Prof. Dr. H.A. Hänni

Edelsteine heute: echt, behandelt oder synthetisch?

Analytische Geräte im Einsatz im gemmologischen Labor

Abb. 1: Edelsteine und Perlen als Untersuchungsobjekte

Schmuck ist aus unserem täglichen Leben kaum wegzudenken. Vom Erinnerungsstück aus Großmutters Zeiten bis zum Prestigeklunker nehmen Schmuckstücke in unserer persönlichen Ausstattung einen festen Platz ein. Ringe, Broschen, Anhänger oder Uhren, Gegenstände aus Edelmetallen sind oft mit Edelsteinen geschmückt. Mit der Auswahl eines Schmuckstückes mit Edelsteinen kann der Träger seinen persönlichen Geschmack individueller ausdrücken. Er kann auch auf eine ästhetische Weise soziale Botschaften mitteilen, z.B. mit einem Ehering oder einem dreikarätigen Brillanten (»ich bin verheiratet« oder »ich bin ziemlich wohlhabend«).

Die drei wichtigsten Kategorien bezüglich der Art von Schmucksteinen sind: ***echter*** Stein, ***synthetischer*** Stein und ***Imitation***. Namen wie Saphir, Perle oder Bernstein dürfen nur für natürliche Materialien verwendet werden. Die wenigsten dieser Materialien erreichen den Konsumenten naturbelassen. (*Abb. 1*)

Bei den echten Steinen sind heutzutage die Mehrheit der Rubine, Saphire und Smaragde weitergehend verändert, ihr ursprüngliches Aussehen nicht nur durch Schleifen verbessert. Einige dieser Behandlungen werden vom Handel akzeptiert, z. B. weil der Eingriff eine bleibende Verbesserung hervorruft. Andere werden akzeptiert, weil sie schon seit vielen Jahren oder gar Jahrhunderten praktiziert werden und als gängige Handelspraxis gelten. Von der CIBJO (Confédération internationale de la bijouterie, joaillerie et orfèvrerie) akzeptierte Behandlungsarten müssen im Einzelnen nicht angegeben werden. Andererseits macht es sich immer gut, wenn man weiß, was man für einen bestimmten Preis einkauft.

Gewisse Behandlungsarten werden nicht allgemein akzeptiert und müssen daher immer mündlich und schriftlich bekannt gegeben werden. Dazu gehören Imprägnierungen mit Farbe, Glasfüllungen von Rissen oder auch Bestrahlungen bei Diamanten und Farbsteinen.

Selten, schön und dauerhaft, das sind diejenigen Eigenschaften, mit welchen sich die Edelsteine aus den übrigen Mineralien herausheben. Mineralien mit diesen besonderen Eigenschaften sind, besonders wegen ihrer Wertschätzung, eben teurer als andere Mineralien. Eine Edelsteinmine liefert meistens ein breites Qualitätsspektrum – dies bedeutet, dass wenige qualitativ hochwertige Kristalle mit einer großen Menge Steine mittlerer und tiefer Qualität gewonnen werden. Die Produktion hat die Form einer Pyramide: schmale Spitze, breite Basis. Die Nachfrage nach Spitzenware ist größer als die Produktion. Das größere Problem ist die Vermarktung der mittleren und geringen Qualität. Hier hilft die Verbesserung durch Behandlung der Steine weiter. Gezielte Behandlungen verbessern das Aussehen ehemals mittelprächtiger Edelsteine. Künstlich können verändert werden: die Farbe, die Durchsichtigkeit und die mechanische Festigkeit. Allerdings hat jede Edelsteinart ihre eigenen Behandlungsmöglichkeiten und auch -grenzen. Nur durch das Behandeln können dem Markt genügend gut aussehende Rubine, Saphire oder Smaragde zugeführt werden. Vergleiche mit der Textil- oder Nahrungsmittelindustrie (gewachste Äpfel, gespritzter Salat) sind durchaus angebracht. Spätestens hier stellt sich nun auch die Frage mit der Deklaration, bzw. einer adäquaten Produktbeschreibung. Im Bereich der Edelsteine bestehen zwar seitens der Branchenverbände Bezeichnungsvorschriften, diese werden jedoch nicht immer bis zum Ende der Kette, d. h. dem Privatkunden, weitergegeben.

Die häufigsten behandelten Steine heute sind Rubine, Saphire, Smaragde, Topase, Aquamarin.

Außer den echten Steinen gibt es auch synthetische Ebenbilder, sie werden industriell »nachgebaut«. Eine Synthese hat demnach die gleichen chemischen und physikalischen Eigenschaften, nur wird die Kristallisation in der Retorte bewerkstelligt. Die häufigsten Mineralsynthesen auf dem Edelsteinmarkt sind heute Rubin, Saphir, Smaragd und Amethyst. Andere Synthesen wie Opal, Alexandrit oder Diamant sind selten. Die Identifizierung von Synthesen läuft meistens über eine genaue mikroskopische Untersuchung, die Analyse der Spurenelemente oder je nach Mineralart die Prüfung des Infrarotspektrums.

Die Beurteilung eines Edelsteins erfolgt nicht nur nach ästhetischen Kriterien. Wie eben gezeigt, kann eine Diskrepanz bestehen zwischen dem Schein und dem Sein. Das Erkennen der Synthesen und Behandlung von echten Steinen verlangt meistens viel Übung und oft teure Geräte. Im gemmologischen Labor SSEF sind naturwissenschaftlich ausgebildete Spezialisten in der Lage, Hitzebehandlungen (Rubine und Sa-

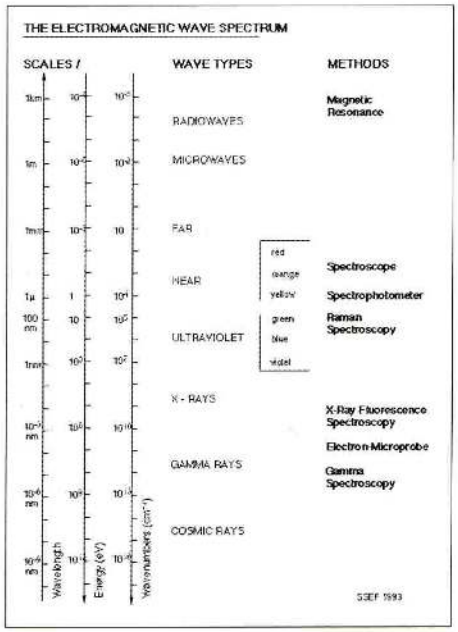

Abb. 2: Elektromagnetisches Spektrum

Schematische Darstellung eines Spektroskopes mit Diffraktionsgitter als dispergierendes Medium

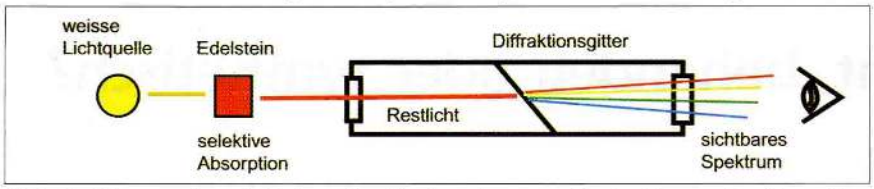

Abb. 3: Schema eines einfachen Handspektroskops zur Beobachtung der Absorption im sichtbaren Spektralbereich.

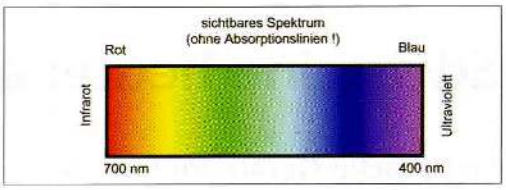

Abb. 4: Sichtbares Spektrum (ohne Absorption) durch ein Handspektroskop

phire), Rissfüllungen (Smaragde, Diamanten), Bestrahlungen oder Hochdruck/Hochtemperatur-Behandlungen (Farbdiamanten) zu diagnostizieren. Behandelte Steine sind nicht abzulehnen, jedoch sollte ihre Behandlung beim Verkauf angegeben werden. Der Preis sollte sich von einem unbehandelten Stein gleicher Qualität unterscheiden!

Im Folgenden sollen kurz die wissenschaftlichen Geräte vorgestellt werden, welche uns bei der Analyse der Echtheit oder des Behandlungszustandes von Edelsteinen von Nutzen sind. Entscheidend ist, dass nur »zerstörungsfreie« Methoden zum Einsatz kommen können, welche am Untersuchungsobjekt keine Spuren hinterlassen. Daher stehen vor allem spektroskopische Methoden im Vordergrund.

Das Gemeinsame der meisten der folgenden analytischen Geräte ist, dass sie als Spektralapparate bezeichnet werden können. Sie untersuchen allerdings sehr unterschiedliche spektrale Abschnitte. Dadurch können sie auf sehr verschiedene Fragen bezüglich der Art oder Zusammensetzung der untersuchten Proben (Mineralien, Edelsteine) Antwort geben.

Elektromagnetisches Spektrum

Aus der Darstellung des elektromagnetischen Spektrums (*Abb. 2*) wird ersichtlich, dass elektromagnetische Wellen sehr unterschiedliche Energien bzw. Wellenlängen besitzen können. In allen spektralen Abschnitten lässt sich analytische Information über Edelsteine gewinnen. Die Größen Wellenlänge (l), Energie (eV), Schwingungen pro Zentimeter (cm^{-1}) lassen sich rechnerisch ineinander überführen.

In den verschiedenen Spektralabschnitten werden traditionell unterschiedliche Maßstäbe verwendet:

- im Röntgenbereich: Elektronenvolt .. eV
- im sichtbaren Bereich: Nanometer .. nm
- im Infrarot: Schwingungszahlen ... cm^{-1}

Die einfachsten Formen der Spektrometrie sind Absorptions- oder Fluoreszenz-Spektrometrie. Sie zeigen an, an welcher Stelle des Spektrums ein Mehr (Fluoreszenz) oder Weniger (Absorption) zur eingestrahlten Energie auftritt.

Damit diese Unterschiede zur eingestrahlten Energie spezifisch erfasst werden können, wird das Licht (bzw. die Energie) spektral zerlegt (dispergiert), registriert und als Spektrum angezeigt, analog zum einfachen Spektroskop.

Spektralphotometrie

Absorptions- und Fluoreszenz-Erscheinungen können mit einem Photometer gemessen und aufgezeichnet werden. Je nach Gerätetyp und Erfordernissen bei der Anwendung werden unterschiedlich weite spektrale Fenster durchlaufen (beim abgebildeten Varian-Gerät z.B. von 200 nm bis 2500 nm). Von 400 bis 700 nm wird der sichtbare Bereich (= Licht, VIS) untersucht. Das Gerät analysiert jedoch schon im Ultraviolett (UV) und später im Infrarot (IR), wenn es dazu programmiert ist (*Abb. 6*).

Anwendung: Die Farbursache bei Farbsteinen kann am Absorptionsspektrum abgelesen werden. Die Analyse der Diamantfarben verlangt eine genaue Aufzeichnung und Untersuchung des Absorptionsspektrums. Mit flüssigem Stickstoff werden die Diamanten abgekühlt, damit auch die kleinsten Merkmale klar hervortreten. So lässt sich entscheiden, ob ein Diamant eine natürliche Farbe zeigt oder ob seine Erscheinung manipuliert wurde.

Röntgenspektrometrie

Absorptions- und Fluoreszenz-Erscheinungen treten nicht nur im sichtbaren Spektralbereich auf, sondern auch in der Spektralregion der Röntgenstrahlen. Da in diesem Spektralbereich un-

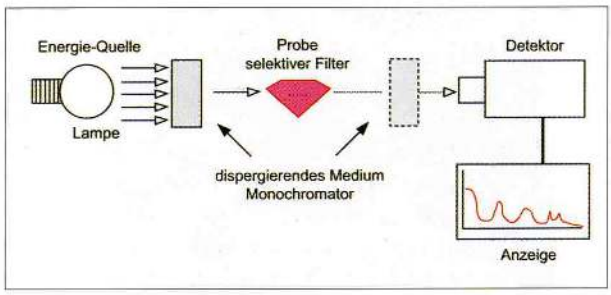

Abb. 5: Schematische Darstellung eines Spektral-Apparates bzw. Spektrometers

Abb. 6: Varian UV-VIS Spektrophotometer im SSEF

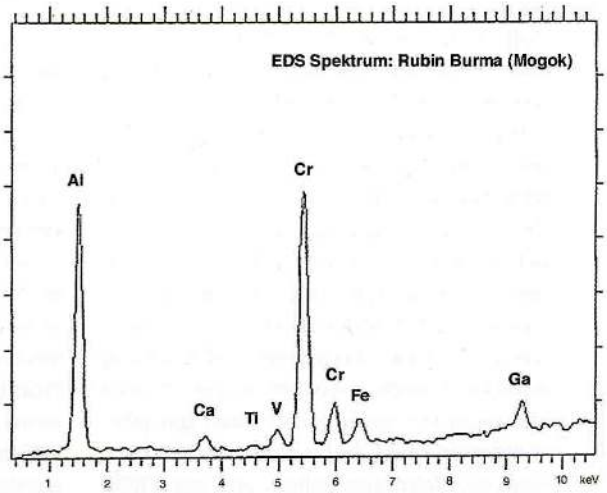

Abb. 7: Im EDS-Spektrum werden die chemischen Bestandteile des untersuchten Edelsteins sichtbar.

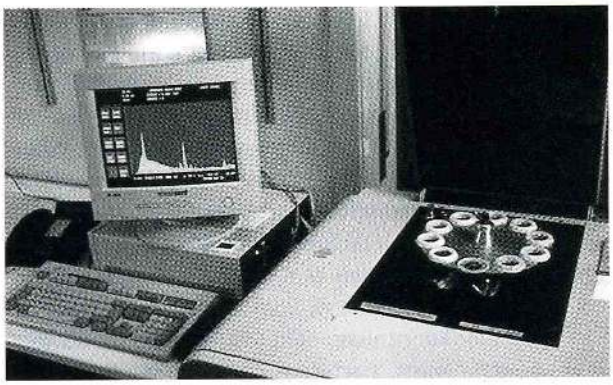

Abb. 8: EDS-XFA Gerät mit Probenhalter und Energiespektrum auf dem Monitor. SSEF Labor Basel

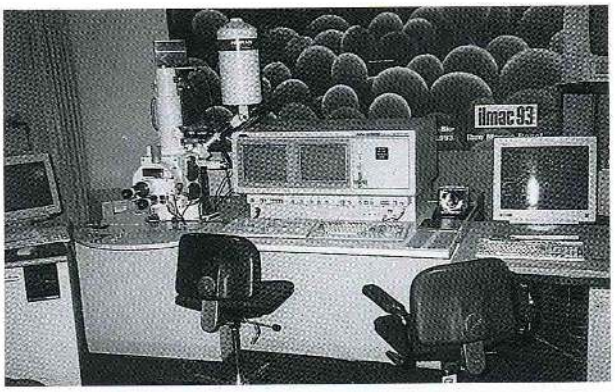

Abb. 9: REM kombiniert mit EDS-System am REM-Labor der Universität Basel

sere Augen nicht sehen können, braucht man Detektoren, welche die Energien dieses sehr kurzwelligen »Lichtes« in etwas für uns Sichtbares übersetzen (Schwärzung auf Film, Geigerzähler, Zeigerausschlag eines Strom-Messinstrumentes). Durch Zuführen von geeigneter Energie zu einem Untersuchungsmaterial kann dieses in einen angeregten Zustand gebracht werden. Bei der Rückkehr in den Normalzustand wird ein Teil der zugeführten Energie wieder frei, es tritt Fluoreszenz ein. Im Fall der Röntgenfluoreszenz sendet das angeregte Untersuchungsmaterial Energie bzw. Wellen aus der spektralen Region der Röntgenstrahlen aus. Die freiwerdenden Energiebeträge entsprechen den möglichen Elektronenübergängen der betroffenen Elemente. Jedes chemische Element hat seine eigenen, für sich allein typischen Energiebeträge, die frei werden können. Sie stehen in direktem Zusammenhang mit dem charakteristischen Bau der Elektronenhülle des betreffenden Elementes. Ein Röntgen-Spektrum von angeregten Elementen zeigt diejenigen Energien als Linien (Peaks), deren Energiewerte ausgesendet werden. Beim Betrachten eines solchen Röntgenspektrums kann man jede Linie einem bestimmten Element zuordnen, bzw. jedes Element besitzt eine Anzahl für sich allein typischer Linien. Die Stärke dieser Linien ist proportional zur Konzentration des jeweiligen Elementes. Allerdings spielen für die Stärke eines Fluoreszenz-Signals auch noch andere Faktoren eine Rolle, z.B. Art der Anregung, Art der Matrix, in der die betrachteten Elemente vorliegen.

Die Anregung zur Abgabe von Röntgen-***Fluoreszenzstrahlung*** erfolgt durch ***Zuführung von höherer Energie*** als die zu erwartende Fluoreszenz-Strahlung. Diese kann angeregt werden durch kürzerwellige

a) Röntgenstrahlung oder durch die
b) Energie beschleunigter Elektronen (Elektronenstrahl).

a) Die primäre (anregende) Röntgenstrahlung wird durch eine Röntgen-Röhre erzeugt. Ihre Anode besteht aus einem Metallplättchen (Ag, Cu, Mo, Fe). Durch das Austrittsfenster kann auf der Probe eine Fläche von etwa 5x5 mm angestrahlt werden. Für kleinere Brennflecke können Blenden verwendet werden.

b) Elektronenstrahlen entstehen, wenn von einem Heizdraht (Wolfram) Elektronen (e^-) durch magnetische Linsen »abgesaugt«, beschleunigt und fein gebündelt werden (Elektronen-Kanone). Elektronenstrahlen werden im Vakuum beschleunigt und auf die Probe geleitet. In Luft würde ein Elektronenstrahl absorbiert und abgelenkt. Da Elektronen eine elektrische Ladung besitzen, muss die Probe leitend gemacht und geerdet werden. So kann der Elektronenstrahl, wenn er seine Energie auf die Probe übertragen hat, abgeleitet werden. Eine leitende Oberfläche auf einem Edelstein erreicht man, indem man ihn mit einem leitenden Metall hauchdünn bedampft (Au, Ag, C, Be). Die leitende Schicht kann nach der Untersuchung wieder abgewischt oder aufgelöst werden.

In einem EDS-System (EDS = Energie dispergierendes System) wird die Fluoreszenzstrahlung registriert, nach Energie spektral aufgefächert und in einem x/y-Diagramm als KeV/Zählrate (EDS-Energiespektrum) dargestellt. Es entstehen Linienspektren.

Energiedispersive Röntgenfluoreszenz-Analyse (EDS-XFA)

Bei dieser Methode wird ebenfalls ein Röntgenspektrum erzeugt und zur chemischen Untersuchung verwendet (Makro- bis Mikroproben). Es entsteht, wenn die Probe durch einen Röntgenstrahl zum Fluoreszieren angeregt wird. Die Fluoreszenzlinien im Spektrum zeigen, welche Elemente vorhanden sind. Die Bestimmung der Konzentrationen ist an geschliffenen Steinen kaum möglich. Das Fluoreszenz-Linienspektrum liegt wie bei REM und EMS im Spektralbereich der Röntgenwellen. Es werden daher auch spezielle Detektoren und Verstärker gebraucht. Vorteil der EDS-XFA: Es kann irgendein Material ohne besondere Vorbereitung geprüft werden. Der untersuchte Bereich ist im Vergleich zu REM und EMS groß, es können deshalb auch niedrige Konzentrationen (Spurenelemente) erfasst werden.

Anwendung: Die EDS-XFA ist im SSEF Labor eine Standardmethode, welche der Bestimmung der Echtheit dient und oft Indizien für die Herkunftsbestimmung liefert. Mit semi-quantitativen Analysen werden Spurenelemente geprüft, bei Rubinen z.B. Titan, Vanadium, Chrom, Eisen, Gallium. Bei Perlen kann man am Mangangehalt erkennen, ob die Probe aus Süß- oder Salzwasser stammt.

Raster-Elektronenmikroskop (REM)

Das REM ist ein komplexes Instrument, das von einer angeregten Probe die verschiedensten Signale auswertet. Dabei werden kleine bis extrem kleine Flächenbereiche untersucht. Die Anregung der Probe geschieht mit einem fein gebündelten und fokussierten Elektronenstrahl (Elektronenkanone). Die Informationen, die vom REM geliefert werden, können vergrößerte Bilder der Proben-Oberfläche sein, aber auch chemische Angaben dieser Oberfläche. Dazu muss das REM allerdings mit einem EDS-System ausgerüstet sein.

Elektronen-Mikrosonde (EMS)

Die EMS ist grundsätzlich gleich aufgebaut wie das REM, sie ist jedoch in erster Linie dazu ausgelegt, von Mikrobereichen an der Oberfläche quantitative chemische Analysen zu machen. Um diese Ziel zu erreichen, müssen zusätzliche apparative Voraussetzungen erfüllt sein. Auch muss die Probe eine polierte Oberfläche besitzen, leitend überzogen sein und genau horizontal im

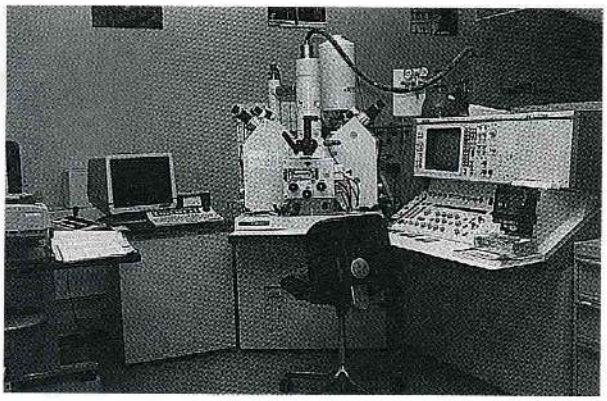

Abb. 10: Elektronen Mikrosonde (EMS) am Mineralogischen Institut der Universität Basel

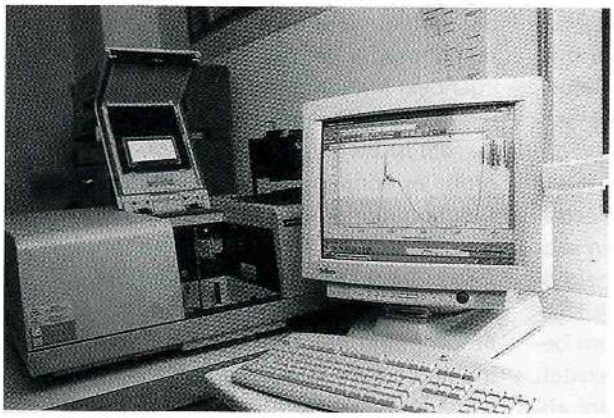

Abb. 11: FTIR Gerät im SSEF Labor in Basel

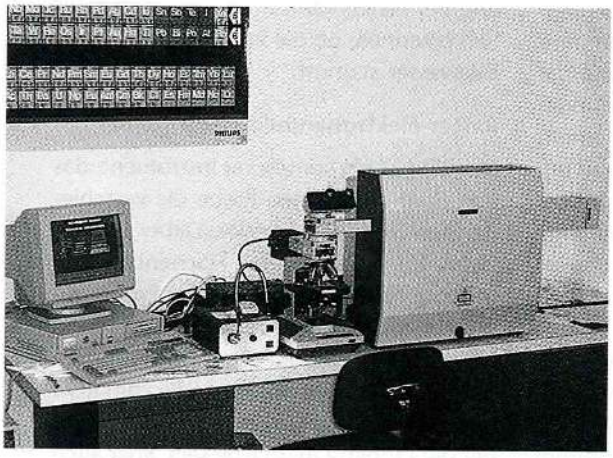

Abb. 12: Raman Mikroskop am SSEF Labor in Basel

Gerät liegen. Die Elektronenkanone liefert die zur Anregung des Röntgenspektrums notwendige Energie. Da der Elektronenstrahl im Durchmesser nur etwa 1 µm misst, kann der analysierte Bereich in der gleichen Größenordnung liegen. Damit eignet sich die EMS besonders zur Analyse von angeschliffenen Einschlüssen, aber auch zur Ermittlung der Zusammensetzung der Edelsteine selbst (*Abb. 10*).
Anwendung: Eine genaue (quantitative) chemische Analyse erlaubt die Bestimmung der Mineralart auch bei ungewöhnlichen Steinen. Die Methode ist instrumentell aufwendig und erfordert eine Probenvorbereitung. Eine zeitgemäße Verwendung der Mikrosonde besteht z.B. in der chemischen Analyse der glasartigen Rissfüllungen in erhitzten Rubinen.

Röntgen-Diffraktion (XRD)

Die XRD ist keine spektroskopische Methode, da die eingestrahlte Energie nicht qualitativ spektral zerlegt und untersucht wird. Bei der XRD werden kristalline Substanzen nach der räumlichen Anordnung ihrer atomaren Bestandteile bestimmt. Es sind die Dimensionen und Symmetrien der Kristallgitter, welche einen Röntgenstrahl in charakteristischer Weise ablenken. Mit den Beugungsmustern, die durch Film oder Zählrohre registriert werden, können kristalline Substanzen identifiziert werden. Es gibt verschiedene Verfahren; das zu diesem Zweck am meisten verwendete ist die Pulvermethode nach Debye-Scherrer oder das Diffraktometer. Um sie anzuwenden, benötigt man u.U. eine winzige Portion Mineralpulver. Die Identifikation mittels XRD läuft über den Charakter, d.h. die Dimensionen und Symmetrie-Eigenschaften des Kristallgitters. Die Methode eignet sich bei der Analyse neuer Mineralarten oder der Entflechtung von Mineralgemischen.

Infrarot-Spektrometrie (IR-Spektrometrie)

Bei der IR-Spektrometrie wird das Absorptionsverhalten einer Probe im Spektralbereich des Infrarot untersucht. Ein Glühstab erzeugt ein breites Spektrum an Infrarotlicht (0.8-1000 µm). Die Absorptionen in dieser Region werden durch Molekülgruppen verursacht. Das IR ist besonders geeignet zu Untersuchung organischer Verbindungen. Aber auch beim Nachweis von Molekülgruppen in Mineralien (z.B. H_2O, OH^{-1}, PO_4^{-3}, CO_3^{-2}) leistet die IR-Spektrometrie wichtige Erkenntnisse. Ein IR-Spektralphotometer misst, nachdem das Licht die Probe passiert hat, die zu jeder Wellenlänge gehörende Absorption. Der Absorptionskurven-Verlauf (IR-Spektrum) wird aufgezeichnet und lässt die Art der anwesenden Molekülgruppen erkennen. Besonders empfindlich registrierende IR-Spektralphotometer sind die Fourier-transformierten Infrarotspektralphotometer ***FTIR***. Das im SSEF verwendete Gerät der Philips untersucht den Bereich 6000 bis 500 cm^{-1} (*Abb. 11*).
Anwendung: Wichtige Nachweismethode für natürliche Smaragde (Wasser), behandelte Smaragde und Türkise (Kunstharz). Sehr wichtig ist die Diamant-Charakterisierung, d.h. die Ermittlung von Stickstoff und Wasserstoff im Gitter, sowie die Erkennung der Stickstoff-Aggregatsformen. Die Identifikation von Bernstein und vor allem der Nachweis von behandelter Jade (imprägnierte, d.h. B-Jade) verlangt eine IR-Untersuchung.

Raman-Mikroskopie (Raman Laser Spektrometrie)

Das Raman-Mikroskop vermittelt eine typische spektrale Information des analysierten Materials. Mittels Raman-Spektrometrie ist die Edelsteinbestimmung, sowohl von ungeschliffenen als auch gefassten Steinen, besonders elegant und sicher. Polykristalline Gebilde und Mineralgemenge können dank des kleinen Analysenflecks in ihren Bestandteilen analysiert werden.
Die Spektren können bekannten Mineralien durch Vergleich direkt zugeordnet wer-

Zusammenfassung

Anregung	betroffener Bereich	analytische Information	Gerät
Röntgenstrahlung	innere Elektronen der Atome	chemische Identifikation (makro)	EDXFA
Elektronenstrahl	innere Elektronen der Atome	chemische Identifikation (mikro)	RMS/REM
Licht	Struktur, äußere Elektronen	Farbgebung, Chromophoren	UV-VIS-Spektr.
Infrarot	Moleküle, Atomgruppen	Identifikation von Molekülen	FT-IR
Röntgenstrahlung	Kristallstruktur	Gittertyp, Mineralidentifikation	Pulverkamera
Röntgenstrahlung	Kristallstruktur	Gittertyp, Mineralidentifikation	Diffraktometer
Laserlicht	Kristallstruktur	Mineralidentifikation, Moleküle	Raman-Mikroskop

den. Es ist daher notwendig, eine große Auswahl von Referenzspektren bekannter Mineralien bzw. eine Suchdatei zur Verfügung zu haben, um die Methode erfolgreich nutzen zu können.
Die meisten Materialien, welche Gemmologen oder Mineralogen antreffen, besitzen einmalige und damit charakteristische Raman-Spektren. Diese können der Identifikation des Materials dienen und haben den Charakter eines Fingerabdrucks. Die einzige bedeutende Einschränkung innerhalb der identifizierbaren Stoffe betrifft die nicht-molekularen Substanzen, Metalle und Legierungen. Bei den übrigen Substanzen mit molekularem Charakter können oft feine Unterschiede im Zustand (z. B. Kristallinität, Inhomogenitäten) erfasst werden.
Dass bei transparenten Medien die Identifikation eingeschlossener Fremdkörper durch Anfokussieren im Mikroskop möglich ist, kommt den Ansprüchen der gemmologischen Einschlussforschung ganz besonders zustatten (*Abb. 12*).
Anwendung: Die besondere Stärke der Ramanspektroskopie liegt in der (berührungsfreien) Identifikation der Mineralart, z. B. von gefassten Steinen. Ein aktuelles Anwendungsgebiet bildet die Analyse künstlicher Rissfüllungen, wie sie besonders bei Smaragden angetroffen werden. Auch die Veränderungen natürlicher Diamanten bei Hochdruck/Hochtemperatur-Behandlungen lassen sich mit Laser-induzierter Lumineszenzspektroskopie (mit einem Raman-Mikroskop) nachweisen.

Literatur

Hänni, H.A. (1981): Energiedispersive Röntgenfluoreszenz-Analyse in der gemmologischen Diagnostik. – Z.Dt. Gemmol.Ges. 30, 207-209.

Hänni, H.A., Kiefert, L. & Chalain, J-P. & Wilcock, I.C. (1996): Ein Renishaw Raman Mikroskop im gemmologischen Labor: Erste Erfahrungen bei der Anwendung. – Z.Dt.Gemmol. Ges. 45/2, 55-70.

Kiefert, L, Hänni, H.A., Chalain, J.P. & Weber, W. (1999): Identification of filler substances in emeralds by infrared and Raman spectroscopy. – J.Gemmol. 26, 8, 501-520.

Prof. Dr. H.A. Hänni leitet das SSEF-Labor (Labor der Schweizerischen Stiftung für Edelstein-Forschung) in Basel und ist Professor für Gemmologie an der Universität Basel
E-Mail: gemlab@ssef.ch

Dr. Ulrich Henn

Aktuelle Behandlungsmethoden bei Rubin und Saphir

Einleitung

Ähnlich wie das Ölen von Smaragden ist die thermische Behandlung von Saphiren schon seit Jahrhunderten bekannt. Kommerziell wird eine Hitzebehandlung bei Saphiren aber erst seit Beginn des 20. Jahrhunderts durchgeführt, in dem heute großen Umfang seit Mitte der 1970er Jahre. Eine Chronologie der wichtigsten Anwendungsbereiche ist in Tabelle 1 zusammengestellt.
Heute ist bekannt, dass der größte Teil der im Handel befindlichen Rubine und Saphire durch künstliche Eigenschaftsveränderungen in ihrer Qualität verändert, zumeist verbessert sind. Im Allgemeinen unterscheidet man:
1. Veränderung/Verbesserung der Farbe
2. Veränderung/Verbesserung der Reinheit
3. Veränderung/Verbesserung der Farbe und Reinheit
4. Erzeugung von Farbe
Im Folgenden werden die heute kommerziell bedeutenden Behandlungsmethoden bei Rubinen und Saphiren kurz beschrieben, ihre Erkennungsmöglichkeiten aufgezeigt und die nomenklatorischen Bestimmungen diskutiert.

Behandlungsmethoden

Die aktuellen Behandlungsmethoden für Rubine und Saphire sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Diese können auch bezüglich ihrer Erkennung in drei Gruppen eingeteilt werden:
1. Thermische Behandlung (Brennen)
2. Thermische Behandlung mit künstlicher Rissheilung und Imprägnieren mit farblosen oder farbigen Substanzen
3. Diffusionsbehandlung
Die reine thermische Behandlung, die Rissbehandlung und die Diffusionsbehandlung mit färbenden Metallionen sind im Handel seit Jahren bekannt und die Erkennungsmöglichkeiten in zahlreichen Arbeiten in gemmologischen Fachzeitschriften publiziert.
Neu ist die Behandlung orangefarbiger Saphire, die seit wenigen Monaten in größeren Mengen in Bangkok angeboten werden. Nach bisherigem Kenntnisstand können pinkfarbene Saphire aus den neuen Vorkommen im Süden Tansanias sowie

Tabelle 1: Geschichte der künstlichen Qualitätsverbesserung von Rubinen und Saphiren

11. Jahrhundert	Erste Erwähnung einer thermischen Behandlung von Saphiren
1916	Thermische Behandlung von australischen Saphiren, um die dunkelblaue (tintige) Farbe aufzuhellen
Mitte/Ende der 1970er Jahre	Große Mengen von hitzebehandelten »Geuda-Saphiren« aus Sri Lanka werden in Bangkok angeboten
Ende der 1970er Jahre	Hitzebehandlung von Rubinen aus Thailand/Kambodscha, um bläuliche bis purpur Farbtöne zu reduzieren
1976	Imprägnierung mit Öl oder Farbstoff bei rissigen Rubinen aus Kenia
1979	Diffusionsbehandlung von farblosen bzw. blassfarbenen Korunden
1981	Hitzebehandelte gelbe Saphire werden in Bangkok angeboten
1982	Bestrahlte gelbe Saphire (instabile Farbzentren)
1984	Ausfüllung von Ausbrüchen an der Oberfläche von Rubinen mit Glas
1987	Ausfüllung von Rissen in Rubinen mit glasartigen Substanzen
Anfang der 1990er Jahre	Große Mengen thermisch behandelter Rubine aus Mong Hsu/Burma mit künstlich ausgeheilten Rissen gelangen in den internationalen Edelsteinhandel