

**Zeitschrift:** Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaften beider Basel

**Herausgeber:** Naturforschende Gesellschaft Basel ; Naturforschende Gesellschaft Baselland

**Band:** 12 (2010)

**Artikel:** Gemmologische Untersuchungen von Edelsteinen an mittelalterlichen Goldschmiedewerken des Oberrheins mit Raman-Spektroskopie

**Autor:** Häberli, Sabine

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-676763>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 10.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Gemmologische Untersuchungen von Edelsteinen an mittelalterlichen Goldschmiedewerken des Oberrheins mit Raman-Spektroskopie

SABINE HÄBERLI

**Zusammenfassung:** Viele mittelalterliche Goldschmiedewerke, insbesondere Kreuze, Reliquiare und Monstranzen, sind reich mit kostbaren, polierten und geschliffenen Edelsteinen wie auch farbigen Gläsern, Perlen und Gemmen verziert. Sie werden in Museen ausgestellt oder in Kirchen und Klöstern aufbewahrt. Wissenschaftliche Bestimmungen von gefassten Steinen sind oft schwierig, denn für eine klassische gemmologische (edelsteinkundliche) Untersuchung muss der Stein ungefasst vorliegen. Der folgende Artikel bespricht die Anwendung eines Raman-Spektroskops, das mit Hilfe von Laserlicht zerstörungsfreie und effiziente In-Situ-Identifikationen an historischen Objekten zulässt.

**Abstract:** **Gemmological investigation of gemstones set in goldsmith's works of the Middle Ages of the Upper Rhine region by Raman spectroscopy.** Most goldsmith's works of the Middle Ages are richly decorated with precious cut and polished gemstones or coloured glasses as well as pearls and cameos. Such liturgical objects are exhibited in museums, or are still housed in churches or monasteries. Scientific examinations of such stones are often difficult, because the stone must be unset for classical gemmological methods. This article discusses the use of a laser-powered Raman Spectroscope to analyse in situ gemstones set in historical objects in a non-destructive and efficient way.

**Key words:** Gemstones, gemmology, Raman spectroscopy, non-destructive analysis, medieval goldsmith's works, treasury of Basel Cathedral.

## 1. Einleitung

In mittelalterlichen Kirchen glitzerten mit kostbaren Edelsteinen besetzte Kreuze, Reliquiare und Monstranzen, die an kirchlichen Festtagen auf Altären präsentiert und bei Prozessionen herumgetragen wurden. Vermögende weltliche oder kirchliche Herren stifteten diese Behältnisse zur würdevollen Aufbewahrung von Heiligenreliquien, wie beispielsweise Knochen, Zähnen oder Gewandresten. Viele dieser aus Gold und Silber gefertigten Goldschmiedewerke sind zudem mit farbigen Emails (Gruben- oder Zellenschmelz), antiken Gemmen (Intaglios und Kameen), Perlen und farbigen Gläsern verziert. Einige davon werden nach wie vor in den Kirchen und den Klöstern verwendet, andere hingen werden in Museen ausgestellt und aufbewahrt. Solche Kirchenschätze wuchsen durch

grosszügige Geschenke über mehrere Jahrhunderte an. So auch der Basler Münsterschatz, der während des Bildersturms und der Einführung der Reformation im Jahr 1529 glücklicherweise nicht zerstört, sondern rechtzeitig in Sicherheit gebracht wurde. In Folge der Kantonstrennung wurde der Schatz 1833 aufgeteilt und Basel-Stadt erhielt einen Drittels des Bestands und Basel-Landschaft zwei Drittel. Aus Geldnöten wurde der Anteil von Basel-Landschaft 1836 in Liestal versteigert. Heute ist ein grosser Teil des Schatzes im Historischen Museum Basel ausgestellt, der Rest befindet sich in Museen in Amsterdam, Berlin, London, New York, Paris, St. Petersburg, Wien und Zürich. Der Schatz umfasst rund 60 Objekte des 11. bis 16. Jahrhunderts, wobei rund die Hälfte mit farbigen Edelsteinen und Gläsern verziert ist (Häberli und Fellmann Brogli 2001).

Die auf der Welt verstreuten und äusserst gut erhaltenen Werke des Kirchenschatzes wurden in einer Sonderausstellung im Jahr 2001 in New York, Basel und München vereint und der Öffentlichkeit präsentiert (New York 2001, Historisches Museum Basel 2001).

In diesem Artikel werden Edelsteine und Gläser an ausgewählten mittelalterlichen Goldschmiedewerken mit modernen edelsteinkundlichen Methoden wie der Raman-Spektroskopie untersucht. Diese Studie ist Teil einer interdisziplinären Dissertation in Kunstgeschichte und Gemmologie (Häberli in prep.).

## 2. Material und Methoden

### 2.1. Gemmologische Bestimmung

Beim heutigen Betrachten von Reliquarien interessieren zunächst Herstellungsart, Zeitstil, künstlerische Leistung, Funktion und Bedeutung. Von Interesse ist aber auch die Identität der unterschiedlich aussehenden Steine. Bei einer gemmologischen Untersuchung stehen die Identifikation der Edelsteine und die Unterscheidung von echten Steinen und ihren Imitationen im Zentrum. Die alleinige Betrachtung von Auge und die blosse Kennerschaft lassen keine nach gemmologischen Kriterien einwandfreie Identifikation zu (Malley 1989).

Um herauszufinden, welcher Stein vorliegt, müssen mehrere so genannte klassische gemmologische Methoden wie beispielsweise die vergrössernde Betrachtung des Innenlebens eines Steins, die Messung der Lichtbrechung, das Feststellen der Absorptionsbanden von Licht und die Bestimmung des spezifischen Gewichts angewandt werden. Dazu dienen Geräte wie das Mikroskop, das Spektroskop, der Refraktometer und die hydrostatische Waage (Webster 1994). Einige gemmologische Labors verfügen über spezialisierte Geräte wie ein UV/VIS/IR-Spektrometer (analysiert die Absorption im ultravioletten, sichtbaren und infraroten Licht), ein FTIR-Spektrometer (Fourier-Transform-Infrarot) und ein EDS (Energiedispersives Röntgenfluoreszenz-Spektrometer), die zudem Einschlüsse und eventuelle Behandlungen genauer analysieren oder gar die Echtheit eines Steins

bestätigen oder widerlegen können. Bei den hier genannten Testmethoden sollte der Stein ungefasst vorliegen. Wie ist es denn überhaupt möglich, Edelsteine an fragilen, mittelalterlichen Goldschmiedewerken zu bestimmen, ohne diese aus ihrer Fassung herauszulösen?

### 2.2. Methode der Raman-Spektroskopie

Dank der in den letzten Jahren etablierten, auf Lasertechnik beruhenden Labormethode der Raman-Mikrospektroskopie ist es nun möglich, Edelsteine an historischen Werken eindeutig zu bestimmen, ohne sie auszufassen (Abb. 1). Die Anwendung dieser zerstörungsfreien Analysemethode für nichtmetallische Materialien ist verhältnismässig einfach und effizient; sie liefert für die Archäologie und die Kunstgeschichte, hier insbesondere für Pigmentanalysen, sehr wertvolle Resultate (Long 1998, Edwards und Chalmers 2005). Auch in der Gemmologie wird die Methode unter anderem erfolgreich zur Bestimmung von Einschlüssen, zur Feststellung der Farbursache von dunklen Perlen sowie zur Untersuchung von behandelten Diamanten und Smaragden eingesetzt (u. a. Pinet et al. 1992, Hänni et al. 1996, Kiefert et al. 2001, Kiefert et al. 2005). In der vorliegenden Studie interessierte jedoch die normalerweise problematische bis unmögliche Bestimmung von Steinen, die an grösseren, mittelalterlichen Goldschmiedewerken gefasst sind.



**Abb. 1:** Mobiles Raman Remote System von Renishaw mit Armreliquiar der heiligen Verena (Zurzach).

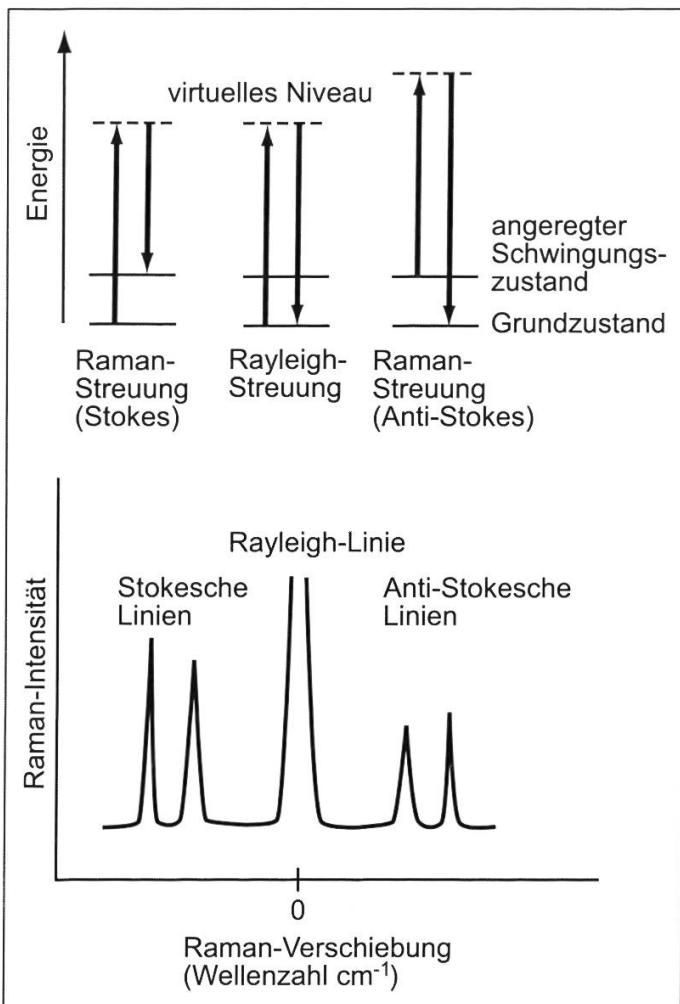


Abb. 2: Raman-Prinzip.

Für die Analyse wird ein monochromatisch grüner Kaltlaserstrahl von 514 nm auf den zu untersuchenden Edelstein fokussiert. Dieser Laserstrahl regt die atomaren Bindungen an und bringt diese in Schwingung. Der grösste Teil der Lichtmenge, die auf den Edelstein fällt, wird gestreut und liefert keine analysierbaren Informationen (sog. «Rayleigh scattering»). Ein sehr kleiner Teil (ca. ein Photon auf  $10^6$ – $10^8$  Photonen) wird hingegen unelastisch und unter Energieabgabe gestreut. Dieses gestreute Licht ist somit gegenüber der anregenden Strahlung, also dem Laserstrahl, verschoben. Hier spricht man von der sogenannten Raman-Streuung (engl. Raman-Shift), wobei die Wellenlänge des einfallenden Lichts entweder zum langwelligen Spektralbereich (sogenannte Stokes-Streuung) oder zum kurzweligen Spektralbereich (Anti-Stokes-Streuung) verschoben sein kann (Abb. 2). Die damit verbundene Energiedifferenz ent-

spricht der Energie zwischen zwei Energieniveaus einer Molekül- beziehungsweise Kristallgitterschwingung. Da in einem Edelstein jeweils spezifische, chemische Bindungen vorhanden sind, erhält man durch Anregung mit einem Laserstahl folglich charakteristische und substanzspezifische Energiebeträge für die Stokes-Streuung. Die Gesamtheit der daraus resultierenden Raman-Streuung wird durch ein Raman-Spektroskop registriert und über einen daran angeschlossenen Computer auf dem Bildschirm als Spektrum sichtbar. Im Vergleich mit bekannten Spektren kann der Edelstein schliesslich identifiziert werden.

Auf Anregung von Henry A. Hänni, Professor der Gemmologie, und Benno Schubiger, damals Konservator am Historischen Museum Basel, sind seit 1996 im Labor des Schweizerischen Gemmologischen Instituts (SSEF) ausgewählte Objekte aus dem Basler Münsterschatz mit einem fest installierten Raman-Mikrospektroskop untersucht worden (Hänni et al. 1998, Häberli et al. 1999). Das gab den Anreiz, den gesamten Basler Münsterschatz und weitere mittelalterliche Werke des Oberrheins von höchstem Rang zu untersuchen und die Studie im Rahmen einer Dissertation auszuweiten.

Aufgrund der Fragilität, Seltenheit und Kostbarkeit von mittelalterlichen Goldschmiedewerken wird jedoch von Seiten der Museen und Kirchen verständlicherweise selten erlaubt, diese in einem gemmologischen Institut zu analysieren. Falls eine Ausleihe dennoch gestattet wird, sind ein professionelles Verpacken und Transportieren eines Werks unter Begleitung eines Restaurators sowie die dazu nötigen Versicherungsabschlüsse sehr aufwändig.

### 2.3. Transportables Raman-Spektroskop

Seit geraumer Zeit werden transportable Raman-Spektroskope (remote system) entwickelt, die es ermöglichen, direkt vor Ort Analysen vorzunehmen. Während der Sonderausstellung «Der Basler Münsterschatz» im Historischen Museum Basel 2001 konnten die Edelsteine des gesamten Schatzes mit einem transportablen Raman-Spektroskop von Renishaw (Raman System RI 100) analysiert werden.



**Abb. 3:** Dorotheen-Monstranz (Basler Münsterschatz, Inv-Nr. 1882.81., Historisches Museum Basel). Photo: HMB, P. Portner.

Diese Studie ermöglichte erstmals, alle Edelsteine des heute auf verschiedene Museen der Welt verteilten Münsterschatzes gemmologisch zu bestimmen. Darauf folgten Untersuchungen vor Ort an rund dreissig weiteren, mittelalterlichen Goldschmiedewerken des Oberrheins, die sich in Museen, Kirchen und Klöstern Süddeutschlands, Österreichs und der Schweiz befinden. Nebst dem Basler Münsterschatz wurden daher unter anderem folgende Werke untersucht: Onyx von Schaffhausen (Museum Allerheiligen, Schaffhausen, Schweiz), Vortragekreuz aus Tennenbach (Zisterzienserabtei Wettingen-Mehrerau, Bregenz, Österreich), Freiburger Scheibenkreuz (Augustinermuseum, Freiburg im Breisgau, Deutschland), Villinger Scheiben-

kreuz (Münsterschatz, Villingen, Deutschland), Reliquienkreuz in Beromünster (Kirche des Chorherrenstifts St. Michael), Armreliquiar der heiligen Verena (Münster St. Verena, Zurzach) und Kreuz aus St. Trudpert (Eremitage, St. Petersburg, Russland).

#### 2.4. Oberrheinische Goldschmiedewerke

Fünfzig Goldschmiedewerke aus der Kunstlandschaft des Oberrheins wurden mit Raman-Spektroskopie auf ihre Edelsteinbesätze hin untersucht. Diese wurden sehr wahrscheinlich in Goldschmiedewerkstätten von Strassburg, Basel, Freiburg i. Br. und Konstanz angefertigt (Schroth 1947, Heuser 1974, Historisches Museum Basel 2001, Mangold 2003). Exemplarisch werden hier nun drei Werke bezüglich ihres Edelsteinbesatzes erläutert.

##### *Dorotheen-Monstranz (Historisches Museum Basel)*

Die Dorotheen-Monstranz aus dem Basler Münsterschatz besteht aus einer spitzovalen Reliquienkapsel, die um 1440 wahrscheinlich in Basel mit einer edelsteinverzierten Fassung und einem Standfuss ergänzt wurde (Abb. 3). Das Relief auf der Vorderseite zeigt die heilige Dorothea, die das nackte Christuskind an ihrer rechten und die Märtyrerpalme in ihrer linken Hand hält. Sechzehn verschiedene, achteckig geschliffene oder oval gemugelte Edel- und Glassteine zieren die mandelförmige Reliquienkapsel des Reliquars (Abb. 4). Zuoberst prangt ein hellgrüner Stein, danach wechseln sich im Uhrzeigersinn blaue, violette, grüne und farblose Steine ab. Darunter befinden sich ein antiker, orangefarbener Intaglio, der eine Ziege darstellt (1. Jahrhundert vor Chr.) und ein ebenfalls antiker, schwarz-weißer Cameo, der einen Frauenkopf zeigt (2. Jahrhundert vor Chr.). Der Heilschein des Christuskinds wird mit einem blauen, roten und rosafarbenen Stein von geringer Grösse hervorgehoben.

##### *Armreliquiar der hl. Verena (Münster St. Verena, Zurzach)*

Das Armreliquiar ist um 1300 in einer oberrheinischen Werkstatt, wahrscheinlich in Konstanz,



**Abb. 4:** Dorotheen-Monstranz: Reliquienkapsel (Inv-Nr. 1882.81., Historisches Museum Basel). Photo: HMB, P. Portner.



**Abb. 5:** Armreliquiar der hl. Verena (Münster St. Verena, Zurzach).



**Abb. 6:** Onyx von Schaffhausen (Inv-Nr. 16375, Museum zu Allerheiligen, Schaffhausen). Photo: Museum zu Allerheiligen, Schaffhausen.



**Abb. 7:** Armreliquiar der heiligen Verena: Detail der Rosette mit zentralem Saphir umgeben von Almandin, Saphir, türkisblauem Glas, blauem Glas, Almandin und Saphir (von oben Mitte im Uhrzeigersinn).



**Abb. 8:** Onyx von Schaffhausen: Detail mit grossem Spinell, Perlen, Almandinen (rot), Saphir (dunkelblau) und Türkisen.



**Abb. 9:** Onyx von Schaffhausen: Detail mit transparentem, kornblumenblauem Saphir.



**Abb. 10:** Onyx von Schaffhausen: Detail mit durchbohrtem, grossem Saphir, Almandinen (rot), Saphir (dunkelblau), Perlen und Türkisen.

entstanden (Abb. 5). Es enthält als Reliquie ein Armknöchelchen der heiligen Verena, das durch ein kleines aufklappbares Türchen sichtbar gemacht werden kann.

Die heilige Verena starb um 300 nach Christus in Zurzach. Ihr Grab befindet sich in der Kirche des 1870 aufgelösten Chorherrenstifts, das ab 1265 zum Hochstift Konstanz gehörte. Die berühmte Heilige erhielt zur Aufbewahrung ihrer Überreste ein reich mit Steinen und Emails besetztes Armreliquiar: Über zweihundert gemugelte oder facettierte Steine sind an dem menschlich wirkenden, silbernen und vergoldeten Arm angebracht. Die Steine sind regelmässig in Rosetten auf dem Ärmelgewand verteilt und schmücken nicht nur deren Borten, sondern auch noch einen Kamm, den sie als Attribut in ihrer Hand hält.

### *Onyx von Schaffhausen*

(Museum zu Allerheiligen, Schaffhausen)

Die äusserst kostbare und sehr gut erhaltene Gewandbrosche, die um 1230/1240 sehr wahrscheinlich in Strassburg entstanden ist, zeigt einen antiken Kameo (Abb. 6) mit der Personifikation des sogenannten Kaiserfriedens (Pax Augusta) oder der Göttin des Glücks (Felicitas; Knoepfli 1953). Er wurde zur Zeit des Tiberius (Kaiser von 14 bis 37 n. Chr.) von einem römischen Steinschneider geschnitten (Kulturhistorisches Museum Magdeburg 2006). Auf der Rückseite ist – dem Kameo in seiner Form und Grösse entsprechend – ein mittelalterliches Medaillon mit der Darstellung eines Falkners angebracht. Die den ehemaligen Besitzer bezeichnende, kaum mehr entzifferbare Inschrift, nennt einen Ludwig von Froburg. Möglicherweise handelt es sich dabei um Ludwig III. (gestorben 1259), der zum Grafengeschlecht der Froburg gehörte.

Um den antiken Kameo auf der Vorderseite gruppieren sich in drei konzentrischen Reihen 77 (ursprünglich 80) dunkelrote, türkisfarbene, blaue und rosafarbene Edelsteine und weisse Perlen, die in Gold gefasst sind. Zwischen den Steinfassungen befinden sich – ebenfalls in Gold gefertigt – kleine Löwen und Adlerfigürchen.

### 3. Resultate

Bei der Dorotheen-Monstranz konnten Peridot, Karneol, Amethyst, Onyx, Lagenachat, Saphir, Granat, Spinell und Bergkristall identifiziert werden. Daneben finden sich auch blaue und grüne sowie farblose Glassteine. Letztere sind Dubletten, also aus zwei Hälften zusammen gesetzte Glassteine, die einst eine rot gefärbte Zwischenschicht besassen. Diese bestand aus organischem Drachenblut, das aus dem Harz des Drachenbaumes (*Dracaena draco* oder *cinnabari*?) gewonnen wurde.

Am Armreliquiar der heiligen Verena befinden sich Saphir, Almandin, Bergkristall, Karneol, Chalcedon, Amethyst, Lagenachat, Prasem, Perlmutt und farbiges Glas (Abb. 7).

Der Onyx von Schaffhausen besteht aus einem mehrschichtigen Lagenachat (Sardonyx). Die ihn zierenden Steine wurden als Almandin, Saphir, Türkis, Perle, Spinell und ein einzelnes Glas identifiziert (Abb. 8 bis 10).

Diese drei Analysen mit ihren Resultaten sind exemplarisch für die gesamte Studie an fünfzig oberrheinischen Goldschmiedewerken: Weitaus am häufigsten liessen sich Varietäten des Quarzes feststellen, das heisst farbloser Bergkristall, violetter Amethyst, gelber Citrin, brauner Rauchquarz, orangefarbener Karneol, apfelgrüner Chrysopras, grüner Prasem, grün gefleckter Moosachat, bläulicher Chalcedon, schwarzer Onyx, weiss-braun gestreifter Lagenachat, dunkelgrüner Heliotrop sowie roter und gelber Jaspis. In grosser Menge finden sich auch grüne, blaue, gelbe, orange- und türkisfarbene Glassteine, die wie die Edelsteine gemugelt, das heisst en cabochon geschliffen, oder facettiert wurden. Dazu gehören auch Dubletten. Diese sind heute farblos, einst täuschten sie durch ihre gefärbte Zwischenschicht einen rot leuchtenden Edelstein vor.

Zahlreich vorhanden sind dunkelrote Granate, hauptsächlich Almandine, die gemugelt vorliegen. Vereinzelt sind grössere, unregelmässige und runde Salzwasserperlen und zugeschnittene Perlmuttstücke anzutreffen; wiederum sehr zahlreich erhalten sind sehr kleine Süßwasserperlen, die sich zu Hunderten erhalten haben. Diese verzierten einst nicht nur – wie heute teil-

weise noch sichtbar – Reliquiare und Kreuze, sondern gemäss den Kircheninventaren auch Paramente und Mitren, das heisst Kirchengewänder und Bischofsmützen.

Die meisten der zahlreich identifizierten Saphire zeigen eine hell- bis dunkelblaue oder gar opake, metallisch schimmernde Farbe. Nur vereinzelt konnten leuchtend kornblumenblaue Saphire festgestellt werden. Sehr selten sind die äusserst kostbaren Rubine und Diamanten anzutreffen. Des Weiteren wurden folgende Edelsteine analysiert: Aquamarin, Fluorit, Cordierit, Koralle, Lapislazuli, Opal, Peridot, Smaragd, Spinell, Türkis und Hyazinth (Zirkon). Nicht auszuschliessen ist, dass die eine oder andere Steinsorte auf eine spätere Ergänzung zurückzuführen ist. So sind Aquamarin sowie Opal nur ein einziges Mal, und Hyazinth, die gelb-braune Varietät des Zirkons, nur in zwei Exemplaren vorhanden. Allerdings geben die intakten Fassungen keinerlei Hinweise auf ein mögliches Auswechseln der Steine. Hingegen konnten an einigen renovierten Reliquiaren Edelsteine wie Turmalin und Lapislazuli nachgewiesen werden, die am Oberrhein während des Mittelalters nicht verwendet wurden.

#### 4. Echtes und Unechtes

Farbige Glassteine haben sich so zahlreich erhalten, dass man davon ausgehen kann, dass sie als ganz selbstverständlicher Ersatz für Edelsteine verwendet wurden. Denkbar ist, dass ein Goldschmiedewerk zu einem bestimmten Anlass, beispielsweise zu einem kirchlichen Feiertag, fertig gestellt werden musste und bis zu diesem Zeitpunkt nicht genügend echte Steine von ähnlicher Grösse, Farbe und Qualität zur Verfügung standen. Andererseits mögen finanzielle Gründe des Auftraggebers den Ausschlag gegeben haben, ob nur Edelsteine oder eine Kombination von Edelsteinen und Glas an einem Werk angebracht wurden. Für den Gläubigen war der Unterschied wohl kaum zu sehen, denn Reliquiare und Kreuze wurden auf grössere Distanz gezeigt. Wichtig waren wohl vor allem die Farbigkeit und das Glitzern der

Steine. Da es sich um gleichwertige Verwendungen neben den kostbaren Edelsteinen handelt, ist eine Fälschung in betrügerischer Absicht auszuschliessen.

Die vorliegenden Ergebnisse decken sich teilweise mit den Beschreibungen in den erhaltenen Münsterschatz inventaren von 1477 bis 1525 (Burckhardt 1933). Eine Reihe kostbarer Materialien werden dort vereinheitlichend als «...edel gesteyn, guoten steynen...» und auch als «...lapides nobiles et preciosi...» aufgeführt. Manchmal werden auch einzelne Edelsteine konkret genannt, so beispielsweise Perle, Perlmutter, Karneol, Diamant, Bergkristall, Saphir, Smaragd und Türkis.

#### 5. Diskussion

Ziel dieser Forschungsarbeit war es, mit relativ neuen gemmologischen Methoden und naturwissenschaftlichem Interesse der Identität der unterschiedlichsten Steine auf die Spur zu kommen. Dabei wurde hauptsächlich mit der zerstörungsfreien Raman-Spektroskopie gearbeitet. Eine Vielzahl von Edelsteinen und überraschenderweise auch von Glassteinen konnte entdeckt und bestimmt werden. Dabei handelt es sich hauptsächlich um originale Besätze. Nicht bestimmt werden konnten mit dieser Methode das Alter, die geologische Herkunft oder die Werkstätten der geschliffenen Edelsteine.

Gemmologisches Arbeiten mit einem transportablen Raman-Spektroskop hat drei Vorteile:

1. Edelsteine an historischen Objekten können dank kurzer Messzeit und eindeutigen Spektren in kurzer Zeit – in vielen Fällen zum ersten Mal – zerstörungsfrei identifiziert werden.
2. Die Untersuchung kann vor Ort gemacht werden, ein Verpacken und Transportieren des Objekts ist nicht notwendig. Hinzu kommt, dass ein Verrücken oder Bewegen eines Objekts vermieden wird.
3. Grosse und voluminöse Werke können mit einem beweglichen fiberoptischen Probekopf untersucht werden, der in die Nähe des zu untersuchenden Steins gebracht werden kann. Dies ermöglicht eine Untersuchung ohne Berührung des Objekts.

## Dank

Ich danke dem SSEF (Schweizerisches Gemmologisches Institut, SSEF, Basel) insbesondere Prof. Dr. H.A. Hänni, Dr. L. Kiefert und Dr. M. Krzemnicki für ihre tatkräftige Unterstützung. Ebenso zu Dank verpflichtet bin ich der Katholischen Kirche von Zurzach (Pfarrer U. Zimmermann) sowie dem Historischen Museum Basel (M. Sauter, A. Bartl und B. von Roda) sowie dem Museum Allerheiligen in Schaffhausen (M. Leddergerber, D. Grütter und P. Imobersteg) für die sachkundige Betreuung, wie auch für die Erlaubnis und das Vertrauen, die Goldschmiedewerke der Sammlung begutachten zu dürfen.

## Literatur

- Burckhardt, R.F. (1933): Der Basler Münsterschatz, Kunstdenkmäler des Kantons Basel-Stadt. Birkhäuser, Basel 1933, 392 S.
- Edwards, H.G.M. & J.M. Chalmers (2005): Raman spectroscopy in archaeology and art history. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 476 S.
- Häberli, S. (in prep.): «Edelsteine, gut und böß», Untersuchungen zu Edelsteinen, Gläsern und Perlen an oberrheinischen Goldschmiedewerken des 13. bis 16. Jahrhunderts, Diss. Uni Bern.
- Häberli, S. & R. Fellmann Brogli (2001): Von Edelsteinen, gut und böß. Untersuchungen zu Edelsteinen und Gemmen. In: Historisches Museum Basel (Hrsg.): Der Basler Münsterschatz, Ausstellungskatalog Historisches Museum Basel, 13. 7.–21. 10. 2001, Christoph Merian-Verlag, Basel: 273–279.
- Häberli, S., H.A. Hänni & L. Kiefert (1999): Shedding a New Light on Medieval Darkness. Gems & Gemology 35/3, Proceedings of the Third International Gemological Symposium: 161–162.
- Hänni, H.A., L. Kiefert, J.-P. Chalain & I.C. Wilcock (1996): Ein Renishaw Raman Mikroskop im gemmologischen Labor: Erste Erfahrungen bei der Anwendung. Zeitschrift der Deutschen Gemmologischen Gesellschaft 45/2: 55–70.
- Hänni H.A., B. Schubiger, L. Kiefert & S. Häberli (1998): Raman Investigations on Two Historical Objects from Basel Cathedral: The Reliquary Cross and Dorothy Monstrance. Gems & Gemology 34/2: 102–113.
- Heuser, H.-J. (1974): Oberrheinische Goldschmiedekunst im Hochmittelalter. Deutscher Verlag für Kunswissenschaft, Berlin, 248 S.
- Historisches Museum Basel (2001): Der Basler Münsterschatz, Ausstellungskatalog Historisches Museum Basel, 13. 7.–21. 10. 2001, Christoph Merian-Verlag, Basel, 386 S.
- Kiefert, L., H.A. Hänni & T. Ostertag (2001): Raman spectroscopic applications to gemmology. In: I.R. Lewis & H.G.M. Edwards (Hrsg.): Handbook of Raman Spectroscopy. Marcel Dekker, New York: 469–489.
- Kiefert, L., J.-P. Chalain & S. Häberli (2005): Diamonds, gemstones and pearls: From the past to the present. Raman spectroscopy in archaeology and art history, In: H.G.M. Edwards & J.M. Chalmers (Hrsg.): Raman spectroscopy in archaeology and art history. The Royal Society of Chemistry, Cambridge: 379–402.
- Knoepfli, A. (1953): Der Onyx im Allerheiligenmuseum Schaffhausen. Schaffhauser Beiträge zur vaterländischen Geschichte 30: 5–107.
- Kulturhistorisches Museum Magdeburg (2006): Heiliges Römisches Reich Deutscher Nation 962–1806, Von Otto dem Grossen bis zum Ausgang des Mittelalters, 29. Ausstellung des Europarates in Magdeburg und Berlin und Landesausstellung Sachsen-Anhalt, 28. 10.–10. 12. 2006, Katalog, 2. Sandstein Verlag, Dresden: S. 287–289.
- Long D.A. (1998): Raman spectroscopy: The first seventy years. Proceedings of the Sixteenth International Conference of Raman Spectroscopy, September 6–11, 1998, Cape Town. John Wiley & Sons, Chichester.
- Malley, J. (1989): The use of modern techniques in the identification of (ancient) gems. In: T. Hackens & G. Moucharte: Technology and analysis of ancient gemstones, PACT 23 (Rixensart: PACT Belgium): 41–53.
- Mangold, K. (2003): Das Kreuz aus St. Trudpert in Münstertal/Schwarzwald in der Staatlichen Ermitage St. Petersburg, Augustinermuseum Freiburg i. Br., 18. 10.–9. 11. 2003. Hirmer Verlag, München, 168 S.
- New York (2001): The Treasury of Basel Cathedral, The Metropolitan Museum of Art, 28. 2–27. 5. 2001. Yale University Press, New Haven, 182 S.
- Pinet, M., D. Smith & B. Lasnier (1992): Utilité de la microsonde Raman pour l'identification des gemmes. La microsonde Raman en gemmologie. Revue de gemmologie A.F.G./ Association française de gemmologie, No. hors série: 11–61.
- Schroth, I. (1947): Mittelalterliche Goldschmiedekunst, Ausstellung mittelalterlicher Goldschmiedekunst anlässlich des 75. Geburtstages und des Goldenen Priesterjubiläums s. Exc. des Hochw. Herrn Erzbischofs Dr. Conrad Gröber, Augustinermuseum Freiburg i. Br., Sommer 1947. Urban-Verlag, Freiburg i. Br., 75 S.
- Webster, R. (1994): Gems. Their Sources, Descriptions and Identification. 5. Aufl., Butterworth, Oxford, 1026 S.

Sabine Häberli, lic. phil., FGA  
Buchenstrasse 42  
CH-4054 Basel  
sabine\_haeberli@hotmail.com