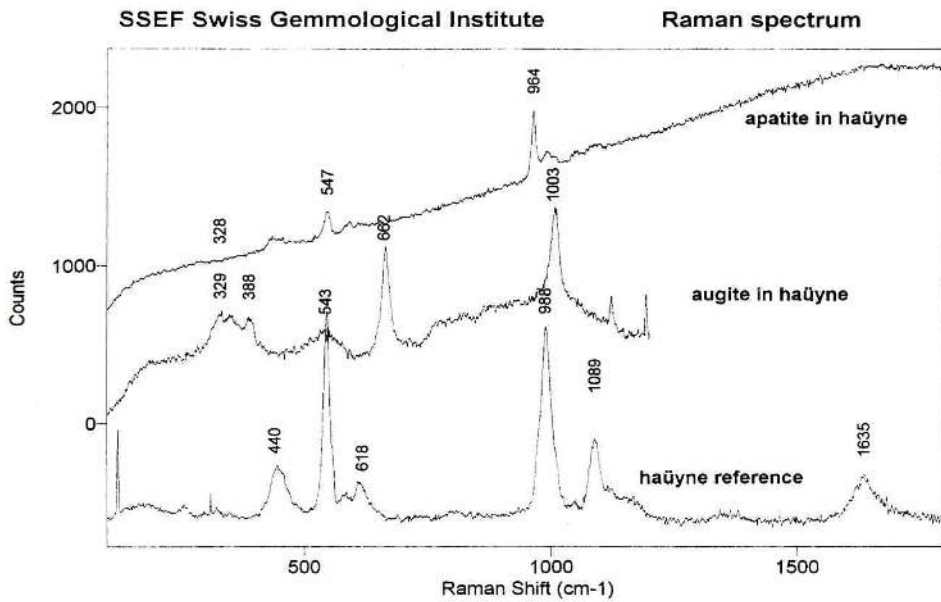


Abb. 14 Ramanspektren von Wachs auf der Hauynoberfläche (oben) und Hauynreferenz (unten).

Fig. 14 Raman spectra of wax on the hauyne's surface (top) and hauyne standard (bottom).

Hauyne beachtlichem Stress ausgesetzt waren, als sie zusammen mit der phonolithischen Lava an die Erdoberfläche gelangten. Die geringe Grösse der Hauynkristalle und ihre verhältnismässig geringe Härte, zusammen mit ihrer Seltenheit, können als Grund dafür gelten, dass so wenig über dieses Mineral in der gemmologischen Fachliteratur bekannt ist. Obgleich Hauyn hauptsächlich ein Sammlerstein ist, wird er doch manchmal in Schmuck verwendet, wie die hier beschriebene Schmetterlingsbrosche zeigt. In Japan ist Hauyn ein begehrter Edelstein (C. WILD, pers. Mitt.).

Danksagung

Ich möchte mich bei Herrn P. GIESE für die Hilfe bei der Aufnahme der FTIR, EDS-XRF- und UV-Vis-Spektren und bei Prof. Dr. H.A. HÄNNI und Dr. K. SCHMETZER für die kritische Durchsicht des Manuskripts bedanken. Die Firma DELLA VALLE, Genf, stellte die hundert Steine und das Foto der Schmetterlingsbrosche zur Verfügung. Die Referenzsteine stammen von den Firmen GEBR. BANK und W. CONSTANTIN WILD, beide Idar-Oberstein. Dr. J. ARNOTH sowie Dr. K. SCHMETZER waren bei der Literatursuche behilflich.

Literatur

- AREM, J.E. (1987): Color Encyclopedia of Gemstones, Second Ed. - Van Nostrand Reinhold, New York, 248 pp + colour plates.
- BANK, H. (1977): Durchsichtiger, schleifwürdiger Hauyn aus der Eifel. - Z. Dt. Gemmol. Ges. **26**, 207.
- BANK, H. (1978): Gemmological Notes: Blue Gem Haiyne. - Gems & Gemology, Winter 1978-1979, 123
- DEER, W.A., HOWIE, R.A., ZUSSMAN, J. (1963): Rock-Forming Minerals. Vol. 4: Framework Silicates. - Longman, London, 435 pp.
- DEER, W.A., HOWIE, R.A., ZUSSMAN J. (1992): An Introduction to the Rock-Forming Minerals. 2nd Edition. - Longman, Harlow, 696 pp.
- HENN, U. & BANK, H. (1990): Über die Farbe der Sodalith-Mineralie: Sodalith, Lasurit (Lapis lazuli) und Hauyn. - Z. Dt. Gemmol. Ges. **39**, 159-163.
- HENTSCHEL, G. (1983): Die Mineralien der Eifelvulkane. - Lapis Monographie, Christian Weise Verlag, München, pp. 79 - 82.
- JOHNSON, M.S., ELEN, S. & MUHLMEISTER, S. (1999): On the Identification of various Emerald Filling Substances. - Gems & Gemology **35**, 2, 82 - 107.
- KIEFERT, L., HÄNNI, H.A., CHALAIN, J.P. & WEBER, W. (1999): Identification of filler substances in emeralds by infrared and Raman spectroscopy. - J. Gemm. **26**, 8, 501 - 520.
- LINDE, C. (1998): Hauyn-Kristalle von Teneriffa. - Lapis, **23**, 1, 22.
- LIPPOLT, H.J., TROESCH, M. & HESS, J.C. (1990): Excess argon and dating of Quaternary Eifel volcanism, IV. common argon with high and lower-than-atmospheric $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ ratios in phonolitic rocks, East Eifel, F.R.G. - Earth and Planetary Science Letters **101**, 19-33.
- MAESTRATI, R. (1989): Contribution à l'édification du catalogue Raman des gemmes. - Diplôme d'Université de Gemmologie, Université de Nantes.
- MARFUNIN, A.S. (1979): Spectroscopy, Luminescence and Radiation Centers in Minerals. - Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, p. 282.
- MATTHES, S. (1983): Mineralogie. Eine Einführung in die spezielle Mineralogie, Petrologie und Lagerstättenkunde. - Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Toronto, p. 183.
- MERTENS, R. (1984): Hauyn, ein seltener Edelstein. - Z. Dt. Gemmol. Ges. **33**, 65-67.
- SAPOZHNIKOV, A.N., IVANOV, V.G., PISKUNOVA, L.F. & VASIL'EV, E.K. (1997): X-ray powder diffraction data of hauyne with incommensurate modulated structure from volcanic rocks of Laacher Lake, Germany. - Powder Diffraction **12** (1), 3-6.
- VASSILIKOU-DOVA, A.B. & LEHMANN, G. (1990): Paramagnetic Defects in the Mineral Haiyne. - Cryst. Res. Technol. **25**, 5, 525-529.

WEBSTER, R. (1994): Gems: their sources, descriptions and identification. 5th ed. Revised by P.G. Read. - Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford, p. 342.

XU, H. & VEBLER, D.R. (1995): Transmission electron microscopy study of anisotropic and isotropic halite. - American Mineralogist **80**, 87-93.

Bei der Schriftleitung eingegangen am 15. Mai 2000.

Anschrift des Verfassers

Dr. LORE KIEFERT

SSEF Schweizerisches Gemmologisches Institut, Falknerstrasse 9, CH-4001 Basel.