

**Ein Nautiluspokal des Historischen Museums Basel**  
**Von der Zustandsbetrachtung bis zur Konservierung und**  
**Restaurierung**

Bachelorarbeit von:  
Janine Meier



Für den Erhalt des:  
Bachelor of Arts HES-SO en Conservation  
Objets scientifiques, techniques et horlogers

Studienjahr 2016 - 2017

Abgabe der Arbeit: 17. 07. 2017

Jury: 28. - 30. 08. 2017

Seitenumfang: 183 *(inkl. Anhang)*





### Engagement

*« J'atteste que ce travail est le résultat de ma propre création et qu'il n'a été présenté à aucun autre jury que ce soit en partie ou entièrement. J'atteste également que dans ce texte toute affirmation qui n'est pas le fruit de ma réflexion personnelle est attribuée à sa source et que tout passage recopié d'une autre source est en outre placé entre guillemets. »*

Date et signature :

## Danksagung:

Ich bedanke mich für die guten Ratschläge und die Unterstützung herzlich bei **Martin Sauter**, Goldschmied und Metallrestaurator des Historischen Museums Basel, welcher meine Bachelorarbeit betreut hat. Bei **Dr. Sabine Söll-Tauchert**, Kunsthistorikerin und Kuratorin der Kunsthistorischen Abteilung bedanke ich mich ebenfalls herzlich für die Unterstützung und die spannenden Inputs über die kunsthistorischen Hintergründe. Ich möchte mich bei allen **HMB'lern** für die Tipps, Anmerkungen und das Interesse an meiner Arbeit bedanken. Besonders bedanke ich mich bei **Dr. Margret Ribbert**, Kuratorin Abteilung Angewandte Kunst & Alltagskultur, welche mir bei den Recherchen zur Provenienz behilflich war. Bei **Natascha Jansen**, Fotografin, bedanke ich mich für das zur Verfügung stellen der Archivabbildungen. Für die Informationen zu den Klimadaten und der Depotsituation gilt mein Dank **Andreas Müller**, Leiter Technik und Gebäudeunterhalt.

Ich bedanke mich bei der Jury der Haute École Arc in Neuchâtel **Régis Bertholon**, Professor und Studiengangsleiter, den Professoren **Tobias Schenkel**, **Thierry Jacot** und **Valentin Boissonnas**. Bei Tobias Schenkel bedanke ich mich zusätzlich für die Durchführung der XRF-Analysen und die guten Ratschläge bereits während den Vorbereitungen zur Arbeit. Besonderer Dank gilt auch Valentin Boissonnas für die Betreuung meiner Bachelorarbeit, die Ratschläge und die hilfreichen Antworten auf meine Fragen.

Ich bedanke mich bei **Romain Jeanneret** Konservator und Restaurator M.A. und **Denise Witschard**, Konservatorin und Restauratorin der Abtei Saint-Maurice, für die Informationen über den Pleco und die Demonstration der Anwendung sowie den zusätzlichen Informationen.

Für die REM- und FTIR-Analysen im Kunsttechnologischen Labor der HKB bedanke ich mich bei **Dr. Nadim Scherrer**, Professor Apparative Analytik und Mikroskopie und **Dr. Stefan Zumbühl**, Professor für Analytik.

Ich bedanke mich für das Beantworten meiner Fragen per Mail und telefonisch bei: **Dr. Dipl.-Rest. Katharina Schmidt-Ott** und **Sarah Longrée**, Dipl. Restauratorin-Konservatorin des Fachbereichs Edelmetall und Glasgemälde, des Nationalmuseums Zürich für das Teilen Ihrer Erfahrungen in Bezug auf die Freilegung und die Konservierung von Silberobjekten.

**Maximilian Heimler**, Kunsthistoriker M.A., Leitender Restaurator bei Haber & Brandner, für seine Einschätzungen zur Objektzugehörigkeit, Objektgeschichte und die Anregungen zur Umsetzung der Restaurierung. **Claudia Köhler**, Metallrestauratorin des staatlichen Museums Schwerin / Ludwigslust / Güstrow, danke ich für das Teilen Ihrer Erkenntnisse zur praktischen Arbeit mit historischen Silberobjekten.

Für die kunsthistorischen Einschätzungen bedanke ich mich bei **Martin Kiener**, Besitzer eines Antiquitätengeschäfts mit Spezialisierung auf Silber und Kunsthandwerk. Seine Einschätzungen und die genannten Vergleichsobjekte trugen massgeblich zur Datierung bei. Bei Herrn **Lorenz Seelig**, Kunsthistoriker, bedanke ich mich für die ausführlichen Kommentare und Einschätzungen, welche ebenfalls zur Datierung und zur Hypothese der Zusammengehörigkeit beitrugen.

Für das Durchführen und die Erklärungen zur Feuervergoldung bedanke ich mich bei **Nicole Ferigutti** und **Bruno Ferigutti**, welche die Feuervergoldung durchführten und mich an Ihrer langjährigen Erfahrung teilhaben liessen.

**Shanna Nufer**, Einrahmerin und Vergolderin EFZ sowie angehende Restauratorin, danke ich für das Begutachten der blatt- und muschelvergoldeten Objektteile. Bei **Astrid Chanfon Bätzner**, Akademisch-technische Assistentin sowie angehende Papierrestauratorin und **Cassandre Meyfarth**, Papierrestauratorin der Fondation Martin Bodmer, bedanke ich mich für die Hinweise zum Umgang mit den Papierbestandteilen und das Korrekturlesen des Résumés.

Weiter bedanke ich mich bei **Raphael Dürr** und **Chantal Willi** für das Korrekturlesen.

Für das Korrekturlesen, wie auch das Gelernte im Austauschsemester an der Fachhochschule Potsdam, bedanke ich mich bei Herrn **Jörg Freitag**, Professor für Metallkonservierung und Restaurierung.

Ich bedanke mich bei **Stefan Thoma**, selbständiger Goldschmied und mein ehemaliger Lehrmeister, welcher mir die Werkstatträumlichkeiten für die Herstellung der Versuchsspanne und der Unterkonstruktion zur Verfügung stellte.

Ich danke meiner Schwester **Corinne Zollinger**, gelernte Polygrafin, für die Erklärungen und die Hilfe mit den Adobe-Programmen.

Bei **Adriano Martinelli** möchte ich mich für die Unterstützung und den ansteckenden Fleiss bedanken.

Inhaltsverzeichnis:

|   |    |
|---|----|
| Zusammenfassung .....   | 6  |
| Résumé.....   | 7  |
| 1    Einleitung .....   | 8  |
| 2    Das Mandat .....   | 8  |
| 3    Identifizierung.....   | 9  |
| 3.1    Verwendung und Funktion eines Nautiluspokals.....                                  | 9  |
| 3.2    Provenienz und Datierung .....   | 10 |
| 4    Methodik .....   | 11 |
| 5    Objektbeschreibung.....  | 12 |
| 5.1    Der Nautilus.....  | 13 |
| 5.2    Die Fassung .....  | 15 |
| 5.3    Die Blumenmutter .....   | 16 |
| 5.4    Der Schaft und der Fuss .....  | 17 |
| 5.5    Der Stempel.....   | 18 |
| 6    Die verwendeten Materialien .....  | 18 |
| 6.1    Silber und Silberlegierungen.....  | 19 |
| 6.2    Kupferlegierungen .....  | 19 |
| 6.3    Der Nautilus pompilius und sein Gehäuse .....                                      | 20 |
| 7    Beschreibung der verwendeten Techniken .....   | 21 |
| 7.1    Das Nautilusgehäuse und die Blumenmutter .....                                     | 21 |
| 7.2    Die Fassung .....  | 22 |
| 7.3    Der Schaft und der Fuss .....  | 23 |
| 7.4    Schlussfolgerungen zur Objektbeschreibung und Ausführung der verwendeten Techniken | 24 |
| 8    Hypothesen zur Zusammengehörigkeit.....  | 26 |
| 9    Zustandsbetrachtung .....  | 29 |
| 9.1    Das Nautilusgehäuse und die Blumenmutter .....                                     | 29 |
| 9.2    Die Lötungen .....   | 31 |
| 9.3    Die Fassung, der Schaft und der Fuss .....   | 32 |
| 9.4    Die Korrosionserscheinungen .....  | 33 |
| 9.4.1    Die Lagerung des Nautiluspokals .....  | 36 |
| 9.5    Schlussfolgerungen zum Zustand und den Entstehungsgründen der Schäden – Diagnose   | 37 |
| 9.5.1    Schlussfolgerungen in Bezug auf das Mandat .....                                 | 40 |
| 9.6    Prognose .....   | 40 |
| 10   Erarbeiten eines ersten Restaurierungskonzepts .....                                 | 41 |
| 10.1   Ziel der Restaurierung und Konservierung .....                                     | 41 |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| 10.2      | Die Problematik.....  | 41  |
| 10.3      | Reinigung .....   | 42  |
| 10.4      | Umgang mit den Weichlötungen.....   | 42  |
| 10.5      | Umgang mit den Schäden des Nautilusgehäuses.....  | 42  |
| 10.6      | Wiedererlangen der Objekteinheit.....   | 43  |
| 10.6.1    | Diskussion, Variante 1 oder 2.....  | 43  |
| 10.7      | Freilegen der vergoldeten Silberoberfläche .....  | 44  |
| 10.7.1    | Schlussfolgerungen zu den Ergebnissen der Versuche.....                                   | 46  |
| 11        | Umsetzung der Massnahmen.....   | 48  |
| 11.1      | Trockenreinigung .....  | 48  |
| 11.2      | Massnahmen am blattvergoldeten Papier .....   | 49  |
| 11.3      | Freilegung .....  | 50  |
| 11.3.1    | Ohne Kreide .....   | 50  |
| 11.3.2    | Mit Kreide.....   | 51  |
| 11.4      | Reinigung des Nautilusgehäuses.....   | 52  |
| 11.5      | Fügen, Variante 2.....  | 53  |
| 11.5.1    | Anleitung zur Montierung der Unterkonstruktion.....                                       | 55  |
| 12        | Schlussfolgerungen zu den Restaurierungs- und Konservierungsmassnahmen - Diskussion ..... | 56  |
| 12.1      | Empfehlungen für die zukünftige Handhabung und Aufbewahrung .....                         | 58  |
| 13        | Fazit.....  | 60  |
|           | Abbildungsverzeichnis.....  | 64  |
|           | Tabellenverzeichnis .....   | 68  |
|           | Grafikenverzeichnis .....   | 69  |
|           | Abkürzungsverzeichnis.....  | 71  |
|           | Glossar .....   | 72  |
| Anhang 1: | Liste der verwendeten Materialien und Geräte .....  | 74  |
| Anhang 2: | Vergleichsobjekte .....   | 76  |
| Anhang 3: | Inventarkarte und Stammbaum .....   | 78  |
| Anhang 4: | Objektvermessungen .....  | 80  |
| Anhang 5: | Analysen und Untersuchungen, XRF.....   | 83  |
| Anhang 6: | Analysen und Untersuchungen, REM.....   | 102 |
| Anhang 7: | Analysen und Untersuchungen, FTIR .....   | 110 |
| Anhang 8: | Die Herstellungstechniken .....   | 114 |
| 14        | Die verwendeten Techniken des Nautilusgehäuses.....                                       | 114 |
| 15        | Die verwendeten metallbearbeitenden Techniken .....                                       | 116 |

|  |     |
|--|-----|
| Anhang 9: Zustandsbetrachtung .....                                    | 126 |
| 16 Korrosionserscheinungen .....                                       | 133 |
| Anhang 10: Die Versuchsspange, Abbildungen .....                       | 136 |
| Anhang 11: Die Versuchsspange, Herstellung.....                        | 140 |
| 17 Wiedergefundene Spuren auf der Versuchsspange.....                  | 143 |
| Anhang 12: Recherchen zu den Freilegungsmethoden .....                 | 147 |
| 18 Mögliche Freilegungsmethoden der vergoldeten Silberoberfläche ..... | 147 |
| Anhang 13: Freilegungsversuche.....                                    | 152 |
| 19 Vorversuche auf geschwärztem Silberblech (925er) .....              | 152 |
| 20 Tests auf der Versuchsspange.....                                   | 157 |
| Anhang 14: Fügen, Variante 1 und 2 .....                               | 163 |
| Anhang 15: Restaurierungskonzept .....                                 | 165 |
| Anhang 16: Zeitplan der Massnahmen .....                               | 170 |
| Anhang 17: Abbildungen Vor- und Nachzustand .....                      | 172 |
| Anhang 18: Ausblick.....   | 179 |
| Anhang 19: Klimaangaben des Depots.....                                | 180 |
| Anhang 20: Liste der eingereichten Dokumente .....                     | 183 |

## Zusammenfassung

Diese Bachelorarbeit befasst sich mit dem Nautiluspokal 1968.379. des Historischen Museums Basel. Im Jahre 1968 kamen die sechs Einzelteile ins Museum, welche bis zu dieser Arbeit so verblieben sind. Es handelt sich um einen Nautiluspokal mit nicht-figürlichem Schaft. Der Pokal wurde aus einer Silberlegierung gefertigt und feuervergoldet. Das Nautilusgehäuse in beinahe vollständiger Perlmutteroptik ist mit einer geschwärzten Gravur versehen. Zusätzlich wurde in der Mündungskammer ein blattvergoldetes Papier ersichtlich und der Wirbelfrontfreischnitt ist mit einer Muschelvergoldung versehen worden. Durch die Nachstellung und den Vergleich der Spuren konnten die metallbearbeitenden Techniken eruiert werden. Es sind Änderungen und Anpassungen am Pokal festgestellt worden, welche darauf schliessen lassen, dass es sich bei der Nautiluschale mit der Lippenrandfassung und dem restlichen Pokal, um zwei ursprünglich unterschiedliche Objekte handelt. Die veränderte Positionierung der Spangen, infolge derer die Weichlötungen ausgeführt wurden, zeigen dies unter anderem deutlich.

Die primären Problematiken der Konservierung und Restaurierung sind die Reinigung, das Freilegen des vergoldeten Silbers und das Verbinden der Einzelteile zu einer Einheit. Um das Gleichgewicht zwischen den gealterten Materialien zu wahren, wurde nur eine geringe Freilegung angestrebt. Diese konnte nach den Recherchen und den Testreihen mit Feinsprit und Calciumcarbonat, mit den Applikationsmöglichkeiten der Watte- oder Baumwollmoltonrondellen im Mikrobohrmotor und ergänzend mit dem Wattetupfer erreicht werden. Die vorgängige Trockenreinigung mit Pinsel und Staubsauger, sowie eine Reinigung der Metalloberflächen nur mit Feinsprit, erzeugte bereits starke ästhetische Verbesserungen, wodurch die Freilegungsmassnahmen verringert wurden. Nach der Reinigung und Freilegung erfolgte das Wiedererlangen der Einheit des Objekts. Für das Erreichen der Einheit fiel die Entscheidung in Anbetracht des Zustandes sowie der Objektgeschichte auf die Fertigung einer Unterkonstruktion. Diese liegt unauffällig in der Fassung und stabilisiert die Spangen in einer offenen Position. Für den Betrachter bleibt somit die gesamte Gravur des Nautilus sichtbar. Diese Variante des Verbindens ermöglichte, dass von stark invasiven und irreversiblen Restaurierungsmassnahmen abgesehen werden konnte. Es ist eine Einheit präsentierbar, welche die Objektteile mit den unterschiedlichen Vorgeschichten respektiert.

Durch die Möglichkeit des Demontierens der Unterkonstruktion können die unterschiedlichen Materialien des Nautiluspokals getrennt gelagert werden. Dadurch können für den Erhalt des Zustandes die essenziellen konservatorischen Massnahmen auf die Materialität angepasst werden. In der Arbeit wird ein möglicher Vorschlag für die Lagerung und die optimale Konservierung, mit in Betracht ziehen der Möglichkeiten im Museum, beschrieben.

Der Nautiluspokal konnte durch diese Bachelorarbeit einen dem Mandat entsprechenden Zustand erreichen, in welchem eine Ausstellung durchgeführt werden und somit zum ersten Mal eine öffentliche Präsentation stattfinden kann.

## Résumé

Ce travail de Bachelor a pour sujet la coupe nautilaire 1968.379. du Musée Historique de Bâle. En 1968, la coupe arrive au musée sous la forme de six pièces détachées qui resteront en l'état jusqu'à ce travail. Il s'agit d'une coupe avec un pied à motifs non-figuratifs. Les parties métalliques ont été réalisées avec un alliage d'argent doré au feu. Le nautilaire présente un aspect nacré sur la majorité de sa surface avec des gravures noircies. Il y a en plus un papier doré à la feuille d'or qui tapit une partie de l'intérieur du nautilaire et de l'or en coquille qui rehausse le rebord de la coupe frontale.

Il a été possible de définir les techniques de façonnage en comparaison avec des échantillons imités l'objet original. Des adaptations et des modifications réalisées postérieurement à la création de l'objet sont visibles, notamment au niveau des brasures tendres et des ajustements des agrafes. On peut en déduire qu'il s'agissait à l'origine de deux objets différents qui n'ont été assemblés qu'ultérieurement.

Le traitement de conservation-restauration de la coupe a d'abord consisté en un nettoyage et un décapage des parties en argent doré, puis en leur assemblage afin de rétablir l'intégrité de l'objet à travers son unité. A noter que le décapage complet de la coupe n'a pas été envisagé, car il était essentiel que l'aspect final de l'objet présente un équilibre entre les différents matériaux. Le décapage s'est fait à l'aide d'un micro-tour, sur lequel étaient fixées des rondelles de coton et de ouate imbibées avec de l'alcool fin et de la craie de champagne. Des bâtonnets ouatés ont aussi été utilisés pour des traitements locaux. Avant de procéder à ce décapage partiel, l'objet a été nettoyé à sec avec de l'alcool fin pour les parties métalliques. Le résultat esthétique amélioré après cette étape a permis d'insister moins lors du décapage à la craie. Pour enlever la craie de l'objet un nettoyage avec une brosse à dent sonore a été imaginé.

Une fois l'objet nettoyé, les parties détachées de la coupe ont pu être unifiées. Au vu des deux parties indépendantes et de la fragilité de l'objet, il a été décidé de fabriquer un support qui permettrait de maintenir les parties et de pouvoir ainsi exposer l'objet dans son unité. Ce support démontable est discrètement placé dans la sertissure et permet de stabiliser les agrafes dans leur position ouverte. Cette position rend possible la contemplation de toutes les gravures noircies du nautilaire. Ainsi, la fabrication du support a permis non seulement de mettre en valeur l'objet exposé, mais aussi d'éviter l'emploi de techniques de remontage trop invasives et irréversibles.

De plus, le caractère démontable du support est un atout du point de vue de la conservation préventive, puisqu'il est possible de stocker les parties métalliques et le nautilaire séparément. Cet aspect est non négligeable, puisque des mesures de conservation préventive adaptées contribueront à ce que l'aspect actuel des parties en argent doré perdure dans le temps. Ce travail propose une solution de stockage avec des recommandations de conditions de conservation optimales, en prenant en compte la situation existante du musée.

Au terme de ce travail et comme demandé dans le mandat, la coupe nautilaire est donc prête à être exposée et admirée pour la première fois par le public du Musée Historique de Bâle.



## 1 Einleitung

Beim Nautiluspokal 1968.379. des historischen Museums Basel handelt sich um ein Objekt mit unklarer Herkunft und Datierung. Seit 1968 ist der Nautiluspokal im Museum gelagert, ohne konservatorische oder restauratorische Massnahmen erfahren zu haben. Er ist bereits in sechs Einzelteilen, teilweise Bruchteilen, im Museum eingegangen und ist bis heute in diesem Zustand erhalten geblieben. Als gelernte Goldschmiedin hat die Verfasserin ein besonderes Interesse daran, sich mit den Objekten dieses Handwerks auseinanderzusetzen. Somit entspricht das von Martin Sauter vorgeschlagene Bachelorprojekt mit der Thematik des Nautiluspokals dem idealen Themenbereich.

In der Arbeit soll das Objekt beschrieben sowie der Zustand dokumentiert und interpretiert werden. Basierend auf den Feststellungen der Zustandsaufnahme und dem Studium der Techniken werden die möglichen Massnahmen ausgearbeitet. Die Massnahmen werden auf ihre Verhältnismässigkeit, ihren Gewinn, ihren Verlust und die Risiken für das Objekt eingeschätzt und ein Restaurierungskonzept erstellt. Dieses wird dem Historischen Museum Basel vorgestellt, welchem die Entscheidung für die Durchführung der Massnahmen obliegt, woraufhin die evaluierten Massnahmen durchgeführt und dokumentiert werden.

## 2 Das Mandat

Das Historische Museum Basel möchte den Nautiluspokal als Einheit präsentieren können. Der Nautiluspokal soll in die Einheit der Kunstkammerobjekte des Historischen Museums eingegliedert werden können. Bisher konnte der Nautiluspokal nicht ausgestellt werden, da der Aufwand für die Konservierungs- und Restaurierungsmassnahmen zeitlich nicht aufgebracht werden konnte. Eine Zustandsaufnahme sowie die Beurteilung der möglichen Massnahmen soll erfolgen. Ein Nautiluspokal ist ein seltenes Objekt. Zusätzliche Informationen steigern das Interesse und tragen zur Wertschöpfung des Pokals bei. Das Historische Museum Basel hat daher ein Interesse daran, möglichst viele Informationen über das Objekt und dessen Herstellung zu erfahren. Die Anforderungen an die Konservierung und Restaurierung sind der Erhalt aller Einzelteile, das Sichtbarmachen der Materialität des vergoldeten Silbers, sowie das Zusammenfügen des Objekts zu einer Einheit. Der Nautiluspokal soll nach den Massnahmen für eine allfällige Ausstellung bereit sein.

### 3 Identifizierung

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Inv. Nr.:             | 1968.379.  |
| Objekttyp:            | Nautiluspokal mit nicht-figürlichem Schaft                                 |
| Materialien:          | Nautiluschale, Silber vergoldet, Kupferlegierung, Papier vergoldet         |
| Dimensionen:          | Höhe: ca. 265 mm    Standfläche: Ø 93 mm                                   |
| Herstellungsmethoden: | Treiben, Ziselieren, Giessen, Prägen, Gravieren, Punzieren, Schneiden      |
| Eigentümer:           | Historisches Museum Basel  |
| Datierung:            | Vermutlich erste Hälfte des 17. Jh.  |
| Aktueller Standort:   | Atelierräumlichkeiten des HMB, Steinenberg 4, 4051 Basel                   |
| Zukünftiger Standort: | Depoträumlichkeiten (Kulturgüterschutz) des HMB, Steinenberg 4, 4051 Basel |



*Abbildung 1 Der Schaft und Fuss, die Bugspange, die Fassung, die Blumenmuttern und die Nautiluschale, Vorzustand*

#### 3.1 Verwendung und Funktion eines Nautiluspokals

Seit dem 16. Jh. entstanden die Wunderkammern und Kunstkammern<sup>1</sup>, dies waren Räumlichkeiten mit einer Vielzahl ausgestellter Objekte verschiedenster Provenienzen. Dazu gehören Scientifica (Objekt naturwissenschaftlichen Interesses), Naturalia (von der Natur hervorgebrachtes) und Artificialia (vom Menschen gefertigtes) zu deren Gruppen die Nautiluspokale mit dem Nautilus als Naturalia und Scientifica und, als Pokal gefasst, als ein Artificialia gehören. In den Wunder- und Kunstkammern sind diese Bereiche bewusst zusammengekommen, da Sammeln, Forschen und Gestalten als Einheit betrachtet wurde (Mette 1995, S. 44 - 49). Die Wunderkammern sollten den Betrachter ins Staunen versetzen. Der Nautiluspokal ist Teil der geordneten Sammlungen, bestehend aus scheinbar disparaten Gliedern, welche als Widerspiegelung kosmischer Ordnung und dem Universum, somit auch dem Göttlichen, gesehen wurde (Scheicher 1979, S. 12). Deren Nutzen und Zusammensetzung veränderte

---

<sup>1</sup> Mette 1995, S. 44

sich mit der Zeit, so auch die Objekte und deren Bearbeitung. Die Nautiluspokale wurden in späteren Jahren vermehrt schlichter gefasst. Eine von Mette beschriebene Hypothese mutmasst, dass die spezifische Wertschätzung des Nautilus in der Möglichkeit begründet, dass diese Naturalia durch die Mathematik ein göttliches Schöpfungsprinzip ersichtlich macht (Mette 1995, S. 48 - 50). Einige dieser Nautiluspokale haben den Weg in ein Museum gefunden. Das Historische Museum Basel besitzt beispielsweise weitere Nautiluspokale (Anhang 2, S.76) sowie ein nicht gefasstes und unbearbeitetes Nautilusgehäuse (Abbildung 5, S.20).

### 3.2 Provenienz und Datierung

Der dem Mandat unterstellte Nautiluspokal gehörte bis zu seinem Tod Hans Bartholomäus Benedikt Burckhardt (1892 - 1968). Er arbeitete in Singapur im Bereich des Übersee Handels, wurde Vertreter des Internationalen Roten Kreuzes und engagierte sich auch nach der Rückkehr in Basel für verschiedenste Organisationen. Die Familie Burckhardt ist eine sehr grosse und einflussreiche Basler Familie mit genauestem ausgearbeitetem Stammbaum (Anhang 3, S.78).

Der Nautiluspokal wurde 1968 dem Historischen Museum Basel als Schenkung aus seinem Nachlass übergeben. Im Eingangsbuch des HMB wurde auf der Inventarkarte (Anhang 3, S.78) eine Frau E. Burckhardt eingetragen, welche den Pokal ins Museum brachte. Wo und wann der Nautiluspokal von H.B.B. Burckhardt erworben wurde, ist unbekannt. Seit der Schenkung durch E. Burckhardt befand sich der Pokal im selben Depot des historischen Museums. Es handelt sich beim Nautiluspokal um den Pokal Nr. 98 im Katalog von Hanns-Ulrich Mette (Mette 1995, S. 207). Durch das Wappen mit drei Lilien ordnet er den Pokal der Zunft zu Safran zu. Dabei handelt es sich jedoch um eine sehr vage Vermutung. Es sind keine weiteren Anzeichen für eine solche Zuordnung vorhanden. Martin Sauter, welcher sich intensiv mit den Basler Zunftobjekten beschäftigt, sieht ebenfalls keinen Zusammenhang mit der Zunft. Die Herkunft wird von Mette in den Niederlanden vermutet. Durch den Vergleich mit Objekten aus diesem Kulturraum wird die Herkunft auch von Herrn Martin Kiener, Herrn Lorenz Seelig und Frau Sabine Söll-Tauchert festgelegt.<sup>2</sup> Jedoch seien niederländische Arbeiten dieser Zeit gewöhnlich höherer handwerklicher Qualität.

Von Hanns-Ulrich Mette wird der Nautiluspokal, mit einem Fragezeichen versehen, in der ersten Hälfte des 17. Jh. datiert (Mette 1995, S. 207). Dies wird unter anderem aufgrund der im Inventar vermerkten Datierung erfolgt sein. Herr Martin Kiener und Frau Sabine Söll-Tauchert sind mit der Datierung in der ersten Hälfte des 17. Jh. einverstanden. Herr Lorenz Seelig schätzt die Entstehung bereits um 1600 oder ebenfalls im frühe 17. Jh.

---

<sup>2</sup> Schadee 1991, S. 55 und Tentoonstelling 1985, S. 172 (Freundlicher Hinweis von Martin Kiener)

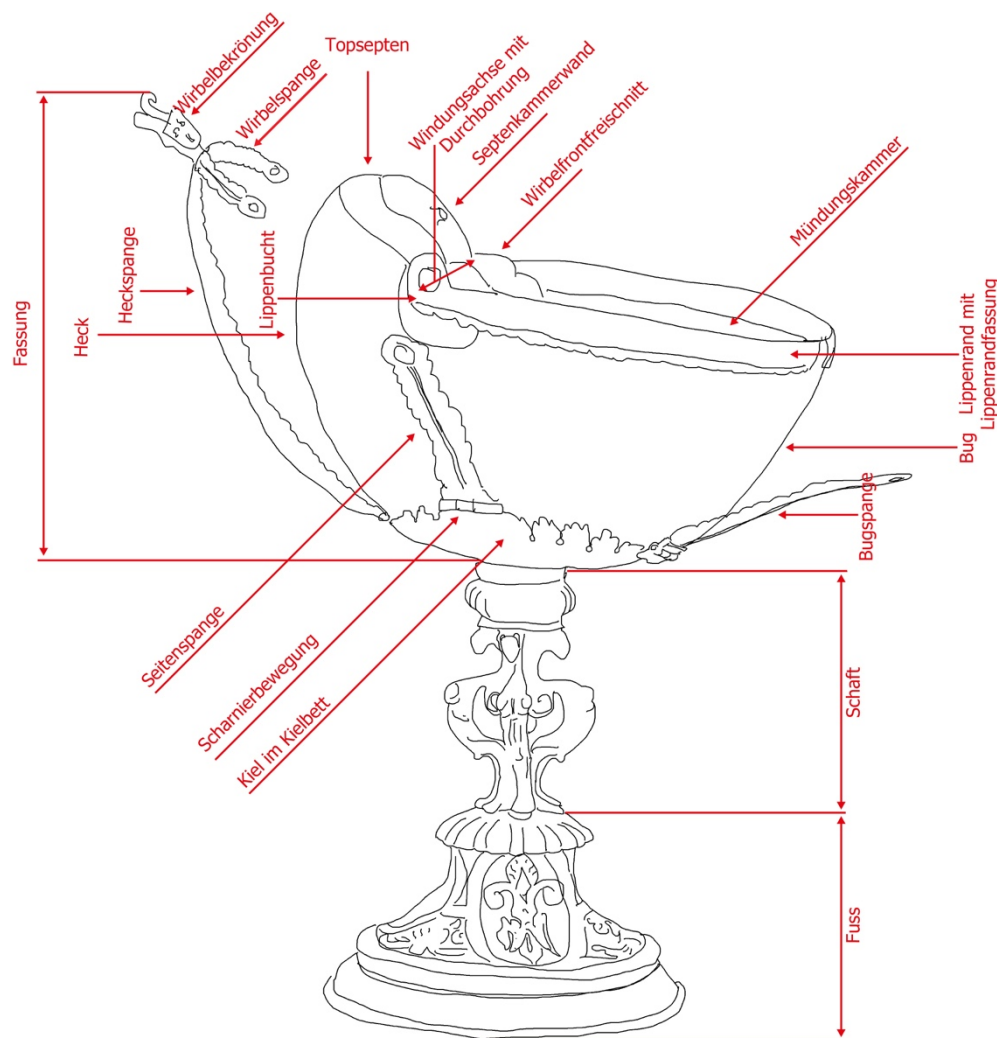
## 4 Methodik

Das Ziel der Arbeit ist es, das Mandat zu erfüllen. Dies erfolgt durch die Zustandsaufnahme, die Erarbeitung und Umsetzung des Konservierungs- und Restaurierungskonzepts. Ein genaues Betrachten der Objektteile lässt das Erstellen der Beschreibung zu. Es werden möglicherweise verwendete Herstellungstechniken betrachtet. Zusätzlich werden die Spuren der Herstellung durch das Nachstellen einer Spange der Fassung verglichen und somit die Vermutungen einer bestimmten Herstellungstechnik bestätigt oder widerlegt. Wobei die praktische Arbeitserfahrung der Verfasserin als Goldschmiedin für das Erkennen von Bedeutung sind. Der Vergleich erlaubt die Unterscheidung von Herstellungsspuren und Abnutzungsspuren, sowie das Erkennen eines Alterungsphänomens auf Grund der Herstellung. Es wird eine Zustandsbeschreibung verfasst und durch eine Zustandskartierung visuell unterstützt. Die REM-, FTIR- und XRF-Analysen sollen die visuellen Einschätzungen bekräftigen oder widerlegen.

Die Diskrepanzen zwischen dem vorliegenden Objektzustand und dem vom Museum gewünschten Zustand am Ende dieser Arbeit werden in den Problematiken erläutert, woraufhin zu Lösungen recherchiert und das Konservierungskonzept erarbeitet wird. Eine Testreihe auf einer nachgebildeten Spange dient als Grundlage für das spätere Freilegen des vergoldeten Silbers auf dem Original. Die Umsetzung des Konzepts wird fotografisch wie auch in Worten dokumentiert. Die Abweichungen vom Konzept werden zusätzlich begründet. Das Endergebnis wird kritisch begutachtet. Zum Schluss wird eine Prognose zur zukünftigen Alterung erstellt und Empfehlungen zur Lagerung und Handhabung abgegeben.

## 5 Objektbeschreibung

Der schwarzgravierte Perlmutternautilus mit der Vier-Spangen-Fassung des Historischen Museums Basel kann nach Mette in die Gruppe der Nautiluspokale mit nicht-figürlichem Schaft eingeordnet werden. Der Nautiluspokal liegt in sechs Einzelteilen vor, dem Nautiluspokal mit der Lippenrandfassung, der Blumenmutter mit Scharnier, der Blumenmutter mit Gewinde, der Silberfassung bestehend aus drei Scharnierspangen mit Kielbett und Gewindeverbindung, der vierten von der Fassung abgebrochenen Spange und dem Fuss.<sup>3</sup> Der Nautiluspokal ist aus mindestens 65 Teilen zusammengefügt. Die gesamte äussere Oberfläche des Silbers ist feuervergoldet. Die verwendeten Materialien und Techniken werden ausführlich in Kapitel 6 Die verwendeten Materialien, S.18, Kapitel 7 Beschreibung der verwendeten Techniken, S.21 und im Anhang 8, S.114 beschrieben.

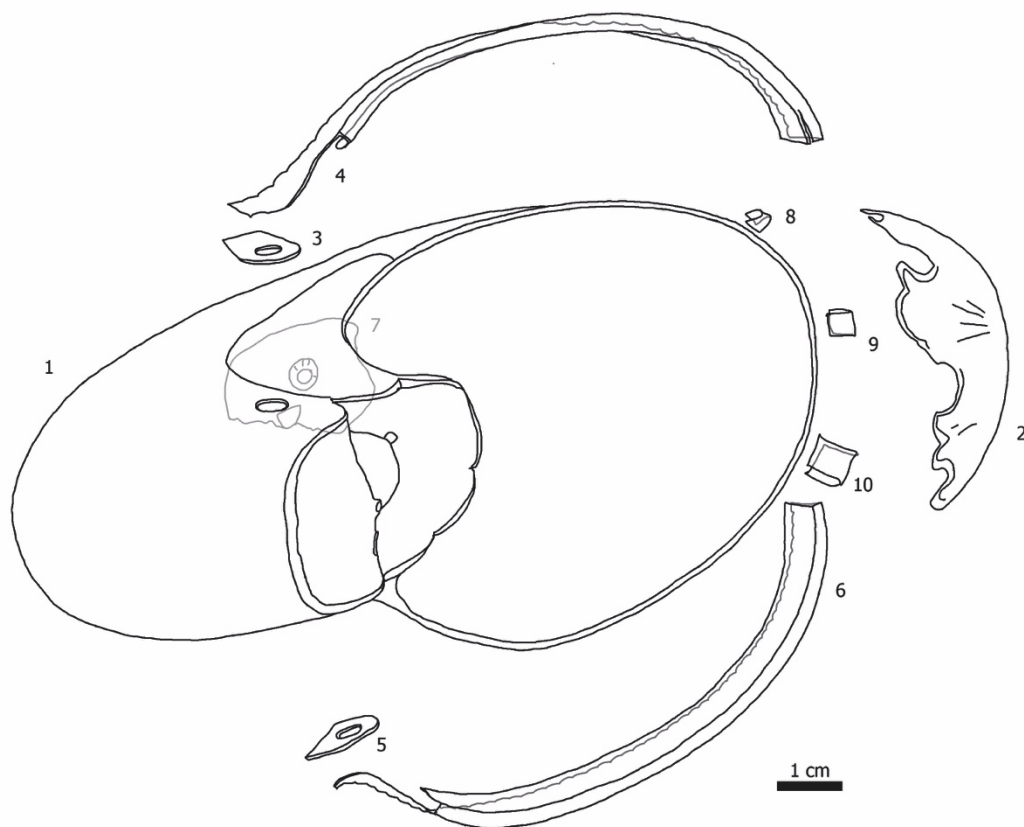


Grafik 1 Der Nautiluspokal mit den Bezeichnungen

<sup>3</sup> Für die Vermassung des gesamten Nautiluspokals siehe: Anhang 4: Objektvermassung S. 78

## 5.1 Der Nautilus

Es handelt sich um einen Nautilus mit sichtbarer Perlmutter-schicht und begradigtem Mündungskammerrand.<sup>4</sup> In der Lippenbucht ist ein Flachreliefkranz mit der natürlichen rötlichbraunen Nautilusstreifenmusterung zu erkennen, ansonsten ist die Oberfläche bis auf die Perlmutter-schicht entfernt. Das Perlmutter weist einen starken Lüster auf mit radialverlaufenden in sich abwechselnden grün und magenta schimmernden Streifen (Abbildung 3, S.14). Es wurde ein Wirbelfrontfreischnitt mit einem Abschluss mit zierenden Bögen vorgenommen. Durch den Wirbelfrontfreischnitt ist die Oberfläche einer Septenkammerwand sichtbar. Eine geschwätzte Gravur verläuft über die gesamte äussere Perlmutteroberfläche. Die Gravur zeigt mit einem Stängel-, Blatt-, und Blütenwerk stilisierte Akanthusblätter über den gesamten unteren Teil des Nautilus. Weiter ist symmetrisch auf beiden Seiten ein Insekt abgebildet, welches an einen Nachtfalter erinnert. Am Bug befindet sich auf der Kiellinie,



Grafik 2 Der Nautilus (1) mit der Lippenrandfassung (4 und 6) und dem blattvergoldeten Papier (2)

<sup>4</sup> Alle Fachbegriffe zur Bezeichnung der Teile eines Nautiluspokals sind in der Grafik 1 Der Nautiluspokal mit den Bezeichnungen, S. 13 visuell erklärt. Die Bezeichnungen für den Nautilus sind aus Mette 1995, S. 28 und 29.



Abbildung 2 Nautilus mit metallimitierendem, blattvergoldetem Papier über den Bruchstellen

ebenfalls symmetrisch ausgerichtet, ein zweiköpfiger Adler graviert. Über seinen Köpfen ist ein Rahmen in der Form einer Krone zu sehen (Abbildung 19, S.52). Am Heck ist ein einköpfiger und somit nicht symmetrischer Adler abgebildet (Abbildung 2, S.14). Um die Mündungskammer ist eine geometrische Zick-Zackform graviert, an welcher Girlanden<sup>5</sup> hängen. Über dieser Form zeigt die Gravur wiederholt ein Ziegelmuster. Somit entsteht der Eindruck von Giebeln eines Daches, durch

Girlanden und Blätter geschmückt. Dieser Bereich zeigt Züge asiatischer Darstellungsweise.<sup>6</sup> Gesamthaft kann die Gravur jedoch als gestalterisch in europäischem Stil mit asiatischen Einflüssen bezeichnet werden.<sup>7</sup>

Der Lippenrand ist mit zwei breiten Silberblechstreifen gefasst, der Lippenrandfassung (Grafik 2, S.13, 4 und 6). Diese ist mit einem Bandmotiv aus gravierten Blättern und mit einer, wie in der Gravur des Nautilus wiederzufindenden, Anreihung kleiner Ziegelformen abgeschlossen (Abbildung 10, S.28). Die Windungsachse, sowie die angelöteten Enden der Lippenrandfassung (3 und 5) sind für die Anbringung der Blumenmutter durchbohrt. Die Spangen der Fassung und die Nautiluschale wurden mit den Blumenmutter durch die Bohrung zusammengehalten. Der Nautiluspokal weist am Bug drei Bruchstücke auf, welche vom Lippenrand ausgehen. Unter der Lippenrandfassung wurden die drei geklebten Bruchstücke jeweils mit einem Papierstreifen (8, 9, 10) verstärkt. In der Mündungskammer wurden die Bruchstücke kunstvoll mit metallimitierendem Papier (2) überklebt. Die Vergoldung des Papiers ist mit schwarzen, gezeichneten Linien versehen. Diese vermitteln den Eindruck eines gravierten Metalls (Abbildung 38, S.115). Mittig in der Perlmutterfläche ist eine Ergänzung zu erkennen.



Abbildung 3 Nautilus mit ovaler Ergänzung in Perlmutter mit weitergeführter Gravur

<sup>5</sup> Meyer 1922, S. 71 – 75 / 598

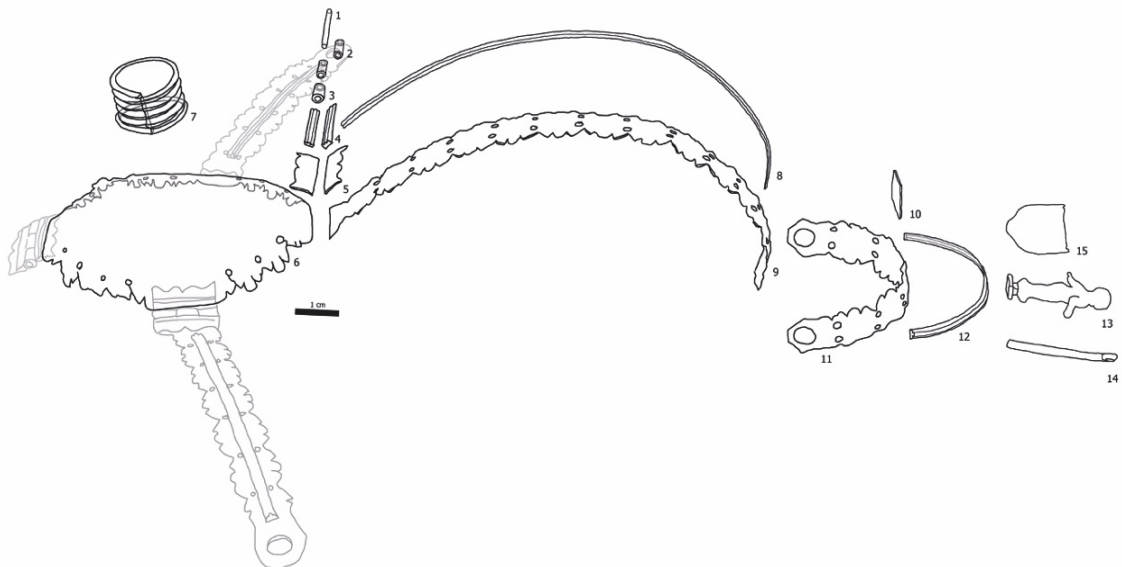
<sup>6</sup> Freundlicher Hinweis von Sabine Söll-Tauchert

<sup>7</sup> Freundlicher Hinweis von Martin Kiener



## 5.2 Die Fassung

Die Fassung bildet das Verbindungsglied des Nautilus und des Schafts sowie das Bett der Nautiluschale. Das Herz der Fassung bildet das Kielbett (Grafik 3, S.15, 6), in welchem der Nautilus mit seinem Kiel liegt. Das Kielbett ist mit Akanthusblättern umrahmt und mit Blütenblättern graviert. Mittig befindet sich ein Gewinde (7). Dieses findet sein Gegenstück am Schaft. Die vier Scharnierspangen welche den Nautilus umfassen, zeigen parallel verlaufende, stark stilisierte Akanthusblätter mit aufgelöteten Mittelprofilen (8 und 12). Die Scharnierverbindungen (1 - 5) zum Kielbett sind beidseitig mit Zierblechen (5) gestaltet, welche zusätzlichen Halt ergeben. Am Ende der Heckspange ist eine weitere Spange angebracht, die Wirbelspange (11). Die Weichlötstelle wurde mit einem dünnen Blech (10) verstärkt. Die Wirbelbekrönung (13 - 15) besteht aus einer Figur mit Stab und einem Schild. Der zugespitzte Dreiecksschild<sup>8</sup> weist um die drei Lilien keine Tinktur auf (Abbildung 95, S.175).



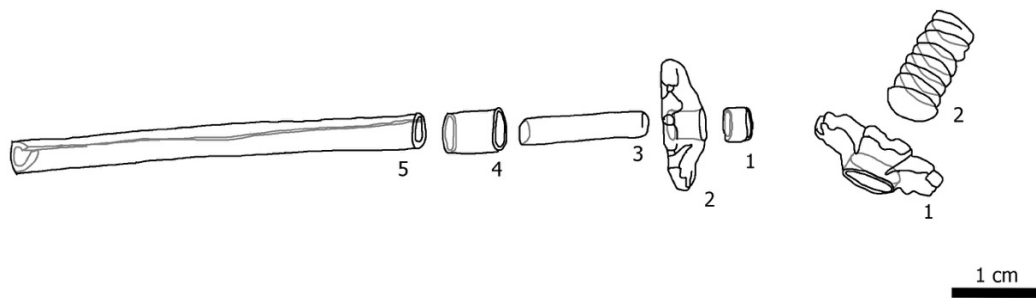
*Grafik 3 Die Vier-Spangen-Fassung mit der Scharnierverbindung (1 - 5), dem Gewinde (7), der Heckspange (9), der Wirbelspange (11), den Mittelprofilen (8 und 12) und der Wirbelbekrönung (13 - 15)*

<sup>8</sup> Meyer 1922, S. 553 / 554



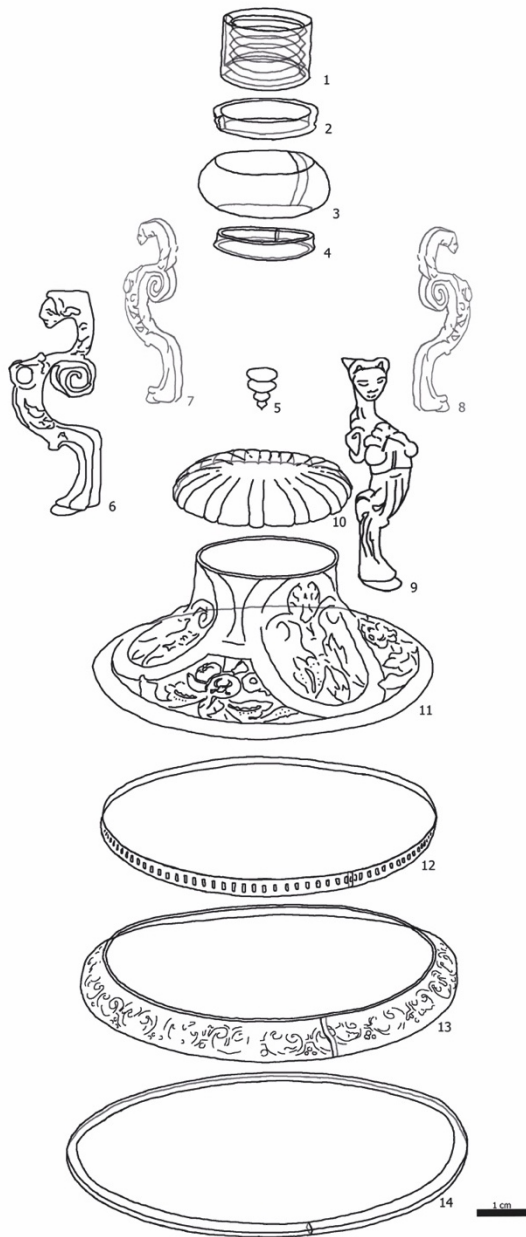
### 5.3 Die Blumenmuttern

Es sind zwei Blumenmuttern vorhanden. Die eine bildet den Kopf auf einem kupferfarbenen Scharnier und in der anderen steckt ein Gewindestift (Abbildung 67, S.132). Wobei diese Blumenmutter das Gegenstück des Gewindestiftes bildete. Die Formen der Blütenblätter der Muttern sind deckungsgleich. Weder das Scharnier noch das Gewinde wurden vergoldet. Beim Gewinde ergeben sich durch die gelbe Farbe geringere farbliche Unterschiede.



*Grafik 4 Die Blumenmutter mit Scharnier (1 - 5) und die Blumenmutter mit Gewinde (1 und 2)*

## 5.4 Der Schaft und der Fuss



Grafik 5 Der Schaft (1 - 10) und der Fuss (11 - 14) mit den Schaftfiguren (6 - 9)

Gemeinsam bilden der Fuss und der Schaft den Stand des Nautiluspokals. Optisch kann dieser in vier Bereiche unterteilt werden. Das Gewinde (Grafik 5, S. 17, 1), welches in ein Ellipsoid (3) eingelassen ist, bildet den ersten Bereich. Diese Form wird von den Köpfen der vier Schaftfiguren (6, 7, 8, 9) getragen. Die Mischwesen bestehen aus einem Kopf mit geschwungenem Hals, welcher in eine Akanthusranke übergeht. Die Gesichter der Mischwesen sind leicht unterschiedlich (Abbildung 44, S.118). Daraufhin folgen die Treibarbeiten (10 und 11) mit einem Muster aus drei Ovalen, welche mit glatter Oberfläche die leicht variierenden, floralen Muster umschliessen (Abbildung 9, S.28). Zwischen den Ovalen befindet sich jeweils eine identische Darstellung von drei Früchten oder Blütenknollen mit Blättern (Abbildung 46, S.120). Es handelt sich dabei um das einzige ringförmige Element ohne Lötstufe. Gestalterisch ergibt das Bandmuster (13) den Abschluss des Fusses. Es besteht aus sich wiederholenden zueinander gedrehten Doppelvoluten (Abbildung 45, S.119). Dieses liegt auf der kreisförmigen Standfläche des Nautiluspokals (14).

## 5.5 Der Stempel

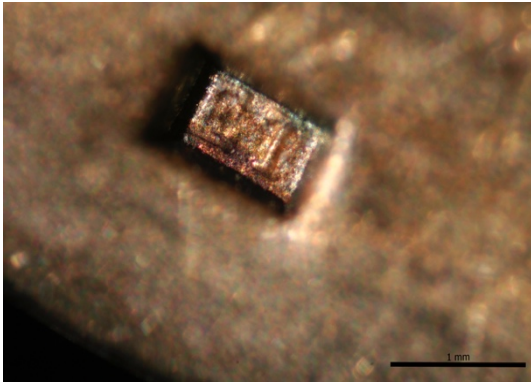


Abbildung 4 "ET" Stempel auf dem Standing des Fusses

Es sind drei der 0,9 mm x 0,5 mm kleinen, rechteckigen Stempel auf dem Pokal vorhanden. Sie zeigen in erhöhter Serifen - Schrift „ET“. Diese sind wie folgt platziert: Auf der Aussenseite der Standfläche des Fusses, auf der Lippenrandfassung im Bereich der Lippenbucht und auf einer Schaftfigur (Grafik 6, S.18). Sie wurden sehr tief in das Material eingeschlagen. Das Entziffern ist durch die Grösse sowie die Tiefe erschwert. Der Stempel konnte als Pariser Einfuhrstempel von Kunstobjekten und Kuriositäten identifiziert werden.<sup>9</sup> Dieser wurde zwischen 1864 und 1893 verwendet (Rosenberg, S. 718).



Grafik 6 Die Positionen der drei "ET" Stempel auf dem Nautiluspokal, gereinigter und freigelegter Zustand

## 6 Die verwendeten Materialien

Am Nautiluspokal sind verschiedene Metalle wie auch andere Materialien vorhanden. Nebst dem Nautilusgehäuse besteht der Pokal grösstenteils aus einer Silberkupferlegierung. Durch deren Vergoldung ist Gold und Quecksilber auf die Oberfläche gelangt. Blei und Zinn sind aufgrund der Weichlötungen vorhanden. Der verbindende Stift in den Scharnierbewegungen ist aus einer

---

<sup>9</sup> Van Dievoet 1992. S. 210

Eisenlegierung. Dem Nautilusgehäuse wurde ein Kitt angefügt, sowie ein geklebtes, teilweise vergoldetes Papier.

## 6.1 Silber und Silberlegierungen

Silber (Lat. Argentum, Ag) weist einen Schmelzpunkt von 962°C auf und eine Dichte von 10,5 g/cm<sup>3</sup> bei einer Temperatur von 20°C (Wolters 2000, S. 59). Metallisches Silber ist weisslich glänzend und lässt sich hervorragend polieren. Durch die Silber-Ionen, welche in der Metalloberfläche enthalten sind, hat Silber eine antiseptische, bakterizide und fungizide Wirkung (Wolters 2000, S. 58).

Durch das kubisch-flächenzentrierte Kristallgitter ist es gut kalt verformbar, wohingegen es bei warmer Verformung schnell brechen kann. Es handelt sich um das Metall mit der besten Leitfähigkeit für Wärme und elektrischen Strom (Koesling 1999, S. 202). Durch seine physikalischen Eigenschaften und den optischen Eigenschaften ist das Silber ein bevorzugter Werkstoff für Objekte dekorativen Charakters. Silber wird sowohl als massives Material wie auch als Überzüge verwendet. Es wird meist in legierter Form verarbeitet, um die Härte zu steigern sowie den Preis zu senken. Der Hauptlegierungszusatz war und ist Kupfer. Bei erhöhtem Kupferanteil in der Silberlegierung kann sich eine gelbliche Färbung ergeben. Weiter können gewinnungsbedingte Verunreinigungen wie Gold und Blei in der Legierung vorhanden sein (Costa 2001, S. 19 – 21).

Silber ist in den meisten Säuren und Basen beständig, ausser in Salpetersäure und in heisser konzentrierter Schwefelsäure (Selwyn 2004, S. 148).

## 6.2 Kupferlegierungen

Kupfer (Lat. Cuprum, Cu) weist einen Schmelzpunkt von 1083°C auf und eine Dichte von 8,92 g/cm<sup>3</sup> bei einer Temperatur von 20°C (Wolters 2000, S. 58). Kupfer ist Hauptbestandteil von Messing- und Bronzelegierungen. Die XRF-Analysen ergaben, dass das Scharnier der Blumenmutter aus einer Kupferlegierung mit Zinkanteilen besteht und das Gewinde aus einer Kupferlegierung mit viel Zink und etwas Blei sowie Zinn (Anhang 5, S.83). Durch den Hauptlegierungsanteil Zink kann die Legierung des Gewindes als bleihaltiges Messing bezeichnet werden (Selwyn 2004, S. 57). Kupfer ist ein wichtiger Legierungszusatz. Das eutektische Mischverhältnis von Silber und Kupfer liegt bei 70% Silber mit 30% Kupfer, womit der Schmelzpunkt bei 779°C liegt. Dieses Mischverhältnis wurde von Theophilus als Lotlegierung beschrieben (Brephol 1987, S. 105).

### 6.3 Der Nautilus pompilius und sein Gehäuse



Abbildung 5 Unbearbeitetes Nautilusgehäuse ©HMB

Das Nautilusgehäuse ist die logarithmisch aufgebaute Schale des Nautilus pompilius. Der Nautilus pompilius gehört wie der Tintenfisch zu den Kopffüssern. Die äussere Schale ist grundsätzlich aus drei Schichten aufgebaut. Die oberste Schicht ist eine dünne, leicht durchscheinende Schicht, die Conchiolinschicht. Sie ist hauptsächlich aus Chitin aufgebaut, einer organischen Substanz. Die zweite Schicht ist eine dickere, weisse Schicht, welche zu 90 % aus Calciumcarbonat besteht. Direkt unter der Conchiolinschicht ( $\text{CaCO}_3$ ) sind rötlichbraune Farbpigmente in die Calciumcarbonat-

schicht eingelagert. Durch die Farbpigmente bildet sich ein radial verlaufendes Streifenmuster über den Nautiluswirbel und das Heck des Nautilus (Abbildung 5, S.20). Die dritte Schicht ist die Perlmuttersschicht (Mette 1995, S. 30). Die Perlmuttersschicht befindet sich als innerste oder als eine mittlere Schicht im Aufbau jedes Perlmutter bildenden Tieres.<sup>10</sup> Die Perlmuttersschicht erhält ihren irisierenden, schimmernden Glanz durch die eingelagerten Aragonitplättchen, welche Interferenzen des absorbierenden Lichtes verursachen (Büttner 2000, S. 11). Dieser irisierende Glanz wird Luster genannt.

Die Septenkammern entstehen durch die verschiedenen Wachstumsphasen des Nautilus. Die letzte und grösste Kammer ist die Mündungskammer, in welcher der Kopffüsser lebt. Durch den Gewebeslauch, welcher durch alle Septenkammern führt, kann ein Gasgemisch in die Kammern gefüllt werden. Dadurch wird es dem Nautilus möglich, im Wasser zu schweben. Sein Kopf ist zusätzlich von einer Kappe geschützt. Der Kopf, die Augen und ca. 90 Tentakeln ragen aus der Gehäuseschale des fleischfressenden Cephalopoda heraus.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Büttner 2000, S. 11

<sup>11</sup> Mette 1995, S. 30

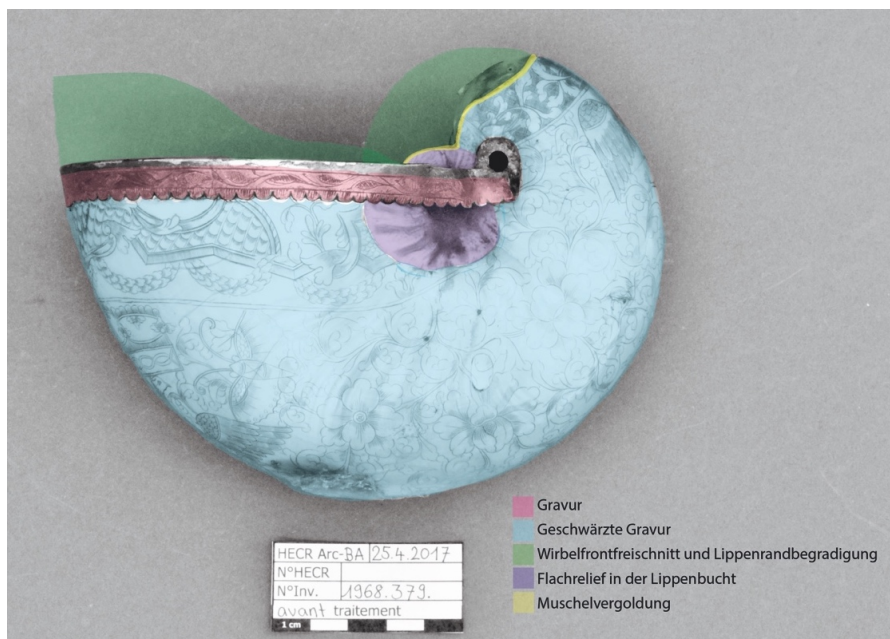


## 7 Beschreibung der verwendeten Techniken

Um das Objekt besser zu verstehen, wurden im Rahmen dieser Arbeit die verwendeten Herstellungstechniken untersucht. Dadurch konnten Werkzeug- und Alterungsspuren differenziert und deren allfälligen Einflüsse auf den Zustand der Materialien erkannt werden. Die Erkenntnisse über die Herstellungstechniken sind von Belangen für die Datierung und die Bestimmung der Zusammengehörigkeit. Nachfolgend werden die erkannten Techniken auf den drei Hauptteilen des Nautiluspokals beschrieben, wobei die einzelnen Ziertechniken im Anhang 8, S.114 zusätzlich erläutert werden. Die Einzelteile wurden mit verschiedenen Hartlötungen sowie mit Weichlötungen (Kapitel 9.2, S.31) verbunden. Die feuervergoldete Oberfläche der Metallarbeiten weist die Spuren einer Druckpolitur auf.

### 7.1 Das Nautilusgehäuse und die Blumenmuttern

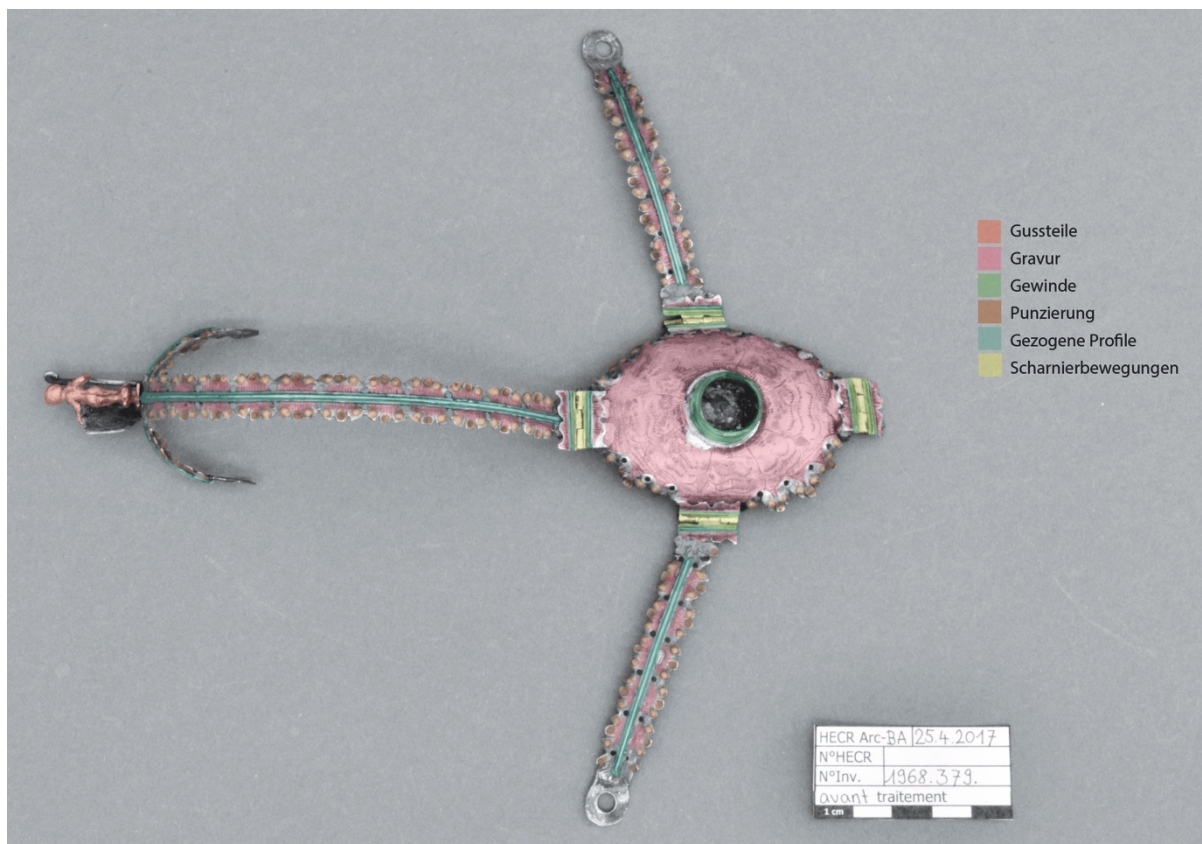
Am Nautilus wurde die Perlmutter-schicht freigelegt. Diese wurde grossflächig mit einer geschwärzten Gravur versehen. Die Deckschicht des Perlmutters wurde den erkannten Spuren zufolge mechanisch entfernt (Abbildung 36, S.114). In den Gravuren konnten Vorzeichnungsspuren mit der Reissnadel erkannt werden. Es wurde ein Wirbelfrontfreischnitt und eine Lippenrandbegradigung durchgeführt. Der gerade Lippenrand wurde mit einer gravierten Lippenrandfassung versehen. Am Bug in der Mündungskammer wurde das Papier welches die Bruchstelle kaschiert blattvergoldet. Auf diese Blattvergoldung wurde mit dunkler Farbe eine Gravur imitiert (Abbildung 14, S.49). Die Kante des Wirbelfrontfreischnitts wurde mit einer matten Muschelvergoldung versehen (Abbildung 39, S.116). Die Blumenmuttern wurden gegossen und das Scharnier gezogen.



Grafik 7 Kartierung der verwendeten Ziertechniken am Nautilusgehäuse und der Lippenrandfassung

## 7.2 Die Fassung

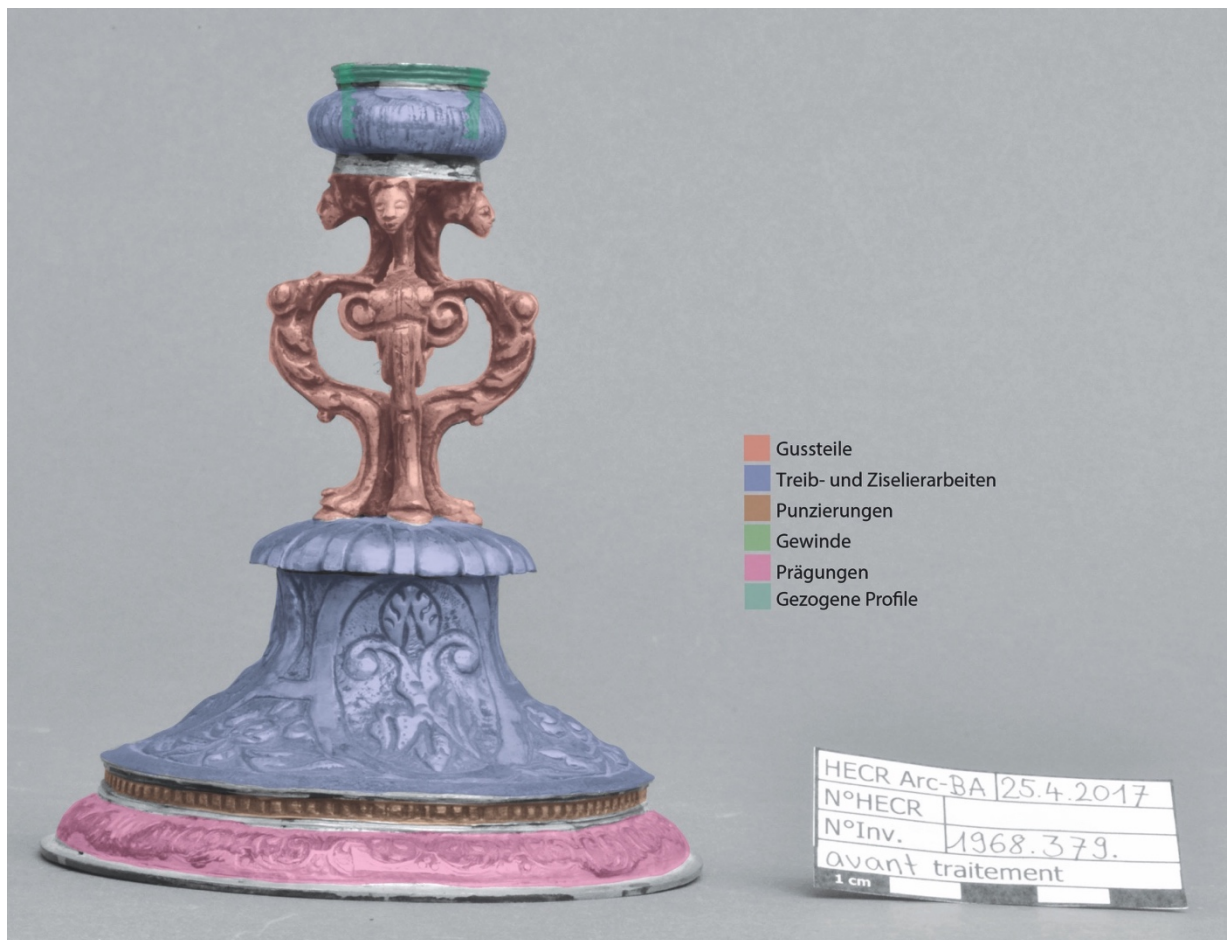
Ein Grossteil der Oberfläche wurde mit einer Gravur verziert (Abbildung 41, S.117). Die durch das Schneiden mit einer Blechschere geformten Akanthusblätter erhielten durch Punzierung ihre Plastizität. Mittig sind auf den Spangen gezogene Profile aufgelötet. Dieselben Profile sind auf den Zierblechen der Scharnierverbindungen wiederverwendet worden. Die Figur der Wirbelbekrönung wurde gegossen. Die Spangen sind jeweils mittels einer Scharnierbewegung (Abbildung 51, S.122) mit dem Kielbett verbunden. Die Fassung weist ein Gewinde für die Verbindung zum Schaft auf (Abbildung 50, S.121).



Grafik 8 Kartierung der verwendeten Ziertechniken an der Fassung

### 7.3 Der Schaft und der Fuss

Das Gegenstück zum Gewinde der Fassung befindet sich in einem Ellipsoid, welches ein getriebenes Relief aufweist. Das darüber liegende Band kann als ein gezogenes Profil erkannt werden. Die Schaftfiguren und deren Mittelteil wurden gegossen und vermutlich mit dem Stichel überarbeitet (Abbildung 44, S.118). Die zwei darauffolgenden Teile wurden getrieben und ziseliiert (Abbildung 9, S.28). Das Bandmuster mit den Doppelvoluten wurde geprägt. Zwischen diesen beiden Arbeiten befindet sich ein feiner Rand mit einer Punzierung (Abbildung 45, S.119).



Grafik 9 Kartierung der verwendeten Ziertechniken am Schaft und am Fuss



## 7.4 Schlussfolgerungen zur Objektbeschreibung und Ausführung der verwendeten Techniken

Die am Objekt verwendete Ornamentik entspricht der üblichen Gestaltungsweisen von Silberarbeiten. Die Verwendung des Akanthusblattes<sup>12</sup> ist sehr verbreitet und in diversen Variationen auch bei anderen Pokalen wiederzufinden (Anhang 2, S.76).

Es kann festgestellt werden, dass viele verschiedene Techniken zur Ausführung des Pokals verwendet wurden. Für die Verzierung der Fassung sowie der Lippenrandfassung wurde die Technik des Gravierens angewandt, auf dem Fuss hingegen ist keine Gravur vorhanden. Dieser wurde primär mit verformenden Techniken gestaltet, welche wiederum auf der Fassung kaum angewandt wurden.

Die handwerkliche Qualität der Ausführung weist innerhalb des Objekts Unterschiede auf. Dies ist an den Lötstellen deutlich ersichtlich. An den Innenseiten sind nicht geflossene Lotpailletten zu erkennen. Dies bedeutet, dass keine genügende Erwärmung des Objekts stattgefunden hat. Gleichzeitig sind an der Innenseite des Fusses eingefressene Lötungen ersichtlich (Abbildung 6, S.24). Dabei wird es sich um tieferschmelzende Hartlote handeln, woraufhin während des Herstellungsprozesses schneller eine Überhitzung erfolgte. Die verlöteten Teile sind teilweise nicht genau zusammengepasst, wodurch Fugen entstanden. Durch das Lot konnten diese nicht vollständig geschlossen werden. Es sind grosse Lotmengen auch auf den Vorderseiten zu erkennen (Abbildung 62, S.130). Diese weisen darauf hin, dass bei den meisten Lötungen Unregelmässigkeiten überbrückt werden mussten.

Die Ausführung des geprägten Musterbandes ist sehr ungenau gearbeitet. Die Prägungen sind ungleichmässig eingedrückt und überschneiden sich mehrmals (Abbildung 45, S.119). Die Treib- und Ziselierarbeit ist hingegen präziser ausgeführt, so auch die Gravuren. Alle Lötstellen der Bänder sind gut sichtbar und kaum überarbeitet. Das Verzieren nach dem Löten hätte die Lötfrage mehrheitlich kaschieren können.

Die Ziertechniken des Nautilusgehäuses sind präzise und in guter handwerklicher Qualität ausgeführt.

Die gestalterische Darstellung wird jedoch von Herr Martin Kiener als unharmonisch und für europäische Verhältnisse dieser Zeit als ungewöhnlich betrachtet.



Abbildung 6 Der Fuss von Unten, mit eingefressenen Hartlötungen

<sup>12</sup> Meyer 1922, S. 45 - 54

F. Schweizer bezeichnet in der Arbeit über die metallographischen Untersuchungen von antiken Silbergegenständen unter anderem das Feuervergolden als möglicher Grund von Kupferausscheidungen innerhalb des Gefüges einer Silberkupferlegierung, wodurch eine starke Versprödung des Materials erfolgt. Diese Ausscheidungen finden bei einer Erwärmung im Temperaturbereich zwischen 150 - 500°C statt. Die Ausscheidung erfolgt in Form von Lamellen (Schweizer 1979, S. 109 - 112). Durch ein Abschrecken der Legierung nach dem Glühen kann eine solche Bildung von Kupferausscheidungen vermieden werden. Eine Feuervergoldung erfolgt bei Temperaturen zwischen 200°C und 350°C (Anheuser 1999, S. 39). Es besteht die Möglichkeit, dass sich dieser Effekt beim Nautiluspokal ergeben hat. Durch ein Abschrecken der Legierung nach dem Glühen kann dies vermieden werden. Bruno Ferigutti bestätigte, dass die Objekte nach dem Feuervergolden meist abgeschreckt werden, womit diesem Effekt vorgebeugt wird. Ohne eine metallographische Untersuchung eines Querschliffs kann dies weder bestätigt noch ausgeschlossen werden. Dadurch besteht jedoch die Möglichkeit einer erfolgten Steigerung der Bruchempfindlichkeit des Materials. Darauf lassen zusätzlich die im Bereich des Kielbetts erkannten Risse schliessen.

## 8 Hypothesen zur Zusammengehörigkeit

Der Nautiluspokal kam bereits in Einzelteilen ins HMB (Abbildung 30, S.78). Daher muss in einem ersten Schritt festgestellt werden, ob die vorhandenen Teile zusammengehörig sind. Dies ist deutlich an der Gewindeverbindung der Fassung zum Schaft zu erkennen. Die Gewindegegenstücke sind sichtbar gemeinsam gefertigt (Abbildung 50, S.121). Weitere einheitliche Elemente sind die gezogenen Profile, welche an der Fassung wie auch am Schaft verwendet wurden. Die Profile stammen aus demselben Zieheisen und zeigen daher die Fertigung in einer Werkstatt. Die Zusammengehörigkeit der Fassung und des Nautilus kann an den Verschmutzungen auf dem Nautilus erkannt werden. Diese zeichnen die Form inklusive der Löcher der Spangen ab (Abbildung 18, S.52). Die Bruchstelle der Bugspange ist der Bruchstelle an der Scharnierbewegung des Kielbetts zuzuordnen. Es ist festzustellen, dass die Länge des Scharniers und des Gewindes der Blumenmuttern mit der Länge der Windungsachsendurchbohrung korreliert. Die vergleichbaren Alterungserscheinungen der Oberfläche weisen auf gemeinsam erlittene äussere Einflüsse. Somit ist festzuhalten, dass der Nautiluspokal im vorliegenden Zustand zusammengehörig ist und dem letzten bekannten einheitlichen Zustand des Objekts entspricht.

In der früheren Objektgeschichte scheint es jedoch Änderungen gegeben zu haben. Dazu konnten im Verlauf der Arbeit die beschriebenen Erkenntnisse gewonnen werden, welche zur folgenden Hypothese der Objektgeschichte führten.

Vermutet wird, dass das Nautilusgehäuse bereits in Asien in der ersten Hälfte des 17.Jh.<sup>13</sup> von einem geübten Handwerker graviert wurde. Die Darstellungen zeigen, dass nach europäischem Geschmack gearbeitet wurde. Daraufhin wurde vermutlich in Europa mit der Nautiluschale ein Nautiluspokal gefertigt.<sup>14</sup> Von diesem Pokal ist heute jedoch nur noch das Gehäuse und die Lippenrandfassung vorhanden. Die passende Fertigung zeigt sich in der Wiederholung der dargestellten Ziegelformen der Gravur wie auf der Lippenrandfassung (Abbildung 10, S.28). Im Laufe der Geschichte dieses unbekannten Pokals wird die Ausführung der Muschelvergoldung vermutet. Es ist wahrscheinlich, dass diese Verzierung zeitgleich wie das Kleben und Kaschieren der Bruchstücke im Nautilus erfolgte, da es sich bei beiden Vergoldungstechniken um



Abbildung 7 Seitenspange in gewinkelter Position mit überfeilter Weichlötung

<sup>13</sup> Eine Einschätzung von Frau Sabine Söll-Tauchert und Herr Martin Kiener

<sup>14</sup> Mette 1995, S. 87



*Abbildung 8 Die Einzelteile des Nautiluspokals, gereinigt und freigelegt*

Techniken der Buchmalerei handelt (Landischen 1753, S. 121 - 125). Die Nautiluschale wurde aus unbekannten Gründen von seiner ersten Fassung getrennt.

Die vergoldeten Silberteile des Pokals 1968.379. wurden unabhängig der nun zugehörigen Nautiluschale gefertigt. Deutlich ist dies durch die Anpassungen der Spangen zu erkennen. Die Änderungen wurden an allen vier Spangen vorgenommen. Bei genauerem Betrachten kann erkannt werden, dass die Seitenspangen willentlich in einem stärkeren Winkel neu angebracht wurden (Abbildung 7, S.26). Die Bugspange wurde am Ende mit einer neuen Verbindung zur Nautiluschale ausgestattet (Abbildung 59, S.129) und die Wirbelspange wurde neu mit der Heckspange verlötet. Die Lötungen wurden mit Weichlot durchgeführt, um die Vergoldung nicht zu gefährden. In diesem Zuge könnten auch die Blumenmuttern als verbindende Glieder beigefügt worden sein. Die geringere Vergoldung, die Kupferlegierungen, sowie die handwerklich minderwertige Ausführung weisen auf ein späteres Anfügen hin.

Es können keine wiederkehrenden Symbole der Lippenrandfassung auf dem restlichen Pokal erkannt werden. Die Gravuren zeigen die Verwendung unterschiedlicher Stichel für die Lippenrandfassung, wie für das Kielbett. Die Vergoldungsstärke wie auch die Grösse der Goldplättchen (Abbildung 65, S.130) zeigen, dass die beiden Teile nicht im selben Arbeitsgang vergoldet wurden. Die verstärkte Korrosion der Lippenrandfassung lässt zusätzlich Legierungsunterschiede vermuten.<sup>15</sup>

Die Nautiluschale mit Lippenrandfassung und die Fassung mit Fuss können somit deutlich als unabhängig gefertigte Objektteile identifiziert werden.

---

<sup>15</sup> Da die Nautiluschale als zu fragil für einen Transport eingeschätzt wurde, konnten keine XRF-Analysen der Legierung der Lippenrandfassung vorgenommen werden.





*Abbildung 10 Bug des Nautilus mit der gravierten Andeutung deines Daches und der Lippenrandfassung mit*



*Abbildung 9 Der Fuss mit den beiden getriebenen Elemente und dem geprägten Bandmuster*

Innerhalb der Metallararbeit der Fassung und des Fusses können Hinweise auf ein Objekt mit einzelner wieder verwenden Teilen erkannt werden. Diese gehören jedoch zum ursprünglichen Nautiluspokal, sie sind kein Hinweis auf spätere Änderungen. Dies ist ersichtlich, da alle Teile der Fassung, des Schafts und des Fusses gemeinsam vergoldet wurden. Zu sehen ist dies an den vergleichbaren Goldplättchen und einer optisch vergleichbaren Vergoldungsdicke. Die XRF-Analysen haben zusätzlich vergleichbare Quecksilberanteile messen können (Grafik 34, S.97). Durch die XRF-Analysen der Silberlegierung konnten keine deutlichen Unterschiede festgestellt werden, welche zusätzlich auf ein Wiederverwenden von Objektteilen hinweisen würde (Anhang 5, S.83). Trotzdem sind herstellungstechnische Differenzen zu erkennen. Die reifenförmigen Teile des Fusses sind aus einem gelöteten Band gefertigt. Nur das getriebene Teilstück ist aus einem Stück gefertigt. Die Qualität der handwerklichen Ausführung der Treib- und Ziselierarbeit ist höher als bei den restlichen Objektteilen. So auch das darüber liegende, getriebene Blech. Die beiden Teile sind durch eine auffällig saubere Lötung verbunden. Daher ergibt sich die Vermutung, dass diese beiden Teile gemeinsam

aus einem anderen Objekt entnommen und wiederverwendet wurden. Es kann zusammengefasst gesagt werden, dass es sich um zwei unabhängig voneinander gefertigte Objektteile, dem Nautilus mit Lippenrandfassung und dem gesamten Fuss mit Fassung handelt (Abbildung 8, S.27). Durch die Spuren der Abänderungen ist ersichtlich, dass sie einander angepasst wurden und einen neuen kompletten Pokal in der aktuellen Zusammensetzung ergaben. Zusätzlich können widerverwertete Teile bei der Herstellung des Pokals nicht ausgeschlossen und teilweise sogar vermutet werden.

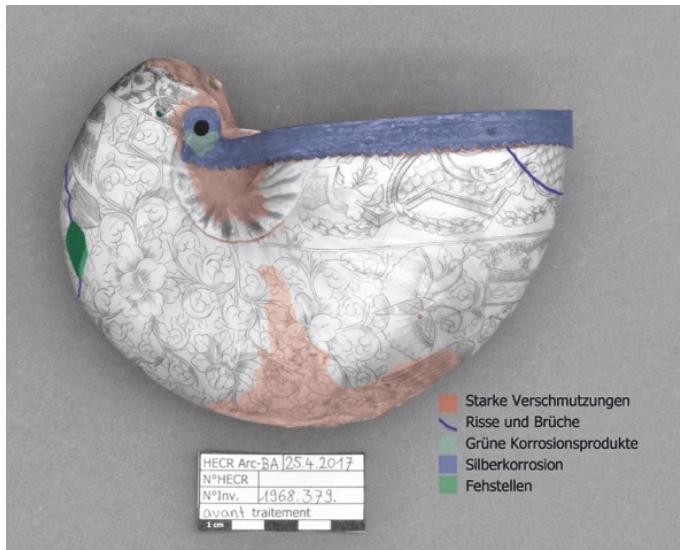
Infolge der Betrachtung von Abbildungen haben mehrere Experten die Frage der Zusammengehörigkeit beurteilt. Martin Kiener sah in der Gestaltung keine Hinweise auf ein Objekt aus Teilen unterschiedlicher Herkunft. Diese werden jedoch von Maximilian Heimler als wahrscheinlich betrachtet. Auch Herr Lorenz Seelig sieht in mehreren Teilen Unterschiede, welche dies als Möglichkeit offenlassen.

## 9 Zustandsbetrachtung

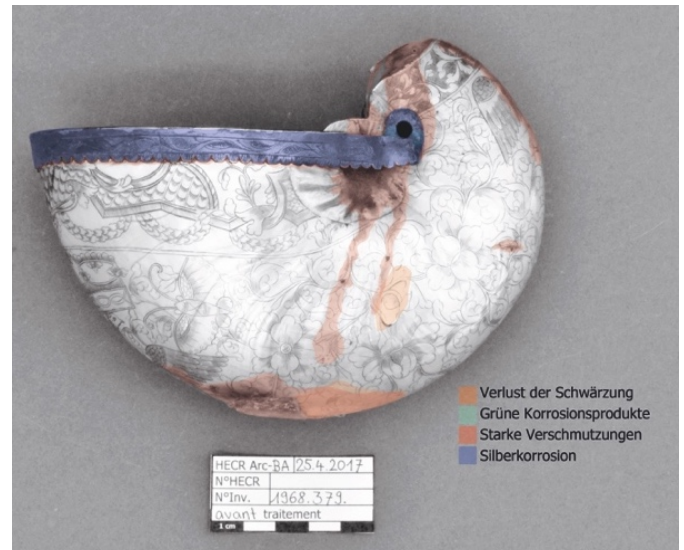
Der Nautiluspokal ist in sechs Einzelteilen vorliegend. Es sind keine grösseren fehlenden Objektteile festzustellen. Auf der gesamten Oberfläche des Pokals sind Staubablagerungen vorhanden. Das Erscheinungsbild der Silberoberfläche weist durch die schwarzen Korrosionsprodukte ein fleckiges Bild auf, welche helle, goldene bis tief schwarze Bereiche beinhaltet. Im Anhang 9, S.126 ist ein detaillierter Zustandsbeschrieb aller Teile zu finden.

### 9.1 Das Nautilusgehäuse und die Blumenmuttern

Der Nautilus ist gesamthaft mit Staub bedeckt. In den Bereichen der Position der Fassung sind zusätzlich stärkere Verschmutzungen vorhanden. Die Nautiluschale weist mehrere Brüche und, von der grossen Fehlstelle aus, zusätzlich Risse auf. Geringfügig kann ein Verlust der Schwärzung erkannt werden (Grafik 10 – Grafik 14, S.29 und 30). In der Mündungskammer ist vom Papier aus eine stark verschmutzte Laufspur zu erkennen. Die Lippenrandfassung ist mit einer gleichmässigen Silberkorrosion bedeckt und an den Lötstellen sind geringe Mengen grüner Korrosion vorhanden. Auch die Kupferlegierungen der Blumenmuttern weisen grüne Korrosionsprodukte auf (Grafik 12, S.30). Die verbindende Lötung der Blumenmuttern ist gebrochen.



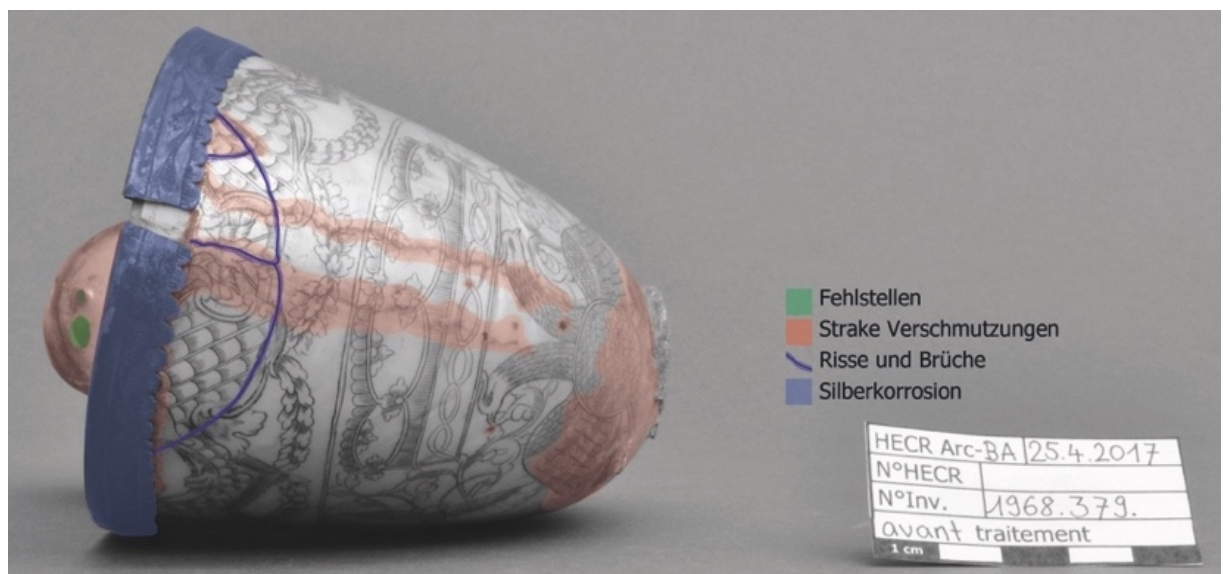
Grafik 10 Zustandskartierung des Nautilus, linke Seite



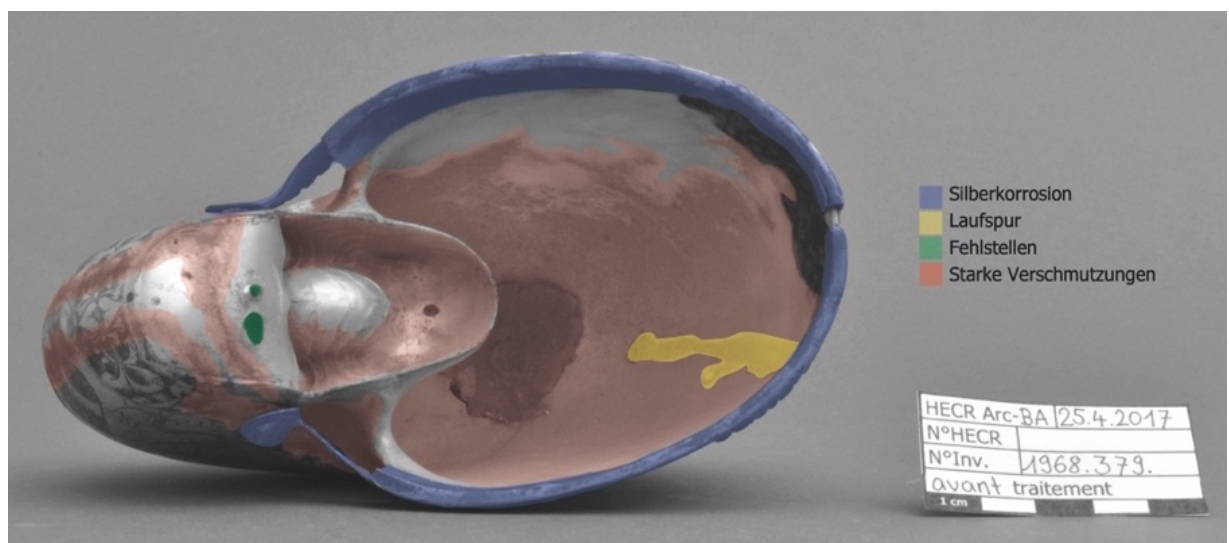
Grafik 11 Zustandskartierung des Nautilus, rechte Seite



Grafik 12 Zustandskartierung der Korrosionsprodukte der Blumenmuttern



Grafik 13 Zustandskartierung der Bugseite des Nautilus

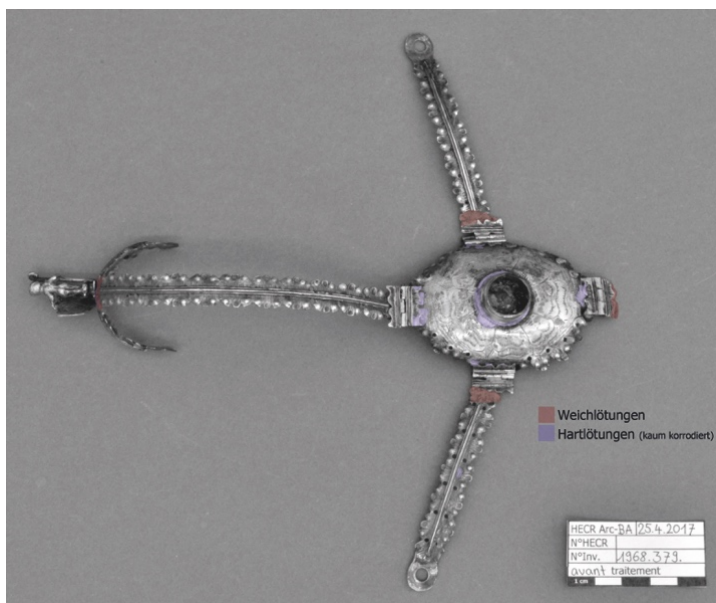


Grafik 14 Zustandskartierung des Nautilus mit Sicht in die Mündungskammer



## 9.2 Die Lötungen

Es sind unterschiedliche Erscheinungen in Bezug auf die Lötungen am Nautiluspokal zu erkennen. Bei den meisten Lötungen handelt es sich um Hartlötungen, welche wie das umliegende Material gealtert sind. Es sind jedoch zusätzlich Hartlötungen zu erkennen, welche kaum Korrosionserscheinungen aufzeigen (Grafik 16, S.31). Diese scheinen sich vermehrt in Bereichen zu befinden, in welchen herstellungsbedingt Hartlote mit geringerem Schmelzpunkt verwendet wurden. Am Nautiluspokal wurden fünf Weichlötungen ausgeführt (Grafik 15, S. 31). Dabei muss zwischen der Bugspangenlötung und den weiteren vier Lötungen unterschieden werden. Am Ende der Bugspange ist das Blech für die Befestigung am Lippenrand ebenfalls mit einer Weichlötung ausgeführt. Die Weichlötung bei der Scharnierverbindung der Bugspange weist keine Alterungserscheinungen auf (Abbildung 61, S.129). Die restlichen vier Lötungen weisen helle, krustige Korrosionsprodukte auf, sind in das Grundmaterial eingefressen und an den Vorderseiten mit samt den Verzierungen überfeilt worden (Abbildung 7, S.26).



Grafik 15 Kartierung der korrosionsbeständigen Hartlötungen (violett) und den Bleizinnweichlötungen (braun) an der Fassung

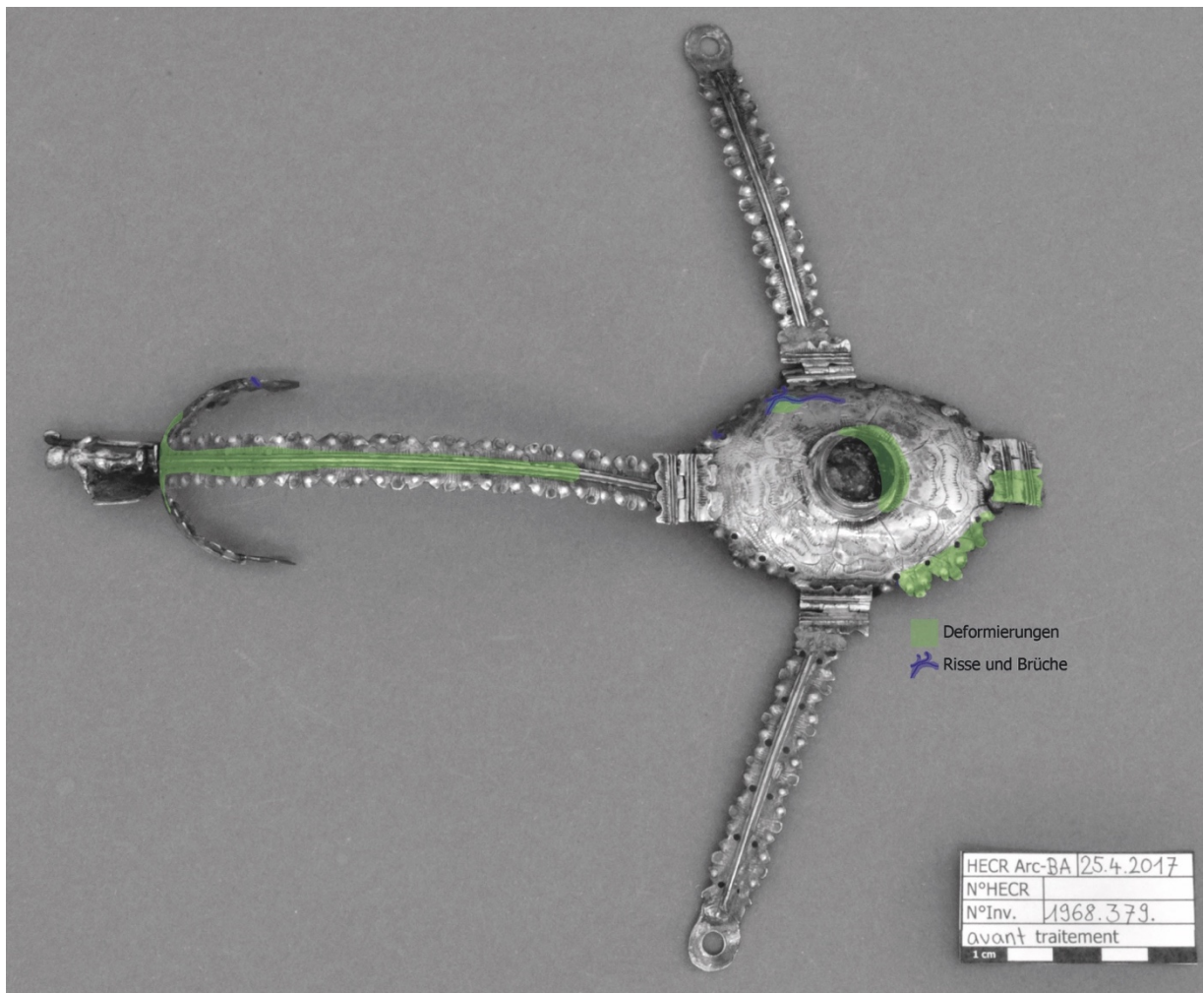


Grafik 16 Kartierung der korrosionsbeständigen Hartlötungen (violett) am Schaft und am Fuss



### 9.3 Die Fassung, der Schaft und der Fuss

Die vergoldeten Silberbestandteile sind ebenfalls gesamthaft mit Staubablagerungen bedeckt. Weiter ist bis auf die beschriebenen Hartlötungen, die Oberfläche beinahe überall mit verschiedenen ausgeprägten schwarzen Korrosionserscheinungen bedeckt (daher sind diese nicht in den Kartierungen der Fassung und des Ständers vermerkt). Weiter sind an der Fassung wie auch am Ständer Deformationen zu erkennen. Das Gewinde der Fassung ist leicht gekippt, der Schaft leicht schräg, die Ränder des Kielbetts nach Aussen gebogen und die Heckspange entspricht keiner dem Nautilus angepassten Form (Grafik 17, S.32). Das Zierblech der Scharnierverbindung der Bugspange ist teilweise abgelöst (Abbildung 60, S.129). Die Bugspange ist auseinandergebrochen und nicht mehr mit dem Objekt verbunden. Vereinzelt sind an den Spangen Bereibungen der Punzierungen zu erkennen.


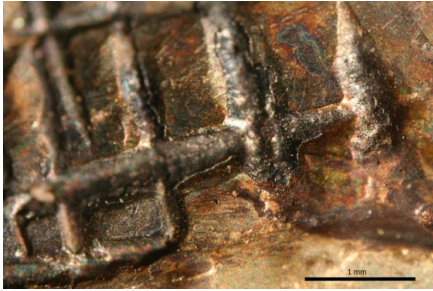

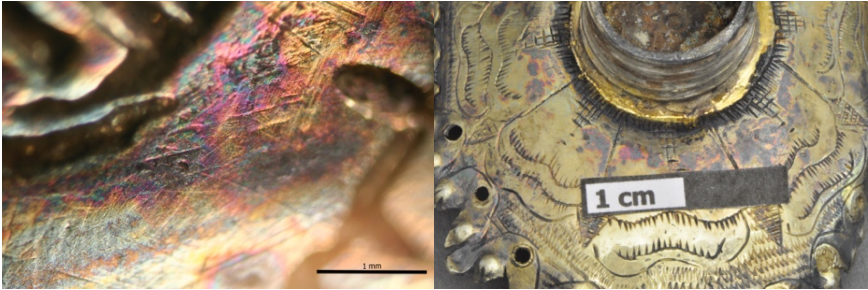





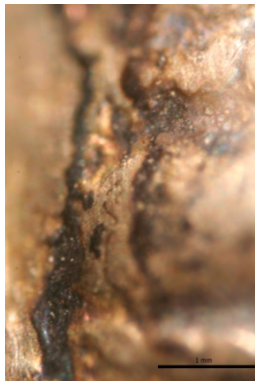

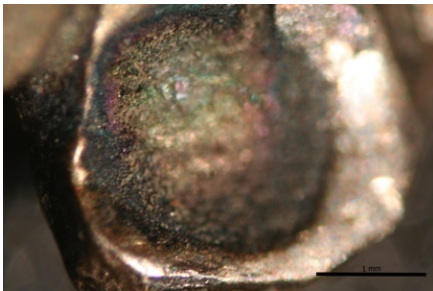

Grafik 17 Kartierung der Deformierungen (grün) und den Rissen (blau) an der Fassung

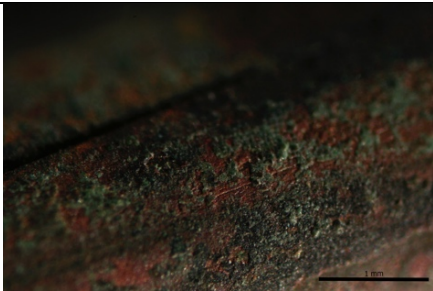



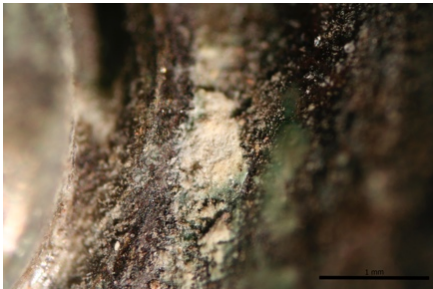
## 9.4 Die Korrosionserscheinungen

Es sind unterschiedliche Korrosionserscheinungen an den Metallen zu erkennen. Bereits die schwarzen Korrosionsprodukte treten in unterschiedlichen Varianten auf. Dies aufgrund verschiedener Oberflächen und der Zugänglichkeit mechanischer Einflüsse. Die Korrosionserscheinungen sind zusätzlich zur folgenden, tabellarischen Darstellung im Anhang 9, Kapitel 16, S.133 beschrieben.

*Tabelle 1 Korrosionserscheinungen*

| Korrosionserscheinungen  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| Beschreibung   |   | Kartierungsfarbe  | Lokalisierung   |
| 1.   | Krustige, schwarze Korrosionsprodukte mit geringer Haftung                                  |    | In den Gravuren des Kielbetts und der Spangen   |
| Abbildung  |   |   |   |
|   |   |   |   |
| Beschreibung   |   | Kartierungsfarbe  | Lokalisierung   |
| 2.   | Irisierende Korrosionsprodukte, dünn, haftend   |  | Auf den glatten äusseren Fläche des Kielbetts   |
| Abbildung  |   |   |   |
|  |   |   |   |
| Beschreibung   |   | Kartierungsfarbe  | Lokalisierung   |
| 3.   | Korrosionsprodukte, schwarz gleichmässig leicht voluminös, unterschiedlich in der Haftkraft |  | Grossflächig auf einem Grossteil des Objektes und sehr gleichmässig auf der Lippenrandfassung |
| Abbildung  |   |   |   |

|     |   |   |  |
|--|---|---|--|
| Beschreibung   |   | Kartierungsfarbe  | Lokalisierung  |
| 4.   | Verstärkte Ränder der Korrosionsprodukte                                  |    | Um die kaum korrodierten Lotflecken  |
| Abbildung  |   |   |  |
|    |   |   |  |
| Beschreibung   |   | Kartierungsfarbe  | Lokalisierung  |
| 5.   | Schwarzblaue, leicht irisierende Korrosionsprodukte in poröser Oberfläche |  | An den Rückseiten in einigen Vertiefungen der Punzierungen der Akanthusblätter |
| Abbildung  |   |   |  |
|  |   |   |  |
| Beschreibung   |   | Kartierungsfarbe  | Lokalisierung  |
| 6.   | Grüne Korrosionsprodukte  |  | Flächig, auf dem gesamten Scharnier der Blumenmutter                           |
| Abbildung  |   |   |  |

|    |   |   |  |
|--|---|---|--|
| Beschreibung   |   | Kartierungsfarbe  | Lokalisierung  |
| 7.   | Grüne Korrosionsprodukte                      |    | Entlang der Lötstellen der Lippenrandfassungen   |
| Abbildung  |   |   |  |
|   |   |   |  |
| Beschreibung   |   | Kartierungsfarbe  | Lokalisierung  |
| 8.   | Grüne und teilweise weisse Korrosionsprodukte |  | Auf der Rückseite der Blumenmutter mit Gewinde   |
| Abbildung  |   |   |  |
|  |   |   |  |
| Beschreibung   |   | Kartierungsfarbe  | Lokalisierung  |
| 9.   | Weisse krustige Korrosionsprodukte            | -   | Innenseiten von drei Weichlötungen, den Lötungen der Seitenspangen und Halterung der Bugspange |
| Abbildung  |   |   |  |





Abbildungen: © Janine Meier, HE-Arc CR 2017, die in dieser Tabelle aufgeführten Mikroskopaufnahmen erfolgten in 25x Vergrößerung.

#### 9.4.1 Die Lagerung des Nautiluspokals



Abbildung 11 Der Nautiluspokal im Zustand der Lagerung seit 1968

Der Nautiluspokal lag seit 1968 im Depot des HMB in einer Schachtel für Filmmaterial. Das Depot Kulturgüterschutz ist seit ca. 20 Jahren klimatisiert. Angestrebt sind in diesen Räumlichkeiten 50 % rF und 21° C. Diverse Objektgruppen und verschiedenste Materialien werden gemeinsam gelagert. Unter diesen Bedingungen ist die Lagerung des Nautiluspokals auch in Zukunft geplant. Der manuell betriebene Rollschrank besteht schon

seit langem. Beim Einbau wurde nicht auf konservatorisch verträgliche Materialien geachtet, daher sind Ausdünstungen sehr wahrscheinlich. Die Temperatur im Depot ist bei ca. 21°C stabil. Die relative Feuchte hingegen schwankt stark, innerhalb eines Jahres sind Schwankungen von mehr als 30 % gemessen worden. Die klimatischen Bedingungen sind im Anhang 19, S.180 beschrieben.

## 9.5 Schlussfolgerungen zum Zustand und den Entstehungsgründen der Schäden – Diagnose

*Tabelle 2 Diagnose*

| Diagnose der Alterungserscheinungen   |
|---|
| <p><i>Staubablagerungen:</i></p> <p>Die locker aufliegenden Staubablagerungen wurden infolge der offenen Lagerung im Depot vermutlich grösstenteils nach 1968 im Depot des HMB angesammelt. Der Staub lässt das Metall stumpf und glanzlos erscheinen. Der Lüster des Nautilusgehäuses ist durch den Staub getrübt. Der Staub wirkt hygroskopisch und kann gebundene Schadstoffe enthalten. Dies sind korrosionsfördernde Faktoren (Jägers 2006, S. 19 - 21).</p>   |
| <p><i>Haftende Ablagerungen auf der Bugspange:</i></p> <p>Die haftenden Verschmutzungen an der Bugspange sind vermutlich bereits auf dem Objekt gewesen als es ins Museumsdepot kam, da eine Quelle körniger und sandartiger Verschmutzungen nicht eruiert werden konnte. Die Substanz konnte nicht bestimmt werden.</p>  |
| <p><i>Starke Verschmutzungen auf dem Nautilus:</i></p> <p>Die Verschmutzungen zeichnen die Form der Spangen auf dem Nautilusgehäuse ab. Sie müssen bereits vor der Lagerung im HMB entstanden sein, denn das Objekt kam in Einzelteilen ins Depot.</p>  |
| <p><i>Laufspur in der Mündungskammer:</i></p> <p>Die stark verschmutzte und vergilbte Laufspur im Innern der Mündungskammer konnte durch FTIR-Analysen als Proteinleim analysiert werden (Anhang 7, S. 110). Der Klebstoff wurde für die Klebung des Papiers verwendet. Die Laufspur wurde vermutlich erst mit der Haftung der Verschmutzungen und der Vergilbung sichtbar. Es entsteht eine optische Beeinträchtigung, wobei das metallimitierende Papier an Wirkung verliert.</p>   |
| <p><i>Bereibungen der Punzierungen:</i></p> <p>Es handelt sich dabei um die einzigen Bereiche, welche Bereibungen bis auf das Grundmaterial erfahren haben. Vermutlich waren diese Bereiche starker Reibung ausgesetzt. Es konnte nicht festgestellt werden, aus welchen Gründen diese nur lokal erfolgte. Ansonsten sind die brüchigen, porösen Amalgampastenreste und die ungelösten Plättchen auf der Oberfläche erhalten geblieben (Abbildung 64 und Abbildung 65, S.130). Dies weist auf eine allgemeine geringe mechanische Beeinträchtigung der Oberfläche durch Reinigung und Gebrauch.</p> |
| <p><i>Risse in der Metalloberfläche:</i></p> <p>Die Risse im Bereich des Kielbetts verlaufen in den Gravuren und sind verstärkt in den verformten Bereichen zu erkennen. Das Silber scheint sehr brüchig zu sein. Durch das Erwärmen während der Feuervergoldung ohne erfolgtes Abschrecken kann eine erhöhte Bruchempfindlichkeit entstehen (Schweizer 1979, S. 109 - 112). Durch die Weichlötungen wurde das Material erneut erwärmt und</p>  |

nicht abgeschreckt, dies kann denselben Effekt auslösen. Infolgedessen kann das Material bei geringer Umformung bereits brechen.

*Bruch der Bugspange:*

Die Bugspange weist nahe des Scharniers herstellungsbedingt eine Schwachstelle auf. Die Position der Bohrlöcher ist sehr nahe der Lötstellen und mindert deshalb die Stabilität in einem stark belasteten Bereich. Der erneute Bruch nach der Weichlötung ist davon ebenfalls betroffen. Das Silber wie auch das Gold lösen sich in der Weichlotlegierung, wodurch eine Versprödung erfolgt (Selwyn 2004, S. 153). Durch den Bruch wird die Gefahr des Verlusts der Bugspange erhöht. Zu unterscheiden ist zusätzlich, dass die Bugspange infolge eines Bruchs gelötet wurde, wohingegen die anderen vier Lötungen keine Anzeichen einer vorhergegangenen Bruchstelle aufweisen, sondern im Zuge der Änderungen gelötet wurden. Die Lötung der Bugspange weist keine Korrosionserscheinungen auf diese wurde folglich zu einem späteren Zeitpunkt ausgeführt.

*Risse und Brüche in der Nautiluschale:*

Die Bruchstellen am Heck können infolge der unangepassten Spange entstanden sein. Die älteren Bruchstellen am Bug können an weiteren Nautiluspokalen festgestellt werden, zum Beispiel am Nautiluspokal (Kat. Nr. 139) aus dem Atelier Karl Silvan Bossard um 1900<sup>16</sup> und dem Nautiluspokal des HMB von der Zunft zu Safran (1676)<sup>17</sup> sowie an vierzehn der abgebildeter Nautiluse im Katalog von Mette<sup>18</sup>. Es handelt sich bei allen um Nautilusgehäuse mit einer Lippenrandbegradigung. Es scheint dadurch eine erhöhte Bruchempfindlichkeit zu entstehen.

*Bruch der Blumenmutter:*

Der Bruch der Verbindung der Blumenmutter ist auf eine gering haftende Weichlötung mit kleiner Kontaktfläche zurückzuführen. Durch den Bruch der Blumenmutter wird die Aufgabe des Verbindens nicht mehr erfüllt. Durch den Bruch wird die Gefahr des Verlusts der Blumenmutter erhöht.

*Ablösung des Zierblechs der Scharnierbewegung der Bugspange:*

Die Gründe für die poröse Lötung der teilweise enthafteten Scharnierbewegung der Bugspange wird bei der Betrachtung unter dem Mikroskop ersichtlich. Die Scharnierbewegung wurde teilweise abgelötet. Die Ablösung ergab sich in Folge einer erneuten Erwärmung und somit Erweichung des Lotes. Das im dickflüssigem Zustand auseinandergezogene Lot ist als Säulen zwischen den beiden zu fügenden Oberflächen erstarrt. Es ist trotzdem eine relativ stabile Haftung am Kielbett vorhanden. Die Quelle der Erwärmung wird die Weichlötung der Bugspange unmittelbar neben der Scharnierspange gewesen sein. Es muss sich um einen sehr unüberlegten Eingriff gehandelt haben,

<sup>16</sup> Lanz 2007, S. 184

<sup>17</sup> Barth und Hörack 2014, S. 228 und 229

<sup>18</sup> Mette 1995, S. 183 – 268 (Kat. Nr. 60, Kat. Nr. 99, Kat. Nr. 125, Kat. Nr.137, Kat. Nr. 150, Kat. Nr. 153, Kat. Nr. 161, Kat. Nr. 178, Kat. Nr. 225, Kat. Nr. 235, Kat. Nr. 243, Kat. Nr. 255, Kat. Nr. 271, Kat. Nr. 298)

denn die Scharnierverbindung kann problemlos durch das Entfernen des Stifts gelöst werden. Somit hätte dieser Schaden vermieden werden können.

*Deformationen:*

Die Verformungen der Spangen ergeben einen Zustand, in welchem sie nicht mehr an das Nautilusgehäuse passen. Alle Spangen sind in der Länge sehr knapp ausgeführt, wie auch die Verbindung der Blumenmutter. Dadurch würde beim erneuten Montieren starke Spannung auf die Nautiluschale ausgeübt. Die Halterung der Bugspange am Nautilus ist sehr eng und zu breit für die vorgesehene Lücke zwischen den Seiten der Lippenrandfassung. Dadurch sind Abriebspuren auf der Innenseite der Lippenrandfassung entstanden. Die Verformungen können infolge eines Sturzes erfolgt sein. Bei den Spangen ist es vorstellbar, dass nie eine genaue Anpassung erfolgt ist.

*Korrosionserscheinungen 1. – 5.:*

Die korrosionsbedingten Sulfidbildungen sind verschieden ausgeprägt auf beinahe der gesamten Objektoberfläche zu erkennen. Die meist dunkle Oberflächenkorrosion wurde nach optischen Gesichtspunkten als Silbersulfid definiert. Dies wurde durch REM-Analysen bestätigt (Anhang 5, S.83). Die Korrosionserscheinungen sind das Ergebnis der Lagerung ohne Schutz vor Schadstoffen, sowie der vorhergegangenen Zeit der Benutzung.

Die verstärkte Korrosion der Lippenrandfassung lässt eine stärker kupferhaltige Legierung vermuten. Wodurch die stärkeren Korrosionserscheinungen entstanden sein könnten. Durch die Silberkorrosion ist teilweise die Vergoldung sowie das Relief der Ziertechniken kaum mehr wahrzunehmen.

*Korrosionserscheinungen 6. und 7.:*

Die Kupferkorrosionserscheinungen kommen auf den Kupferlegierungen des Scharniers mit geringem Zinkanteil vor. An den Lötungen der Lippenrandfassung kommt ebenfalls Kupferkorrosion vor. Es kann darauf geschlossen werden, dass das Lot einen erhöhten Kupfergehalt aufweist. Die Vermutung der Kupferkorrosionen wurde durch REM-Analysen bestätigt (Anhang 6, S. 102).

*Korrosionserscheinungen 8.:*

Beim Gewinde handelt es sich um Messing mit grösseren Zinkanteilen und geringen Mengen an Blei. Bei den Korrosionserscheinungen handelt es sich nach optischem Vergleich um grüne Kupferkorrosion sowie helle Blei- und Zinkkorrosionsprodukte der Weichlotreste.

*Korrosionserscheinungen 9.:*

Die Weichlötungen sind mit XRF als Blei-Zinn-Legierung analysiert worden (Anhang 5, S.83). Die weissen krustigen Korrosionen sind nur an den Innenseiten der Weichlötungen zu erkennen. Sie konnten durch REM-Analysen als Korrosionsprodukte mit Blei, Zinn, Sauerstoff und Schwefelgehalt gemessen werden (Anhang 6, S.102). Daher ist festzustellen, dass die Korrosion im Zusammenhang mit der schwefelhaltigen Umgebung erfolgte.



### 9.5.1 Schlussfolgerungen in Bezug auf das Mandat

Nach der Betrachtung des Objekts und der Studie des Zustandes wird ersichtlich, dass es obwohl alle Teile vorhanden sind, umfassende Massnahmen benötigt, diese wieder in Funktion zu setzen. Die Erkenntnis zur Bruchempfindlichkeit des Materials zeigt auf, dass eine Methode ohne Umformungen vorgezogen werden sollte. Das Wissen um die Zusammensetzung von Teilen zweier Nautiluspokale stösst beim Museum auf grosses Interesse und soll in die Massnahmen mit einfließen. Durch diese Erkenntnisse soll bei der Erstellung des Restaurierungskonzepts die Ausarbeitung zu alternativen und reversiblen Verbindungsmöglichkeit geprüft werden.

## 9.6 Prognose

Durch die Silbersulfidschicht hat sich ein Verlangsamen des Korrosionsprozesses eingestellt (Freitag 2016, S. 40). Wird auf ein stabiles Umfeld geachtet, kann von einem geringen weiteren Korrodieren ausgegangen werden. Das Entfernen oder Reduzieren dieser Schicht zur Erreichung einer ästhetisch ansprechenderen Oberfläche wird eine reaktivere Oberfläche zurücklassen. Ungeschützt in den Bedingungen des Depots ist anfänglich ein relativ schnelles erneutes Korrodieren der Oberfläche zu erwarten. Um dies zu verhindern, müssen präventive Konservierungsmassnahmen erfolgen, welche die Verbindung des Schwefels mit dem Silber des Objekts verhindern (Vorschläge dazu sind in Kapitel 12.1, S.58 nachzulesen). Bei vergleichbaren Silberobjekten kann unter den Umständen des Depots in welchem auch der Nautilus gelagert wurde und wird, kein verlangsamtes Anlaufen festgestellt werden. In den Lagerräumlichkeiten werden Objekte verschiedener Materialität gelagert, daher wird keine tiefe Luftfeuchte angestrebt und die Aussonderung von Schadstoffen wird nicht vermieden. Dies ist weiter beschrieben in Kapitel 9.4.1 Die Lagerung des Nautiluspokals, S. 36 und im Anhang 19, S.180. Es kann davon ausgegangen werden, dass ohne Schutzmassnahmen am freigelegten Objekt bereits in einigen Monaten erneut Silberkorrosionserscheinungen sichtbar sein wird.

## 10 Erarbeiten eines ersten Restaurierungskonzepts

In den folgenden Abschnitten werden die Problematiken definiert und Lösungsmöglichkeiten diskutiert. Dies bildet die Grundlage zur Erarbeitung der Massnahmen und Argumentation in Bezug auf die Entscheidungsfindung zum definitiven Restaurierungskonzept.

### 10.1 Ziel der Restaurierung und Konservierung

Das Ziel der Restaurierung ist dem Mandat entsprechend das Erlangen einer Einheit in einem ästhetisch ansprechenden Zustand. Die Einheit bildet eine Annäherung an den letzten bekannten Zustand des Objekts. Dieser wird mit den vorhandenen Einzelteilen erreicht. Die Gefahr des Verlusts von Einzelteilen soll durch die Massnahmen verringert werden. Nach der genauen Betrachtung des Nautiluspokals wurde die Wichtigkeit der Nautiluschale als solche ersichtlich, da sie mit grosser Wahrscheinlichkeit bereits einen anderen Nautiluspokal zierte. Dies soll in dessen Präsentation einfließen. Der Pokal mit der Feuervergoldung ist kaum noch als goldene Oberfläche zu erkennen. Dieser Eindruck soll wieder hervorgerufen werden. Wie in den Visualisierungen der Stratigrafien (Grafik 44, S.133 und Grafik 45, S.134) aufgezeigt wird, liegt die schwarze Silbersulfidkorrosionsschicht auf der Vergoldung. Das Freilegen ist nur bis zur Vergoldung erwünscht, mit möglichst geringer Beeinträchtigung der Vergoldung.

### 10.2 Die Problematik

Es müssen Lösungen für die folgenden Problematiken gefunden werden: Die Reinigung, die ästhetische Massnahme der Freilegung der Vergoldung, der Umgang mit dem vergoldeten Papier und den Weichlötungen, das Fügen zu einem einheitlichen Objekt in einem für das Museum präsentablen Zustand.

Die Problematik der Reinigung beinhaltet die Abnahme der Staub und Schmutzablagerungen auf dem gesamten Objekt. Die Entfernung der optisch störenden Kitrückstände und Verschmutzungen im Bereich der geschwärzten Gravur und die Klebspuren in der Mündungskammer gehören ebenfalls dazu. Wobei auch die Massnahmen für das vergoldete Papier und der Erhalt der Muschelvergoldung betrachtet werden muss. Die Schwärzung der Gravur darf nicht beeinträchtigt werden.

Das Freilegen der vergoldeten Silberoberfläche soll durch möglichst geringen Substanzverlust erfolgen. Hinzu kommt die Entfernung der Korrosionsprodukte der diversen Legierungen wie die der Weichlötungen und der Kupferlegierungen. Das Fügen der Einzelteile und das Verbinden der gebrochenen Bugspange sollen den Verlust von Einzelteilen verhindern sowie eine im Sinne des Museums ausstellbare Einheit bilden.

## 10.3 Reinigung

Die Durchführung einer Reinigung ist eine irreversible Massnahme. Die Verschmutzungen, welche im Verlaufe der Geschichte des Objekts abgelagert worden sind, werden unwiderruflich entfernt. Es können dadurch auch Informationen über die Herkunft des Objekts verloren gehen. Dem gegenüber stehen konservatorische wie auch ästhetische Argumente, welche für eine Reinigung sprechen. Verschmutzungen können hygroscopisch wirken, dies verstärkt die Korrosion von Metallen und die Degradation anderer Materialien (Jägers 2006, S. 19 - 21). Der Handschweiss wirkt ebenfalls korrosiv auf die Metalle (Costa 2001, S.25). Bereits geringe Ablagerungen lassen eine Oberfläche matter erscheinen und durch stärkere Ablagerungen können Details von Verzierungen oder auch die Farbigkeit der Objekte beeinträchtigt werden. Beim Nautiluspokal wurde der Verlust der Information durch eine Reinigung zugunsten des konservatorischen Schutzes und der Lesbarkeit des Objekts als geringer Verlust gewertet. Aus diesem Grund wird eine Trocken- und falls nötig eine Nassreinigung für die verschiedenen Objektteile ausgearbeitet, um die negativen Auswirkungen der Verschmutzungen auf das Objekt zu verhindern und eine ästhetische Verbesserung zu erreichen.

## 10.4 Umgang mit den Weichlötungen

Die Weichlötungen müssen vor 1968 entstanden sein und sind somit schon seit längerem Teil des Objekts. Sie bilden eine wichtige Informationsquelle über die erfolgten Änderungen und Anpassung. Das Lot ist stark mit der Oberfläche verbunden. Silber und Gold des Objekts sind in der Weichlötung gelöst (Selwyn 2004, S. 153). Die vollständige mechanische Entfernung kann nicht ohne eine partielle Abnahme der Vergoldung und des Silbers erfolgen. Das Entfernen durch Erwärmen kann die Weichlötung nicht vollständig entfernen und beeinträchtigt das Metallgefüge (Schweizer 1979, S. 109 - 112). Es kann keine stärkere Korrosion des Silbers um die Weichlötungen erkannt werden. Infolgedessen werden die Weichlötungen als Teil des Objekts erhalten, wie dies auch bei den sakralen Objekten der Abtei von Saint-Maurice der Fall ist (Witschard 2016).

## 10.5 Umgang mit den Schäden des Nautilusgehäuses

Bei den Fehlstellen handelt es sich lediglich um eine grössere Fehlstelle, wodurch ein kleiner Teil der Gravur verloren ging. Die Gravur kann auch mit der Fehlstelle wahrgenommen werden, da sich in diesem Bereich lediglich die Blattranken fortsetzten. Es sind keine Abbildungen vorhanden, welche eine exakte Nachbildung erlauben würden. Das Museum sieht aus ästhetischen Gesichtspunkten keine Notwendigkeit, diese Fehlstelle zu schliessen. Die Stabilität des Nautilus ist ohne eine Ergänzung gegeben. Auch die Risse gefährden die Stabilität nicht und das weitere Brechen oder Reißen muss nur infolge starker Krafteinwirkung befürchtet werden. Wird eine Belastung der Nautiluschale verhindert, kann auf eine Klebung der Risse verzichtet werden. Die Bruchstücke am Bug des Nautilus halten durch die Lippenrandfassung in ihrer Position. Jedoch ist keine intakte Klebung mehr vorhanden. Das

vergoldete Papier in der Mündungskammer hat den Einzelteilen Halt gegeben. Dieses hat jedoch die Klebekraft verloren. Ein erneutes Kleben des Papiers würde auch die Stabilität der Einzelteile erhöhen. Mit der Klebung der Rückseite ohne das Einfiltrieren von Klebstoff in die Risse kann verhindert werden, dass Klebstoff in die Rillen der geschwärzten Gravur fliesst.

## 10.6 Wiedererlangen der Objekteinheit

Für das Erreichen einer Objekteinheit werden zwei grundsätzlich unterschiedliche Möglichkeiten in Betracht gezogen. Variante 1 ist das Wieder-in-Funktion-setzen oder Ersetzen von Befestigungen und Verbindungen des Nautiluspokals und somit das Erreichen der Einheit. Variante 2 ist ein Verbinden durch eine Halterung oder Unterkonstruktion, durch welche das Objekt als Einheit zusammengehalten wird. Die gewählte Methode muss die folgenden Kriterien erfüllen können: Die Objekteinheit soll wiedererlangt werden. Diese soll als optische Aufwertung wahrgenommen werden können. Der Verlust der Einzelteile soll verhindert werden. Es soll keine Abhängigkeit mit der Umgebung entstehen. Die Massnahme darf keinen grösseren Verlust an Objeksubstanz provozieren oder beinhalten. Der Gewinn für das Objekt muss in einem Verhältnis zum Risiko der Massnahmen stehen. Als Gewinn wird die Lesbarkeit durch die optisch optimale Präsentation als Einheit gewertet. Aber auch die konservatorisch schützenden Aspekte und somit die Sicherung des Erhalts ist ein Gewinn, welcher durch die Massnahme erzeugt werden soll. Auf die Langzeitlagerung und auf spätere Massnahmen ist ein nachteiliger Effekt zu vermeiden. Die Erarbeitung der beiden möglichen Varianten sind im Anhang 14, S. 163 nachzulesen.

### 10.6.1 Diskussion, Variante 1 oder 2

Beide Methoden erzeugen eine Objekteinheit. Ohne die Unterkonstruktion mit der Variante 1 ist diese jedoch optisch näher an der letzten bekannten Einheit. Es wird infolge der Massnahmen jedoch auch ein grosser Materialverlust durch die neuen Befestigungen erzeugt, wodurch effektiv weniger des originalen Objekts gezeigt wird.

Das genaue Betrachten des Nautiluspokals brachte interessante Details über die Objektgeschichte zum Vorschein, wodurch der Nautilus und der Pokal zwar als Einheit, aber auch als Teile unterschiedlicher Herkunft betrachtet werden können. Dies begründet zusätzlich die Verwendung einer reversiblen Verbindung. Mit der Montierung durch die Unterkonstruktion, der Variante 2, wird die gesamte geschwärzte Gravur der Nautiluschale erlebbar.

Ein grosser Vorteil der Variante 1 ist, dass kein Risiko von Verlust der Einzelteile besteht, ausser es wird die Entscheidung getroffen die Blumenmuttern komplett zu ersetzen. Wodurch diese separat verwahrt werden müssten und ein grosses Verlustrisiko resultiert.

Eine Silberkupferlegierung ist in nicht gealtertem Zustand leicht kalt verformbar. Verschiedene Bearbeitungen wie die am Nautiluspokal angewandten verformenden Techniken lassen das Material erhärten und vermindern die Formbarkeit. Die infolge der Zustandsbeschreibung angenommene Versprödung des Materials zeigt das Risiko eines Bruchs durch Umformungsmassnahmen. Eine

Rekristallisation in Folge einer Wärmeeinwirkung kann die Flexibilität des Metalls erneut erhöhen. Es ergibt sich jedoch den Verlust der metallographischen Informationen und kann eine Beeinträchtigung der Vergoldung bedeuten und ist daher keine schonende, sondern stark invasive Methode. Im Kielbett im Bereich der nötigen Umformung sind bereits mehrere feine Risse zu erkennen. Das Risiko von Rissen oder eines Bruchs durch eine Umformung wird als gross eingestuft und wenn möglich vermieden.

Ohne eine Umformung ist die Anbringung der Spangen noch eine grössere Belastung für die Nautiluschale und wird bei den Druckstellen Beschädigungen des Gehäuses verursachen. Dies kann das Weiterreissen der Risse oder neue Bruchstellen beinhalten. Daher müssen für die Variante 1 Umformungen vollzogen werden, um die Einheit zu erreichen. Der Gewinn durch die Verminderung des Verlusts von Einzelteilen und die starke Annäherung an die einstige Einheit werden jedoch nicht als genügend gewinnbringend für das Objekt betrachtet, um die risikoreichen Massnahmen der Umformung zu rechtfertigen. Zuzüglich des Material- und Informationsverlusts durch die Anbringung neuer verbindender Glieder ist die Entscheidung für die Variante 2 erfolgt.

Aus konservatorischer Hinsicht bildet die Unterkonstruktion zusätzliche Vorteile. Die reversible Verbindung ermöglicht leichten Zugang für zukünftige Reinigungs- oder Freilegungsmassnahmen. Die Silberlegierung und die Nautiluschale sind grundsätzlich verschiedene Materialien, welche unterschiedliche konservatorische Massnahmen fordern. Mit der Variante 2 kann in Zeiten der Depotlagerung eine Separierung der beiden Teile erfolgen. Die ausgearbeitete Variante 2 kann im Restaurierungskonzept im Anhang 15, S.165 nachgelesen werden.

## 10.7 Freilegen der vergoldeten Silberoberfläche

Bei der Entfernung der Silberkorrosionsprodukte muss beachtet werden, dass die Oberfläche in einen reaktiveren Zustand versetzt wird. Die Silbersulfidschicht hat eine korrosionsverlangsamende Wirkung, das Freilegen der metallischen Oberfläche entfernt diesen Schutz (Freitag 2016, S. 40). Die Entfernung der schwarzen Korrosion hat keinen konservatorischen Zweck, sie ist lediglich durch ästhetische Gesichtspunkte, wie die Lesbarkeit des Objekts, zu begründen. Die Lesbarkeit beinhaltet auch das Sichtbarmachen von Herstellungsspuren. Das Entfernen der Silberkorrosionsprodukte, welches meist als Reinigen des Silbers bezeichnet wird, ist immer mit einem Originalsubstanzverlust verbunden (Schmidt-Ott 1993, S. 8).

Die Silberkorrosionsprodukte liegen auf der Vergoldung und verdecken somit die Sicht auf die ursprünglich goldene Oberfläche. Durch die Korrosion ist eine Deplatzierung von Silber auf die Oberfläche der Vergoldung erfolgt. Durch die unterschiedliche Ausprägung der Korrosion ist ein inhomogenes Oberflächenbild entstanden, wie dies für gealtertes Silber üblich ist. Dies unterscheidet den Nautiluspokal stark von den weiteren Nautiluspokalen der Sammlung des Historischen Museums Basel, welche in freigelegtem Zustand ausgestellt werden. Um in diesem Zusammenhang die Objekte in vergleichbarem Zustand präsentieren zu können, werden die Objekte der gängigen Praxis entsprechend von den schwarzen Korrosionserscheinungen befreit.

Beim Nautiluspokal 1968.379. soll die Freilegung nicht vollständig sein, um das Gleichgewicht zwischen den Alterungszuständen der Materialien zu wahren. Der Zustand soll einem gepflegten Silberobjekt in Gebrauch entsprechen, keinem neuwertigen Objekt. Eine Freilegung bis in die Tiefen reduziert die Reliefwirkung und somit die Aussagekraft der Verzierungen. Für die Freilegung wird im Historischen Museum Basel meist die Methode der Kreideschlemme verwendet. Auf ein genaues Nachreinigen wird grossen Wert gelegt. Auf Nachfrage wurde auch vom Nationalmuseum in Zürich die Methode der Kreideschlemme für die Entfernung von dickeren Schichten von Korrosionsprodukten genannt. Das vorgängige Reinigen mit Ethanol oder Feinsprit wird von Martin Sauter sowie von Sarah Longrée als eine schonende Reinigungsmethode verwendet. Bei einigen Objekten wird dadurch bereits eine grosse ästhetische Verbesserung festgestellt. Maximilian Heimler betonte im Gespräch die Wichtigkeit der minimalen Freilegung von Silberobjekten, mit Verweis auf die Steigerung der Reaktivität der Metalloberfläche und der Irreversibilität des Eingriffs.

Der Freilegungsgrad wird auf ein Minimum festgelegt. Der Schwerpunkt liegt auf dem Ausgleichen der fleckigen Erscheinung durch die kaum korrodierten Lotflecken. Der Freilegungsgrad wird dem allgemeinen Zustand des Pokals und dem Zustand des Nautilusgehäuses angepasst.

Die Kriterien der Auswahl der Freilegungsmethode verlangen eine möglichst schonende Entfernungsmethode zu finden, welche kein Risiko von unbekannten Folgeschäden beinhaltet oder unschönes Anlaufen provoziert. Die Ergebnisse der Versuchsreihen bilden die Grundlage für den Entscheid der anzuwendenden Methode. Im Anhang 12, S.147 werden bekannte Methoden betrachtet und eine Auswahl für die Versuchsreihe getroffen. Im Anhang 13, S.152 ist die Durchführung der Versuchsreihen beschrieben.

### 10.7.1 Schlussfolgerungen zu den Ergebnissen der Versuche

Die Herstellung der Versuchsspanne, auf welcher die zweite Versuchsreihe stattfand, ist im Anhang 11, S.140 erklärt und das Ergebnis im Anhang 10, S.136 abgebildet. In der folgenden Tabelle 3 sind die Ergebnisse der beiden Versuchsreihen zusammengefasst.

*Tabelle 3 Ergebnisse der Versuche auf der Versuchsspanne und der Vorversuche*

| Methode   | Angepasstes Entfernen auf der Fläche <sup>19</sup> | Angepasstes Entfernen in Vertiefungen | Intakt lassen der Oberfläche <sup>20</sup> | Erhalten der Struktur der Vergoldung | Handhabung | lokales Arbeiten | Minimale Kreidereste |
|---|--|---------------------------------------|--|--------------------------------------|------------|------------------|----------------------|
| 1a<br>Moltonrondelle in Mandrel mit CaCO <sub>3</sub> | ++   | --                                    | ++   | +                                    | ++         | -                | +++                  |
| 2a<br>Molton von Hand mit CaCO <sub>3</sub>           | +  | +                                     | ++   | +                                    | +          | +                | -                    |
| 3a<br>Watterondelle in Mandrel mit CaCO <sub>3</sub>  | +  | -                                     | - /<br>+ <sup>21</sup>                     | +                                    | +          | --               | +                    |
| 4a<br>Wattetupfer von Hand mit CaCO <sub>3</sub>      | -  | +                                     | +  | +                                    | +          | ++               | +                    |
| 5a<br>Pinsel von Hand mit CaCO <sub>3</sub>           | --   | +                                     | -- /<br>+ <sup>22</sup>                    | +                                    | -          | -                | --                   |

<sup>19</sup> Ergebnisse der Vorversuche

<sup>20</sup> Ergebnisse der Vorversuche

<sup>21</sup> Es konnten nach dem Vorversuch durch die Verringerung der Umdrehungszahl der bessere Erhalt der Oberflächenstruktur erreicht werden.

<sup>22</sup> Es konnten nach dem Vorversuch durch die Verwendung eines Pinsels mit feineren Borsten, die Kratzer verringert werden.

Bereits die Versuche ohne Kreide ergaben geringfügig eine Freilegung der Oberfläche, wobei grundsätzlich die Verschmutzungen der Oberfläche entfernt werden und der Metallglanz wiedererlangt wird.

Die Auswertung der Freilegungen mit Kreide ergaben gute Ergebnisse durch den kombinierten Versuch mit den Baumwollmoltonrondellen im Mikrobohrmotor für die Flächen und dem Wattetupfer für die lokale Freilegung (Tabelle 3, S.46 und Kapitel 20, S.157). Es wird bei den Versuchsreihen ein Augenmerk auf die hinterlassenen Kreidereste gelegt. Je weniger Kreide auf die Oberfläche gebracht wird, desto weniger kann potenziell in den Vertiefungen verbleiben. Auch die Nachreinigung ergibt weiteren mechanischen Abrieb der Oberfläche. Durch die Versuche wurde festgestellt, dass die Nachreinigung schnell und schonend mit einer Schallzahnbürste ausgeführt werden kann (Abbildung 87, S.159).



## 11 Umsetzung der Massnahmen

Das Restaurierungskonzept auf welchem die Umsetzung basiert, ist im Anhang 15, S.165 beschrieben. Für die Umsetzung der Massnahmen wurde ein Zeitplan mit dem geschätzten Zeitaufwand und der tatsächlich benötigten Zeit erstellt (Anhang 16, S.170). Die dazu verwendeten Materialien sind im Anhang 1, S.74 aufgelistet. In Anhang 17, S.172 sind von allen Objektteilen Abbildungen vor und nach den Massnahmen aufgeführt.

### 11.1 Trockenreinigung



Abbildung 12 Die Lippenbucht nach der Trockenreinigung



Abbildung 13 Der Schaft und der Fuss nach der Trockenreinigung

Der erste Reinigungsschritt wurde mit verschiedenen feinen Pinseln und einem Staubsauger durchgeführt. Der in Stufen regulierbare Staubsauger wurde mit genügend Abstand positioniert, um keine Papierteile anzuziehen.

Das Entfernen der stärker haftenden Verschmutzungen auf der Bugspange erfolgte mit einem Holzstäbchen und einem Pinsel unter dem Mikroskop. Diese konnten entfernt werden. Es wurde darauf geachtet, das Fremdmaterial möglichst ohne Reibung zu entfernen, um Kratzer zu vermeiden. Auf der Perlmutteroberfläche wurde durch die Trockenreinigung bereits eine starke ästhetische Verbesserung erzielt. Die Streifen der natürlichen Oberfläche des Nautilus im Bereich der Windungsachsen sind nun wieder zu erkennen (Abbildung 12, S.48). Ein Grossteil der Verschmutzung in der Mündungskammer konnte entfernt werden. Der Metallglanz ist wieder erkennbar (Abbildung 13, S.48). Unter den starken Verschmutzungen der Gussfiguren des Schafts kommen durch die Reinigung weitere Goldplättchen der Amalgamvergoldung zum Vorschein (Abbildung 64, S.130).

## 11.2 Massnahmen am blattvergoldeten Papier

Das Papier, welches nur noch gering in einem Bereich haftete, konnte problemlos mit einem flachgefeilten Holzstäbchen vom Nautilus gelöst werden. Das Entfernen erlaubt die Reinigung und Freilegung der Lippenrandfassung, ohne das Papier zu gefährden.

Die schwarze Schicht auf der Blattvergoldung erwies sich als sehr schwer entfernbar. Das Schaben mit dem polierten Skalpell erbrachte nur sehr beschränkt eine bessere Sicht auf die Vergoldung.

Das Kleben erfolgte nach der abgeschlossenen Reinigung der Nautiluschale und der Freilegung der Lippenrandfassung. Es wurde eine flächige Klebung durchgeführt, dadurch kann die ursprüngliche Funktion des Stabilisierens der Nautilusbruchteile wiedererlangt werden (Abbildung 14, S.49). Der Weizenkleister wurde dazu mit einem Pinsel auf das Papier aufgetragen. Durch das Mass nehmen vor dem Lösen des Papiers konnte es in der selben Position platziert werden. Während der Trocknung wurde das Papier mit geringem Gewicht beschwert.



*Abbildung 14 Der Nautilus mit dem blattvergoldeten Papier, Endzustand*

## 11.3 Freilegung

### 11.3.1 Ohne Kreide

Die Freilegung mit Feinsprit und Wattetupfer, mit dem Mikrobohrmotor und Watterondellen wurde auf allen Metallteilen des Nautiluspokals durchgeführt. Während der Durchführung konnte festgestellt werden, dass die Reinigung der Vertiefungen mit der Ultraschallzahnbürste verbessert werden konnte. Die Lippenrandfassung wurde nur mit dem Wattetupfer und dem Baumwollmolton von Hand gereinigt. Motorisierte Methoden bergen die Gefahr, Lösemittel auf den Nautilus zu spritzen und somit die Schwärzung der Gravuren zu beschädigen.

Die Massnahme ohne Kreide entfernte die restlichen Verschmutzungen. Der Metallglanz konnte hervorgeholt werden, wodurch bereits eine starke optische Aufwertung erfolgte (Abbildung 15, S.50). Der Grad der Freilegung durch die Massnahme ist auf den Teilen sehr unterschiedlich ausgefallen. Durch die Massnahmen wurde gesamthaft ein gleichmässigeres Oberflächenbild erzeugt. Der Schaft und der Fuss konnten sehr gut gereinigt und bereits leicht freigelegt werden. Der Reliefeffekt kommt nun stärker zur Geltung. Das geprägte Musterband am Fuss zeigt weiterhin einen Unterschied der Bereiche mit Lot und dem mittigen Bereich ohne Lot auf. Jedoch ist dieser Unterschied geringer geworden. Auf der Oberfläche des Fusses und des Schafts sind nur wenige Bereiche mit störenden schwarzen Korrosionsprodukten verblieben.

Die sehr gleichmässig schwarze Lippenrandfassung wurde durch die Reinigung kaum von der dunklen Korrosionsschicht befreit. Auch auf den Spangen verblieb die dunkle Oberfläche zu einem Grossteil. Nur die Bugspange zeigte wesentlich mehr der goldenen Oberfläche.

Wie bei den Versuchen konnten durch die angewandten Methoden kein Erzeugen von Kratzern festgestellt werden.



*Abbildung 15 Der Schaft und der Fuss, die Bugspange, die Fassung und die Blumenmuttern nach der Reinigung mit Feinsprit*



### 11.3.2 Mit Kreide



*Abbildung 16 Die Nautiluschale mit freigelegter Lippenrandfassung*

Die Freilegung der Lippenrandfassung erfolgte wie die vorgängig beschriebene Reinigung ohne Kreide. Die Nachreinigung wurde mit dem Wattetupfer ausgeführt. Die Korrosion auf der Lippenrandfassung lässt sich sehr schwer entfernen. In einigen Bereichen ist es auch mit dem Einsatz von etwas mehr Kreide nicht möglich, die Schicht zu lösen (Abbildung 16, S.51). Weiter wurde festgestellt, dass kein Ausdünnen der Schicht erzeugt werden konnte, wie dies auf den anderen Teilen der Fall ist. In den freigelegten Bereichen kann eine intakte Vergoldung sichtbar gemacht werden.

Am Schaft und dem Fuss war nur lokal eine Freilegung mit Kreide nötig. Diese wurde in den flächigeren Bereichen des Bandmusters zu Beginn mit den Baumwollmoltonrondellen im Mikrobohrmotor und daraufhin lokal mit dem Baumwollmolton von Hand ausgeführt. Watterondellen kamen im Zuge der Freilegung nicht mehr zum Einsatz. In den schwer zugänglichen Bereichen und bei der Entfernung der Korrosionsränder um die Lotflecken wurde zusätzlich mit einem Wattetupfer gearbeitet. Das fleckige Bild, welches durch die geringer angelaufenen Lotflecken entstanden ist, konnte ausgeglichen werden (Abbildung 17, S.51). Die Korrosion auf den Spangen ist wesentlich stärker und lässt sich weniger gut entfernen. Mit den Baumwollmoltonrondellen im Mikrobohrmotor wurden die Spangen im ersten Schritt freigelegt. Daraufhin wurde mit dem Baumwollmolton von Hand fortgefahren. Für sehr präzise lokale Entfernungen wurde ein Wattetupfer verwendet. Die Bugspange liess sich etwas leichter freilegen. Jedoch verblieb eine fleckige Oberfläche, welche mit dem Wattetupfer und Kreide lokal ausgeglichen wurde. Auf dem gering angelaufenen Kielbett wurden die dunklen Flecken und die dunklen Ränder um die Lotflecken entfernt. Die weiteren Spangen wurden dem Freilegungsgrad der Bugspange angepasst. Die Blumenmuttern liessen sich ebenso schwer freilegen wie die Lippenrandfassung.



*Abbildung 17 Der Schaft und der Fuss nach der Freilegung mit Feinsprit und Kreide*

Es konnte trotzdem ein mit den restlichen Oberflächen vergleichbares Oberflächenbild erzeugt werden. Die Kupferkorrosionsprodukte wurden im Zuge der Freilegung mit Holz- und Metallschabern entfernt.

## 11.4 Reinigung des Nautilusgehäuses

Mit gering befeuchteten (mit dest. H<sub>2</sub>O) Wattetupfern wurde die Reinigung des Nautilusgehäuses wie geplant durchgeführt. Die Ablagerungen konnten problemlos entfernt werden, wobei die Kittreste durch diese Massnahme nicht entfernt wurden. Die Verschmutzungen liessen sich mit sehr geringer Reibung entfernen. Der Lüster der Perlmuttoberfläche ist nach der Reinigung wieder erfassbar. Die Schwärzung der Gravur konnte vollständig erhalten werden und ist durch das Entfernen der Verschmutzungen ungetrübt wahrnehmbar (Abbildung 19, S.52). Um die geringen Mengen der Muschelvergoldung zu schonen, wurde die Reinigung in diesem Bereich ausgelassen.



*Abbildung 18 Bugseite des Nautilusgehäuses vor der Reinigung mit dem Wattetupfer und dest. Wasser*



*Abbildung 19 Bugseite des Nautilusgehäuses nach der Reinigung mit dem Wattetupfer und dest. Wasser*

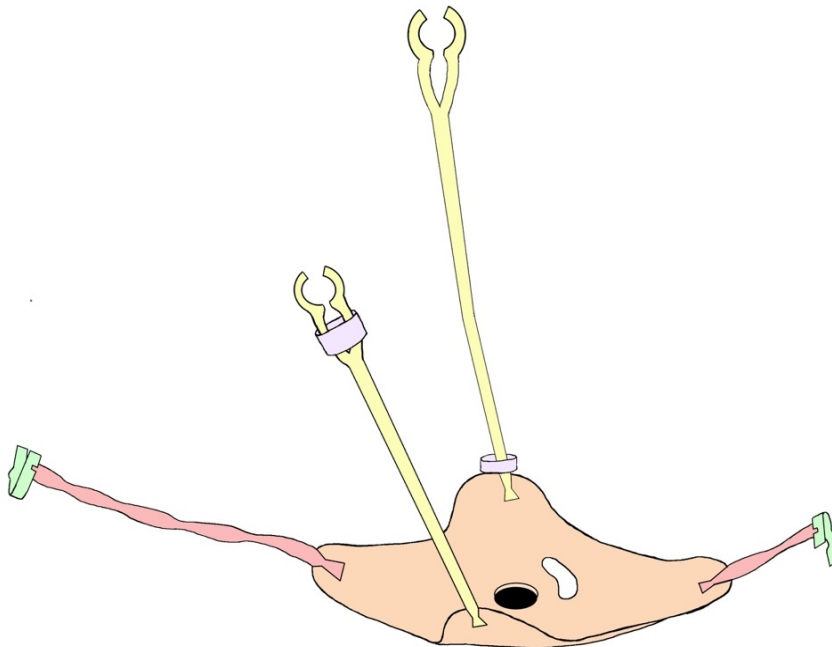
## 11.5 Fügen, Variante 2

Ein aus Pappe erstelltes Modell diente als Referenz bei der Herstellung der Unterkonstruktion. Der Mittelteil (siehe unten, Grafik 18, orange) welcher im Kielbett liegt, wurde aus einem 1 mm starken Blech gefertigt. Das Messingblech wurde durch Sägen zurechtgeschnitten und durch Treiben und Biegen mit Zangen der Innenform des Kielbetts angepasst. Um die Umformungen des Messings zu ermöglichen, wurden es mehrmals zwischengeglüht.

Für die Halterungen der Seitenspannen (Grafik 18, gelb) mit den Blumenmuttern wurde das 1 mm Blech auf 0,8 mm gewalzt, wodurch auch die Härte gesteigert wurde. Die Längen wie auch der Durchmesser der Enden sind unterschiedlich, wie die Längen der Seitenspannen und der Durchmesser der Blumenmutter. Um die Klammern (Abbildung 20, S.53) zu schliessen wurden aus einem 0,5 mm starken, runden Scharnier eine konische Manschette (Grafik 18, violett) gefertigt. Diese wurde oval gebogen und der Grösse der Klammern angepasst. Beim Verlöten der Halterungen mit dem Mittelteil wurde darauf geachtet, dass die Halterungen nicht bis ans Ende geglüht werden, um die Härte zu erhalten.



Abbildung 20 Klammer und Manschette der



Grafik 18 Schematische Darstellung der Unterkonstruktion, des am Kielbett angepassten Mittelteils (orange), die Halterungen mit Klammern (Gelb) und Manschetten (violett) für die Seitenspannen und Blumenmutter und die Halterungen der Heck- und Bugspannen (rot und grün)



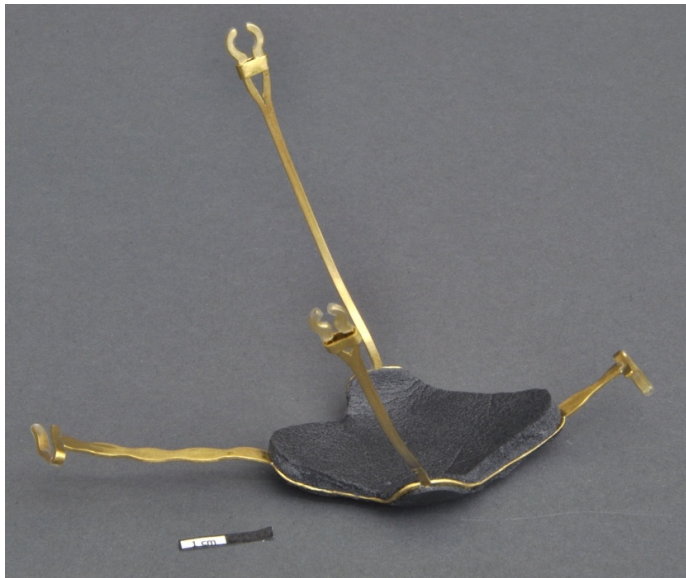


Abbildung 21 Die fertige Unterkonstruktion

Für die Bug- und die Heckspange wird ebenfalls ein 0,8 mm Blech verwendet. Die Heckspange erhält eine längere Halterung, um das grössere Gewicht tragen zu können. Sie werden den Bohrlöchern angepasst, um die Optik des Nautiluspokals möglichst gering zu beeinträchtigen (Abbildung 21, S.54). Die Enden bilden eine U-Form aus 2 mm breitem Blech. Dies ist im Bereich der Berührungsfläche der Form der Spangen angepasst. Die grösseren Lötungen wurden mit einer Schwalbenschwanzverbindung verbunden, um beim Löten

nicht zu verrutschen (Grafik 18, S.53). Dies kam bei der Verbindung der vier Halterungen für die Spangen mit dem Mittelblech zum Einsatz. An den kleineren Verbindungen der U-Formen wurden lediglich rechteckige Führungen gefeilt und das anzufügende Stück freihand angelötet (Abbildung 22, S.54). Nach dem Löten wurde das Stück jeweils abgebeizt, um das verwendete Flussmittel zu entfernen. Die Kanten wurden gerundet und jegliche starken Ecken vermieden. Die Lötungen sind mit Feilen und Gummirädern verputzt worden. Mit einer Messingbürste und Seifenwasser wurde die matte Messingoberfläche leicht gekratzt, um eine gleichmässige Optik zu erhalten.

Die Unterkonstruktion liegt formschlüssig im Kielbett. Um der Verformung des Gewindes gerecht zu werden, wurde ein Bereich ausgesägt und die Ränder nach oben geformt. Um die Positionierung der Unterkonstruktion zu vereinfachen, wurde mittig ein Magnet eingesetzt. Dafür ist ein Loch gebohrt und mit einem Zylinderfräser eine Vertiefung gefräst worden. Der Magnet wurde mit Paraloid B 72 (20% gelöst in Toluol) in der Vertiefung festgeklebt. Das Gegenstück des Magneten wird mittig im Gewinde der Fassung eingeklebt. Es wird mit mehreren Lagen Japanpapier von der Silberoberfläche separiert.

Die Separierung aller Berührungsflächen der Unterkonstruktion mit dem Objekt sind, wie im



Abbildung 22 Die Halterung der Heckspange mit der sichtbaren Feilung für die Führung beim Löten

Restaurierungskonzept geplant, umgesetzt worden. Das Gegenstück zu diesem Magneten liegt in der Vertiefung der Unterkonstruktion und steht somit gegen unten nur mit dem Messing in Kontakt und darüber liegt die Polyethylen-schaumschicht. Die Klebung des Magneten im Gewinde erfolgte mit

eingeleger Unterkonstruktion, um dessen genaue Platzierung zu gewährleisten. Die Unterkonstruktion hält sich durch die Anordnung der vier Halterungen aus eigener Kraft. Der Magnet bildet lediglich die Fixierung in der genauen Positionierung. Die Positionierung der Spangen und somit auch der Halterungen wurde mit leichtem Abstand zum Objekt gewählt. Es wird ein genügender Abstand gewahrt, um zu verhindern, dass die Verbindungsstellen unpassend übereinanderliegen. Dadurch bleibt zusätzlich die komplette geschwätzte Gravur des Nautilus ersichtlich.

Im Zuge des Fügens aller Teile mit der Unterkonstruktion wurde die Bugspange durch eine Klebung fixiert. Die Klebung mit Paraloid B 72 in Toluol gelöst (20%) wurde mit Japanpapier verstärkt, um die Berührungsfläche zu vergrössern. Das Japanpapier trägt wesentlich zur Stabilität bei. Die Klebung ist trotzdem nur von geringer Festigkeit.

### 11.5.1 Anleitung zur Montierung der Unterkonstruktion



Durch eine Drehbewegung werden Bug und Heckspange in die U-Bleche eingeführt. Beim Absenken der Unterkonstruktion in das Kielbett wird die Position durch den Magneten gefunden. Die Unterkonstruktion sitzt nun fest im Kielbett. Nacheinander kann eine Blumenmutter durch die Seitenspangenenden geschoben und in der Klammer positioniert werden. Die Klammer wird mit leichtem Abstand zur Spange platziert. Durch das Hochschieben der Manschette schliesst sich die Klammer um das Scharnier oder das Gewinde der Blumenmutter. Somit sind die Seitenspangen positioniert (Abbildung 23, S.55). Nach dem Befestigen der Spangen kann der Nautilus im Kielbett platziert werden (Abbildung 24, S.56).

*Abbildung 23 Die montierte Unterkonstruktion ohne Nautilus*

## 12 Schlussfolgerungen zu den Restaurierungs- und Konservierungsmassnahmen - Diskussion

Das im Mandat festgelegte Ziel der Massnahmen konnte mehrheitlich erreicht werden. Mit der Vorreinigung ohne Kreide konnte bereits ein gleichmässiges Ergebnis der Silberoberfläche erzielt werden (Abbildung 15, S.50). Diese Oberfläche ist ein wichtiger Zwischenschritt, welcher in konservatorischer Hinsicht bereits dem Endergebnis entsprechen kann. Es konnten dadurch die weiteren ästhetischen Massnahmen am Fuss und am Schaft stark minimiert werden. Durch die Freilegung wurden zusätzliche Spuren der Herstellungstechniken ersichtlich. So konnte nach der Freilegung deutlich erkannt werden, dass die gesamte Oberfläche der Lippenrandfassung mit einer Druckpolitur versehen wurde.

Die Reinigung der Perlmutteroberfläche mit der geschwärzten Gravur ergab ein zufriedenstellendes Ergebnis.

Wie im Konservierungskonzept vermutet konnte die schwarze Schicht auf dem blattvergoldeten Papier nicht vollständig entfernt werden. Es konnte kein gut sichtbarer Unterschied erzeugt werden (Abbildung 14, S.49). Das Kleben des vergoldeten Papiers ist problemlos erfolgt und die Stabilisierung der Bruchstücke des Nautilus ist gewährleistet. Es ist möglich, zukünftig eine Freilegung der Blattvergoldung des Papiers vorzunehmen. Dazu muss eine angepasste Methode eruiert werden.



*Abbildung 24 Der Nautiluspokal mit Unterkonstruktion in Seitenansicht,ENZustand*





*Abbildung 25 Der Nautiluspokal mit montierter Unterkonstruktion von der Bugseite, Endzustand*

Die Klebung der Bugspange ist wenig solide. Es wird vermutet, dass mehrmalige Manipulation bereits eine erneute Enthftung verursachen kann. Die ausgefhrte Klebung ist reversibel und kann ohne Schaden fr das Objekt wieder gelst werden. Daher soll ein Ersetzen der Klebung in Betracht gezogen werden.

Die Unterkonstruktion entspricht einer Mglichkeit der Umsetzung, zur Erlangung der Einheit. Es konnte eine zufriedenstellende Lsung fr die Prsentation des Nautiluspokals hergestellt werden. Die Entscheidung fr das Fgen mit Variante 2 wird auch nach der Ausfhrung der Massnahmen als gewinnbringend erachtet.

Die gewhlte Halterung der Seitenspannen erfllt ihre Funktion und erzeugt keine Kratzspuren oder sonstige Beeintrchtigungen des Objekts. Ein Kriterium fr dessen Wahl war auch das geringe Volumen und somit die optische Unaufflligkeit. Dies kann auch nach der Umsetzung als positiv bewertet werden. Die Handhabung beim Schliessen der Klammern ist jedoch etwas umstndlich und daher nur fr die Anwendung geschickter Hnde eines/r Restaurators/in gemacht.

Es bleibt die Mglichkeit bestehen die Halterungen der Unterkonstruktion leicht umzubiegen, falls eine andere Position der Spannen gewnscht ist. Fr die genaue

Positionierung des Nautilusghuses ist die Verwendung eines weiteren Magneten zu diskutieren. Zurzeit muss der Nautilus in die Form der Unterkonstruktion richtig platziert werden. Die korrekte Positionierung wird an der Formung der Unterkonstruktion sowie an der Position der Spannen ersichtlich. Durch einen Magneten im Innern des Ghuses wrde diese Position ohne die Mglichkeit eines Irrtums gefunden und zusstzlich Stabilitt erzeugen.

## 12.1 Empfehlungen für die zukünftige Handhabung und Aufbewahrung

Um keinen schädigenden Handschweiss auf das Metall zu bringen, sind jegliche Manipulationen mit Handschuhen durchzuführen. Die Montierung mit der Unterkonstruktion soll wie beschrieben erfolgen.<sup>23</sup> Für die Lagerung sollte das Nautilusgehäuse entnommen und auf einem der Form angepassten Polyethylenschaum positioniert werden. Die Metallteile können mit der Unterkonstruktion gelagert werden, dadurch sind die Blumenmuttern vor Verlust geschützt. Die Idealbedingungen für das Silber ist eine möglichst tiefe Luftfeuchte und Schadstoffbelastung. Diese ist in den vorgesehenen Depoträumlichkeiten nicht gegeben. Das Nautilusgehäuse, aus teilweise organischer Substanz sowie die Papierergänzungen sollten keiner möglichst tiefen Luftfeuchte, jedoch ebenfalls stabilen Klimaverhältnissen ausgesetzt werden. Durch die Lagerung in saurer Umgebung oder in Kontakt mit Essigsäure ist eine Degradation der Calciumcarbonatanteile des Gehäuses zu erwarten, daher muss eine solche Umgebung vermieden werden (Paterakis 2016, S. 29 - 31).

Die klimatischen Bedingungen im Depot können wie folgt verbessert werden. Es sollte darauf geachtet werden, dass keine Türen offenstehen, wodurch starke Schwankungen des Klimas ausgelöst werden. Für die Lagerung ohne erneute Korrosionsbildung ist ein Schutz des Silbers vor Schadstoffen und erhöhter relativer Luftfeuchte erforderlich. Da sich im selben Depot eine Vielzahl von unterschiedlichen Materialien mit diversen konservatorischen Ansprüchen befinden, ist die Anpassung der Klimatisierung auf die Silberobjekte im Depot keine Option. Nach den Ergebnissen der Versuchsreihe von Kalibis u. a. wird folgende schützende Verpackung vorgeschlagen. Eine Kombination von einer undurchsichtigen PE-Folie mit einer schadstoffabsorbierenden Beschichtung (zum Beispiel die von Kalibis beschriebene Corrosion Intercept®-Folie) und einer durchsichtigen PE-Folie. Somit kann der Zustand des Objekts jederzeit überprüft werden. Ein regelmässiges Monitoring sollte eingeplant werden. Der direkte Kontakt des Objekts mit den absorbierenden Materialien soll vermieden werden (Costa 2001, S. 30). Der Verpackung wird zusätzlich ein Trockenmittel beigegeben, welches weiter mit einem Sauerstoffabsorber kombiniert werden kann. Dieser darf jedoch kein Schwefel emittieren. Eine Testreihe von Kalibis u. a. zeigte, dass bereits ohne Sauerstoffabsorber die Korrosionsbildung stark verringert wurde. Das Einfügen eines Klippverschlusses erwies sich als stark undichte Stelle (Kalibis, S. 79 – 90), wodurch die Absorber schneller gewechselt werden müssen. Daher sollte die Verpackung nach Möglichkeit komplett verschweisst werden. Es ist im Verhältnis zur Regelmässigkeit von Ausleihen und Ausstellungen abzuwägen, ob ein gesamthaftes Verschweissen sinnvoll ist. Bei regelmässigem Entnehmen kann ein Verschluss trotzdem von Vorteil sein. Als Alternative könnten auch Versuche mit einfachen Hussen aus Silberschutztuch auf ihren Schutz getestet werden.

---

<sup>23</sup> Siehe 11.5.1 Anleitung zur Montierung der Unterkonstruktion, S. 62

Präventive Massnahmen sollen umgesetzt werden, um den freigelegten Zustand zu erhalten, erneute mechanische Bearbeitung zu vermeiden und die Zeit für das Freilegen nicht in kurzer Zeit erneut aufwenden zu müssen.



## 13 Fazit

Die Objektbetrachtung ergab interessante Informationen über die Herstellungstechniken und die Objektgeschichte. Ein Teil der Metallbearbeitungstechniken konnten durch deren Nachstellung an der Versuchsspanne mit Sicherheit bestimmt werden. Es konnte eine Hypothese zu den Änderungen und der Zusammensetzung der Objektteile aufgestellt werden, wozu die eruierten Herstellungstechniken und Verbindungen beitrugen. Zusätzliche XRF-Probestellen können eventuell noch weitere Informationen zum Vorschein bringen.

Die Herstellungstechniken liessen weiter, mögliche Empfindlichkeiten des Materials erkennen. Erfreulicherweise wurden die sehr geringen Überreste der Muschelvergoldung bei der Untersuchung unter dem Mikroskop entdeckt und konnten somit während der Reinigung geschont werden. Es konnten keine weiteren Nautiluspokale gefunden werden, welche ebenfalls die Herstellungstechnik des Blattvergoldens und des Muschelvergoldens aufweisen. Dies macht das Vorhandensein der Techniken zusätzlich interessant.

Nicht alle im Restaurierungskonzept beschlossenen Massnahmen ergaben das erwartete oder erhoffte Ergebnis. So die beschriebene Klebung der Bugspanne oder das Entfernen der schwarzen Schicht des blattvergoldeten Papiers. Der Zeitaufwand für die Vorbereitungen zu den Klebungen wurde während der Planung stark unterschätzt (Anhang 16, S.170).

Während des Redaktionsteils und des Korrekturlesens wurde teilweise festgestellt, dass eine Abbildung aus einem anderen Winkel für die Beschreibung von Vorteil wäre. Das Objekt war nach dem Abschluss der Restaurierung nicht mehr zugänglich somit konnten diese Abbildungen nicht nachträglich gemacht werden, daher entsprechen nicht alle Abbildungen dem Ideal.

Die Arbeit zeigte viele unterschiedliche Themenbereiche auf, welche im Rahmen dieser Arbeit nur einer kurzen Betrachtung unterzogen werden konnten. In Bezug auf die Restaurierung wurde der Schwerpunkt auf die Freilegung und die Unterkonstruktion gelegt. Geringe Vertiefung fand in Bezug auf die Klebung und das Restaurieren des Papiers statt. Dies kann in zukünftigen Schritten erfolgen.

Es kann zusammengefasst werden, dass die Restaurierungsmassnahmen ein Objekt in einem vom HMB erwünschten Zustand ergaben, wodurch einer zukünftigen Ausstellung durchgeführt werden kann. Insofern die präventiven Massnahmen zum Erhalt des Zustandes ergriffen werden, kann dieser auch bis zu einer Ausstellung in fernerer Zukunft erhalten werden. Die Erkenntnis über die eigenständige Vorgeschichte der Nautiluschale und des restlichen Pokals erlaubte die Entscheidung für die unkonventionelle Ausstellungsweise mit der Montierung durch eine von der Vitrinensituation unabhängigen Unterkonstruktion. Das Ergebnis ist die Präsentation als Einheit mit gleichzeitigem Respektieren der unterschiedlichen Objektteile. Dadurch konnten stark invasive, irreversible und daher restaurierungsethisch kaum vertretbare Massnahmen umgangen werden.

Weiterführende Gedanken zur Unterkonstruktion und zum Nautilus Pokal allgemein sind zusätzlich im Anhang 18, S. 179 formuliert.

## Literaturverzeichnis

**Anheuser 1999:** Anheuser, K. (1999). *Im Feuer vergoldet - Geschichte und Technik der Feuervergoldung und der Amalgamversilberung*. AdR-Schriftenreihe zur Restaurierung und Grabungstechnik (Bd. 4). Stuttgart: Theiss Verlag.

**Barth 2014:** Barth, U. & Hörack, C. (2014). *Basler Goldschmiedekunst – Katalog der Werke*. Eine Publikation des Historischen Museums Basel. Basel: Schwabe Verlag.

**Brephol 2004:** Brephol, E. (2004). *Benvenuto Cellini - Traktate über die Goldschmiedekunst und die Bildhauerei*. Köln: Böhlau Verlag.

**Brephol 1987:** Brephol, E. (1987). *Theophilus Presbyter und die mittelalterliche Goldschmiedekunst*. Köln: Böhlau Verlag.

**Brephol 2013:** Brephol, E. (2013). *Theophilus Presbyter und das mittelalterliche Kunsthandwerk*. Köln: Böhlau Verlag.

**Büttner 2000:** Büttner, A. (1998). *Perlmutter - Von der Faszination eines göttlichen Materials*. Retersburg: Imhof.

**Costa 2001:** Costa, V. (2001). The deterioration of silver alloys and some aspects of their conservation. In: *Reviews in Conservation* (Nr. 2). London: ICC. (S. 18-34)

**Degrigny 2014:** Degrigny, C. (2014). *Mise au point de méthodes de nettoyage électrolytique innovantes pour la restauration de chefs-d'oeuvre d'orfèvrerie composites. Application au trésor de l'abbaye de Saint-Maurice d'Agaune*. (Unité de recherche en Conservation-restauration) Neuchâtel. Haut École Arc.

**Diderot:** Diderot et d'Alembert. (1751 - 1780). *L'encyclopédie Diderot et d'Alembert*. Orfèvrerie Joaillerie. Paris. 2339-68.14 Ort: Medien- und Informationszentrum zhdk MIZ.

**Dramm 2001:** Dramm, J. (2001). Perlmutterruhe zur Restaurierung in der Fachakademie. In: *Arbeitsblätter für Restauratoren*, Heft 1. Mainz: Verlag des Römisch Germanischen Zentralmuseums.

**Foltz 1981:** Foltz, E. (1981). Antike Goldschmiedetechniken und ihre Erkennung. In: *Arbeitsblätter für Restauratoren*, Heft 2. Gruppe 3, Edelmetalle. Mainz: Verlag des Römisch Germanischen Zentralmuseums. (S. 50 – 63)

**Freitag 2016:** Freitag, J. (2016). Let's putz Silber? Eine Nachlese zur Tagung im Landesmuseum Württemberg, Stuttgart (22. – 24. Mai 2014). In: *VDR Beiträge zur Erhaltung von Kunst- und Kulturgut*, Heft 1/ 2016. Bonn: Imhof. (S. 36 - 43)

**Günzler und Heise 1996:** Günzler, H. & Heise, H. M. (1996). *IR-Spektroskopie – Eine Einführung*. (3., neu überarbeitete Auflage). Weinheim: VCH.

**Hilbert 2002:** Hilbert, G. (2002). *Sammlungsgut in Sicherheit*. Berlin: Gebr. Mann Verlag.

**Jahr 1988:** Jahr, U. (1988). Zur Problematik der Sulfidabnahme von kunsthandwerklichen Silberobjekten. In: *Arbeitsblätter für Restauratoren*, Heft 1, Gruppe 3, Silber. München. (S. 93 – 98)

**Jägers 2006:** Jägers, E. (2006). Oberflächenreinigung - Eine systematische Annäherung. In: *Oberflächenreinigung – Material und Methoden*. Stuttgart: Theiss Verlag. (S. 12 – 26)

**Kalibis 2009:** Silvia Kalibis u. a. (2009). Langzeitlagerung im unklimateisierten Museumsdepot: Die Verpackung von Metallobjekten in Kunststoff-Folien. In: *Metallkonservierung Metallrestaurierung Geschichte Methode und Praxis*. Wien: Böhlau Verlag. (S. 79 – 90)

**Koesling 1999:** Koesling, V. (1999). *Vom Feuerstein zum Bakelit – Historische Werkstoffe verstehen*. AdR-Schriftenreihe zur Restaurierung und Grabungstechnik (Bd. 5/6). Stuttgart: Theiss Verlag.

**Krebs 1992:** Krebs, E. (1992). Ergänzungen an einem stark beschädigten Perlmutterkreuz. In: *Arbeitsblätter für Restauratoren*. Heft 2, Gruppe 8, Perlmutter. Wien: Verlag des Römisch Germanischen Zentralmuseums. (S. 213 – 216)

**Landischen 1753:** Landischen, F. (1753). *Anweisung zum Migniaturmaler, Vermittelst deren diese Kunst ganz leicht und ohne Lehrmeister zu begreifen, Nebst vielen raren und geheimen hierzu gehörigen Kunst-Stücken: Ingleichen ein Planier- und Muschel- Gold und Silber, wie auch den rechten Chinesischen Vernis selber zu machen*. Leipzig.

**Lanz 2007:** Lanz, H. (2007). Silberschatz der Schweiz – Gold- und Silberschmiedekunst aus dem Schweizerischen Landesmuseum Trésors d'orfèvrerie suisse – Les collections du Musée national suisse. Zürich: Info.

**Loosli, Merz, Schaffner 1980:** Loosli, Merz & Schaffner. (1980). *Modell-Lehrgang für Goldschmiede*. Vereinigung Schweizerischer Juwelen- und Edelmetallbranche. Genf: Scriptor SA.

**Material-Archiv 2011:** Gewerbemuseum JB (2011). *Polyethylen-Schaumstoff*. Online verfügbar unter: <http://www.materialarchiv.ch/detail/1130#/detail/1130/polyethylen-schaumstoff> [10.6.2017].

**Matteini und Moles 1990:** Matteini, M. & Moles, A. (1990). *Naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden in der Restaurierung*. München: Callwey Verlag.

**Mette 1995:** Mette, H.-U. (1995). Der Nautiluspokal, Wie Kunst und Natur miteinander spielen. München: Klinkhardt & Biermann.

**Paterakis 2016:** Paterakis Boccia, A. (2016). *Volatile Organic Compounds – and the Conservation of Inorganic Materials*. London: Archetype Publications Ltd.

**Paysan 2016:** Paysan, M. (2016). Wenn der Glanz schwindet. Zum Umgang mit Silberkorrosion auf vergoldetem Silber. In: *Restauo* (Nr. 1, 2017). (S. 12 – 17)

**Rosenberg 1911:** Rosenberg, M. (1911). *Der Goldschmiede Merkzeichen*. Frankfurt am Main: Verlag von Heinrich Keller.

**Rühle-Diebener-Verlag 1990:** (1990). *Der Silberschmied*. Stuttgart: Rühle-Diebener-Verlag.

**Salzer und Siesler 2009:** Salzer, R. & Siesler, W. H. (2009). *Infrared and Raman Spectroscopic Imaging*. Weinheim: WILEY-VCH.

**Schadee 1991:** Schadee, N.I. (1991). *Zilverschatten – drie eeuwen Rotterdams zilver*. Historisch Museum der Stadt Rotterdam. Tentoonstellingcatalogus.

**Scheicher 1979:** Schiecher E. (1979). *Die Kunst- und Wunderkammern der Habsburger*. Wien: Verlag Fritz Molden.

**Scheidemann 2006:** Scheidemann, C. (2006). Schmutz als wesentlicher Bestandteil in Kunstwerken. In: *Oberflächenreinigung – Material und Methoden*. Stuttgart: Theiss Verlag. (S. 228 – 233)

**Schumann 2008:** Schumann, W. (2008). *Edelsteine und Schmucksteine Alle Arten und Varietäten der Welt 1900 Einzelstücke*. 14. Auflage. München: BLV Buchverlag.

**Schweizer 1979:** Schweizer, F. (1979). Zur Echtheitsprüfung von antiken Silbergegenständen: eine metallographische Untersuchung. In: *Arbeitsblätter für Restauratoren*. Heft 2, Gruppe 19, Naturwissenschaftliche Untersuchung. Genève. (S. 104 – 112)

**Selwyn, 2004:** Selwyn, L. (2004). *Métaux et corrosion : un manuel pour le professionnel de la conservation*. Ottawa: Institute canadien de conservation.

**Stroux 2017:** Stroux, U. (2017). *Linie Theodor Burckhardt 1549 – 1623*. Online verfügbar unter: [http://www.stroux.org/patriz\\_f/stBu\\_f/Bu15\\_r.pdf](http://www.stroux.org/patriz_f/stBu_f/Bu15_r.pdf) [16. 5. 2017].

**Tendoorstelling 1985:** Tendoorstelling.(1985). *Meesterwerken in Zilver*. Gent: Bijloke museum.

**Van Dievoet 1992:** Van Dievoet, W. (1992). *Poinçons d'argent, les poinçons de garantie internationaux pour l'argent*. Paris : Tardy Verlag.

**Witschard 2016:** Witschard, D. & Girardin, N. (2013). *Entretien avec Denise Witschard, restauratrice, Bulletin du centre d'études médiévales d'Auxerre (BUCEMA)*. online gestellt 05. 12. 2013.) Online verfügbar unter: <http://cem.revues.org/13245> [17.4.2017].

**Wolters 1991:** Wolters, J. (1991). *Der Gold- und Silberschmied* (Bd. 1) Werkstoffe und Materialien. Stuttgart: Rühle-Diebener-Verlag.

**Wyss, Loosli, Tannheimer, Heinz 2004:** Wyss, G., Loosli, F., Tannheimer, W. & Heinz, G. (2004). *Silberschmieden, Das Buch aller Techniken*. Bern: Haupt Verlag.

## Abbildungsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 1 Der Schaft und Fuss, die Bugspange, die Fassung, die Blumenmuttern und die Nautiluschale, Vorzustand.....                     | 9  |
| Abbildung 2 Nautilus mit metallimitierendem, blattvergoldetem Papier über den Bruchstellen .....  | 14 |
| Abbildung 3 Nautilus mit ovaler Ergänzung in Perlmutter mit weitergeführter Gravur .....  | 14 |
| Abbildung 4 "ET" Stempel auf dem Standring des Fusses .....   | 18 |
| Abbildung 5 Unbearbeitetes Nautilusgehäuse ©HMB .....   | 20 |
| Abbildung 6 Der Fuss von Unten, mit eingefressenen Hartlötungen.....  | 24 |
| Abbildung 7 Seitenspange in gewinkelter Position mit überfeilter Weichlötung .....  | 26 |
| Abbildung 8 Die Einzelteilen des Nautiluspokals, gereinigt und freigelegt.....  | 27 |
| Abbildung 9 Der Fuss mit den beiden getriebenen Elemente und dem geprägten Bandmuster .....   | 28 |
| Abbildung 10 Bug des Nautilus mit der gravierten Andeutung deines Daches und der Lippenrandfassung mit den Ziegelformen, Vorzustand ..... | 28 |
| Abbildung 11 Der Nautiluspokal im Zustand der Lagerung seit 1968.....   | 36 |
| Abbildung 12 Die Lippenbucht nach der Trockenreinigung.....   | 48 |
| Abbildung 13 Der Schaft und der Fuss nach der Trockenreinigung .....  | 48 |
| Abbildung 14 Der Nautilus mit dem blattvergoldeten Papier, Endzustand.....  | 49 |
| Abbildung 15 Der Schaft und der Fuss, die Bugspange, die Fassung und die Blumenmuttern nach der Reinigung mit Feinsprit.....              | 50 |
| Abbildung 16 Die Nautiluschale mit freigelegter Lippenrandfassung.....  | 51 |
| Abbildung 17 Der Schaft und der Fuss nach der Freilegung mit Feinsprit und Kreide .....   | 51 |
| Abbildung 18 Bugseite des Nautilusgehäuses vor der Reinigung mit dem Wattetupfer und dest. Wasser .....                                   | 52 |
| Abbildung 19 Bugseite des Nautilusgehäuses nach der Reinigung mit dem Wattetupfer und dest. Wasser .....                                  | 52 |
| Abbildung 20 Klammer und Manschette der Unterkonstruktion .....   | 53 |
| Abbildung 21 Die fertige Unterkonstruktion .....  | 54 |
| Abbildung 22 Die Halterung der Heckspange mit der sichtbaren Feilung für die Führung beim Lötten .....                                    | 54 |
| Abbildung 23 Die montierte Unterkonstruktion ohne Nautilus .....  | 55 |
| Abbildung 24 Der Nautiluspokal mit Unterkonstruktion in Seitenansicht, Endzustand .....   | 56 |
| Abbildung 25 Der Nautiluspokal mit montierter Unterkonstruktion von der Bugseite, Endzustand .....  | 57 |
| Abbildung 26 Nautiluspokal 1939.855. des HMB ©HMB.....  | 76 |
| Abbildung 27 Nautiluspokal 1955.15. des HMB ©HMB .....  | 76 |
| Abbildung 28 Nautiluspokal 1894.165.1. des HMB ©HMB.....  | 77 |
| Abbildung 29 Kokosnusspokal, in Privatbesitz ©HMB .....   | 77 |
| Abbildung 30 Inventarkarte des Nautiluspokals 1968.379. ©HMB .....  | 78 |

|  |     |
|--|-----|
| Abbildung 31 Stammbaum der Familie Burckhardt © Strouxs 2017.....  | 79  |
| Abbildung 32 REM Aufnahme mit Messpunkten, Probe Nr. 1 und Angaben zur REM-Aufnahme ©HKB<br>.....                | 105 |
| Abbildung 33 REM Aufnahme mit Messpunkten, Probe Nr. 2 und Angaben zur REM-Aufnahme ©HKB<br>.....                | 106 |
| Abbildung 34 REM Aufnahme mit Messpunkten, Probe Nr. 3 und Angaben zur REM-Aufnahme ©HKB<br>.....                | 107 |
| Abbildung 35 REM Aufnahme mit Messpunkten, Probe Nr. 4 und Angaben zur REM-Aufnahme ©HKB<br>.....                | 108 |
| Abbildung 36 Übergang zwischen Flachreliefkranz der Lippenbucht und Perlmutteroberfläche mit dem<br>Schnitt..... | 114 |
| Abbildung 37 Geschwärzte Gravur auf der Perlmutter-oberfläche des Nautilusgehäuses .....                         | 115 |
| Abbildung 38 Metallimitierendes, blattvergoldetes Papier.....  | 115 |
| Abbildung 39 Muschelvergoldeter Rand des Wirbelfrontfreischnitts, 10 x Vergrösserung .....                       | 116 |
| Abbildung 40 Eine Bleischere ©Diderot PV XIII Fig. 8 .....   | 117 |
| Abbildung 41 Gravur auf dem Kielbett, Endzustand.....  | 117 |
| Abbildung 42 Schabwerkzeuge, mittig der Ziehschaber .....  | 118 |
| Abbildung 43 Zieschaberspuren an der Innenseite des Kielbetts .....  | 118 |
| Abbildung 44 Gegossene Schaftfiguren .....   | 118 |
| Abbildung 45 Geprägtes Bandmuster am Fuss des Pokals, darüber liegend das punzierte Band .....                   | 119 |
| Abbildung 46 Getriebener und ziselierter Bereich am Fuss .....   | 120 |
| Abbildung 47 Ziselier- und Punzierwerkzeug ©Brepohl 2005 .....   | 120 |
| Abbildung 48 Spange mit gezogenem Mittelprofil.....  | 120 |
| Abbildung 49 Gewinkelt positionierte Seitenspange mit Weichlötung .....  | 121 |
| Abbildung 50 Gefeiltes Gewinde der Fassung mit Lötfläche.....  | 121 |
| Abbildung 51 Scharnierbewegung der Heckspange .....  | 122 |
| Abbildung 52 Polierwerkzeuge für die Druckpolitur ©Brepohl 2005 .....  | 124 |
| Abbildung 53 Polierte Oberfläche des Mittelprofil der Versuchsspange.....  | 124 |
| Abbildung 54 Wirbelfrontfreischnitt mit Öffnungen und Verschmutzungen entlang der Spangenposition<br>.....       | 127 |
| Abbildung 55 Gravur mit Verlust der Schwärzung am Kiel.....  | 127 |
| Abbildung 56 Fehlstellen des Nautilus mit starken Verschmutzungen in der Lippenbucht .....                       | 128 |
| Abbildung 57 Nautilusschale mit Blick in die Mündungskammer mit geklebtem Papier .....                           | 128 |
| Abbildung 58 Rückseite des vergoldeten Papiers.....  | 128 |
| Abbildung 59 Halterung der Bugspange für die Befestigung am Nautilus .....                                       | 129 |
| Abbildung 60 teilweise Abgelötete Scharnierverbindung der Bugspange .....  | 129 |
| Abbildung 61 Gebrochene Bugspange mit Weichlot.....  | 129 |

|  |     |
|--|-----|
| Abbildung 62 Fuss mit nicht Korrodierten Lotflecken und eingefressenem Lot .....   | 130 |
| Abbildung 63 Kielbett mit hellem Lotfleck um das Gewinde .....   | 130 |
| Abbildung 64 Ungelöste Goldplättchen zwischen den Schaftfiguren .....  | 130 |
| Abbildung 65 Treib- und Ziselierarbeit am Fuss mit nicht gelösten Feingoldplättchen.....   | 130 |
| Abbildung 66 Fuss und Schaft mit Neigung .....   | 131 |
| Abbildung 67 Die Blumenmuttern, Vorzustand .....   | 132 |
| Abbildung 68 Irisierende Silberkorrosion auf den Kielbett .....  | 133 |
| Abbildung 69 Kupferkorrosion auf dem Scharnier de Blumenmutter .....   | 134 |
| Abbildung 70 Blei- und Zinnkorrosion der Weichlötungen .....   | 135 |
| Abbildung 71 Versuchsspange ohne Vergoldung, Vorderseite .....   | 136 |
| Abbildung 72 Versuchsspange ohne Vergoldung, Rückseite .....   | 136 |
| Abbildung 73 Versuchsspange feuervergoldet, Vorderseite .....  | 137 |
| Abbildung 74 Versuchsspange feuervergoldet, Rückseite.....   | 137 |
| Abbildung 75 Versuchsspange, feuervergoldet, poliert und geschwärzt, Vorderseite .....   | 138 |
| Abbildung 76 Versuchsspange feuervergoldet und geschwärzt, Rückseite.....  | 138 |
| Abbildung 77 Versuchsspange feuervergoldet und poliert, Vorderseite .....  | 139 |
| Abbildung 78 Versuchsspange mit freigelegten Testbereichen.....  | 139 |
| Abbildung 79 Aufschwemmen der Lotpailleten auf das Mittelprofil der Versuchsspange .....   | 141 |
| Abbildung 80 Punzieren der Akanthusblätter mit einem gerundeten Punzen und dem Ziselierhammer<br>.....                             | 141 |
| Abbildung 81 Polieren der feuervergoldeten Versuchsspange mit dem Hämatit und Bier als Gleitmittel<br>.....                        | 142 |
| Abbildung 82 Polierschwabbeln .....  | 155 |
| Abbildung 83 Polierfilze.....  | 155 |
| Abbildung 84 Vorversuche 1. - 8. ....  | 156 |
| Abbildung 85 Vorversuche 9. - 11.....  | 156 |
| Abbildung 86 Mandrel mit Baumwollmoltonrondellen und Baumwollmolton.....   | 158 |
| Abbildung 87 Schallzahnbürste für die Nachreinigung .....  | 159 |
| Abbildung 88 Die Nautilusschale mit Sicht in die Mündungskammer, ungereinigt.....  | 172 |
| Abbildung 89 Die Nautilusschale mit Sicht in die Mündungskammer, mit Wattetupfer und dest. Wasser<br>gereinigter Innenbereich..... | 172 |
| Abbildung 90 Die Nautilusschale mit Verschmutzungen entlang der Heckspangenposition.....   | 173 |
| Abbildung 91 Die Nautilusschale mit Wattetupfer und dest. Wasser gereinigtem Heck.....   | 173 |
| Abbildung 92 Alle sechs Einzelteile des Nautiluspokals vor den Massnahmen .....  | 174 |
| Abbildung 93 Alle sechs Einzelteile des Nautiluspokals nach der Durchführung der Massnahmen.....                                   | 174 |
| Abbildung 94 Die Wirbelbekrönung, Vorzustand.....  | 175 |
| Abbildung 95 Die Wirbelbekrönung, Endzustand .....   | 175 |



|  |     |
|--|-----|
| Abbildung 96 Die Fassung, Vorzustand .....             | 176 |
| Abbildung 97 Die Fassung, Endzustand .....             | 176 |
| Abbildung 98 Der Schaft und der Fuss, Vorzustand ..... | 177 |
| Abbildung 99 Der Schaft und der Fuss, Endzustand ..... | 177 |
| Abbildung 100 Die Blumenmutter, Vorzustand .....       | 178 |
| Abbildung 101 Die Blumenmutter, Endzustand .....       | 178 |

Die Mikroskopaufnahmen ohne zusätzliche Bezeichnung erfolgten in 25x Vergrößerung. Alle Abbildungen welche nicht mit einer anderen Herkunft bezeichnet sind, wurden von der Verfasserin aufgenommen: © Janine Meier, HE-Arc CR 2017

## Tabellenverzeichnis

|  |     |
|--|-----|
| Tabelle 1 Korrosionserscheinungen.....   | 33  |
| Tabelle 2 Diagnose.....  | 37  |
| Tabelle 3 Ergebnisse der Versuche auf der Versuchsspange und der Vorversuche .....                             | 46  |
| Tabelle 4 Die verwendeten Geräte.....  | 74  |
| Tabelle 5 Die für die Restaurierung verwendeten Materialien.....   | 74  |
| Tabelle 6 Die für die Herstellung der Versuchsspange und der Unterkonstruktion verwendeten<br>Materialien..... | 74  |
| Tabelle 7 Die Messbereiche, XRF-Analysen.....  | 84  |
| Tabelle 8 Die Probeentnahmebereiche, REM-Analysen .....  | 104 |
| Tabelle 9 Die Probeentnahmebereiche, FTIR-Analysen.....  | 111 |
| Tabelle 10 Vergleich der Herstellungsspuren zwischen den originalen Spangen und der Versuchsspange<br>.....    | 144 |
| Tabelle 11 Auswertung der Vorversuchsreihe .....   | 153 |
| Tabelle 12 Abbildungen vor und nach den Tests auf der Versuchsspange.....                                      | 161 |
| Tabelle 13 Zeitplan der Konservierungs- und Restaurierungsmassnahmen.....                                      | 170 |
| Tabelle 14 Die Klimadaten von Juni 2016 bis Mai 2017.....  | 180 |

Alle Tabellen sind von der Verfasserin erstellt worden: © Janine Meier, HE-Arc CR 2017

## Grafikenverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Grafik 1 Der Nautiluspokal mit den Bezeichnungen .....  | 12 |
| Grafik 2 Der Nautilus (1) mit der Lippenrandfassung (4 und 6) und dem blattvergoldeten Papier (2).....  | 13 |
| Grafik 3 Die Vier-Spangen-Fassung mit der Scharnierverbindung (1 - 5), dem Gewinde (7), der Heckspange (9), der Wirbelspange (11), den Mittelprofilen (8 und 12) und der Wirbelbekrönung (13 - 15).....   | 15 |
| Grafik 4 Die Blumenmutter mit Scharnier (1 - 5) und die Blumenmutter mit Gewinde (1 und 2) .....  | 16 |
| Grafik 5 Der Schaft (1 - 10) und der Fuss (11 - 14) mit den Schaftfiguren (6 - 9).....  | 17 |
| Grafik 6 Die Positionen der drei "ET" Stempel auf dem Nautiluspokal, gereinigter und freigelegter Zustand .....   | 18 |
| Grafik 7 Kartierung der verwendeten Ziertechniken am Nautilusgehäuse und der Lippenrandfassung  | 21 |
| Grafik 8 Kartierung der verwendeten Ziertechniken an der Fassung .....  | 22 |
| Grafik 9 Kartierung der verwendeten Ziertechniken am Schaft und am Fuss .....   | 23 |
| Grafik 10 Zustandskartierung des Nautilus, linke Seite .....  | 29 |
| Grafik 11 Zustandskartierung des Nautilus, rechte Seite .....   | 29 |
| Grafik 12 Zustandskartierung der Korrosionsprodukte der Blumenmuttern .....   | 30 |
| Grafik 13 Zustandskartierung der Bugseite des Nautilus .....  | 30 |
| Grafik 14 Zustandskartierung des Nautilus mit Sicht in die Mündungskammer .....   | 30 |
| Grafik 15 Kartierung der korrosionsbeständigen Hartlötungen (violett) und den Bleizinnwechlötungen (braun) an der Fassung .....   | 31 |
| Grafik 16 Kartierung der korrosionsbeständigen Hartlötungen (violett) am Schaft und am Fuss.....  | 31 |
| Grafik 17 Kartierung der Deformierungen (grün) und den Rissen (blau) an der Fassung .....   | 32 |
| Grafik 18 Schematische Darstellung der Unterkonstruktion, des am Kielbett angepassten Mittelteils (orange), die Halterungen mit Klammern (Gelb) und Manschetten (violett) für die Seitenspangen und Blumenmuttern und die Halterungen der Heck- und Bugspangen (rot und grün) ..... | 53 |
| Grafik 19 Vermassung der Blumenmuttern .....  | 80 |
| Grafik 20 Vermassung des Schafts und des Fusses .....   | 80 |
| Grafik 21 Vermassung der Fassung, Aufsicht .....  | 81 |
| Grafik 22 Vermassung der Fassung, Seitenansicht .....   | 81 |
| Grafik 23 Vermassung des Nautilus, Aufsicht .....   | 82 |
| Grafik 24 Vermassung des Nautilus, Seitenansicht .....  | 82 |
| Grafik 25 Spektrum XRF, Messbereich 2194, Vorderseite der Bugspange, main ©HE-Arc.....  | 88 |
| Grafik 26 Spektrum XRF, Vergleich 2194 (blau) Vorderseite Bugspange und 2315 (rot) Vorderseite Versuchsspange, main ©HE-Arc.....  | 89 |
| Grafik 27 Spektrum XRF, Vergleich 2195 (grün) Bugspange Rückseite und 2316 (violett) Versuchsspange Rückseite, main ©HE-Arc .....   | 90 |

|   |     |
|---|-----|
| Grafik 28 Spektrum XRF, Vergleich 2195 (grün) Bugspange Rückseite und 2316 (violett) Versuchsspange Rückseite, main.....                    | 91  |
| Grafik 29 Spektrum XRF, 2196 Weichlötung an der Rückseite der Bugspange, main ©HE-Arc.....  | 92  |
| Grafik 30 Spektrum XRF, 2197 Gewinde der Blumenmutter, main ©HE-Arc.....  | 93  |
| Grafik 31 Spektrum XRF, 2198 Scharnier der Blumenmutter, main ©HE-Arc.....  | 94  |
| Grafik 32 Spektrum XRF, Vergleich 2199 (hellblau), 2200 (schwarz), 2201 (dunkelgrün), Lötstellen mit geringer Korrosion, main ©HE-Arc ..... | 95  |
| Grafik 33 Spektrum XRF, 2202 Aussenseite des Kielbetts, main ©HE-Arc .....  | 96  |
| Grafik 34 Spektrum XRF, 2194 (grau) Vorderseite der Bugspange und 2202 (hellblau) Aussenseite des Kielbetts, main ©HE-Arc.....              | 97  |
| Grafik 35 Spektrum XRF, 2204 Aussenseite des Fusses mit Feingoldplättchen, main ©HE-Arc.....  | 98  |
| Grafik 36 Spektrum XRF, 2315 (blau) Versuchsspange innen und 2316 (rot) Versuchsspange aussen, main ©HE-Arc .....                           | 99  |
| Grafik 37 Spektrum REM, Probe Nr. 1, Messpunkt pt2 ©HKB.....  | 105 |
| Grafik 38 Spektrum REM, Probe Nr. 2, Messpunkt pt1 ©HKB.....  | 106 |
| Grafik 39 Spektrum REM, Probe Nr. 3, Messpunkt pt3 ©HKB.....  | 107 |
| Grafik 40 Spektrum REM, Probe Nr. 4, Messpunkt pt1 ©HKB.....  | 108 |
| Grafik 41 Spektrum FTIR, Probe 1, Messung 1 ©HKB .....  | 111 |
| Grafik 42 Spektrum FTIR, Probe 1, Messung 2 ©HKB .....  | 112 |
| Grafik 43 Spektrum FTIR, Probe 2 ©HKB.....  | 112 |
| Grafik 44 Stratigrafie mit Gravurschnitt und Goldplättchen .....  | 133 |
| Grafik 45 Stratigrafie mit Punzierung und Bohrlochkante .....   | 134 |
| Grafik 46 Klimamessungen im Depot Kulturgüterschutz, Messperiode 01.08.2016 - 01.09.2017 ©HMB .....   | 181 |
| Grafik 47 Klimamessungen im Depot Kulturgüterschutz, Messperiode 01.02.2017 - 01.03.2017 ©HMB .....   | 181 |
| Grafik 48 Klimamessungen im Depot Kulturgüterschutz, Messperiode 01.09.2016 - 01.10.2016 ©HMB .....   | 182 |

Alle Grafiken welche nicht mit einer anderen Herkunft bezeichnet sind, wurden von der Verfasserin erstellt: © Janine Meier, HE-Arc CR 2017

## Abkürzungsverzeichnis

|           |  |                           |
|-----------|--|---------------------------|
| Abb.      | Abbildung                                    |                           |
| ca.       | Circa  |                           |
| dest.     | Destilliert                                  |                           |
| EFZ       | Eidgenössisches Fähigkeitszeugnis            |                           |
| FTIR      | Fourier-Transformation-Infrarotspektroskopie |                           |
| HE-Arc CR | Haute École Arc Conservation-restauration    |                           |
| HMB       | Historisches Museum Basel                    |                           |
| HKB       | Hochschule der Künste Bern                   |                           |
| Inv. Nr.  | Inventarnummer                               |                           |
| Jh.       | Jahrhundert                                  |                           |
| Kat. Nr.  | Katalognummer                                |                           |
| Lat.      | Lateinisch                                   |                           |
| Nr.       | Nummer                                       |                           |
| rF        | relative Feuchte                             |                           |
| REM       | Rasterelektronenmikroskop                    |                           |
| S.        | Seite  |                           |
| T         | Temperatur                                   |                           |
| u. a.     | und andere                                   |                           |
| UV        | Ultraviolett                                 |                           |
| XRF       | X-ray fluorescence spectroscopy              | Röntgenfluoreszenzanalyse |

## Glossar

|                  |   |
|------------------|---|
| Akanthusblatt    | Ein Akanthusblatt ist eine vegetale Ornamentik, welche sehr verbreitet Anwendung fand (Meyer 1922, S. 45 - 54).   |
| Blank machen     | Entfernen der hellen, matten, sogenannten Sudschicht auf Silberoberflächen.   |
| Flachreliefkranz | Dies bezeichnet einen stehengelassenen Bereich der äusseren Gehäuseschicht um die Lippenbucht. Diese weist die natürlichen braun-roten Streifen des Nautilus auf.   |
| Freilegen        | Das Freilegen ist das Entfernen von Objektsubstanz oder umgewandelter Objektsubstanz, wie Korrosionsprodukte, um eine definierte Oberfläche wieder sichtbar zu machen (Freitag 2016, S. 42).  |
| Lüster           | Als Lüster wird der irisierende Glanz mit dem zarten Farbenspiel von Perlmutter bezeichnet (Schumann 2008, S. 54 und 256 und Büttner 2000, S. 11).  |
| Lotpailletten    | Die in kleine Vierecke geschnittenen Lotstücke, welche für Hartlötungen verwendet werden.   |
| Lilie            | Eine Lilie ist eine dreiblättrige Blumenornamentform (Meyer 1922, S. 516 / 600).  |
| Mandrel          | Das Mandrel ist ein Werkzeug, welches zum Halten von Rondellen verschiedener Materialität verwendet werden kann. Es ist gefertigt, um zur Beschleunigung in einen Mikrobohrmotor gespannt zu werden.  |
| Messing          | Unter Messing wird eine Kupferlegierung mit dem Hauptlegierungszusatz Zink verstanden. Wobei 50 % Kupfer enthalten sein muss. Die restlichen Anteile sind somit Zink sowie optional geringe Anteile von Blei (Wolters 2000, S. 88 und 89).  |
| Muschelgold      | Zerriebenes Blattgold welche in Form einer Paste zum vergolden kleiner Bereiche verwendet wurde (Landischen 1753, S. 121 und 122).  |
| PLECO            | Ein Stift für die lokale elektrolytische Reduktion, welcher an der Haute École Arc in Neuchâtel entwickelt wurde (Degrigny 2014).   |
| Reinigen         | Als eine Reinigung wird das Entfernen von abgelagerten Fremdprodukten bezeichnet.   |
| Schwabbel        | Eine Schwabbel besteht aus vielen Baumwollfäden, welche im Kreis um einen Mittelpunkt angeordnet sind, um durch Drehung eine Oberfläche zu bearbeiten. Es gibt grosse Schwabbeln und kleine Schwabbeln für den Gebrauch mit dem Mikrobohrmotor. Meist handelt es sich dabei um Polierschwabbeln (Wolters 2000, S. 266). |
| Scharnier        | Im allgemeinen Sprachgebrauch wird unter einem Scharnier bereits eine Bewegung verstanden. In der Fachsprache der Goldschmiede ist jedoch ein Scharnier lediglich ein Röhrchen. Dieses kann zur Fertigung einer Bewegung, welche somit Scharnierbewegung heisst, verwendet werden.                                      |

|                 |  |
|-----------------|--|
| Schmutz         | Schmutz kann als Substanz am falschen Ort bezeichnet werden (Scheidemann 2006, S. 229 / Jägers 2006, S. 13).                   |
| Tinktur         | Die Tinktur bezeichnet die Heraldischen Farben, welche in gravierten Strukturen ausgedrückt werden (Meyer 1922, S. 553 / 554). |
| Verquicken      | Das Verquicken ist das Benetzen einer Oberfläche durch Quecksilber (Brephol 2013, S. 314 und 315).                             |
| Wirbelbekrönung | Die Wirbelbekrönung bezeichnet die Figur, welche auf dem obersten Punkt des Pokals positioniert ist (Mette 1995, S. 222).      |



## Anhang 1: Liste der verwendeten Materialien und Geräte

Tabelle 4 Die verwendeten Geräte

| Gerät               | Angaben  | Zu Verfügung gestellt von       |
|---------------------|--|---------------------------------|
| UV-LED-Prüfstrahler | UV-LED-Prüfstrahler, Reskolux® UV 365 von Deffner & Johann | HMB                             |
| XRF                 | Thermo Scientific®, Niton XL3t GOLDD+                      | Haute École Arc, Neuchâtel      |
| Mikroskop           | Olympus® SZ61 mit Olympus® SC50 Kamera-Aufsatz             | Haute École Arc, Neuchâtel      |
| FTIR                | PERKIN ELMER® System 2000 FT-IR                            | Kunsthistorisches Labor der HKB |
| REM                 | Zeiss® EVO MA10  | Kunsthistorisches Labor der HKB |
| Mikroskop           | Zeiss® Axiolab mit Canon Kamera-Aufsatz                    | HMB                             |
| Fotoapparat         | Nikon D-5000   | HMB                             |

Tabelle 5 Die für die Restaurierung verwendeten Materialien

| Material       | Angaben   |
|----------------|---|
| Feinsprit      | Feinsprit F25 2.5 % MEK/MIBK von W. Tschopp AG  |
| Ethanol        | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O, 99,8 %<br>( <a href="https://www.carlroth.com/downloads/sdb/de/P/SDB_P075_BE_DE.pdf">https://www.carlroth.com/downloads/sdb/de/P/SDB_P075_BE_DE.pdf</a> )                          |
| Toluol         | C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> , 99 % ( <a href="https://www.carlroth.com/downloads/sdb/de/9/SDB_9558_DE_DE.pdf">https://www.carlroth.com/downloads/sdb/de/9/SDB_9558_DE_DE.pdf</a> )                                |
| Paraloid B 72  | Acrylpolymere auf der Basis von Ethylmethacrylat und Methylacrylat., von Lascaux<br>( <a href="http://www.kremer-pigmente.com/media/pdf/67400_SHD.pdf">http://www.kremer-pigmente.com/media/pdf/67400_SHD.pdf</a> ) |
| Japanpapier    | Langfaserzellstoff, von Papeterie rebetez Basel   |
| Stärkekleister | Weizenstärke (native) C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O <sub>5</sub> von KUMAGRA AG  |
| Kreide         | Champagnerkreide ( <a href="http://www.kremer-pigmente.com/media/pdf/58000_SHD.pdf">http://www.kremer-pigmente.com/media/pdf/58000_SHD.pdf</a> )  |

Tabelle 6 Die für die Herstellung der Versuchsspanne und der Unterkonstruktion verwendeten Materialien

| Material     | Angaben  |
|--------------|--|
| Abbeizmittel | Udiprep, ist nicht mehr im Handel erhältlich, ähnliches Produkt unter dem Namen Actane 345 bei Artsupport erhältlich |

---

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Flussmittel                  | Fluoron, Flussmittel für Gold und Silberlötungen, von Bijoutil   |
| Messing                      | Kupferzinklegierung (58 % Cu und 42% Zn) von W. Tschopp AG   |
| Silberlot                    | 675 Silber-Lot (675 ‰ Ag, 235 ‰ Cu und 90 ‰ Zn), Dichte 9,7 g/cm <sup>3</sup> , Schmelzintervall 710 - 730°C, von Gyr Edelmetalle AG |
| Silberblech                  | 925er Silber (935 ‰ Ag und 65 ‰ Cu), Dichte 10,3 g/cm <sup>3</sup> , Schmelzintervall 820 - 910°C, von Gyr Edemetalle AG             |
| Schrumpfschlauch             | Polyolefin, Thermoplast transparent von VR Technics GmbH, Langweid 1, 6434 Illgau  |
| Polyethylen -<br>Schaumstoff | Schaumstoff aus Polyethylen in der Farbe anthrazit, von Büttikofer AG  |
| Magnete                      | Scheibenmagnet Ø 8 mm, Höhe 1 mm, Werkstoff NdFeB vernickelt, Haftkraft 410 g, von supermagnete                                      |

## Anhang 2: Vergleichsobjekte



Abbildung 26 Nautiluspokal 1939.855.  
des HMB ©HMB



Abbildung 27 Nautiluspokal 1955.15.  
des HMB ©HMB

Das Historische Museum Basel beherbergt weitere Nautiluspokale. Keiner von ihnen kann als gesamter Pokal als vergleichbar mit dem Nautiluspokal 1968.379. bezeichnet werden.

Der Nautiluspokal 1939.855. (Abbildung 26, S.76) mit der schlichten Nautiluschale in Perlmutteroptik, weist ebenfalls Akanthusblätter in der Gestaltung der Spangen und der Lippenrandfassung auf. Die Fassung besteht aus vier Spangen und auf der Wirbelspange ist als Wirbelbekrönung eine Figur zu erkennen. Es handelt sich um Scharnierspangen, welche jedoch zwei Scharnierbewegungen aufweisen. Die vergleichbare Gestaltung der Spangen ist nicht in der technischen Ausführung wiederzufinden. Die Spangen dieses Nautilus sind wesentlich massiver gearbeitet und nicht durch Punzierungen geformt. Die Gestaltung des Fusses weist keine vergleichbaren Elemente auf. Auch dieser Pokal wurde aus Silber gefertigt und vergoldet.

Der Nautiluspokal 1955.15. (Abbildung 27, S.76) weist Parallelen im Aufbau des Fusses auf. Jedoch sind die meisten dieser Elemente zweimal innerhalb des Fusses wiederholt, was beim Nautilus 1968.379. nicht der Fall ist. So sind zweimal unterschiedliche Ausführung von Schaftfiguren zu erkennen, zwei der Bleche mit den getriebenen Bändern und zwei getriebene Musterbänder. Die Lippenrandfassung besteht aus Akanthusblättern, jedoch ohne Bohrung. Die Befestigung am Wirbel ist ebenfalls mit Blumenmuttern verbunden. Die Fassung mit zwei parallelen Spangen entlang der Kiellinie ist ansonsten nicht vergleichbar. Es ist auffällig, dass die geschwärzte Gravur genau auf die Position der ungewöhnlichen Spangen angepasst wurde, dies ist im Katalog von Mette kaum wiederzufinden.

Der Nautiluspokal 1894.165.1. (Abbildung 28, S.77) ist in den Ziertechniken des Nautilusgehäuses vergleichbar. Es wurde in vergleichbarer Position ein Wirbelfrontfreischnitt durchgeführt und der Lippenrand wurde ebenfalls begradigt. Die Gravur wurde auf der Oberfläche in beinahe vollständiger Perlmutteroptik durchgeführt. Am Rande des Wirbelfrontfreischnittes sind geringe Bereiche der natürlichen gestreiften Nautilusoberfläche stehen gelassen worden.



Abbildung 28 Nautiluspokal  
1894.165.1. des HMB ©HMB



Abbildung 29 Kokosnusspokal, in  
Privatbesitz ©HMB

Die thematische Darstellung der Gravur kann jedoch nicht verglichen werden. Das Gehäuse ist stark beschädigt. So auch an vergleichbarer Stelle am Lippenrand des Buges. Der restliche Pokal ist weder technologisch, noch gestalterisch vergleichbar.

### Kokosnuss-Pokale

Die Kokosnusspokale sind ebenfalls ein seltenes Objekt. Der Pokal wird dabei von einer exotischen Kokosnuss gekrönt. Der Kokosnusspokal von Abbildung 29, S.77 stammt aus dem Jahre 1603, ist aus Silber gefertigt und teilweise vergoldet (Barth 2014, S. 228 und 229). Am Kokosnusspokal können deutlich mehrere vergleichbare Gestaltungselemente erkannt werden. Der Fuss mit den Treib- und Ziselierarbeiten sowie den Ranken ist auch am Kokosnusspokal vorhanden. Die Aufteilung in Schaft und Fuss erfolgte auf ähnliche Weise. Der Fassungsrand der Kokosnuss sowie die beiden Musterbänder am Fuss sind in derselben Gestaltung wie der Nautilus ausgeführt. In vergleichbarer Anordnung sind Früchte oder Blütenknollen zu erkennen (Abbildung 46, S.120). Sie werden ebenfalls von einem glatten Bereich umschlossen. Auch die Akanthusdarstellungen sind wiederzufinden. Die Ausführung erfolgte sehr ähnlich. Der Abschluss der Kokosnussfassung sowie die Spangen sind von Akanthusblättern gesäumt. Diese weisen eine Bohrung, eine Gravur und auch eine Punzierung auf. Die Blätter sind etwas detaillierter dargestellt im Vergleich zum Nautiluspokal 1968.379. Der Deckel wurde mit einer Gravur versehen. Ansonsten ist grossflächig in der Technik des Treibens gearbeitet worden. In der Gravur können keine Parallelen erkannt werden. Da sich das Objekt in Privatbesitz befindet, konnte kein genauerer Vergleich erfolgen.

Ein 1613 datierter Kokosnusspokal (Kat. Nr. 50) mit verblüffend ähnlichem Aufbau wurde in Zürich gefertigt. Interessant ist die leicht abgewandelte Umsetzung der Akanthusblätter, welche durch die zwei Bohrungen und ohne Punzierungen nicht mehr mit dem Nautilus 1968.379. vergleichbar sind (Lanz 2007, S.91). Auch die beiden Strausseneipokale aus Basel (Inv. Nr. 1882.90) von Elias Lencker 1575 und der Strausseneipokale aus Luzern (Inv. Nr. 2015.389) von Karl Silvan Bossard 1891 weisen vergleichbare, mit Akanthusblätter gestaltete Ränder auf.

## Anhang 3: Inventarkarte und Stammbaum

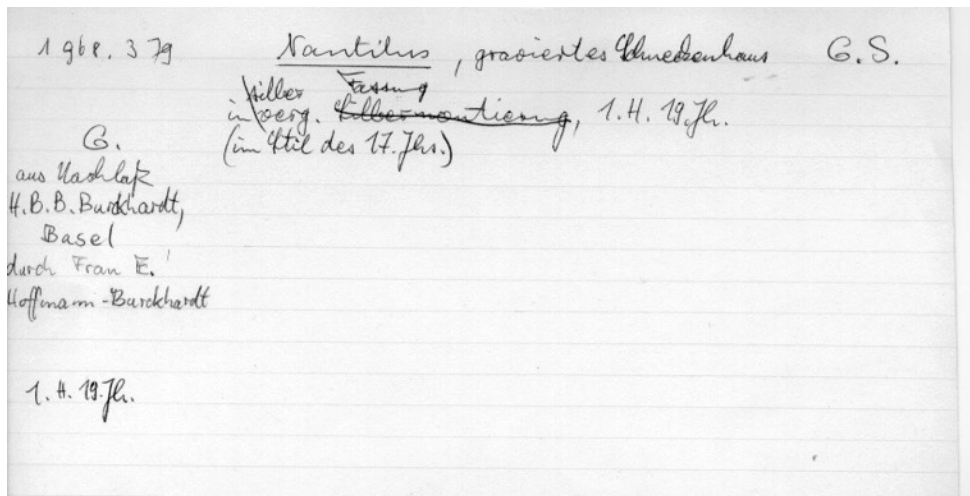


Abbildung 30 Inventarkarte des Nautiluspokals 1968.379. ©HMB

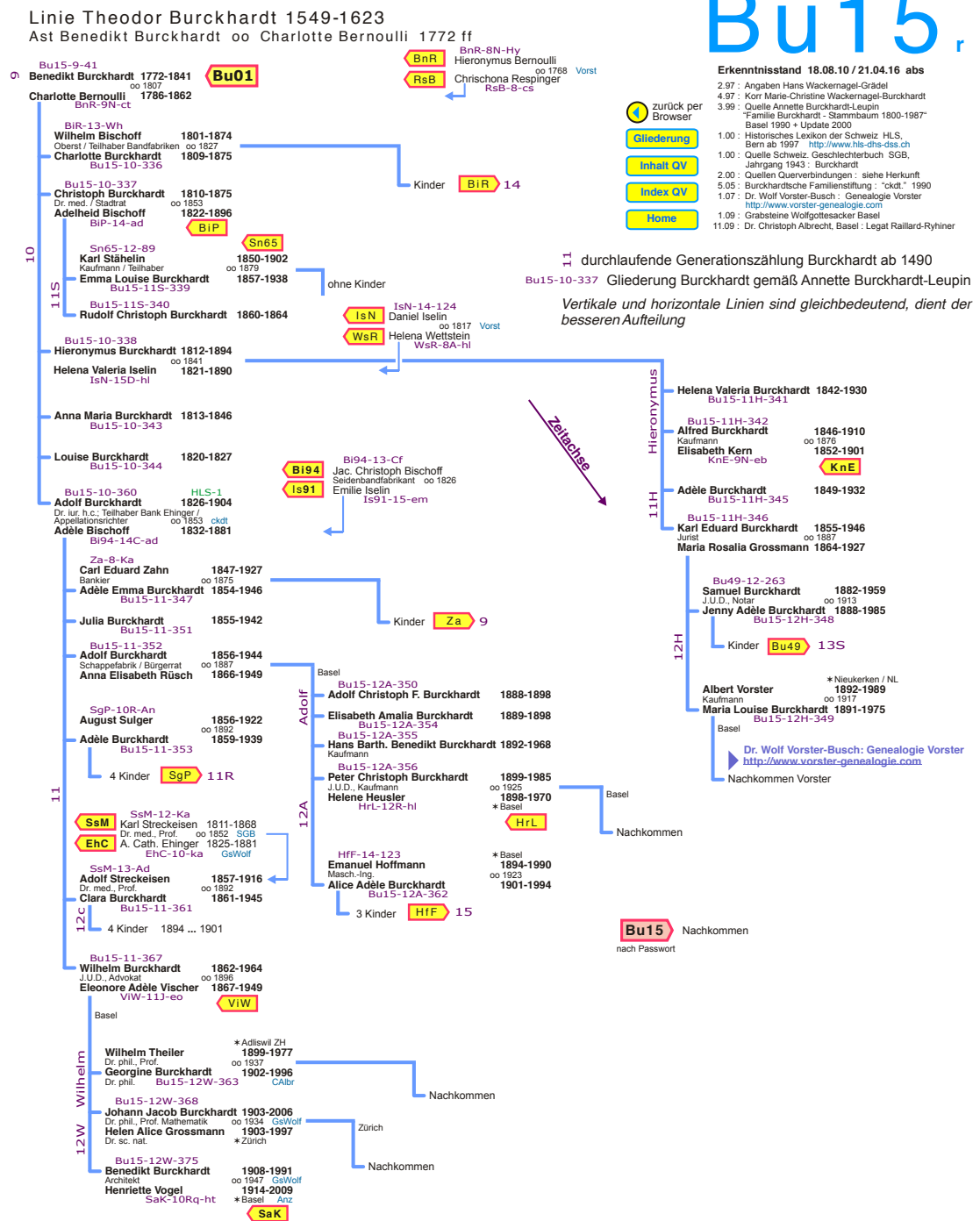
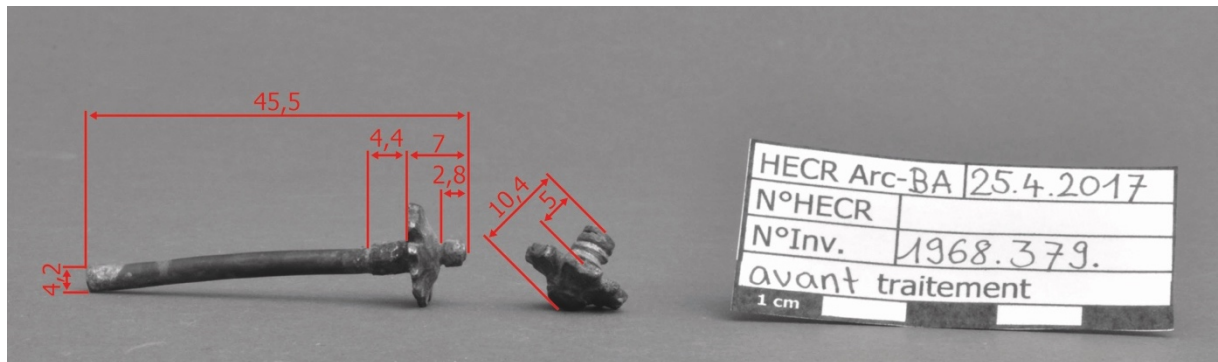


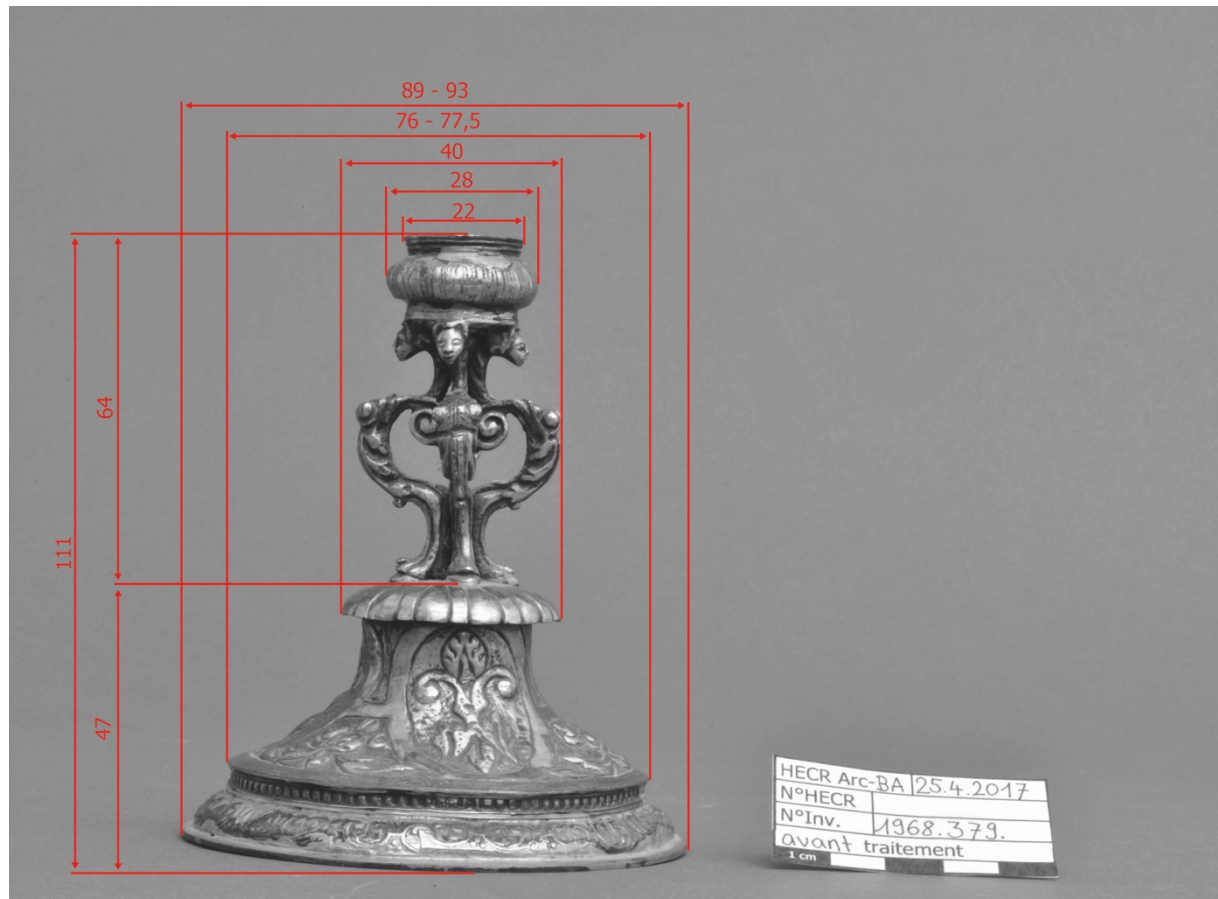
Abbildung 31 Stammbaum der Familie Burckhardt © Strouxs 2017



## Anhang 4: Objektvermessungen

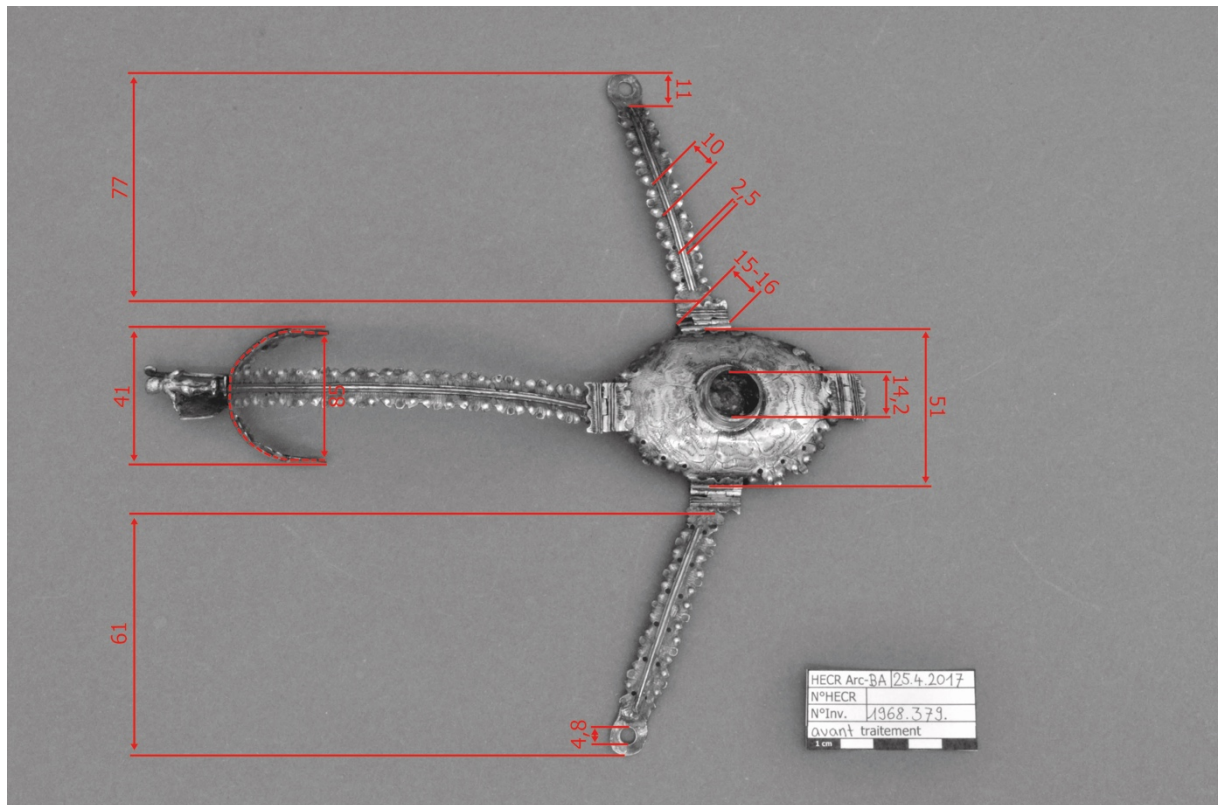


Grafik 19 Vermassung der Blumenmüttern

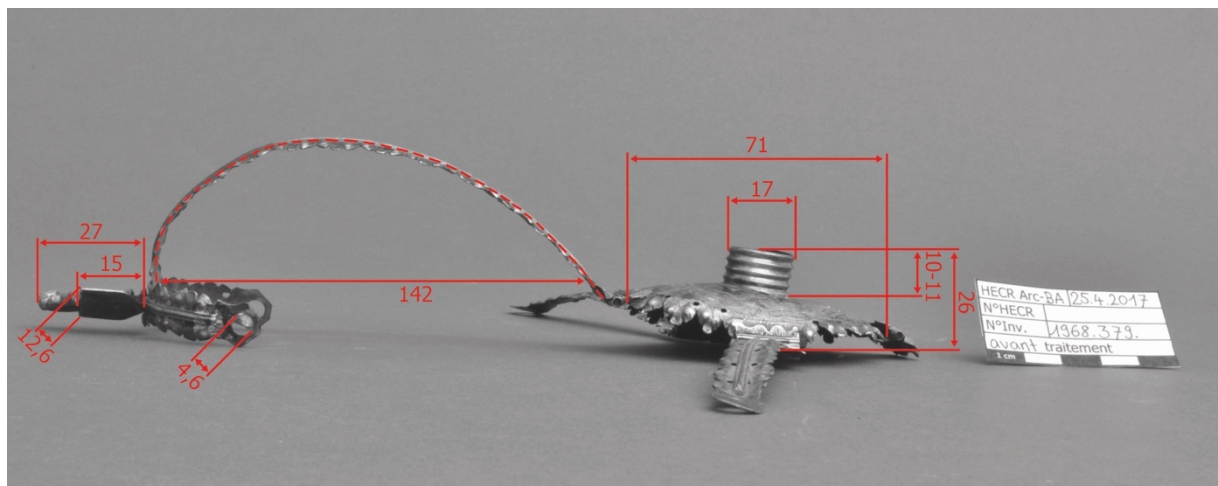


Grafik 20 Vermassung des Schafts und des Fusses

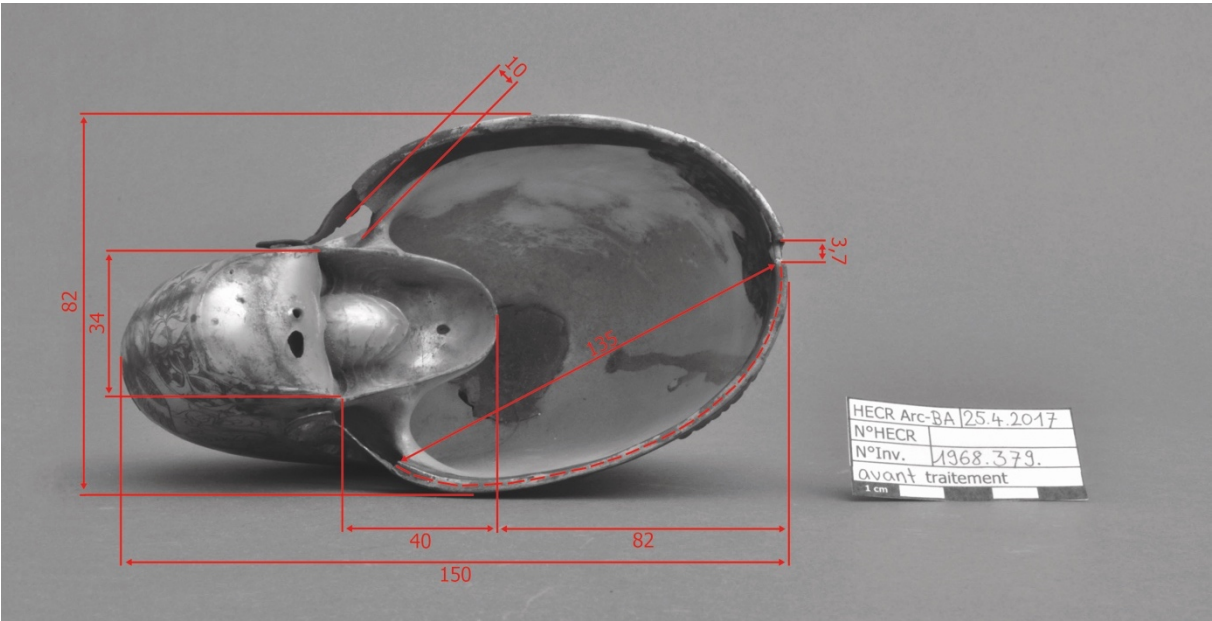




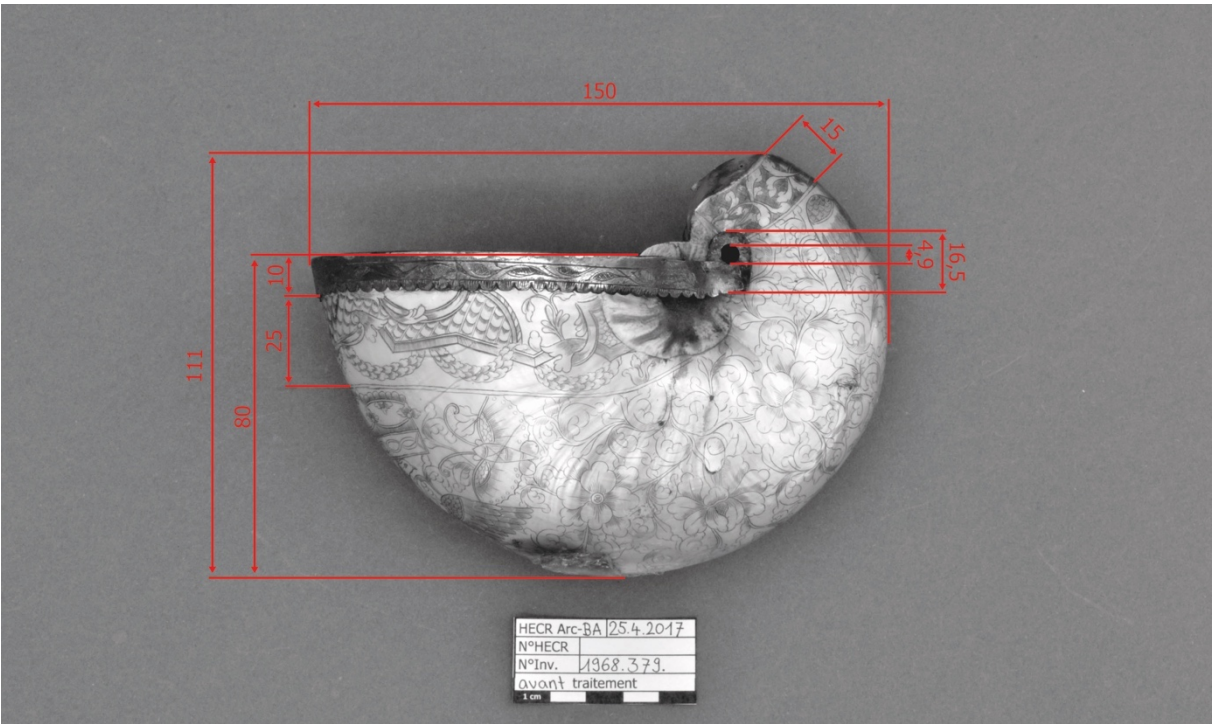
Grafik 21 Vermassung der Fassung, Aufsicht



Grafik 22 Vermassung der Fassung, Seitenansicht



Grafik 23 Vermassung des Nautilus, Aufsicht



Grafik 24 Vermassung des Nautilus, Seitenansicht

## Anhang 5: Analysen und Untersuchungen, XRF

Bei der Röntgenfluoreszenzanalyse wird ein Röntgenstrahl auf einen Bereich von 8 mm Ø gerichtet. Die Energie dieses Strahls regt die Atome vorübergehend an. Sie gehen dadurch in einen höheren Energiezustand über. Die in der Probe erzeugte Röntgenstrahlung wird daraufhin wieder abgegeben, woraufhin die Atome der Probe gehen zurück in ihren energetischen Ausgangszustand. Das Gerät misst die Energie und Intensität der von der angeregten Probe abgegebenen Röntgenstrahlung. Diese ist entsprechend der vorhandenen Atome, deren feststehenden Abstände und ihrer möglichen Energiezustände unterschiedlich. Die gemessene Röntgenstrahlung ist charakteristisch für die atomare Zusammensetzung der Probestelle. Somit kann qualitativ festgestellt werden, aus welchen Atomen ein Objekt besteht. Durch die Intensität kann weiter eine quantitative Aussage gemacht werden. Die durch das Gerät errechneten quantitativen Angaben sollten immer hinterfragt und relativiert betrachtet werden, da diese automatischen Berechnungen fehlerbehaftet sein können, Beschichtungen wie auch Grundmaterial gemessen wird und kleine Messbereiche nicht auf die quantitative Zusammensetzung eines gesamten Objekts schliessen lassen können (Anheuser 1999, S. 55). Die Messungen wurden mit dem mobilen XRF-Gerät Thermo Scientific, Niton XL3t GOLDD+ im Modus „general metal“ von Tobias Schenkel an der Haute École Arc in Neuchâtel durchgeführt. Es sind 15 Messungen ausgeführt worden. Davon sind 13 Messungen auf dem originalen Objekt erfolgt und zwei auf der Versuchsspanne.

### Ziel

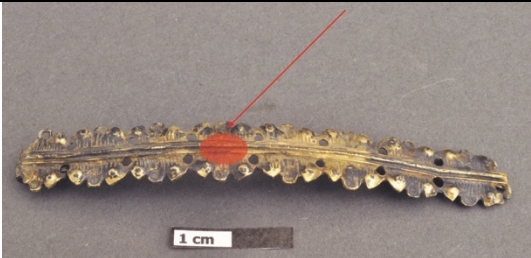
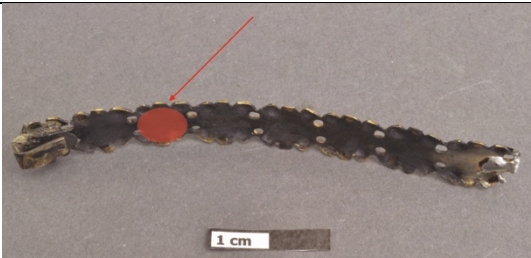
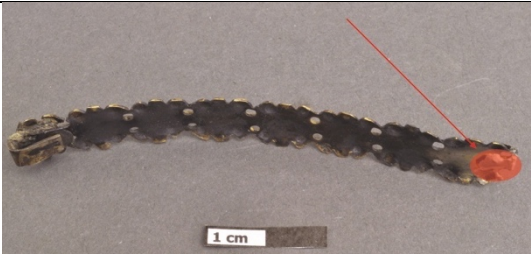

Das Ziel der XRF-Analysen ist die vorhandenen Elemente zu messen, ohne Probeentnahmen vornehmen zu müssen. Es wird dazu beitragen, mehrere Hypothesen zu den Herstellungstechniken und der zeitlichen Abfolge zu bekräftigen oder zu widerlegen. Die Messung grösserer Mengen von Quecksilber weist auf eine Feuervergoldung hin (Anheuser 1999, S.23). Die Messungen an den verschiedenen Objektteilen lassen einen Vergleich der Legierung zu. Die Restaurierungsmassnahmen können folglich auf die vorhandenen Materialien angepasst werden. Die Messungen auf der Versuchsspanne sollen Vergleichswerte ergeben, eines Objekts mit bekannter Herstellungsweise und Zusammensetzung.

### Die Messbereiche



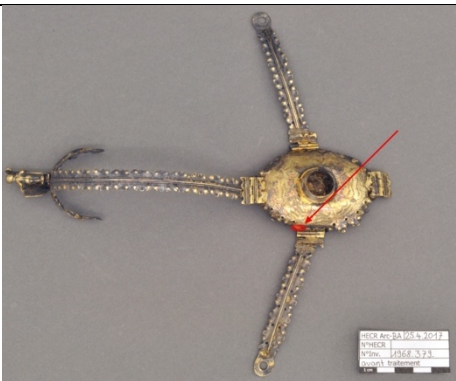
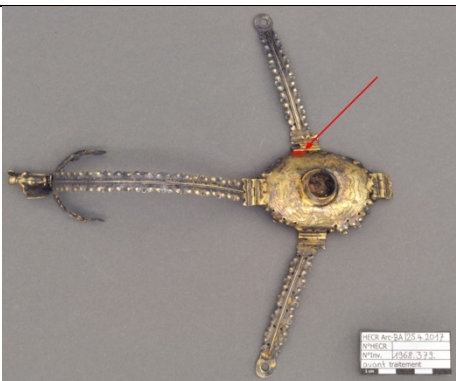
Von den 15 Messungen wurden mehrere Messungen am selben Objektteil, an der Innen- wie auch an der Aussenseite durchgeführt, um die Vergoldung sowie das Grundmaterial messen zu können. An verschiedenen Objektteilen werden Messungen durchgeführt um starke Unterschiede der Legierungszusammensetzung zu erkennen. Dies kann Informationen zur Zusammengehörigkeit der Teile liefern. Die Messbereiche wurden weiter an Stellen gesetzt, welche sichtbar unterschiedliche Legierungen aufweisen. Dies ist am Scharnier und am Gewinde der Blumenmuttern, wie auch beim Weichlot zu erkennen. Weitere Messungen erfolgen in Bereichen geringerer Korrosion, an welchen Hartlötungen mit erhöhtem Zinngehalt vermutet werden.

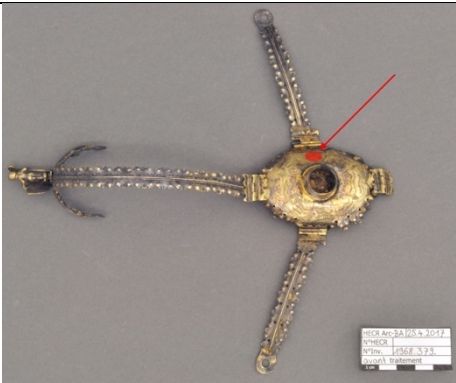
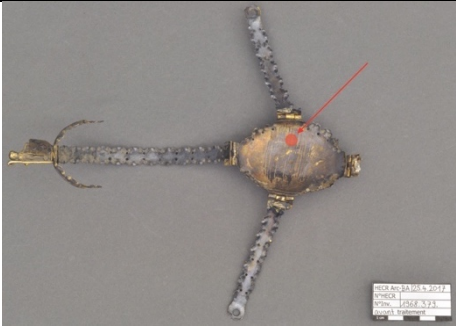




Tabelle 7 Die Messbereiche, XRF-Analysen

| Messung | Lokalisierung   | Beschreibung des Messbereiches  | Ergebnisse <sup>24</sup> in % |       |
|---------|---|---|-------------------------------|-------|
| 2194    |    | Vorderseite der Bugspange mittig, aufgelötetes Mittelprofil und Gravur, vergoldet | <b>Ag</b>                     | 38,9  |
|         |   |   | <b>W<sup>25</sup></b>         | 52,69 |
|         |   |   | <b>Cu</b>                     | 0,589 |
|         |   |   | <b>P</b>                      | 5.08  |
|         |   |   | <b>Se</b>                     | 1,7   |
| 2195    |    | Rückseite der Bugspange   | <b>Ag</b>                     | 90,05 |
|         |   |   | <b>W</b>                      | 4,07  |
|         |   |   | <b>Cu</b>                     | 5,04  |
| 2196    |   | Rückseite der Bugspange mit Weichlot  | <b>Ag</b>                     | 31.33 |
|         |   |   | <b>W</b>                      | 1,39  |
|         |   |   | <b>Cu</b>                     | 1,59  |
|         |   |   | <b>Sn</b>                     | 23,03 |
|         |   |   | <b>Pb</b>                     | 41,50 |
| 2197    |  | Blumenmutter mit Gewinde, Vorderseite mittig                                      | <b>Ag</b>                     | 4,76  |
|         |   |   | <b>W</b>                      | 5,03  |
|         |   |   | <b>Cu</b>                     | 58,28 |
|         |   |   | <b>Zn</b>                     | 21,87 |
|         |   |   | <b>Pb</b>                     | 6,51  |
|         |   |   | <b>Sn</b>                     | 2,08  |

<sup>24</sup> Eine Auswahl der Ergebnisse<sup>25</sup> Durch eine falsche Interpretation des Gerätes wird Gold in diesem Modus als Wolfram angegeben. In den Spektren wird jedoch ersichtlich, dass es sich bei diesen Messungen immer um Gold handelt.

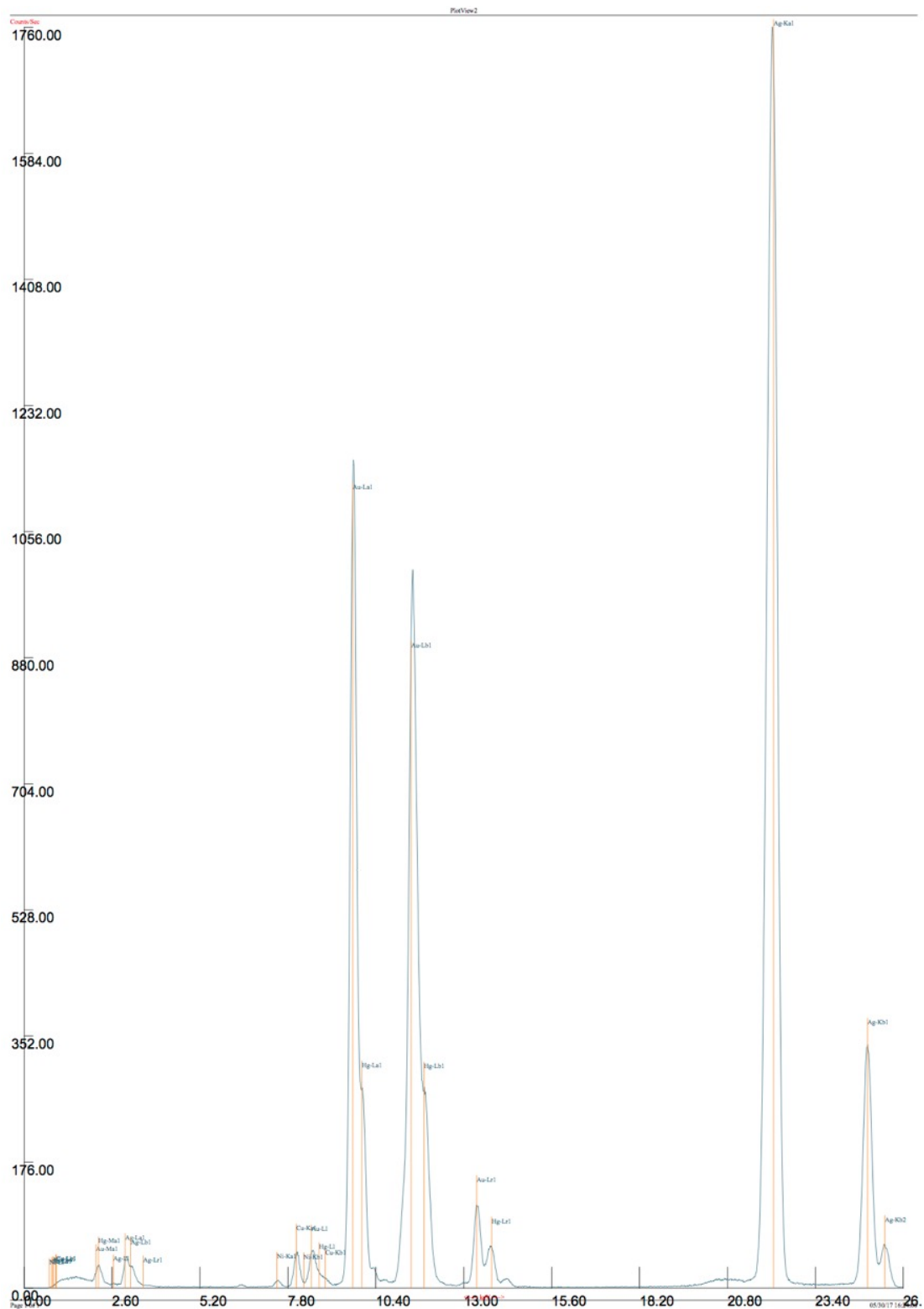
|      |   |  |   |  |
|------|---|--|---|--|
| 2198 |    | Blumenmutter mit Scharnier, das Scharnier mittig   | Ag<br>W<br><b>Cu</b><br><b>Zn</b>             | -<br>-<br>84,76<br>11,85                 |
| 2199 |   | Gelöteter Bereich auf der Prägung des Fusses mit geringer Korrosion, vergoldet             | <b>Ag</b><br><b>W</b><br><b>Cu</b><br>P<br>Se | 43,33<br>48,99<br>0,951<br>4,14<br>1,28  |
| 2200 |  | Lötstellen mit geringer Korrosion, bei Scharnierverzierung auf Kielbett, links, vergoldet  | <b>Ag</b><br><b>W</b><br><b>Cu</b><br>P<br>Se | 20,88<br>64,94<br>-<br>10,19<br>2,47     |
| 2201 |  | Lötstellen mit geringer Korrosion, bei Scharnierverzierung auf Kielbett, rechts, vergoldet | <b>Ag</b><br><b>W</b><br><b>Cu</b><br>P<br>Se | 26,76<br>58,04<br>0,148<br>11,77<br>1,82 |

|      |   |  |   |                                     |
|------|---|--|---|-------------------------------------|
| 2202 |    | Aussenseite des<br>Kielbetts,<br>gravierter,<br>vergoldeter Bereich                                  | <b>Ag</b><br><b>W</b><br><b>Cu</b><br>P<br>Se | 30,17<br>59,11<br>-<br>7,14<br>2,13 |
| 2203 |    | Innenseite des<br>Kielbetts, nicht<br>vergoldet  | <b>Ag</b><br><b>W</b><br><b>Cu</b>            | 93,39<br>0,281<br>5,30              |
| 2204 |   | Aussenseite des<br>Fusses, Bereich der<br>Ziselierarbeit mit<br>haftenden<br>Plättchen,<br>vergoldet | <b>Ag</b><br><b>W</b><br><b>Cu</b><br>Se      | 17,58<br>78,25<br>-<br>2,87         |
| 2205 |  | Aussenseite des<br>Fusses, Bereich der<br>Ziselierarbeit,<br>vergoldet                               | <b>Ag</b><br><b>W</b><br><b>Cu</b><br>P<br>Se | 37,23<br>55,86<br>-<br>3,53<br>1,75 |

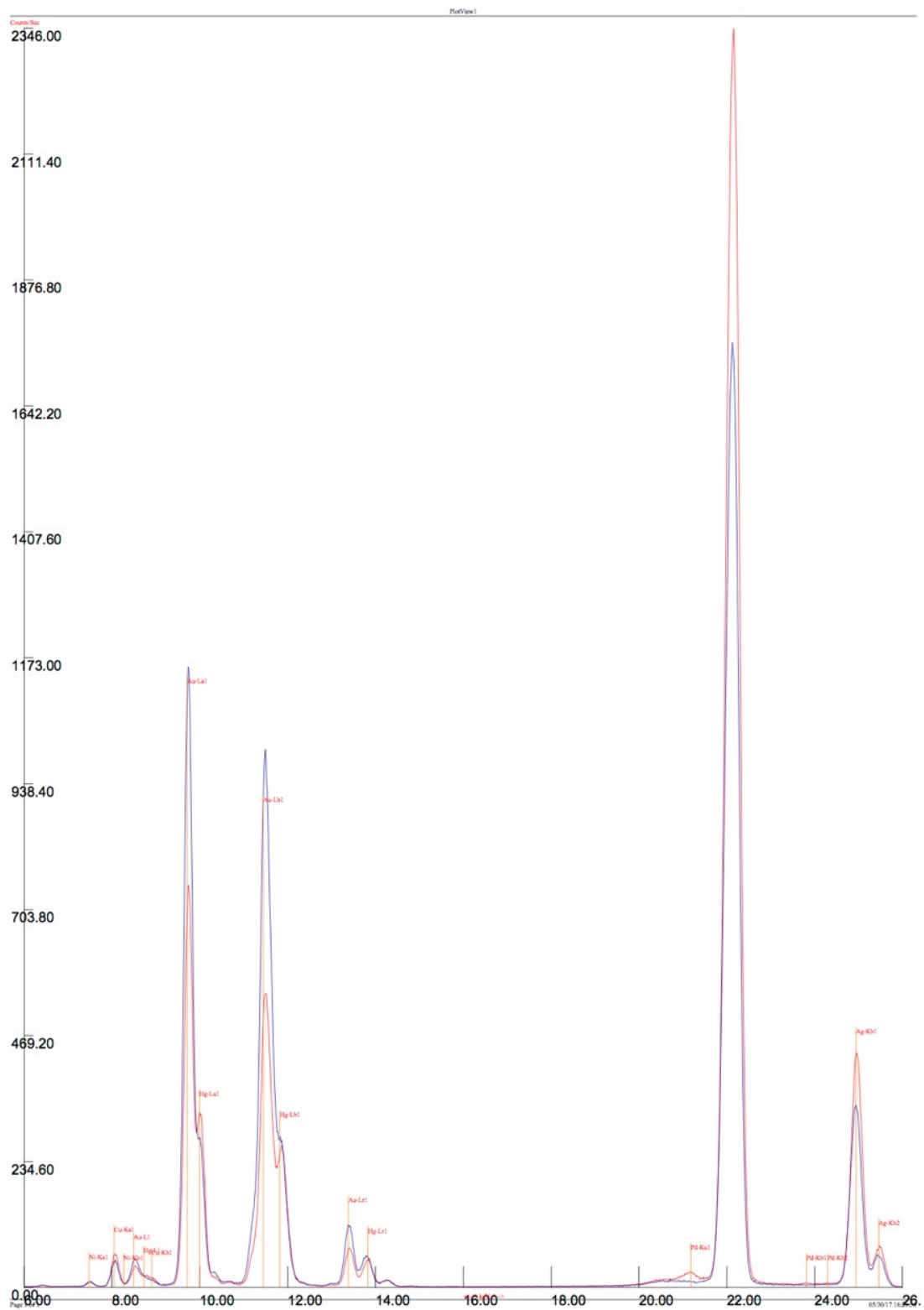
|   |  |  |           |       |
|---|--|--|-----------|-------|
| 2206  |   | Innenseite des Fusses, Bereich der Ziselierarbeit                | <b>Ag</b> | 94,22 |
|   |  |  | <b>W</b>  | 0,386 |
|   |  |  | <b>Cu</b> | 3,88  |
| 2315  |   | Aussenseite der Versuchsspange aus feuervergoldetem 925er Silber | <b>Ag</b> | 47,08 |
|   |  |  | <b>W</b>  | 42,90 |
|   |  |  | <b>Cu</b> | 1,25  |
|   |  |  | <b>P</b>  | 6,84  |
| 2316  |  | Rückseite der Versuchsspange aus feuervergoldetem 925er Silber   | <b>Ag</b> | 65,22 |
|   |  |  | <b>Cu</b> | -     |
|   |  |  | <b>W</b>  | 13,14 |
|   |  |  | <b>Re</b> | 16,52 |
|   |  |  | <b>Ta</b> | 2,44  |
| Abbildungen: © Janine Meier, HE-Arc CR 2017 |  |  |           |       |



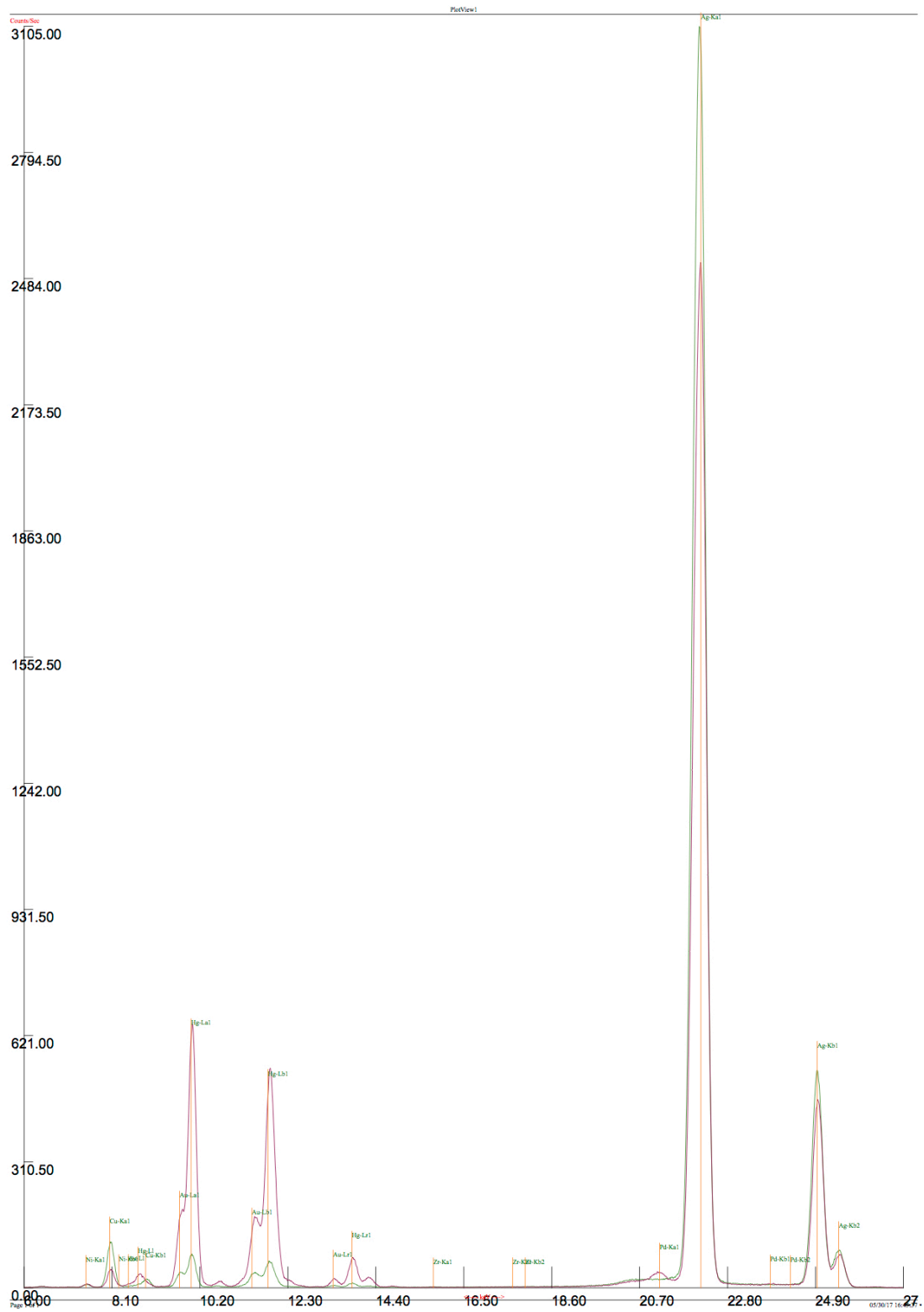
## Die resultierenden Spektren



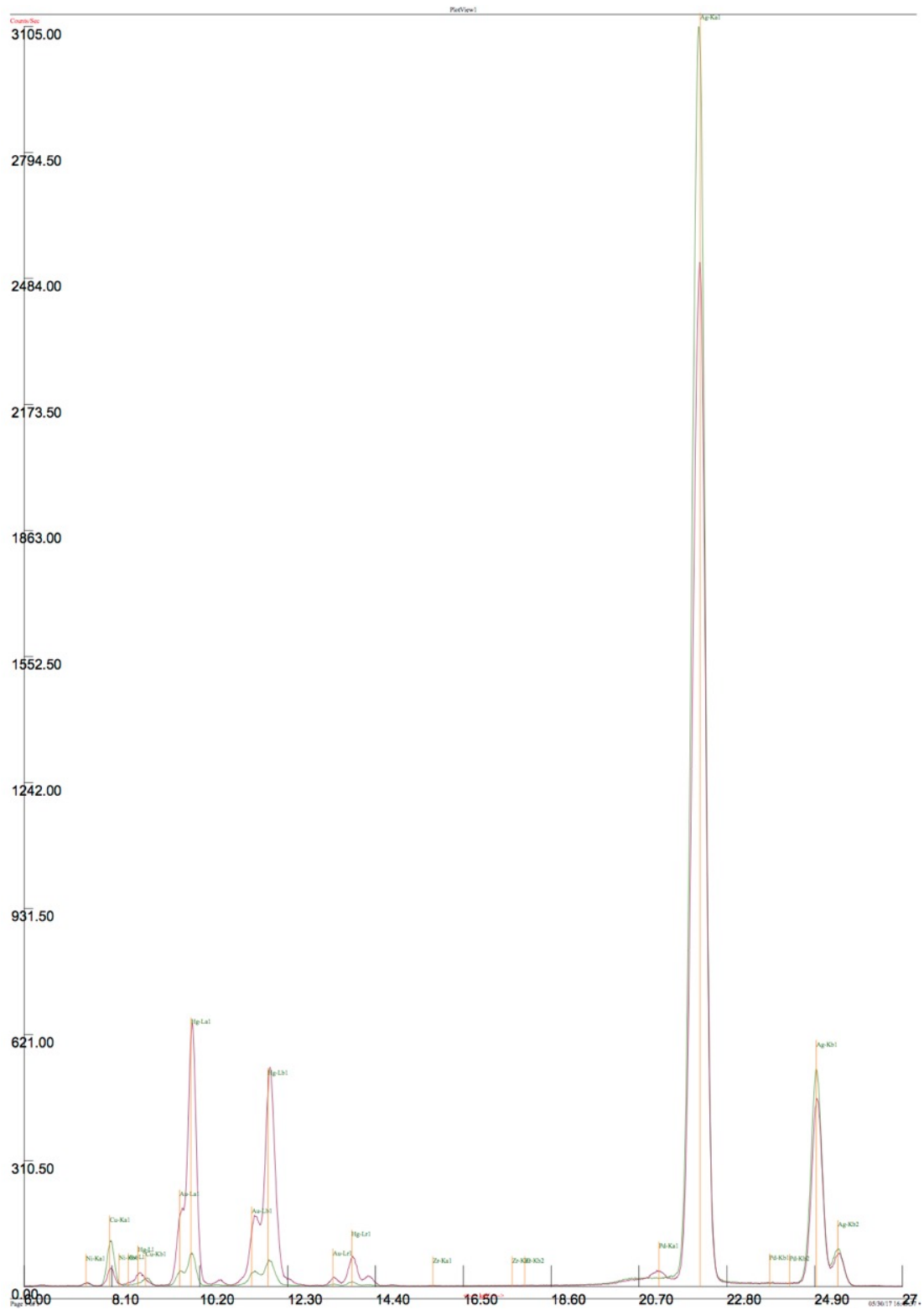
Grafik 25 Spektrum XRF, Messbereich 2194, Vorderseite der Bugspange, main ©HE-Arc



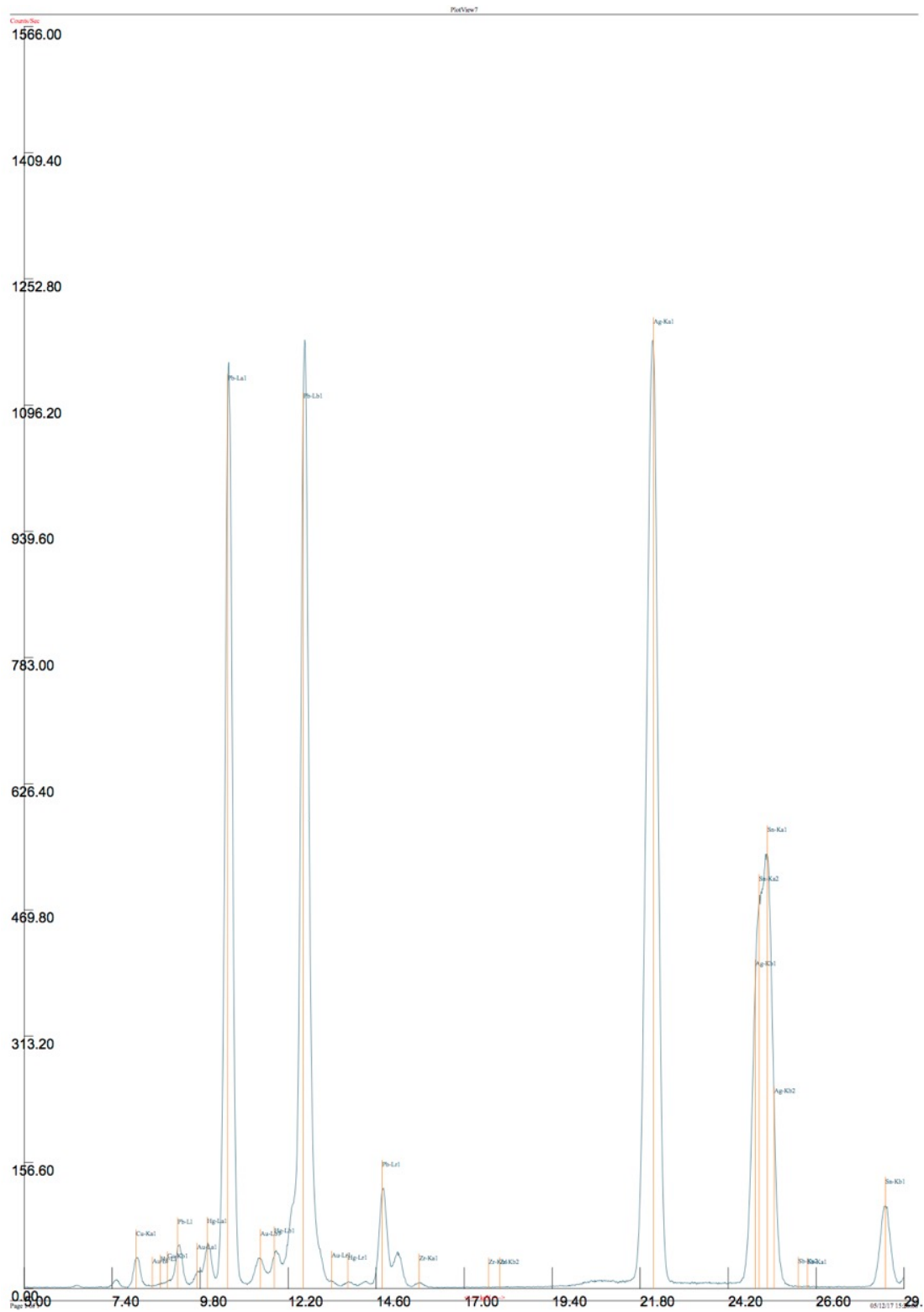
Grafik 26 Spektrum XRF, Vergleich 2194 (blau) Vorderseite Bugspange und 2315 (rot) Vorderseite Versuchsspange, main ©HE-Arc



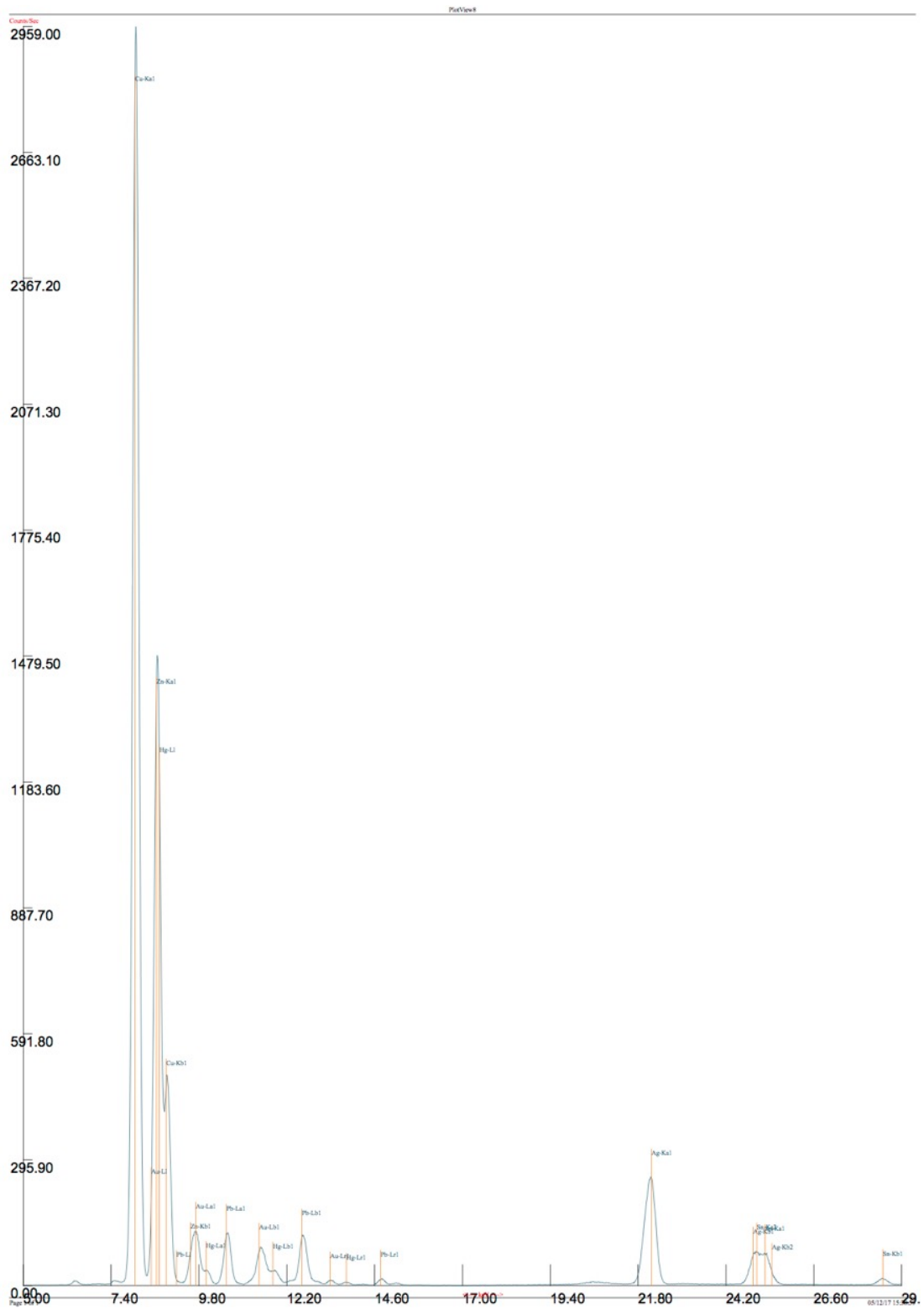
Grafik 27 Spektrum XRF, Vergleich 2195 (grün) Bugspange Rückseite und 2316 (violett) Versuchsspange Rückseite, main ©HE-Arc



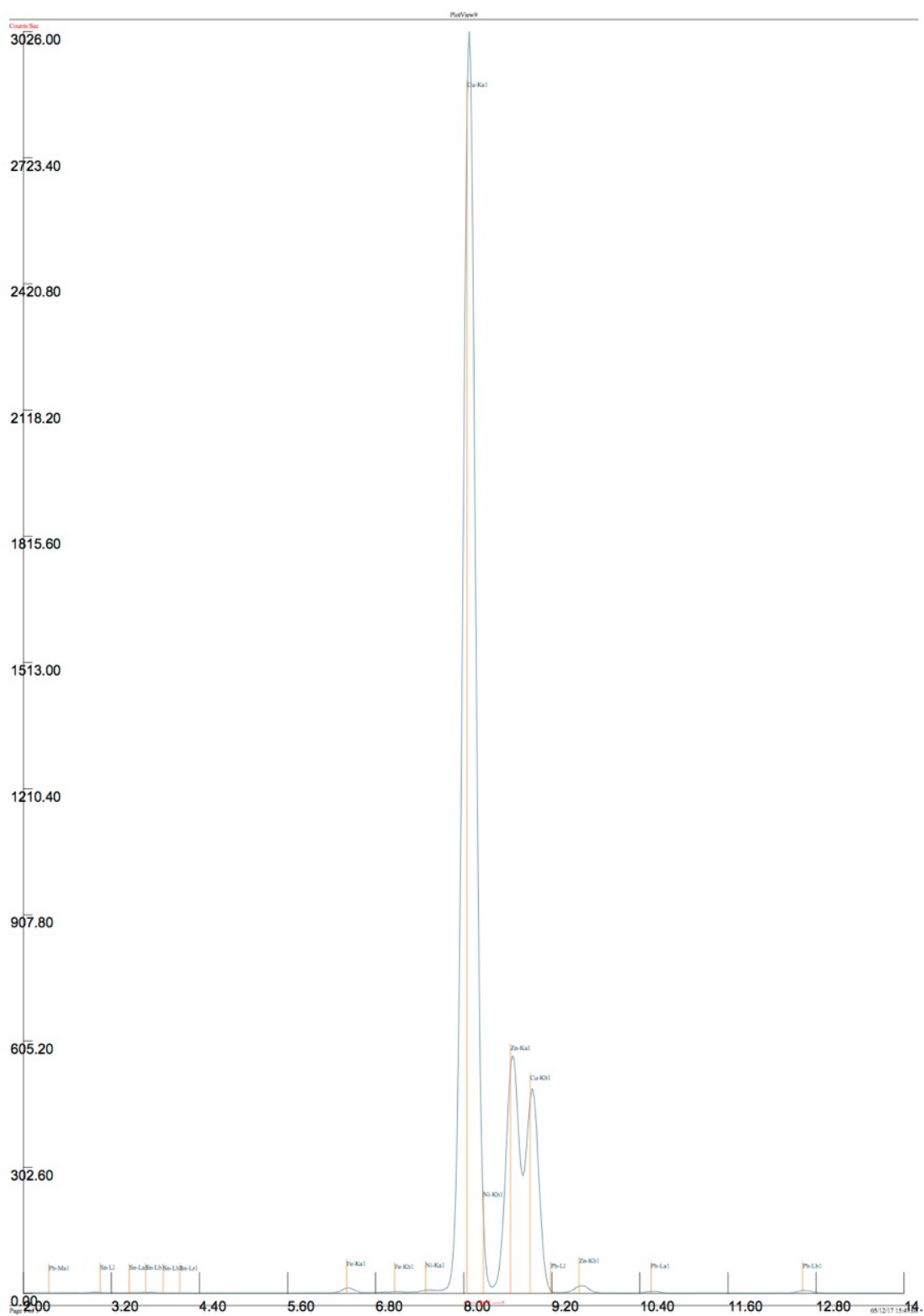
Grafik 28 Spektrum XRF, Vergleich 2195 (grün) Bugspange Rückseite und 2316 (violett) Versuchsspange Rückseite, main



Grafik 29 Spektrum XRF, 2196 Weichlötung an der Rückseite der Bugspange, main ©HE-Arc

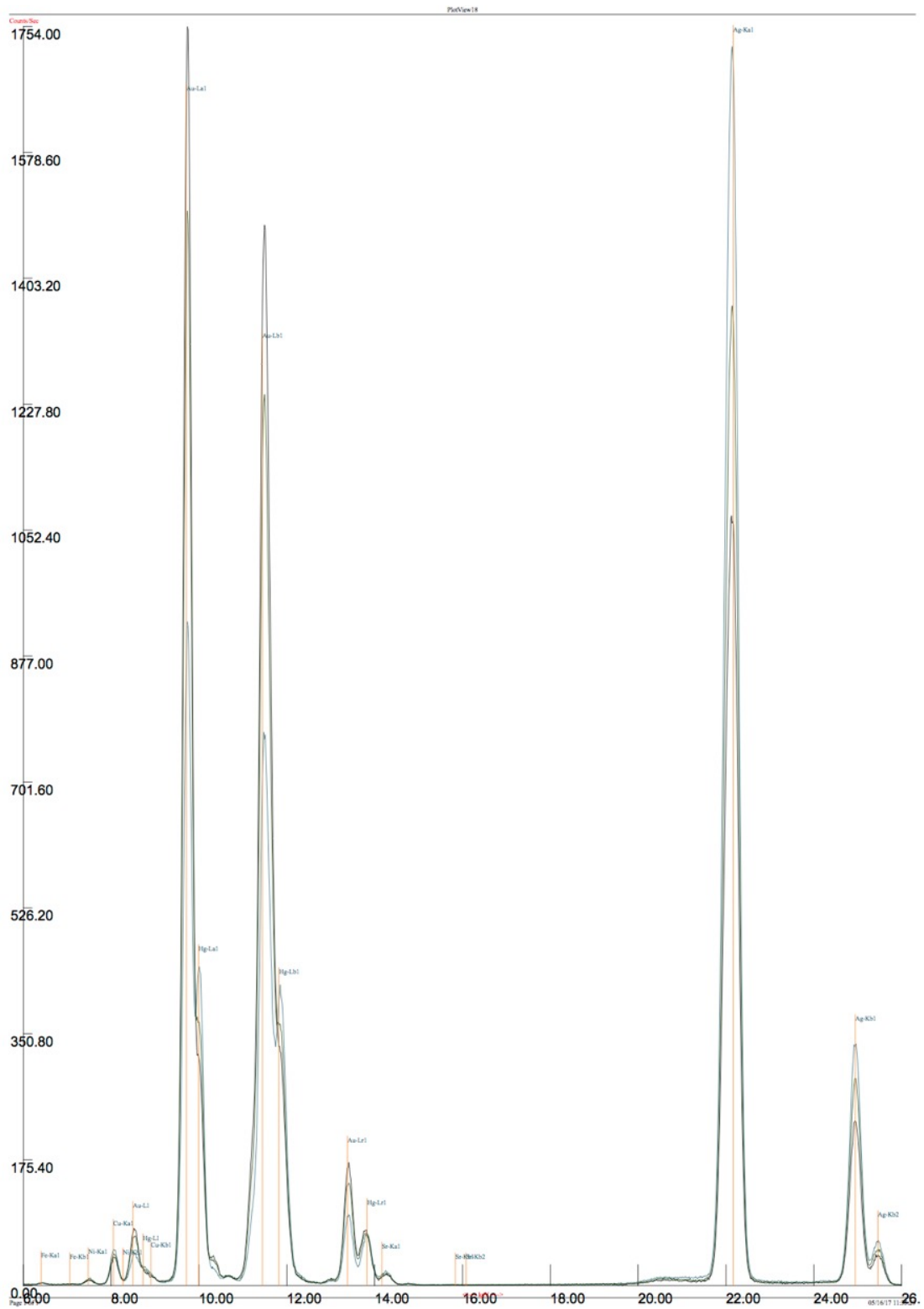


Grafik 30 Spektrum XRF, 2197 Gewinde der Blumenmutter, main ©HE-Arc

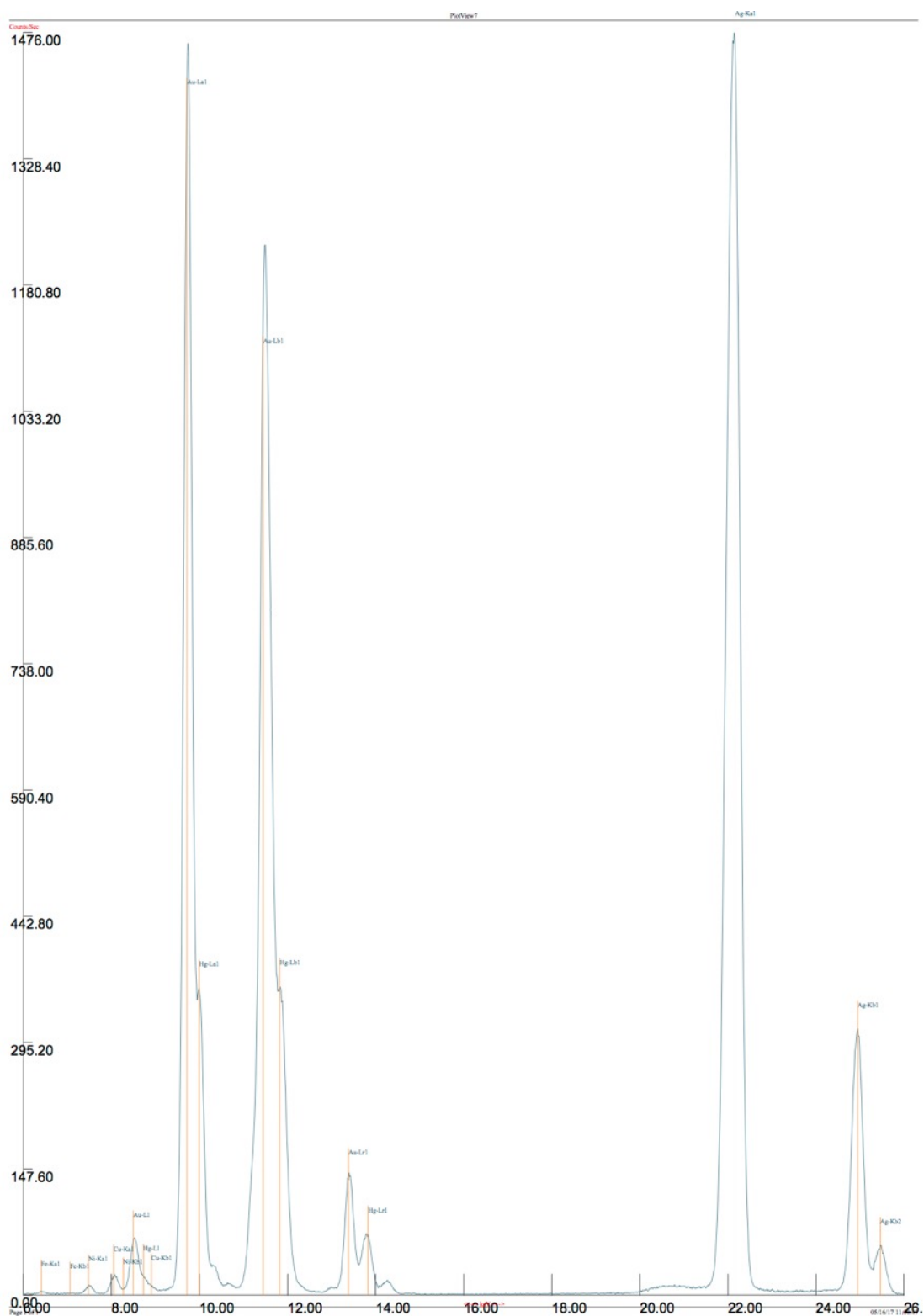


Grafik 31 Spektrum XRF, 2198 Scharnier der Blumenmutter, main ©HE-Arc

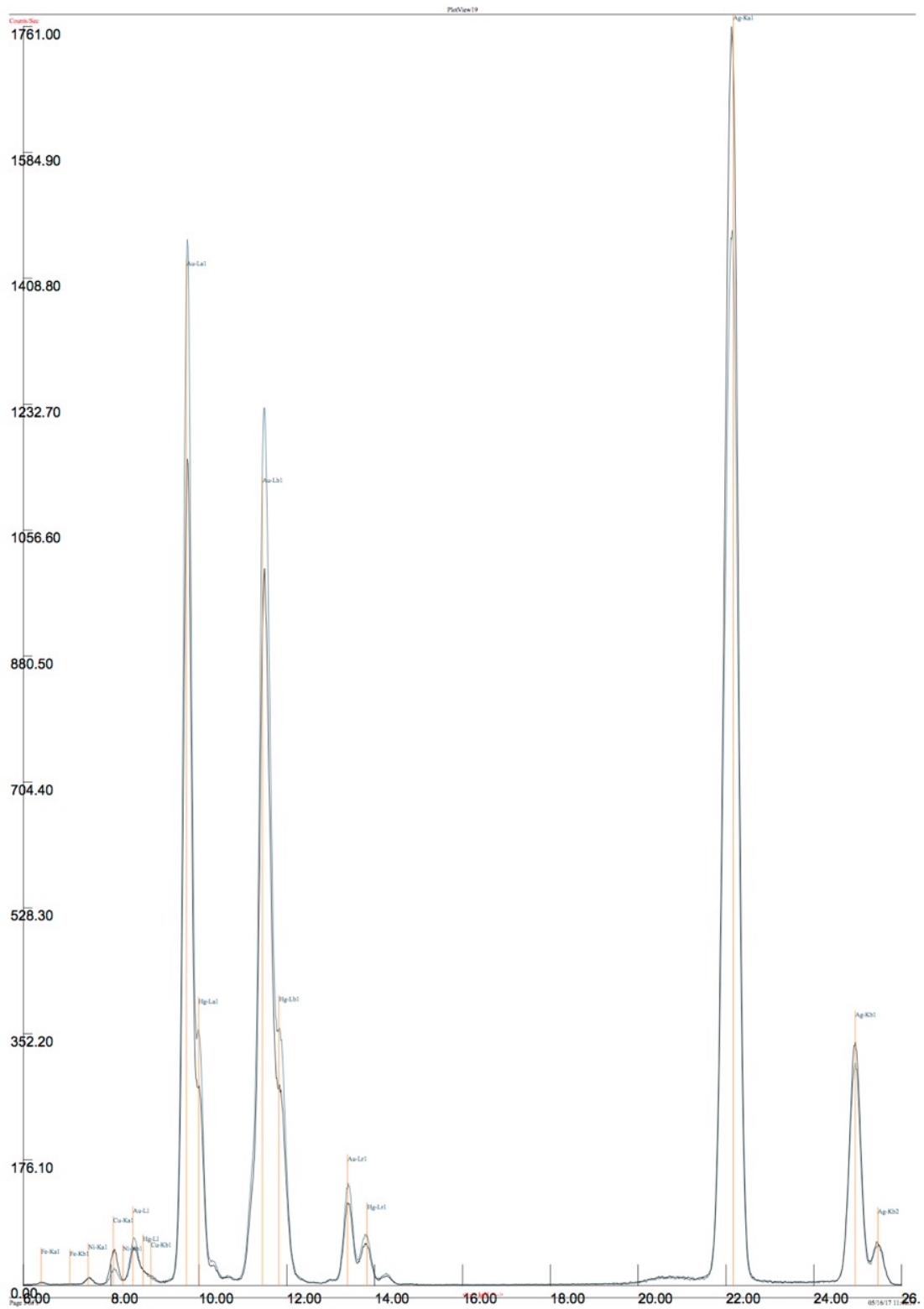




Grafik 32 Spektrum XRF, Vergleich 2199 (hellblau), 2200 (schwarz), 2201 (dunkelgrün), Lötstellen mit geringer Korrosion, main ©HE-Arc

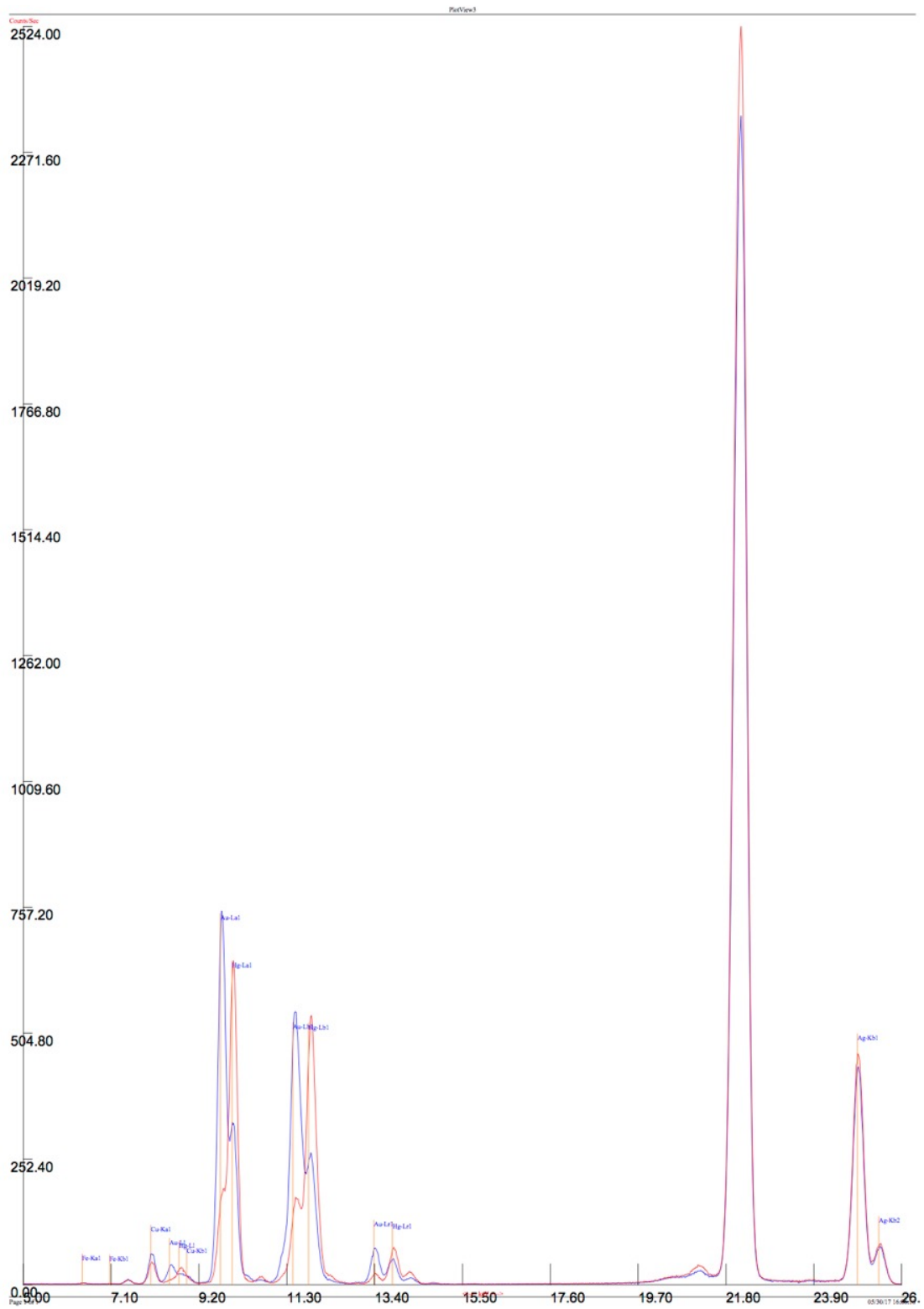


Grafik 33 Spektrum XRF, 2202 Aussenseite des Kielbetts, main ©HE-Arc



Grafik 34 Spektrum XRF, 2194 (grau) Vorderseite der Bugspange und 2202 (hellblau) Aussenseite des Kielbetts, main ©HE-Arc





Grafik 36 Spektrum XRF, 2315 (blau) Versuchsspange innen und 2316 (rot) Versuchsspange aussen, main ©HE-Arc

## Interpretation

Es muss beachtet werden, dass es sich beim Messpunkt um einen Bereich von Ø 8 mm handelt. Dieser ist bei unebenen und schwer zugänglichen Messbereichen noch zusätzlich vergrössert. Die Messungen gehen in die Tiefe des Materials und erfassen daher sowohl das Grundmaterial als auch die Beschichtung. Es kann am Objekt keine losgelöste Messung der Zusammensetzung der Vergoldung stattfinden.

Alle gemessenen Innenflächen des Nautiluspokals ergaben die Messung eines hohen Silbergehalts. Dies wird deutlich am Vergleich mit den Messergebnissen der Innenseite der Versuchsspange (Grafik 36, S.99), welche aus 925er Silber besteht und einen geringeren Silbergehalt anzeigt. Es kann darauf geschlossen werden, dass der Nautiluspokal aus höher legiertem Silber gefertigt wurde. Es ist anzumerken, dass an der Versuchsspange sehr geringe Mengen an Kupfer gemessen wurden, wie auch bei der Bugspange. In Anbetracht der Herstellerdaten sollten diese bei der Versuchsspange höher liegen. An der Rückseite der Versuchsspange wurde eine grössere Menge Gold gemessen (Grafik 36, S.99). Vermutlich wurde das Vergolden der Rückseite am Original aus Materialspargründen konsequenter vermieden.

Auffallend ist der starke Quecksilbergehalt auf der Rückseite der Versuchsspange. Dies muss durch das Verquicken entstanden sein. Es konnte während der Vorbereitung der Feuervergoldung der Versuchsspange beobachtet werden, dass Quecksilber durch das Verquicken auf die Rückseite gelangt. Dies kann ein Indiz dafür sein, dass beim Nautiluspokal keine Verquicken vor der Vergoldung stattgefunden hat. Der Vergleich der Vorderseiten kann dies jedoch nicht durch starke Unterschiede der Quecksilbermenge bestätigen.

An den Vorderseiten konnten ausnahmslos deutliche Anteile von Quecksilber gemessen werden. Dies ist in der Darstellung der Spektren zu erkennen. Die Messwerte des vergleichbaren Quecksilbergehalts der Bugspange und der Versuchsspange (Grafik 26, S.89) zeigen auf, dass es sich bei der Bugspange um eine Feuervergoldung handelt.

Die Messungen 2200, 2201 und 2199 sollten Lötungen mit geringer Korrosionsbildung messen (Grafik 32, S.95). Bedingt durch die Grösse des Gerätes und der Messfläche war eine auf den hellen Fleck beschränkte Messung nicht möglich. Die Messung ergab keine signifikanten Unterschiede der Zusammensetzung, wie dies zu erwarten gewesen wäre. Daher kann die Hypothese des stark zinnhaltigen Lotes, welches zusätzlich die Erhöhung der Anlaufbeständigkeit erklären würde, durch die Messung nicht bestätigt werden (Wolters, S.63).

Auf dem Kielbett ist gegenüber dem Fuss eine tendenziell stärkere Vergoldung festzustellen (Tabelle 7, S.84). Die optisch als dünner erkannte Vergoldung der Versuchsspange konnte auch mittels der XRF-Analysen durch geringeren Goldgehalt bestätigt werden (Grafik 36, S.99 und Grafik 26, S.89).

Die Messung 2204 wurde im Bereich eines Plättchens durchgeführt, welche durch die Vergoldung auf der Oberfläche haftet. Der sehr hohe gemessene Goldgehalt lässt auf ein Feingoldplättchen schliessen

(Grafik 35, S.98). Dies bestätigt die Annahme, dass es sich um nicht vollständig in der Amalgampaste gelöste Feingoldschnipsel handelt. Die Feuervergoldung wird zusätzlich im Kapitel 15, S. 116 erklärt. Die weiteren Metalle können auf den grösseren Messbereich und die Messtiefe in das Grundmaterial erklärt werden.

Die Messung 2196 des Weichlotes ergab die erwarteten Inhaltsstoffe Zinn und Blei (Grafik 29, S.92). Die Messungen 2197 und 2198 an den Blumenmuttern ergaben, dass es sich um Kupferlegierungen handelt (Grafik 30, S.93 und Grafik 31, S.94). Wobei die Messung des Gewindes 2197 durch den hohen gemessenen Zinkanteil als Messing definiert werden kann (Wolters 2000, S. 88 und 89).



## Anhang 6: Analysen und Untersuchungen, REM

Die REM-Analysen wurden unter Hochvakuum im Gerät von Zeiss® EVO MA10 im Kunsttechnologischen Labor an der HKB von Nadim Scherer durchgeführt. Das Rasterelektronenmikroskop basiert auf der Verwendung von Elektronenstrahlen mit welchen die Oberfläche der Probe in einem Raster abgetastet wird. Das schwarz-weiße Bild resultiert durch die Erzeugung von Sekundärelektronen. Helle Bereiche zeugen von einem schweren Element und dunkle von einem leichten. Es muss sich dabei um eine leitende Mikroprobe handeln, andernfalls muss diese mit einer leitenden Beschichtung versehen werden (Matteini und Moles 1990, S. 40 - 46). Es können punktuell die Elemente in der Zusammensetzung der Probe gemessen werden.

### Ziel

Das Ziel der Analysen der Korrosionsprodukte ist es, die lokalen die Korrosionsprodukte zu differenzieren und festzustellen, welche Metallbestandteile korrodierten. Es kann dazu beitragen, lokal die Zusammensetzung der Metalle zu erkennen, ohne Proben des Metalls entnehmen zu müssen. Bei den beiden in unterschiedlichen Bereichen gefundenen grünen Korrosionen ist festzustellen, ob diese zur offensichtlichen Kupferkorrosion zusätzliche Metalle enthalten, welche auf Legierungszusätze im Lot schliessen lassen und ob diese Erscheinungen zu differenzieren sind.

### Probeentnahme und Betrachtung der Proben unter dem Mikroskop

Die Probeentnahme am Objekt erfolgte mit einer abgeschrägten Stahlnadel sowie mit einem kleinen Skalpell. Es wurden Mikroproben der Korrosionsprodukte entnommen, welche im Verlaufe der folgenden Restaurierung zu entfernen sind. Die Proben wurden vor der Analyse unter dem Mikroskop betrachtet und beschrieben. Die optischen Untersuchungen erfolgten, mit der Probe in einen Objektträger mit Vertiefung und mit einem Deckglas geschlossen. Somit konnte ein Verlust der kleinen Teile während des Betrachtens und des Transports in das Kunsthistorische Labor der Hochschule der Künste Bern vermieden werden.

#### Grüne Korrosionsprodukte (Probe Nr. 1 und 2)

Es wurden zwei Proben grüner Korrosionsprodukte entnommen. Zum einen die grünen Korrosionsprodukte, welche sich auf dem kupferfarbenen Scharnier der Blumenmutter befanden, zum andern die grünen Korrosionsprodukte, welche an den Enden der Lippenrandfassung bei der Lötung zu erkennen sind. Die Kupferkorrosion der Blumenmutter mit Scharnier (Nr. 1) war leicht vom Untergrund zu lösen. Die Probe der Lötstelle der Lippenbandfassung (Nr. 2) wies eine stärkere Haftung zum Untergrund auf.

Unter dem Mikroskop konnten farbliche Unterschiede festgestellt werden. Die Kupferkorrosion der Blumenmutter mit Scharnier weist eine geringere grüne Färbung auf. Es konnten feine kupferfarbene

Partikel in der Probe festgestellt werden, wohingegen die Probe der Lötstelle der Lippenbandfassung eine dunklere, leicht bläulich-grüne Farbe und kleine schwarze Partikel zeigte (Tabelle 8, S.104).

#### Korrosion des Weichlotes (Probe Nr. 3)

Es wurden die weissen Korrosionsprodukte, welche sich vermehrt an der Rückseite der Weichlötungen der Seitenspannen gebildet haben entnommen. Die starke und locker aufliegende Korrosionsschicht konnte leicht entfernt werden. Die Probe wies eine geringe Homogenität auf. Grösstenteils handelte es sich um weisse Produkte, es waren jedoch hellgrüne Partikel wie auch schwarze Partikel enthalten (Tabelle 8, S.104).

#### Silberkorrosion (Probe Nr. 4)


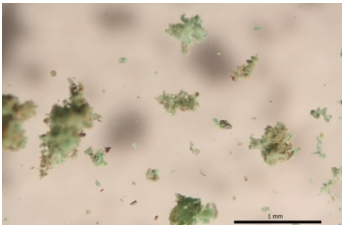

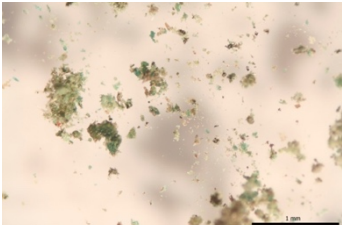
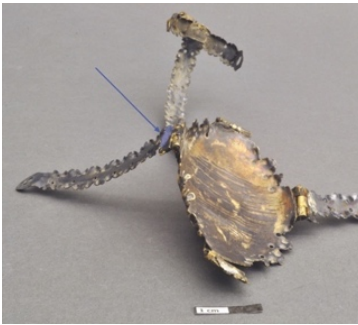
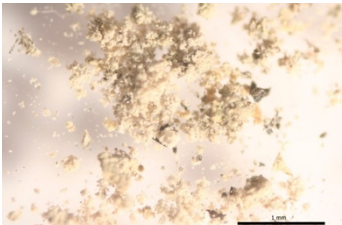

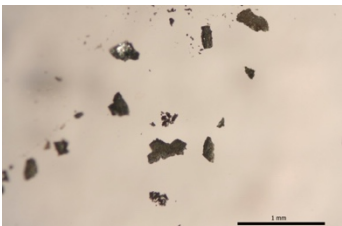
Die Silberkorrosionsprodukte sind an den meisten Stellen schwierig zu entnehmen, da sie sich meist in sehr dünnen Schichten auf der Oberfläche gebildet hat. Daher wurden die Schollen bildende Silberkorrosion in den Gravuren für die Proben entnommen. Diese liessen sich sehr leicht mit der Stahlnadel lösen. Diese Schollenbildung konnte nur in den vergoldeten Bereichen festgestellt werden. Es handelt sich daher um Proben der Vorderseite.

Unter dem Mikroskop waren die Schollen als dünne schwarze Plättchen ersichtlich. Sie weisen einen sehr homogenen Aufbau, aus kleinen schwarzen und teilweise silberschimmernden Partikel auf (Tabelle 8, S.104).

#### Die Messungen

Nachfolgend ist exemplarisch zu jeder Probe ein Messspektrum aufgeführt. Es wurden Spektren gewählt, welche mehrmals in sehr ähnlicher Weise gemessen wurden und Ergebnisse der Hauptbestandteile der Probe repräsentieren (Grafik 37, S.105 bis Grafik 40, S.108).

Tabelle 8 Die Probeentnahmebereiche, REM-Analysen

| Nr.  | REM Probeentnahmebereich  | Abbildung der Probe unter dem Mikroskop  | Ergebnis                                      |
|--|---|--|---|
| 1.   |    |    | Cu, O, S, C, Cl, Zn, K,<br>Ca, Na, Fe, Au, Ag |
| 2.   |   |    | Cu, O, S, Cl, K, Mg, Ca,<br>Na, Ag            |
| 3.   |  |  | Pb, S, Sn, Zn, O, Al, C,<br>Tc, C, N, Cl      |
| 4.   |  |  | Ag, S, Cl, C, Cu, Zn, O,<br>P, Sn,            |
| Abbildungen: © Janine Meier, HE-Arc CR 2017, die in dieser Tabelle aufgeführten<br>Mikroskopaufnahmen erfolgten in 25x Vergrößerung. |   |  |   |

Grüne Korrosionsprodukte (Probe Nr. 1)

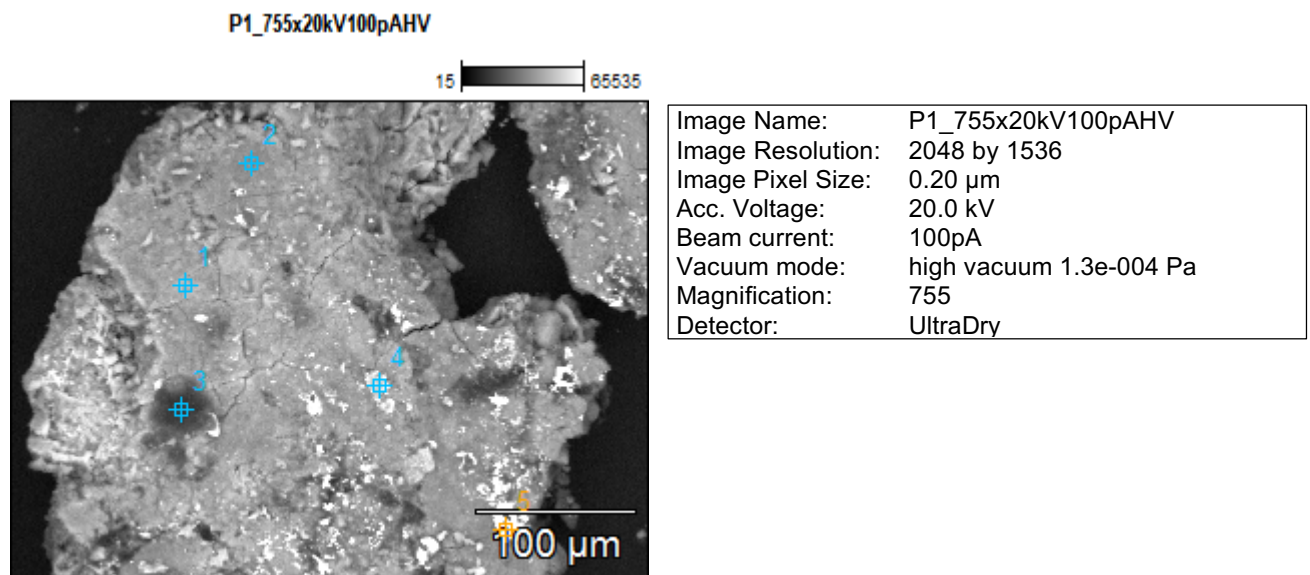
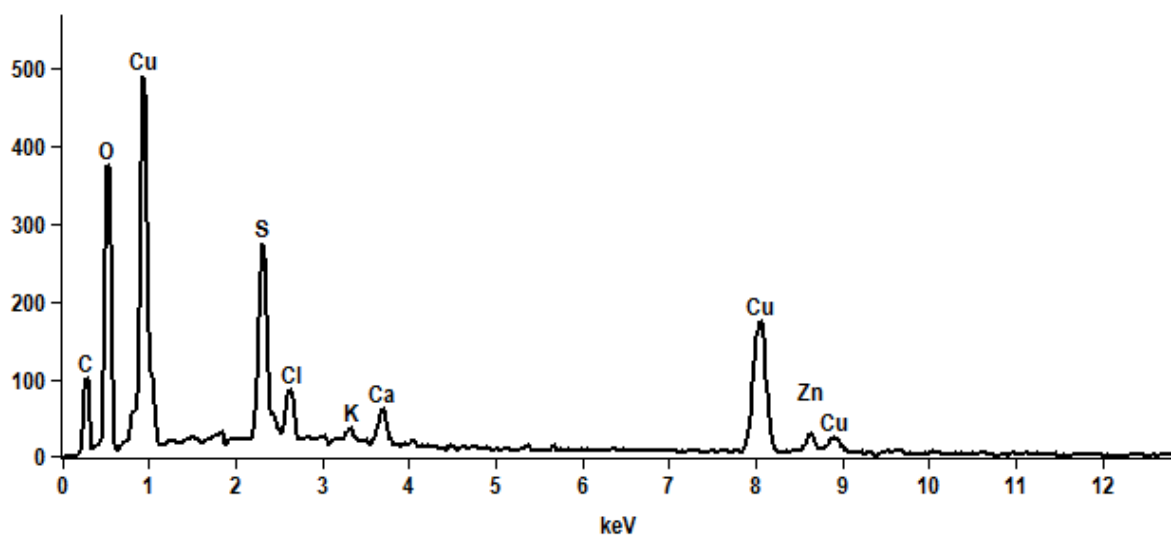


Abbildung 32 REM Aufnahme mit Messpunkten, Probe Nr. 1 und Angaben zur REM-Aufnahme ©HKB

Full scale counts: 488

P1\_755x20kV100pAHV\_pt2



Grafik 37 Spektrum REM, Probe Nr. 1, Messpunkt pt2 ©HKB

Grüne Korrosionsprodukte (Probe Nr. 2)

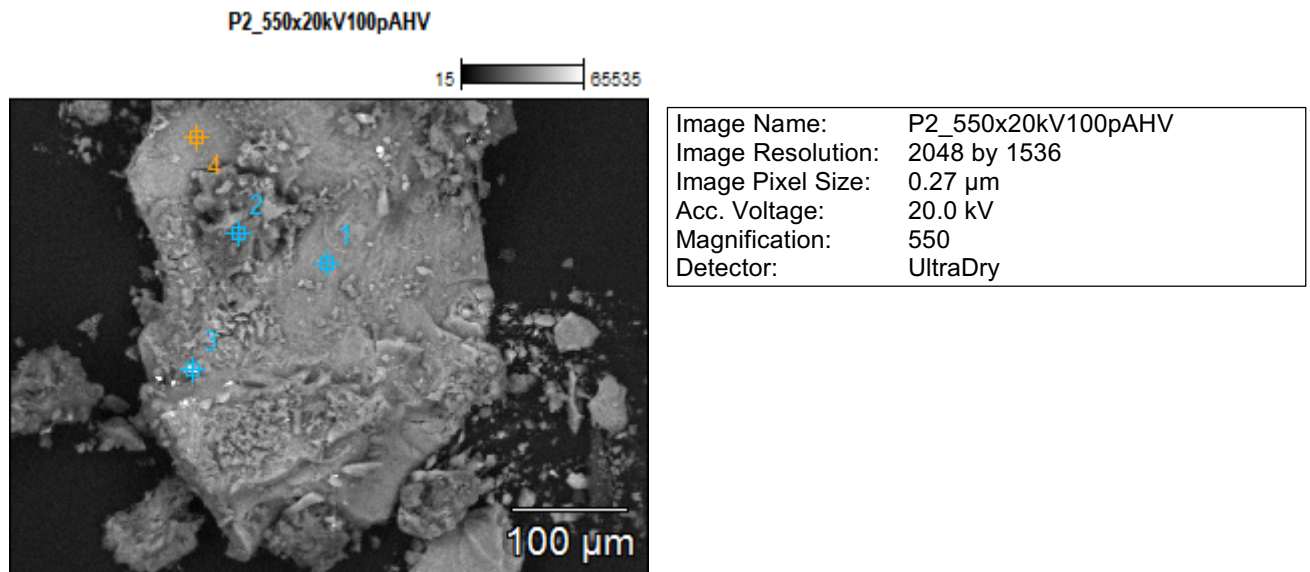
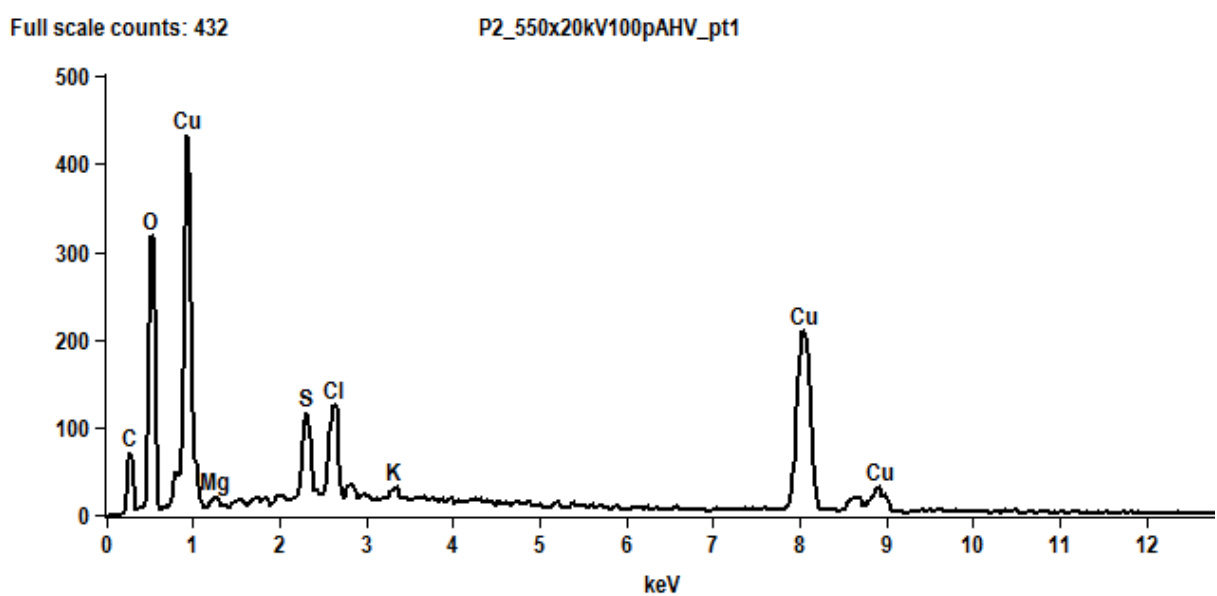


Abbildung 33 REM Aufnahme mit Messpunkten, Probe Nr. 2 und Angaben zur REM-Aufnahme ©HKB



Grafik 38 Spektrum REM, Probe Nr. 2, Messpunkt pt1 ©HKB

### Korrosion des Weichlotes (Probe Nr. 3)

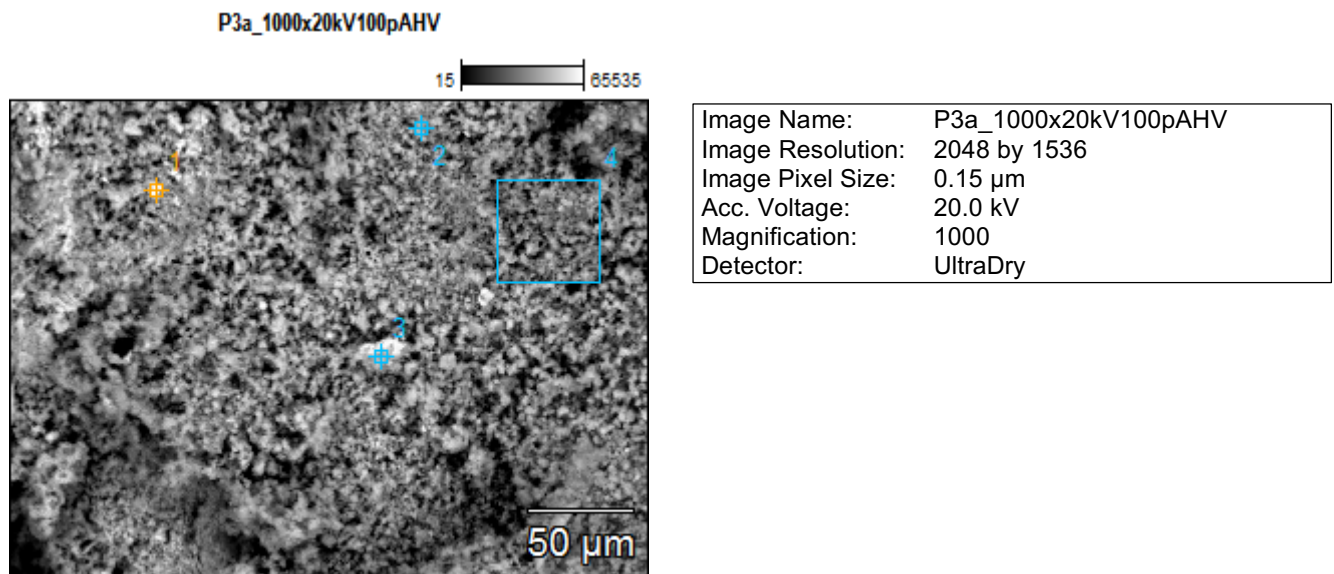
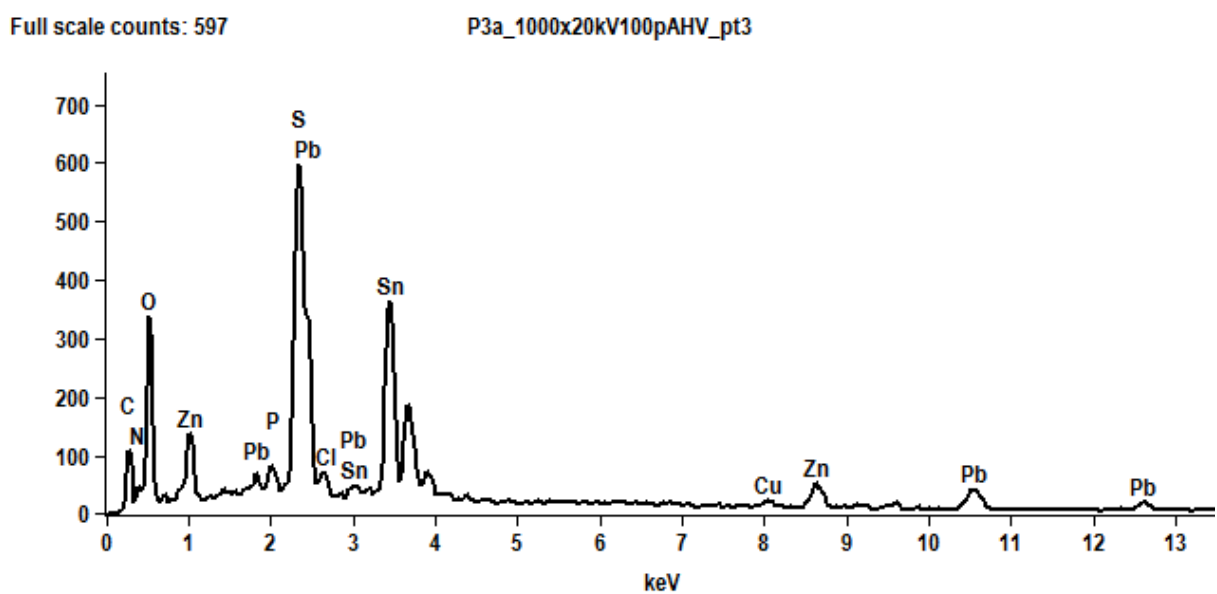


Abbildung 34 REM Aufnahme mit Messpunkten, Probe Nr. 3 und Angaben zur REM-Aufnahme ©HKB



Grafik 39 Spektrum REM, Probe Nr. 3, Messpunkt pt3 ©HKB

Silberkorrosion (Probe Nr. 4)

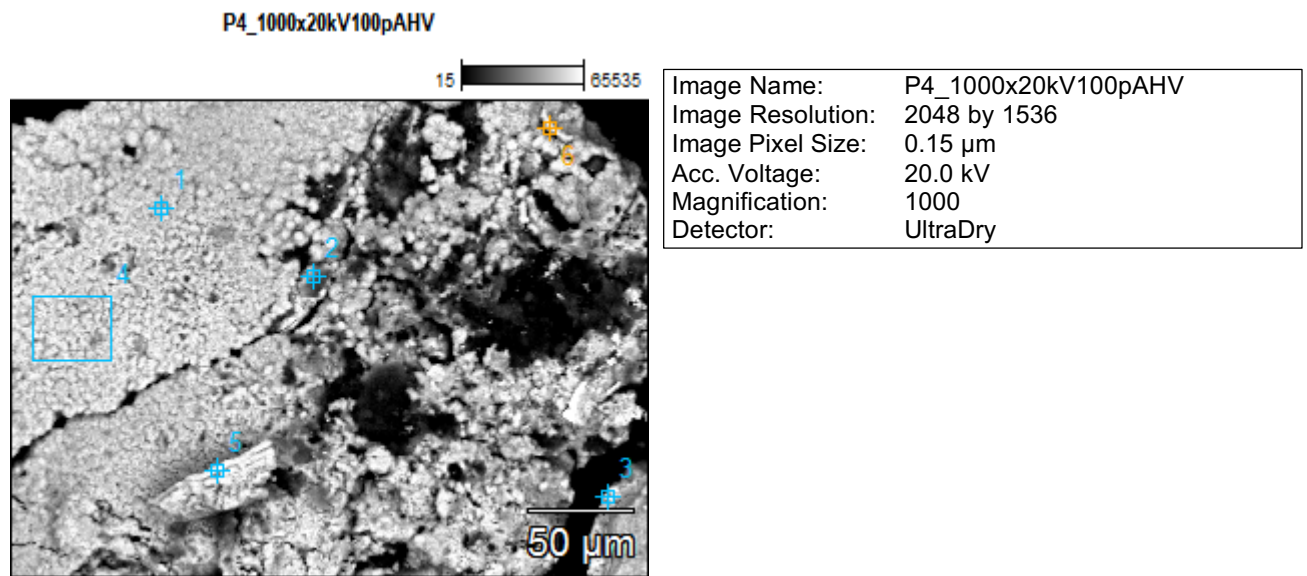
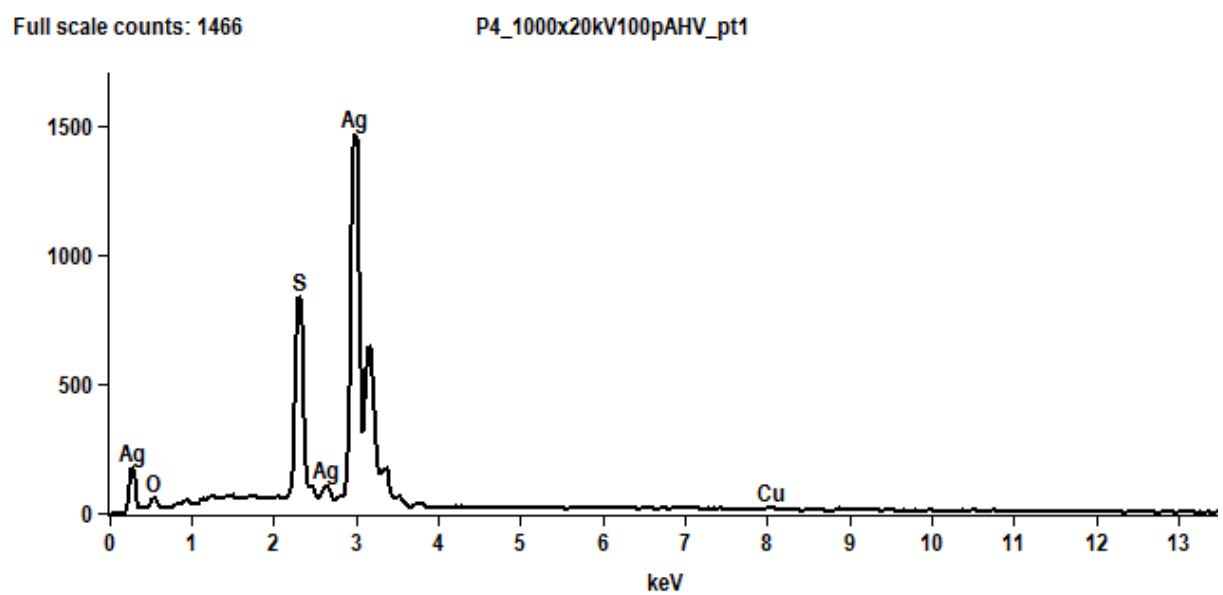


Abbildung 35 REM Aufnahme mit Messpunkten, Probe Nr. 4 und Angaben zur REM-Aufnahme ©HKB



Grafik 40 Spektrum REM, Probe Nr. 4, Messpunkt pt1 ©HKB



## Resultate und Interpretationen

### Kupferkorrosion (Probe Nr. 1 und 2)

Durch die REM-Analysen konnte bei beiden Proben wie angenommen Kupfer festgestellt werden. Weiter war bei den meisten Analysepunkten ein starker Sauerstoffgehalt messbar. Schwefel und Chlor konnten in beiden Proben nachgewiesen werden. In der Probe Nr. 2 konnten jedoch stärkere Signale gemessen werden. Messpunkt 4 und 5 der Probe Nr. 1 ergaben kaum Kupferanteile, dafür ergab der Messpunkt 4 Eisen und der Messpunkt 5 Gold und Silber. Beim Eisen handelt es sich vermutlich um ein Fremdprodukt, da es nicht auf einen Bestandteil der Legierung oder des Lotes zurückführen lässt. Auch sind in der Probe nur sehr wenige braunrote Partikel zu erkennen, welche dem Eisenoxid entsprechen dürften.

### Korrosion des Weichlotes (Probe Nr. 3)

Die Messpunkte der hellen Partikel (Nr. 3a) der Weichlotkorrosion ergaben die Inhaltsstoffe Zinn, Blei sowie Sauerstoff. Zink wurde ebenfalls festgestellt sowie geringe Mengen von Schwefel und Chlor. Die dunklen Partikel (Nr. 3b), welche sich ebenfalls in der entnommenen Probe befanden, ergaben hohe Werte von Silber, Zink und Schwefel sowie kleinere Anteile von Sauerstoff und Chlor. Das hauptsächliche Vorhandensein von Blei, Zinn und Schwefel bestätigt die Annahme, dass es sich um übliches Weichlot aus einer Blei-Zinn-Legierung handelt. Der starke Schwefelgehalt weist darauf hin, dass es sich um eine Schwefelverbindung handelt.

### Silberkorrosion (Probe Nr. 4)

Unter 6000-facher Vergrößerung konnte festgestellt werden, dass die homogene Struktur der Probe aus feinen Kügelchen aufgebaut ist. Die Messpunkte ergaben klare Signale für die Präsenz von Silber und Schwefel. Es wurden kaum andere Bestandteile festgestellt. In geringen Mengen und nur an einzelnen Messpunkten wurde Aluminium, Kupfer, Eisen, Chlor und Sauerstoff gemessen. Der Messpunkt 4 ergab zusätzlich die Messung eines Silicats. Die klaren Ergebnisse zeigen die Präsenz von Silber und Schwefel. Dies lässt den Schluss zu, dass es sich um Silbersulfidkorrosion  $\text{Ag}_2\text{S}$  und es werden geringe Mengen Silberchlorid  $\text{AgCl}$  vermutet handelt.

## Anhang 7: Analysen und Untersuchungen, FTIR

Die Mikroproben werden auf eine runde Diamantscheibe positioniert und mit einer kleinen Walze flach gedrückt. Zu viel oder zu wenig Probenmaterial können zu Fehlern im Spektrum führen. Der Diamanträger wird mit der dünn gewalzten Probe im Gerät positioniert. Die Proben werden auf ihre charakteristischen molekularen Stoffaufbauten gemessen. In den IR-Spektren steckt die Information über diesen Stoffaufbau, welche wie Fingerabdrücke einzigartig sind und daher wiedererkannt werden können. Die IR-Spektroskopie beruht auf dem Vergleichen der gemessenen Spektren.<sup>26</sup> Die Auswertung der Spektren erfolgte durch Stefan Zumbühl.

### Ziel

Das Ziel der Analysen des Kitts und des Klebstoffs ist die Ermittlung der Zusammensetzung. Dies kann hilfreiche Daten für die Konservierung und Restaurierung liefern und zusätzlich Informationen über den Ursprung des Materials und den Herstellungszeitpunkt ergeben.

### Probeentnahme

#### Kittreste

Die Kittprobe wurden mit einem kleinen Skalpell von den grosszügig vorhandenen Kittresten am Kiel des Nautilus entnommen. Die Kittresten waren unter dem Mikroskop als homogene Masse gelblicher Farbe, bei dünnerem Probematerial als beinahe weisse Farbe zu erkennen. Der Kitt ist trotz seiner geringen Härte sehr brüchig (Tabelle 9, S.111).


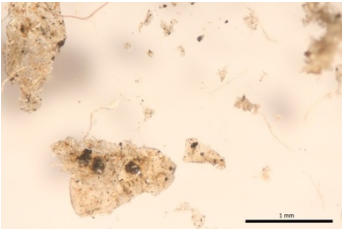


#### Klebstoff der Laufspur

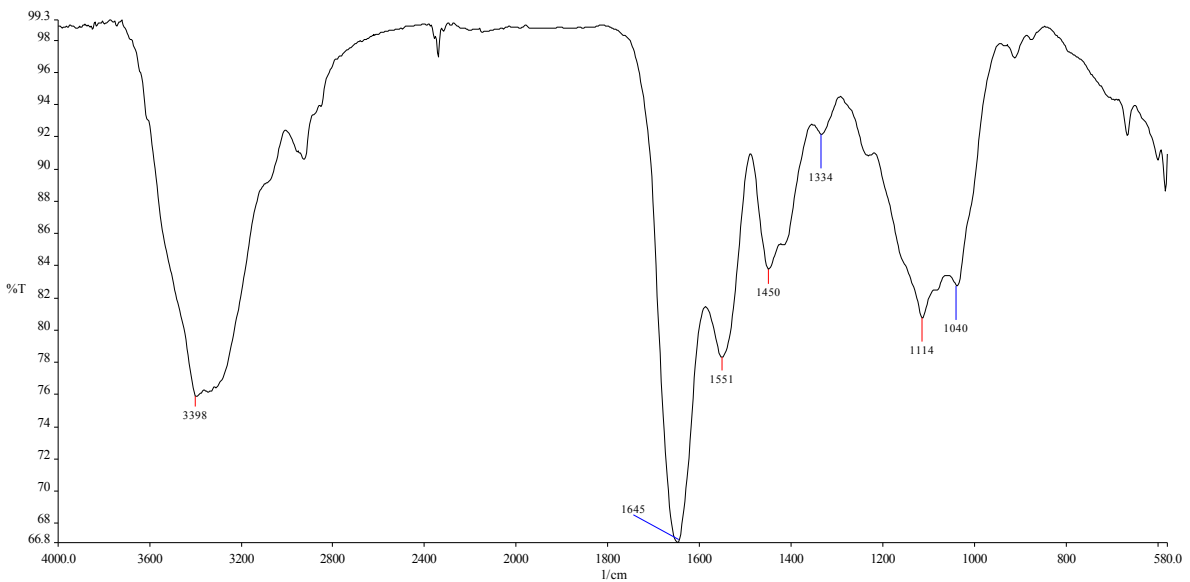
Mit dem kleinen Skalpell konnten die brüchigen und gering haftenden Klebstoffstücke entnommen werden. Unter dem Mikroskop war gut ersichtlich, dass die Proben stark verschmutzt sind. Der Schmutz hat sich in die Masse des Klebstoffs eingefügt. Die komplette Separierung der Probe für die FTIR-Analyse war nicht möglich (Tabelle 9, S.111).

---

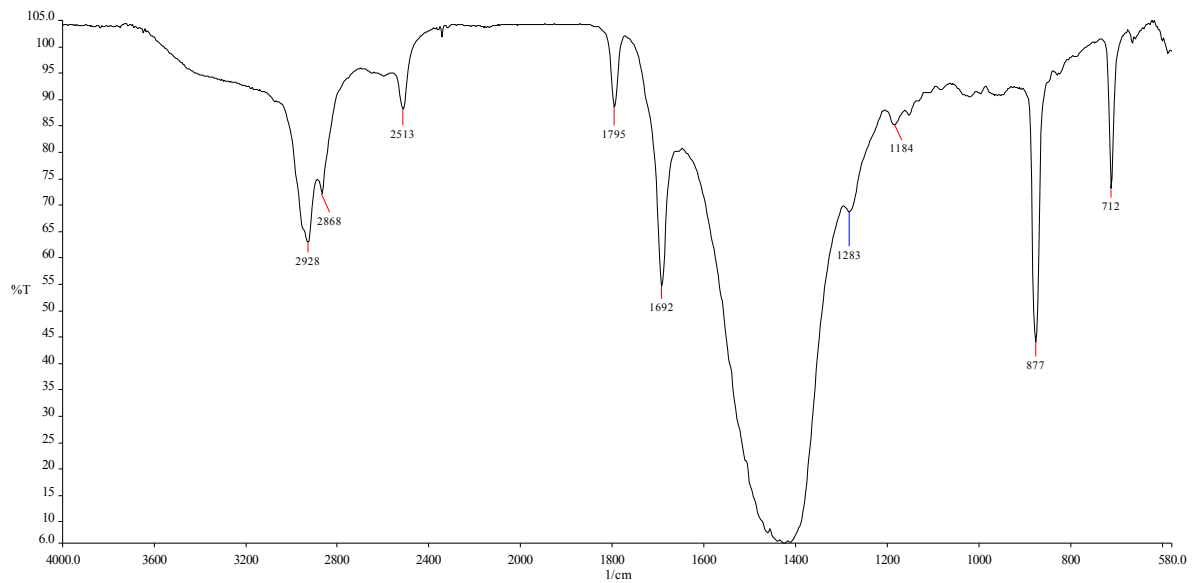
<sup>26</sup> Für zusätzliche detaillierte Informationen siehe: Salzer und Siesler 2009 / Günzler und Heise 1996

Tabelle 9 Die Probeentnahmebereiche, FTIR-Analysen

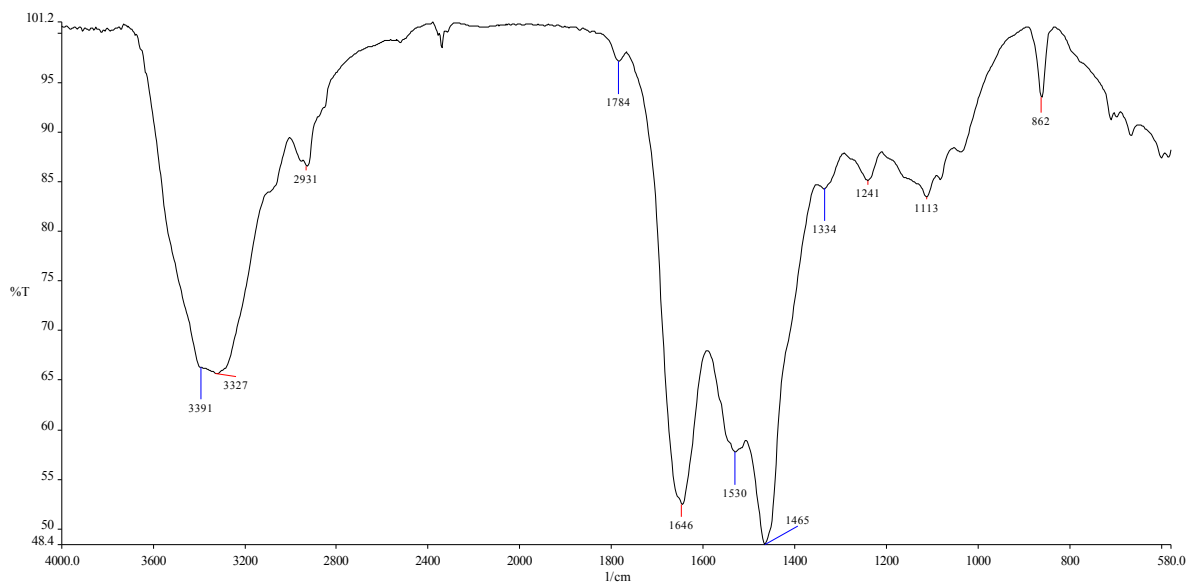
| Nr.   | FTIR Probeentnahmebereich   | Abbildung der Probe unter den Mikroskop  | Ergebnis und Interpretation  |
|---|---|--|--|
| 1.  |  |  | Es wurden proteinische Komponenten festgestellt und somit auf einen Proteinleim/ Hautleim geschlossen.   |
| 2.  |  |  | Die Analysen konnten ein Diterpenharz und Calciumcarbonat feststellen. Dadurch konnte auf Kolophonium mit Kreide als Füllstoff geschlossen werden. |
| Abbildungen: © Janine Meier, HE-Arc CR 2017, Die in dieser Tabelle aufgeführten Mikroskopaufnahmen erfolgten in 25x Vergrößerung. |   |  |  |



Grafik 41 Spektrum FTIR, Probe 1, Messung 1 ©HKB



Grafik 43 Spektrum FTIR, Probe 2 ©HKB



Grafik 42 Spektrum FTIR, Probe 1, Messung 2 ©HKB

## Ergebnisse und Interpretation

### Kitt

Durch die FTIR-Analyse konnte der Kitt als ein Diterpenharz mit dem Füllstoff Calciumcarbonat ermittelt werden. Daher wird auf ein Kolophoniumharz mit Kreide als Füllstoff geschlossen.

### Laufspur

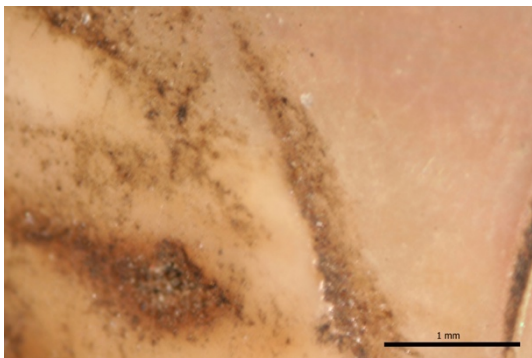
Die Klebstoffprobe enthielt sehr viele Fremdstoffe, daher ergaben sich diverse Überlagerungen im gemessenen Spektrum. Trotzdem konnte der Klebstoff als Protein ermittelt werden. Es wird auf einen Hautleim geschlossen. Weiter war Stärke und Gips in der Probe vorhanden.

## Anhang 8: Die Herstellungstechniken

In diesem Abschnitt werden die erkannten Herstellungstechniken des Nautiluspokals kurz erläutert. Es ist festgehalten auf Grund welcher Beobachtung und welchen Recherchen diese Technik am Nautilus festgestellt wurde.

### 14 Die verwendeten Techniken des Nautilusgehäuses

#### Das Freilegen der Perlmuttertschicht

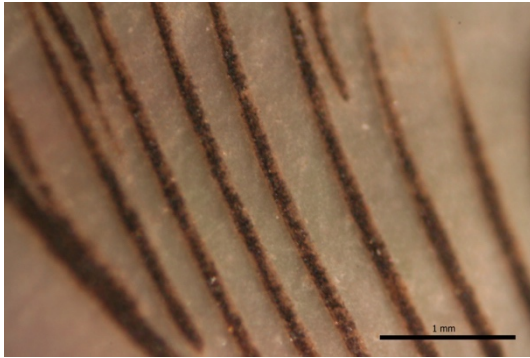


*Abbildung 36 Übergang zwischen Flachreliefkranz der Lippenbucht und Perlmutteroberfläche mit dem Schnitt*

Um die Perlmuttertschicht zum Vorschein zu bringen, muss das darüber liegende Material entfernt werden. Dies kann entweder mechanisch oder durch eine Ätzung erfolgen. Bei der Ätzung wurde der Nautilus in ein saures Bad eingelegt. Die äusseren Schichten lösen sich dadurch vom Perlmutter. Die Methode der Ätzung wurde erst in der zweiten Hälfte der 17. Jh. angewandt (Mette 1995, S. 76 und 77).

Der Nautilus des HMB ist beinahe vollständig auf die Perlmuttertschicht freigelegt. Bei einem Nautilus mit einer Flachreliefverzierung kann durch scharf gezeichnete Kanten der Ränder der erhöhten Schichten erkannt werden, ob es sich um eine mechanische Freilegung handelt. Sind die Kanten jedoch weich und gerundet, wird es sich um einen geätzten Nautilus handeln. Es kann vermutet werden, dass es sich beim vorliegenden Nautilus um eine mechanische Freilegung handelt, da der Übergang des Flachreliefkranzes in der Lippenbucht zur Perlmutteroberfläche gerade geschnittene Kanten aufweist (Abbildung 36, S.114). Bei der mechanischen Methode wurde mit Schabern die überdeckenden Schichten weggekratzt, bis die schimmernde Perlmuttertschicht hervortritt. Auf der gesamten Perlmutteroberfläche sind feine Kratzer zu erkennen, welche die Spuren des Schabens sein können.

## Die geschwärzte Gravur



*Abbildung 37 Geschwärzte Gravur auf der Perlmutteroberfläche des Nautilusgehäuses*

Die Gravur wurde mit einer Reissnadel vorgezeichnet und einem Stichel nachgraviert (Abbildung 37, S.115). Die Vorzeichnungen mit dem Anreisswerkzeug wurden freihand ausgeführt und dienten als Orientierung für das Gravieren. Die entstandenen Vertiefungen wurden mit schwarzer Farbe gefüllt. Es kann sich dabei um Kohlenstaub mit Öl oder Wachs gemischt handeln. Wie das von Mette erwähnte Rezept aus dem Jahre 1705 (Mette 1995, S.86). Daher kann nicht von einer Wasserlöslichkeit ausgegangen werden. Das Gemisch

wurde über die Oberfläche und somit in die Gravur verteilt und die Perlmutteroberfläche nachträglich blank gewischt (Mette 1995, S.86).

## Der Wirbelfrontfreischnitt und die Lippenrandbegradigung

Der Wirbelfrontfreischnitt bezeichnet das Entfernen einiger Septenkammern am Wirbel. Dadurch wird die Sicht auf eine Septenkammerwand der Topsepten frei. Es ist eine übliche Bearbeitung, welche bei vielen Nautilusen angewendet wurde. So kann auch die Lippenrandbegradigung an mehreren Nautiluspokalen wiedergefunden werden (Grafik 7, S.21). Wie dies auch bei den Vergleichsobjekten im Anhang 2, S.76 der Fall ist. Beim vorliegenden Nautilus ist die Septenkammerwand weder graviert noch sind durchbrochenen Schnitzereien am Wirbel vorgenommen worden (Mette 1995, S. 79).

## Die Blattvergoldung und die Muschelvergoldung

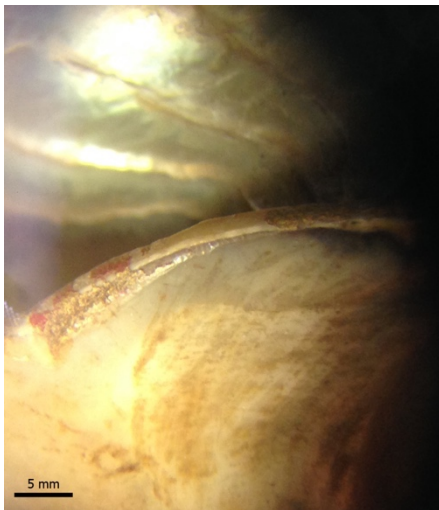


*Abbildung 38 Metallimitierendes, blattvergoldetes Papier*

Beim Metall imitierenden Papier im Bugbereich der Mündungskammer ist eine Blattvergoldung erkannt worden und der vergoldete Rand des Wirbelfrontfreischnitts weist mit grosser Wahrscheinlichkeit eine Muschelvergoldung auf. Beide sind, abgesehen von überlagernden Verschmutzungen, in goldener Farbe zu erkennen. Der Rand des Wirbelfrontfreischnitts ist aus zwei Schichten aufgebaut. Es ist deutlich eine rote Grundierung unter einer feinen matten Goldschicht zu

erkennen. Bei der roten Schicht wird es sich um die Polimentschicht, bestehend aus der Tonerde Bolus und Glutinleim, handeln.





*Abbildung 39 Muschelvergoldeter Rand des Wirbelfrontfreischnitts, 10 x Vergrößerung*

Bei einer mikroskopischen Betrachtung sind einzelne Goldpartikel erkennbar. Die Goldschicht ist nicht als Blattgoldschicht zu erkennen. Es wird sich um die Verwendung eines Goldpuders, des sogenannten Muschelgoldes, handeln. Die Zusammensetzung des Muschelgoldes im 18. Jh. bestand aus einer Paste mit Honig, zerriebenem Blattgold und Scheidewasser, welches vor der Verwendung mit Gummi (vermutlich Gummigutti) und Wasser angerührt wird (Landischen 1753, S. 121 und 122). Dies ist für den dünnen Rand einfacher und materialsparender, da die Paste mit dem Pinsel aufgetragen werden kann. Bei dieser Art der Vergoldung resultiert eine matte Vergoldung.

Das metallimitierende Papier wurde erst aufgeklebt und dann vergoldet. Dies ist ersichtlich, da die abgerissene Ecke auf der Rückseite keine Vergoldung aufweist. Das Papier zeigt deutliche Anzeichen einer Blattvergoldung. Die Oberfläche des Goldes ist homogen. Die scharfen Kanten am Rand, welche beim Zuschneiden entstehen, lassen die Goldblätter erkennen. Weiter sind in der vergoldeten Fläche kleine Fehlstellen zu finden, welche wie Risse aussehen. Diese entstehen durch nicht am Untergrund haftendes Gold, infolge von geknittertem Blattgold beim Anschliessen. Die verschiedenen Vergoldungen wurden durch die gelernten Vergolderin Shanna Nufer begutachtet, welche die beschriebenen Spuren der Techniken erkannte und die Schlussfolgerung auf eine Muschelvergoldung und eine Blattvergoldung als sehr wahrscheinlich bestätigt.

Auf der blattvergoldeten Oberfläche ist zusätzlich mit einer dunkelbraunen, beinahe schwarzen Farbe eine Gravur angedeutet, wodurch der Eindruck einer Metallarbeit entsteht. Für diese Ziertechniken wurden keine Nautiluspokale als Vergleichsobjekte gefunden.

## 15 Die verwendeten metallbearbeitenden Techniken

### Trennende Techniken

Am Nautiluspokal sind die trennenden Techniken Schneiden, Bohren, Feilen, Ziehschaben und Gravieren zu erkennen. Die Technik des Gravierens ist ausschliesslich auf der Fassung zierend verwendet worden. Im Allgemeinen können auf der Fassung vermehrt spanende Techniken festgestellt werden. Der Fuss ist hingegen kaum mit spanenden Ziertechniken gearbeitet.

#### Bohren

Die Akanthusblätter der Fassung wurden mit Bohrungen ergänzt. Man erkennt an den Spangen die typischen zwei Gräte, welche bei einer Bohrung entstehen. Bei der Eintrittsstelle entsteht ein kleiner Grat, bei der Austrittsstelle ein etwas grösserer Grat. Beim Kielbett sind geringere Gräte an den

Bohrungen zu erkennen. Der Unterschied zu ausgehauenen Löchern ist dadurch zu erkennen, dass die Löcher an den Spangen das Mittelprofil anschneiden, denn auch das Aushauen erzeugt einen Grat.

### Feilen

Feilspuren können an mehreren Teilen vermutet werden. Gefeilt wurde, um die Oberflächen zu überarbeiten, die Kanten zu Brechen und Grate zu entfernen. An den Innenflächen der Spangen sind in verschiedene Richtungen feine gerade Kratzer, als deutliche Spuren einer Feile zu erkennen. Diese sind auf das Entfernen des Grates zurückzuführen, welcher durch das Bohren der Löcher entstanden ist. Dies ist im Anhang 17, Wiedergefundene Spuren auf der Versuchsspange, S.143 beschrieben und mit Abbildungen belegt.

### Schneiden

Die Akanthusblätterformen der Fassung wurden mit einer Bleischere (Abbildung 40, S.117) ausgeschnitten. Auf der Rückseite zwischen zwei Blättern sind jeweils sich überkreuzende Einkerbungen zu erkennen. Diese entstehen durch das leichte über den entfernten Bereich hinausschneiden mit der Bleischere. Bei der Verarbeitung dünner Bleche mit einfachen Formen ist das Verwenden von Bleischeren eine einfache und schnelle Methode. Beim Eigenversuch wurde die Form der Akanthusblätter ausgesägt und gefeilt. Der Vergleich der Spuren der beiden Methoden bestätigte deutlich die Vermutung, dass beim Pokal eine Bleischere verwendet wurde.

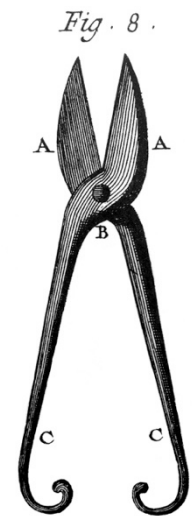


Abbildung 40 Eine Bleischere ©Diderot PV XIII Fig. 8

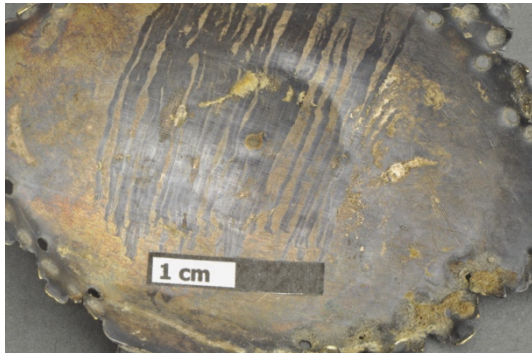
### Gravieren



Abbildung 41 Gravur auf dem Kielbett, Endzustand

Das Gravieren wurde für die Darstellung der Blattadern der Akanthusblätter auf den Spangen, den Blütenblättern auf dem Kielbett, die Verzierung der Lippenrandfassung und vermutlich für das Überarbeiten der Gussfiguren angewandt. Die gegossene Figur der Wirbelbekrönung weist keine Gravierspuren der Überarbeitung auf. Eine Gravur ergibt an der Rückseite grundsätzlich keine sichtbaren Spuren, im Gegensatz zu gemeisselten oder auch ziselierten Flachreliefs (Foltz 1981, S. 52). Die feinen Gravuren wurden mit einem Spitzstichel ausgeführt. Die Ziergravuren der Lippenrandfassung im Vergleich mit den Spangen und dem Kielbett unterscheiden sich in Tiefe und Präzision der Ausführung.

## Ziehschaben



*Abbildung 43 Zieschaberspur an der Innenseite des Kielbetts*



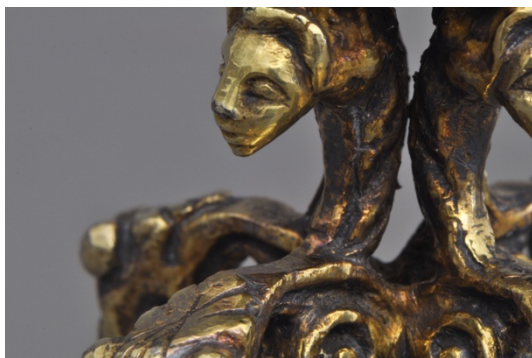
*Abbildung 42 Schabwerkzeuge, mittig der Ziehschaber*

Die streifige Struktur mit feinen Riefen, an der Innenseite des Kielbetts, lassen die Spuren eines Ziehschabers erkennen. Dies ist ein Werkzeug, welches durch eine Ziehbewegung das Glätten der Oberfläche ermöglichte (Brepohl 2005, S. 44). Im Kielbett wurde es vermutlich zur Entfernung des Kitts verwendet.

## Verformende Techniken

Die Techniken der plastischen Verformung, welche am Pokal vorkommen, sind das Treiben und Ziselieren, das Prägen, das Punzieren, das Biegen und das Giessen. Der Fuss und der Schaft sind beinahe ausschliesslich mit verformenden Techniken realisiert. Verformende Techniken, welche nicht durch ein Glühen und Abschrecken beendet werden, sind durch das verdichtende Arbeiten gehärtet.

## Giessen



*Abbildung 44 Gegossene Schaftfiguren*

Die Technik des Giessens wurde für die beiden Blumenmutter, für die Figur der Wirtelbetrönung und für den Mittelteil des Schafts mit den vier doppel- „S“ Schaftfiguren angewandt. Bei den Blumenmutter ist durch die deckungsgleichen Blütenblätter ersichtlich, dass es sich um dieselbe Gussform handelt. Ein Verfahren mit verlorener Form kann daher ausgeschlossen werden.

## Prägen



*Abbildung 45 Geprägtes Bandmuster am Fuss des Pokals, darüber liegend das punzierte Band*

Das Bandmuster am Fuss wurde geprägt (Abbildung 45, S.119). Es wurde ein Gesenk mit jeweils zwei der zueinander gerichteten Volutenpaare mit drei Punkten dazwischen verwendet. Das Silberblech wurde im Gesenk positioniert, darüber wurde vermutlich eine Bleiplatte gelegt und auf die Bleiplatte konnte mit dem Hammer geschlagen werden. Durch diese Technik ist an der Innenseite, im Gegensatz zum Ziselieren, kein Abdruck des Musters sowie keine Hammerspuren zu erkennen. Rückseitig sind lediglich leichte Abdrücke,

welche vermutlich von eingedrückten Fremdprodukten auf dem Blei stammen, vorhanden. Die Wiederholung des Elements ist durch leichte Verschiebungen sowie der Deckungsgleichheit des Musters sehr gut zu erkennen. Die Prägung wurde auf den unverarbeiteten Blechstreifen geprägt und erst danach rundgebogen, dies ist an der Lötstelle durch ein teils überdecktes Prägeelement zu erkennen.

## Punzieren

Am Fuss ist ein schmaler Streifen oberhalb des Bandmusters mit einer umlaufenden Punzierung versehen. Es kann auf eine einzelne Punze geschlossen werden, da die Abstände keine Wiederholung aufweisen. Dabei handelte es sich um eine rechteckige Punze mit stark gerundeten Ecken, welche hochkant in das Material gehauen wurde. Punzierungen sind auch an der Fassung zu erkennen. Jedes Blatt der Akanthusverzierung wurde mit einer gerundeten Punze, abwechselnd nach vorne oder nach hinten ausgetieft um den Blättern mehr Plastizität zu verleihen.



## Treiben und Ziselieren



Abbildung 46 Getriebener und ziselierter Bereich am Fuss

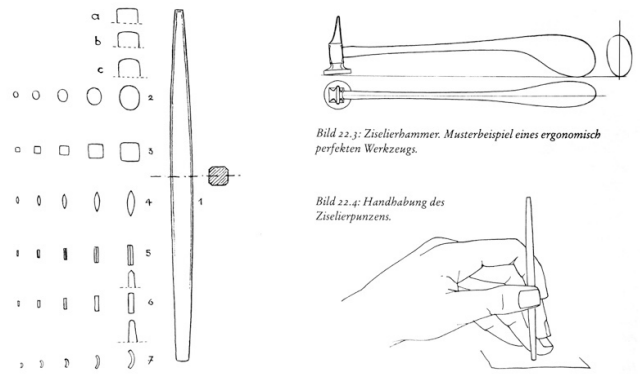


Abbildung 47 Ziselier- und Punzierwerkzeug ©Brepohl 2005

Die beiden Techniken wurden am Fuss für den konvexen Bereich mit den drei Ovalen verwendet und dem gewölbte Blech (Abbildung 9, S.28). An der Fassung ist kein getriebener Bereich vorhanden. Treiben und Ziselieren sind Techniken welche ineinanderfließen können und auch am vorliegenden Objekt gemeinsam verwendet wurden. Das Blech wird meist auf einem Amboss, direkt mit dem Hammer getrieben. Es bezeichnet das dreidimensionale Umformen mittels Hammerschlägen. Das Ziselieren ist das reliefartige Treiben einer Blecharbeit mittels einer Punze und Ziselierhammer (Wyss, Loosli, Tannheimer, Heinz 2004, S. 162 und 16). Die Punzen in verschiedenen Formen werden mit dem Hammer von der Vorderseite des Objekts in das Material geschlagen. In Kombination wird ein Bereich meist durch die Technik des Treibens von der Rückseite die Grundform übertrieben und mit verschiedenen Punzen von der Vorderseite linear die Verzierung vollendet. Ziselier- und Treibarbeiten sind durch die charakteristischen Hammer- und Punzenspuren von der Vorder-, sowie der Rückseite zu erkennen.

## Ziehen



Abbildung 48 Spange mit gezogenem Mittelprofil

Gezogen wurden die Mittelprofile der Zierspangen (Abbildung 48, S.120), der zweifachgeriefte Streifen auf dem Zierblech der Scharnierverbindungen der Spangen am Kielbett (Abbildung 51, S.122) sowie der oberste Ring des Schafts (Grafik 9, S.23). Die gleichmässigen in Längsrichtung verlaufenden Riefen zeigen, dass es gezogen wurde. Das Mittelprofil ist mit einem Zieheisen hergestellt, welches mittig eine stärkere Erhöhung aufweist. Die restlichen gezogenen Teile sind mit dem-

selben Zieheisen gezogen, welches drei identische Erhebungen ergibt. Auch bei der Herstellung von Scharnieren wird üblicherweise das Ziehen angewandt (Wyss, Loosli, Tannheimer, Heinz 2004, S. 182

und 183). Sie werden aus einem Blechstreifen mittels Rillenankern in die Rundung gebogen und durch das Ziehen mit einem runden Zieheisen gleichmässig gerichtet.

## Verbindende Techniken / Verbindungen

### Hartlöten und Weichlöten



*Abbildung 49 Gewinkelt positionierte Seitenspanne mit Weichlötung*

Weichlote Bismut, Cadmium, Silber und Antimon enthalten (Wolters 2000, S. 81 und Selwyn 2004, S. 156). Beim Fließen des Weichlotes wird auch das Grundmaterial gelöst und es geht eine Verbindung mit dem Weichlot ein. Wobei Zinn mit den meisten Metallen des Grundmaterials eine Verbindung eingeht. Das Blei geht eine Verbindung mit Gold ein. Sind diese Verbindungen sehr ausgeprägt, können sie eine Versprödung des Materials verursachen.

Es sind sowohl Hart-, wie auch Weichlötungen zu erkennen (Grafik 15, S.31 und Grafik 16, S.31). Hartlote sind die üblicherweise bei der Herstellung angewandten Lote. Es gibt auch unter den Hartloten Lote verschiedener Schmelzpunkte, jedoch befinden sie sich alle über 450°C.<sup>27</sup> Weichlote werden an Silberobjekten nur bei Reparaturen eingesetzt. Die Weichlote befinden sich unter 450°C.<sup>28</sup> Die hauptsächlichen Legierungsbestandteile sind Zinn und Blei, zusätzlich können die

### Die Gewinde



*Abbildung 50 Gefeiltes Gewinde der Fassung mit Lötfläche*

Ist die gewünschte Grösse erreicht, wird durch gemeinsames Zersägen der überlappenden Bleche das überschüssige Material entfernt. An der Sägefuge werden die aneinanderstossenden Bleche um eine Reihe der Kerbung versetzt. Dadurch ist eine

Am Nautiluspokal sind zwei Gewinde zu erkennen. Das grosse Scharnier ist eine funktionierende Verbindung der Fassung (Abbildung 50, S.121) mit dem Gegenstück am Schaft. Durch die Spuren des Feilens und die Lötfläche kann die folgende Herstellung abgeleitet werden. Es sind zwei Bleche verwendet worden, in welche in einer Reihe angeordnet dreieckige Einkerbungen gefeilt wurden. Diese beiden einseitig gezackten Bleche wurden mit den Kerben ineinandergelegt und gemeinsam rund gebogen.

---

<sup>27</sup> Loosli, Merz, Schaffner 1980, S. 58

<sup>28</sup> Selwyn 2004, S. 129

verlaufende Spirale aus den einzelnen Kerben entstanden. Das innere und das äussere Gewinde können nun auseinandergeschraubt werden. Somit sind aus den beiden Blechen ein Innen- und ein Aussengewinde entstanden, welche beim Sägeschnitt verlötet wurden. Weiter ist ein Gewinde in einer Blumenmutter zu erkennen, wobei die Blume das Gegenstück bildet. Bei diesem Gewinde handelt es sich vermutlich um ein geschnittenes Gewinde.

#### Die Scharniere und Scharnierbewegungen



*Abbildung 51 Scharnierbewegung der Heckspange*

In der Fachsprache der Goldschmiede beinhaltet der Begriff Scharnier an sich noch keine Bewegung. Es beschreibt schlicht, was umgangssprachlich als ein Röhrchen bezeichnet wird. Wird mit dem Scharnier eine Bewegung hergestellt, wird dies eine Scharnierbewegung genannt. Am Nautiluspokal sind ein Scharnier und vier solcher Scharnierbewegungen vorhanden. Die Scharnierbewegungen bilden die bewegliche Verbindungsstelle der Spangen des Nautilus (Abbildung 51, S.122). Das Kupferscharnier bildet die Verbindung der beiden Blumenmutter, welche die Spangen durch das Windungsachsenloch am Nautilus befestigt. Die herstellungsbedingte offene Fuge des Scharniers wurden bei der Herstellung der Scharnierverbindungen durch die Lötungen gefüllt, beim Kupferscharnier ist diese Fuge noch vorhanden.

#### Kitten und Kleben

Der Kitt ist ein durch Wärme erweichendes Verbindungsmaterial. Der Nautilus wurde mit einem Kitt im Kielbett befestigt. Durch die FTIR-Analysen konnte der Kitt als das Diterpenharz, Kolophonium mit Kreide, als Füllstoff identifiziert werden. Kitt wird meist für die Verbindung von zwei Metallen welche nicht verlötet werden können verwendet oder zu Verbindung mit nicht metallischen Werkstoffen. Wie zum Beispiel bei der Verbindung von Perlen einem Metallstift oder von Messerklingen und dem Griffheft. Kolophonium ist in den meisten von Goldschmieden verwendeten Kittmassen vorhanden (Wolters 2000, S. 258). Das blattvergoldete Papier in der Mündungskammer wurde geklebt. Durch die FTIR-Analysen konnte der Klebstoff als Proteinleim definiert werden (Anhang 7, S.110).

#### Abschliessende Techniken

##### Das Feuervergolden von Silberlegierungen

Eine Feuervergoldung wird mit der Verwendung von Quecksilber ausgeführt. Es wird unter zwei Feuervergoldungen unterschieden, der Amalgamblattvergoldung und der Amalgampastenvergoldung. Bei der Amalgamblattvergoldung wird die Oberfläche mit Quecksilber benetzt und das Gold in Form von



Blattgold auf die Oberfläche aufgebracht. Das Quecksilber und das Gold verbinden sich und bilden eine gleichmässige Goldamalgamschicht auf der Oberfläche. Auf der Oberfläche ist nun festes  $\text{Au}_2\text{Hg}$  in Suspension in flüssigem Quecksilber. Diese Phase weist eine graue Farbe auf. Durch das Erwärmen auf  $200 - 350^\circ\text{C}$  verdampft das flüssige Quecksilber und eine gelbe Goldschicht mit Anteilen von gebundenem Quecksilber ( $\text{Au}_3\text{Hg}$ ) bleibt auf der Oberfläche zurück (Anheuser 1999, S. 39). Diese Anteile gebundenen Quecksilbers kann durch XRF-Analysen eruiert werden (Anhang 5, S.83). Bei der Vergoldung mit der Amalgampaste wird das Gold (in Form von kleinen dünnen Goldplättchen, kein Blattgold) in das flüssige Quecksilber gegeben und unter Erwärmung gelöst. Das Verhältnis von Gold und Quecksilber variiert je nach Quelle. Es können Anhaben von 1 Teil Gold zu 6 Teilen Quecksilber<sup>29</sup> gefunden werden sowie 1 Teil Gold und 8 Teile Quecksilber<sup>30</sup>, wie es von Cellini wie auch Theophilus angewandt wurden. Vom zeitgenössischen Silberschmied Bruno Ferigutti werden 1 Teil Gold und 9 Teile Quecksilber verwendet. Diese Amalgampaste wird auf die Oberfläche aufgetragen und das flüssige Quecksilber durch Erhitzen verdampft. Von Cellini wird ein Vorverquicken als nicht empfehlenswert bewertet. Die Farbe sowie der Glanz der Vergoldung würden darunter leiden (Brepohl, S. 148). Theophilus beschreibt wiederum den Arbeitsschritt des Verquickens (Brepohl 2013, S.313 - 315). Der Besuch bei einem zeitgenössischen Silberschmied, welcher die Feuervergoldungen anwendet, zeigte jedoch, dass dies heute auch mit einer vorgängigen Verquickung ausgeführt wird.<sup>31</sup> Bruno Ferigutti bezeichnet eine Feuervergoldung ohne das Verquicken als nicht möglich. Die Versuche von Anheuser beschreiben, dass eine Vergoldung sowohl mit als auch ohne Verquickung möglich ist. In seiner Arbeit sind leider keine optischen Unterschiede beschrieben. Die Vergoldung auf der Bugspange kann jedoch als deutlich heller und blasser als die Vergoldung des Nautiluspokals festgestellt werden. Die Verquickung könnte mit Hilfe der Herstellung eines Querschnitts durch die unter der Vergoldung entstandene Silberamalgamschicht nachgewiesen werden (Anheuser 1999, S. 39 und 40). Die Feuervergoldung mit Blattgold kann durch gerade abgegrenzte Bereiche doppelter Goldmenge, infolge der Überlappung des Blattgoldes erkannt werden. Die Amalgampastenvergoldung kann hingegen eine ungleichmässige Vergoldungsstärke, Spritzer, Zerfliessungen und Übermalungen als sichtbare Merkmale aufweisen. Der vorliegende Nautiluspokal weist in den Gravuren dickere Vergoldungen auf, welche leicht die Vertiefungen auffüllen und eine poröse Oberfläche aufweisen. Die Porosität entsteht bei dickeren Feuervergoldungen durch das Verdampfen des Quecksilbers, welche durch die ausbleibende Verdichtung der Poren in den Gravuren erhalten bleibt (Anheuser 1999, S.26 und 27).

---

<sup>29</sup> Rühle-Diebener-Verlag 1990: S. 203

<sup>30</sup> Brepohl 2005, S. 147

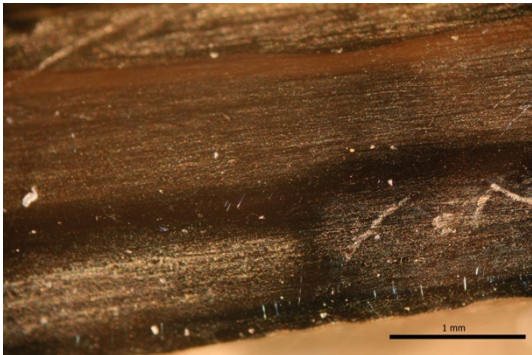
<sup>31</sup> Das Verquicken wird auch im Buch *Der Silberschmied* als fester Bestandteil der Feuervergoldung erwähnt: Rühle-Diebener-Verlag 1990: S. 204

Auf der vergoldeten Oberfläche des Pokals sind feine Plättchen festzustellen (Abbildung 65, S.130), welche durch die Vergoldung haften. Sie konnten durch die XRF-Analyse als Goldplättchen identifiziert werden (Anhang 5, S.83). Es handelt sich somit um nicht vollständig im Quecksilber gelöstes Feingold. Die Annahme, dass es sich um nicht vollständig gelöste Plättchen auf vergoldeten Oberflächen handelt, wurde von Herrn Ferigutti und im Vergleich mit der Versuchsspanne bestätigt. Im Kapitel 17, S.143 sind die Spuren der Herstellungstechniken am Original und an der Versuchsspanne verglichen. Auch die Feingoldplättchen konnten wiedergefunden werden.

Auf Grund der zahlreichen vergleichbaren Spuren der Feuervergoldung auf der Versuchsspanne und dem Original, der vergleichbaren Quecksilbermesswerte mit XRF und der Oberflächenoptik ist zweifelsfrei eine Feuervergoldung mit einer Amalgampaste festzustellen.

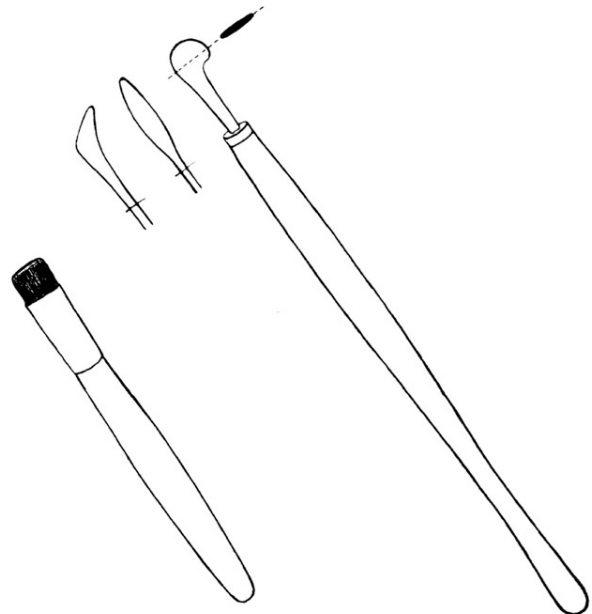
Die Vergoldung kann ursprünglich noch eine Färbung aufgewiesen haben, falls die beschriebenen Techniken von Benvenuto Cellini im 17.Jh. noch Anwendung fanden. Die Färbung hatte den Zweck, der feingoldfarbenen Feuervergoldung den Eindruck einer Goldlegierung zu verleihen. Wodurch der Eindruck eines massiv in Gold gearbeiteten Objekts entsteht und somit optisch dessen Wert steigert (Brepohl 2005, S. 153 - 158).

#### Das Polieren



*Abbildung 53 Polierte Oberfläche des Mittelprofils der Versuchsspanne*

Die Feuervergoldung ergibt eine matte Oberfläche. Diese wird durch Poliervorgänge, wobei die Oberfläche verdichtet wird, zum Glänzen gebracht (Abbildung 53, S.124). Auf dem Pokal sind vor der Freilegung wenige



*Abbildung 52 Polierwerkzeuge für die Druckpolitur ©Brepohl 2005*

Bereiche zu erkennen auf denen die Spuren dieser Politur noch ersichtlich sind, wie auf dem geprägten Bandmuster des Fusses. Nach der Freilegung konnte zusätzlich auf der gesamten Oberfläche der Lippenrandfassung eine Druckpolitur festgestellt werden. Die Druckpolitur erfolgt durch einen Polierstahl

oder Polierstein, üblicherweise durch einen Hämatit.<sup>32</sup> Sein Holzgriff kann ca. 40cm lang sein und um mehr Druck ausüben zu können, wird er über die Schulter gelegt (Brepohl 2005, S. 156). Er kann jedoch auch nur ca. 20 cm lang sein, wobei er lediglich mit der Hand geführt wird. Im Selbstversuch wurde festgestellt, dass starker Druck eine ungleichmässige Politur erzeugt. Als Gleitmittel wird für die heute durchgeführte Druckpolitur von Bruno Ferigutti, Bier empfohlen.<sup>33</sup> Dafür konnten keine historischen Quellen gefunden werden. Durch eigene Tests konnte jedoch ein guter Gleiteffekt festgestellt werden. Theophilus hat eine weitere Methode zum Glänzen der Oberfläche beschrieben, welche heute noch angewandt wird und auch beim Nautiluspokal zur Anwendung gekommen sein kann. Diese Methode wird explizit für vergoldete Oberflächen vorgeschlagen. Dabei wird das Kratzen mit einer Kratzbürste aus feinen Messingdrähten in Wasser mit einem Zusatz zur Oberflächenbenetzung beschrieben (Brepohl 1987, S. 118). Bei Theophilus werden die beiden Techniken auch miteinander verwendet, wobei die Druckpolitur auf die Politur mit den Messingkratzbürsten folgt (Brepohl 1987, S. 238).

---

<sup>32</sup> Rühle-Diebener-Verlag 1990: S. 205 und 206

<sup>33</sup> Seifenwasser wurde von Rühle-Diebener-Verlag 1990, S. 205 empfohlen.

## Anhang 9: Zustandsbetrachtung

Im folgenden Abschnitt wird der Zustand des Nautiluspokals detailliert erläutert. Dies entspricht der Ausformulierung der kommentierten Kartierungen und tabellarisch dargestellten Alterungserscheinungen im Hauptteil Kapitel 9 Zustandsbetrachtung, S.29. Auch die unterschiedlichen Korrosionserscheinungen sind darin einzeln aufgeführt. Der Nautiluspokal ist in sechs Einzelteilen vorliegend. Es sind keine grösseren fehlenden Objektteile festzustellen. Gesamthaft ist eine Verschmutzung der Oberfläche des Pokals vorhanden. Das Erscheinungsbild der Silberoberfläche weist durch die schwarze Silberkorrosion ein fleckiges Bild auf, welche helle, goldene bis tief schwarze Bereiche beinhaltet.

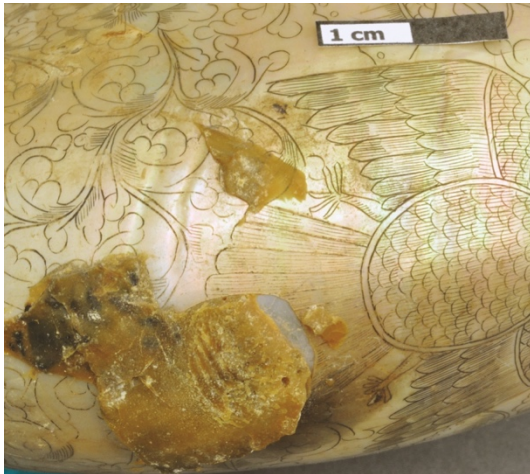
### Der Nautilus

Die Nautiluschale ist mit der Lippenrandfassung, jedoch nicht mehr mit der restlichen Fassung verbunden. Die Lippenrandfassung sitzt fest auf dem Rand der Mündungskammer. Bei der Lippenrandfassung handelt es sich um zwei sich mittig am Bug nicht berührende Fassungen aus vergoldetem Silberblech (Abbildung 88, S.172). Das Silber weist eine starke, gleichmässig bläulich-schwarz korrodierte Oberfläche auf. Nur der horizontale Bereich der oberen Kante weist eine etwas hellere Oberfläche auf. An der Lötstelle zu den Blechen mit Loch, welche beidseitig die Durchbohrung der Wirbelachse umfasst, sind grüne Korrosionsprodukte zu erkennen. Es ist eine verstärkte Korrosion im Vergleich zu den anderen Silberbestandteilen festzustellen (Tabelle 1, S.33).

Die Nautiluschale weist eine grössere Fehlstelle und zwei kleinere ausgebrochene Bereiche auf (Abbildung 56, S.128). Es handelt sich um eine längliche Öffnung, welche an beiden Enden in einen Riss ausläuft. Die kleine ausgebrochene Stelle befindet sich auf derselben Seite des Nautilus, im oberen Bereich des Wirbels neben der Bohrung. Es handelt sich um ein 2 mm langes und 1 mm breites Loch. Diese Bruchstücke des Nautilus sind nicht mehr vorhanden.



*Abbildung 54 Wirbelfrontfreischnitt mit Öffnungen und Verschmutzungen entlang der Spangenposition*



*Abbildung 55 Gravur mit Verlust der Schwärzung am Kiel*

Die Risse welche von der grösseren Fehlstelle ausgehen, verlaufen über das Heck bis auf die rechte Seite des Nautilus. Wobei der untere Bruch auf der rechten Seite neben einer natürlichen Vertiefung der Nautiluschale verläuft. Der Riss, welcher im oberen Bereich der Bruchstelle ausläuft, hat eine Länge von ca. 55 mm und der untere eine Länge von 50 mm. Von diesen beiden Hauptrissen ergeben sich jeweils kleinere kurze Risse.

Die durch den Wirbelfrontfreischnitt freigelegte Septenkammerwand weist drei Öffnungen auf. Die mittige mit dem kleinen Rand ist eine natürliche Öffnung, welches das Tier für das Ein- und Auslassen des Gases verwendete. Links neben dieser Öffnung ist ein 5mm langes ovales Stück herausgebrochen und am Rande der Septenkammer ist ein weiteres kleines Loch zu erkennen (Abbildung 55, S.127). Weiter sind am Bug vom Lippenrand drei Bruchstücke zu erkennen (Abbildung 18, S.52). Es sind zwei grosse und ein kleines Bruchstück. Diese sind in einer früheren Massnahme geklebt worden. Die Klebungen weisen nur noch geringe Klebekraft auf. Um die verbundenen Bruchstücke erweist sich die Schwärzung der Gravur als unregelmässig in den Vertiefungen verteilt und dunkler als auf der restlichen Oberfläche (Abbildung 10, S.28).

Auf der rechten Seite des Nautilus sind keine ausgebrochenen Stellen zu erkennen. Es ist jedoch eine ergänzte Fehlstelle vorhanden (Abbildung 3, S.14). Um die Ergänzung sowie auf der ergänzten Fläche sind keine Schwärzungen der Gravur zu erkennen. Im Bereich des Kielbettes um die Kittung sowie in kleineren Bereichen ist ebenfalls lokal ein Verlust der Schwärzung festzustellen (Abbildung 55, S.127). Auf der gesamten Perlmuttoberfläche sind leichte, beinahe nur unter dem Mikroskop erkennbare Kratzer zu erkennen. Die gesamte Oberfläche der Nautiluschale weist sichtbare Schmutzablagerungen auf. Sehr starke Verschmutzungen sind in der Mündungskammer, im Wirbelfrontfreischnitt und in den Lippenbuchten vorhanden (Abbildung 56, S.128). Weiter können in den Bereichen an den Rändern der ehemaligen Positionierung der Seitenspannen und der Bugspange bräunliche Ablagerungen erkannt werden (Abbildung 3, S.14). Es sind auch Verschmutzungen lokal unter den Bohrlöchern zu erkennen.





Abbildung 56 Fehlstellen des Nautilus mit starken Verschmutzungen in der Lippenbucht



Abbildung 57 Nautilusschale mit Blick in die Mündungskammer mit geklebtem Papier

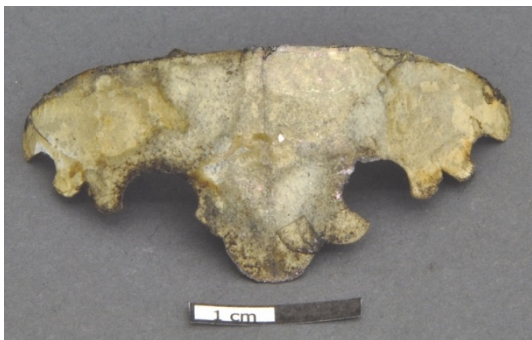


Abbildung 58 Rückseite des vergoldeten Papiers

Im Bereich des Kielbettes sind grosse Mengen von hellen, ockergelben Kittrückständen vorhanden. Neben den Kittrückständen hat sich eine Schwärzung der Oberfläche ergeben (Abbildung 55, S.127). Auch am Rande der Heckspange und unter der Wirbelbekrönung ist eine dünne schwarze Ablagerung zu erkennen (Abbildung 55, S.127).

Am Grund der Mündungskammer ist eine weitere, mit Papier überklebte Stelle ersichtlich. Diese wurde nicht gefasst, ist jedoch stark verschmutzt und weist eine gelbe Farbe auf (Abbildung 57, S.128). In der letzten Septenkammer ist ein loses Bruchstück, welches durch das Bewegen akustisch wahrgenommen werden kann. An den Kanten des Wirbelfrontfreischnitts können geringe Mengen einer roten Masse, welche von einer goldenen Schicht überdeckt ist, festgestellt werden. Dies ist als kleiner Rand um die Septenkammerwand sowie der Kante des Wirbelfrontfreischnittes bis in die Lippenbucht zu erkennen. Ein Grossteil dieses goldenen Randes ist nicht mehr vorhanden (Abbildung 39, S.116).

Das Papier, welches in der Mündungskammer sowie bei den Brüchen des Nautilus unter der Lippenrandfassung vorhanden ist, weist an den ersichtlichen Stellen eine Vergilbung auf. Starke Verschmutzungen sind auf allen Papierbestandteilen zu erkennen. Auch das vergoldete Papier an der Innenseite der Brüche ist verschmutzt, eine schwarze Schicht überdeckt das Gold. Der Klebstoff hat an Klebekraft verloren und das gefasste Papier wird in erster Linie durch die gebogene Form an seinem Platz gehalten. Ein kleiner Bereich am linken Rande des Papiers haftet noch am Gehäuse. An der Rückseite des

Papiers ist eine abgerissene Ecke zu finden. Dieses Papierstück weist keine Vergoldung auf. Die Rückseite zeigt flächig aufgetragen den Proteinleim, welcher vergilbt ist (Abbildung 58, S.128). Vom Papier ausgehend ist eine vergilbte Laufspur zu erkennen, an welcher der Staub stark haftet.

## Die Fassung, der Schaft und der Fuss

Die Aussenseiten sowie die vorderseitigen Vertiefungen sind mit Staubablagerungen bedeckt. Vereinzelt sind helle Putzmittelreste in den Vertiefungen zu erkennen. Die gesamte vergoldete Oberfläche der Silberlegierung ist mehr oder weniger mit einer schwarzen Korrosionsschicht bedeckt. Die Fassung ist in zwei Einzelteilen vorliegend. Die Bugspange weist nach dem Zierblech der Scharnierbewegung einen Bruch im Bereich einer Weichlötung auf (Abbildung 61, S.129).



Abbildung 59 Halterung der Bugspange für die Befestigung am Nautilus



Abbildung 60 teilweise Abgelötete Scharnierverbindung der Bugspange

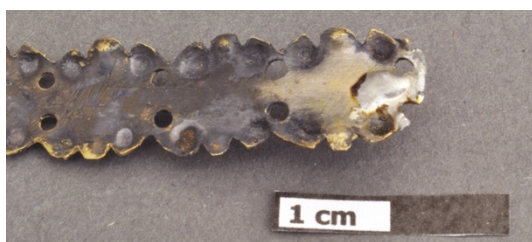


Abbildung 61 Gebrochene Bugspange mit Weichlot

Es haben sich auf vier der fünf Weichlötungen weisse und graue Korrosionsprodukte gebildet. Bei den Lötungen an den Seitenspannen, der Wirbelspange sowie der Lötung der Befestigung der Bugspange am Nautilus sind vergleichbare Alterungserscheinungen zu erkennen (Abbildung 59, S.129). Die Befestigung der Bugspange am Nautilus ist zu eng gebogen als, dass sie über den Lippenrand passen würde. Die Lötung ist leicht angerissen. Die Innenseiten weisen helle Korrosionskrusten auf und die Aussenseiten eine dünne graue Korrosionsschicht. An der Aussenseite wurde das Weichlot mitsamt den Unebenheiten der Verzierungen und dem Mittelprofil weggefeilt (Abbildung 7, S.26).

Die erneut gebrochene Lötstelle bei der Scharnierbewegung der Bugspange weist keine Korrosionsprodukte oder andere sichtbare Spuren der Alterung infolge der Lötung oder des Lotmaterial selbst auf. Um und auf dem Weichlot sind glänzende Flächen zu erkennen, bei welchen es sich um Flussmittelreste handeln muss. Die blanke Oberfläche ist unter der Flussmittelschicht, in heller Farbe erhalten geblieben. Die Scharniermechanik der Bugspange zum Kielbett ist nur einseitig mit dem Kielbett verbunden. Die ursprüngliche Lötung ist teilweise enthaftet (Abbildung 60, S.129), wobei das Lot eine poröse Struktur aufweist.

Die Oberfläche der Spannen sind an den erhöhten Punzierungen teilweise berieben. Das Grundmaterial, welches schwarz korrodierte, wird sichtbar. Die gezogenen Mittelprofile weisen in Längsrichtung Kerben auf dem mittigen Profil auf.





Abbildung 62 Fuss mit nicht korrodierten Lotflecken und eingefressenem Lot

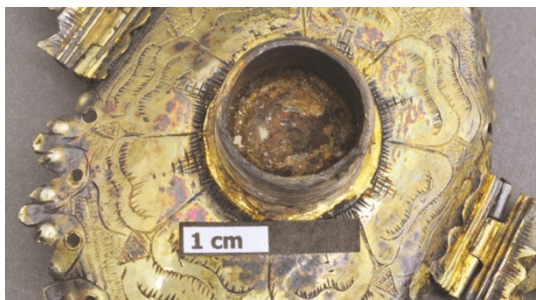


Abbildung 63 Kielbett mit hellem Lotfleck um das Gewinde



Abbildung 64 Ungelöste Goldplättchen zwischen den Schaftfiguren



Abbildung 65 Treib- und Ziselierarbeit am Fuss mit nicht gelösten Feingoldplättchen

Einseitig neben der Scharnierverbindung der Bugspange ist der Akanthusblätterrand des Kielbetts deformiert. Die Heckspange ist ebenfalls verformt oder war nie in einer dem Nautilus angepassten Form gefertigt worden. Das Kielbett und das Kiel der Nautiluschale passen nicht genau aufeinander. Dies wäre auch ohne die massiven Kittreste der Fall. Durch die Kittresten passen Kiel und Kielbett jedoch noch weniger zusammen. Auf dem Kielbett sind von der Aussenseite Risse zu erkennen. Diese verlaufen meist in den Gravuren.

An der Befestigungsstelle des Gewindes ist ein 1 – 2 mm breiter Ring in heller goldener Farbe zu sehen, um diesen beginnt der gravierte Bereich. Angrenzend an den hell erhaltenen Ring ist die Oberfläche stark geschwärzt. Die Aussenseite des Kielbetts weist keine fleckige Schwärzung auf (Abbildung 63, S.130). Die durch eine Lötung verbundenen Zierbleche der Scharnierverbindungen weisen fleckige, in goldener Farbe erhaltene Bereiche auf. Sie ist ebenfalls im Bereich der Lötstelle, um das Gewinde des Kielbetts festzustellen.

Das Kielbett sitzt nicht gerade auf dem Gewinde sowie der Schaft nicht gerade auf dem Fuss sitzt (Abbildung 66, S.131). Er weist eine gut erkennbare Neigung der Schaftfiguren auf. Das erste getriebene Blech des Fusses (10) ist einseitig eingedrückt und weist in diesem Bereich Kratzer auf. Trotzdem ist die Vergoldung erhalten geblieben. Die nicht gelösten Plättchen auf der Oberfläche haften mit der Vergoldung.

Die Plättchen sind auf dem Fuss und der Fassung zu erkennen. Unter dem getriebenen Blech über der Ziselierarbeit (Abbildung 65, S.130) sowie zwischen den gegossenen Schaftfiguren sind sehr viele dieser Plättchen zu erkennen (Abbildung 64, S.130). In diesen Bereichen ist auch poröses, goldenes Material zu erkennen. Diese poröse Materialansammlung kann auch in Unterschneidungen sowie an den Kanten vorkommen.

Die Merkmale der Feuervergoldung sind im Kapitel 17 Wiedergefundene Spuren auf der Versuchsspange, S.143 beschrieben und mit der Versuchsspange verglichen.

Auch am Fuss sind Lötungen mit nur geringer Korrosionsbildung vorhanden, dies ist an der Lötstelle der gegossenen Schaftfiguren mit dem Fuss zu sehen. Das unterste Bandmotiv weist diese Erscheinung an der Lötung oberhalb sowie der Lötung unterhalb des Motives auf (Abbildung 66, S.131). Der Grossteil der äusseren Oberfläche hat sich gleichmässig verändert und weist in allen Vertiefungen der Verzierungen eine verstärkt vorhandene Schwärzung auf. Die Staubablagerungen sind verstärkt im verwinkelten, gegossenen Teil sichtbar. Nach der Trockenreinigung wurde zusätzlich die Sicht auf eine Ansammlung von Goldplättchen der Vergoldung zwischen den gegossenen Figuren ersichtlich. Auf der Bugspange konnten zusätzlich stark haftende Verschmutzungen festgestellt werden, welche eine helle Farbe und körnige Struktur aufweisen.

Die Innenseite des Fusses ist nicht vergoldet, eine dünne Schichte bläulicher Korrosionsprodukte ist zu erkennen. Die Lötungen sind deutlich zu sehen, da sie sich stellenweise in das Material gefressen haben (Abbildung 6, S.24). Eine dieser Stellen weist ein Loch in Folge des Einfressens auf, welches sich von der Aussenseite in einem in Goldfarbe erhaltenen Bereich befindet (Abbildung 62, S. 130).



*Abbildung 66 Fuss und Schaft mit Neigung*

## Die Blumenmuttern



Abbildung 67 Die Blumenmuttern, Vorzustand

Beide Blumenmuttern weisen eine stark gedunkelte Oberfläche auf. Die Muttern sind aus einer vergoldeten Silberlegierung gefertigt. Das Scharnier und das Gewinde sind hingegen aus Kupferlegierungen, wie die XRF-Analysen ergaben (Anhang 5, S.83). Die Oberfläche der Blumenmuttern sind mit Feileinkerbungen und Verletzungen durch Zangen bedeckt (Abbildung 101, S.178). Auf der Blumenmutter mit Gewinde sind an der Rückseite weisse Ablagerungen zu erkennen, in welchen zusätzlich grüne Korrosionsprodukte vorhanden sind (Tabelle 133). Auf dem gesamten Scharnier sind grüne Korrosionsprodukte zu erkennen. Es ist auffallend, dass die Korrosionsprodukte an den Rändern der Lötungen voluminöser sind. Das Ende des nicht verlöteten Scharniers ist einseitig aufgebogen. Es sind Reste einer Lötung zu erkennen. Das weisse Lot ist gut auf der kupferfarbenen Oberfläche des Scharniers zu erkennen. Diese Lötung verband das Gewinde mit dem Scharnier, über welches die Blumenmutter geschraubt werden konnte (Abbildung 67, S.132). Diese Lötung ist gebrochen und das Gewinde steckt in der Blumenmutter fest.

## Korrosionserscheinungen des Metalls

### Silberkorrosion

Die Bildung von Silbersulfid oder Silberchlorid kann in relativ kurzer Zeit auf Silberobjekten in der Umgebungsluft von Innenräume auftreten. Sauerstoff, Schadstoffe und erhöhte relative Luftfeuchte sind Verursacher der Silberkorrosion. Die Luft in Innenräumen enthält zwischen  $5 - 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Schwefelwasserstoff (Hilbert 2002, S. 265). Die Silberkorrosion beruht auf der Reaktion mit Schwefelwasserstoff  $\text{H}_2\text{S}$  oder Carbonylsulfid  $\text{OCS}$  (Schmidt-Ott 2008, S. 75). Unter normalen Bedingungen im Innenraum entstehen an Silberobjekten nur oberflächliche Veränderungen. Bei Raumbedingungen entsteht erst eine Silberoxidschicht  $\text{Ag}_2\text{O}$ . Durch den Einfluss von schwefelhaltigen Gasen entsteht weiter eine Silbersulfidschicht  $\text{Ag}_2\text{S}$ . Weiter können Silberchloride  $\text{AgCl}$  entstehen.<sup>34</sup> Ozon  $\text{O}_3$  und Ultraviolette Strahlung (UV) können einen korrosionsfördernden Einfluss in der Bildung von Silbersulfidschichten haben.<sup>35</sup>

<sup>34</sup> Costa 2001, S. 21 und Wolters 2000, S. 58

<sup>35</sup> Costa 2001, S. 22 und Wolters 2000, S. 58

Eine Silbersulfid  $\text{Ag}_2\text{S}$  Korrosionsschicht ist keine passivierende Schicht. Sie schützt das darunterliegende metallische Silber nicht vollständig vor Korrosion, verlangsamt jedoch den Korrosionsprozess (Costa 2001, S. 21). Eine Silberlegierung bildet meist keine ebenmässige, über die gesamte Objektoberfläche sichtbare Korrosionsschicht. Daher entstehen Bereiche, welche dickere, dunkle Korrosionsschichten und andere Bereiche, welche geringere Korrosionsschichten und somit nur leichte Verfärbungen vorweisen. Als Hauptanteil der schwarzen Anlaufschicht konnte durch REM-Analysen Silber und Schwefel identifiziert werden, wodurch die theoretische Annahme der Bildung von Silbersulfid  $\text{Ag}_2\text{S}$  bestätigt wird.

## 16 Korrosionserscheinungen

### Die Silberkorrosionserscheinungen auf dem Nautiluspokal

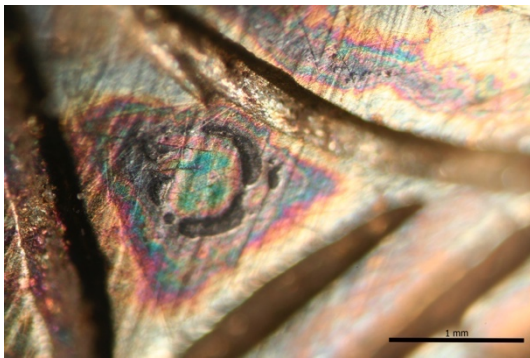
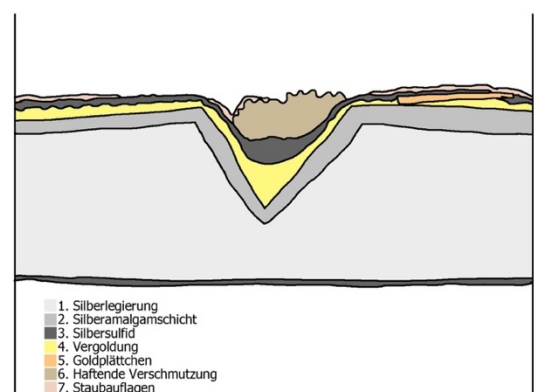


Abbildung 68 Irisierende Silberkorrosion auf dem Kielbett

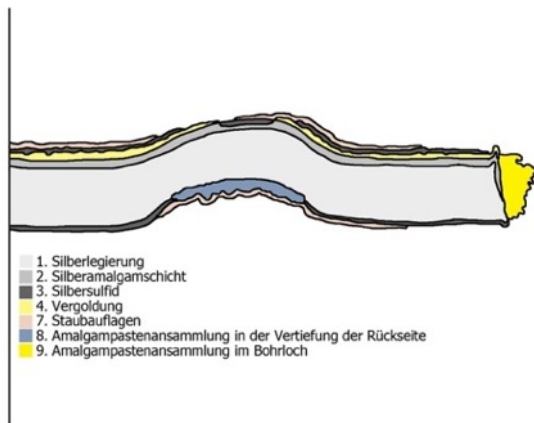
Die Anlauffarben sind ausgeprägt und in einigen Bereichen gut differenziert zu erkennen. Sie verlaufen in den Regenbogenfarben bis zur schwarzen voluminösen Korrosion (Abbildung 68, S.133). Um die schwarze Erhöhung ist ein breiter Bereich grauer, leicht bläulicher Farbe zu erkennen. Es ist exzeptionell für den schwarzen Bereich, eine Volumenzunahme festzustellen. Die voluminöse Schicht kann teilweise als gering haftend vorliegen. Die dünnen Schichten weisen eine stärkere Bindung zum Untergrund auf. Ausgeprägte krustige und schollenartige Korrosion hat sich in den Vertiefungen der Gravuren und allgemein den porösen Oberflächen gebildet (Grafik 44, S.133). Diese Korrosion scheint sich ausschliesslich auf der vergoldeten Oberfläche zu bilden.

In den Bereichen einiger Lötungen ist vermehrt eine goldene Farbe erhalten geblieben. Es sind keine Flussmittelreste oder andere Beschichtungen festzustellen, welche die Oberfläche lokal vor dem Anlaufen schützen konnten. Dieses Phänomen ist in



Grafik 44 Stratigrafie mit Gravurschnitt und Goldplättchen



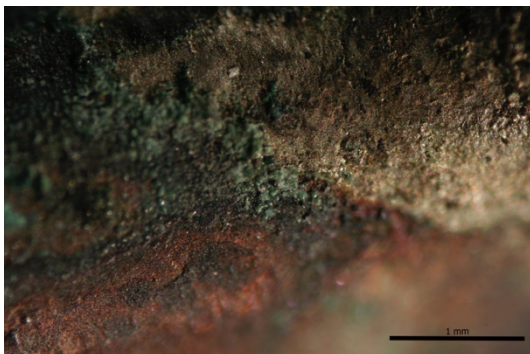


*Grafik 45 Stratigraphie mit Punzierung und Bohrlochkante*

mehreren Bereichen der Metallararbeit festzustellen. Es können weitere Lötungen auf Grund des technischen Aufbaus ermittelt werden, welche jedoch keine geringere Korrosionsbildung aufweisen. Um die geringer korrodierten Lotflecken hat sich ein Rand stärkerer Korrosion gebildet. Auf den Feingoldplättchen liegt meist ebenfalls eine Silberkorrosionsschicht auf.

Die einzigen stark beriebenen Bereiche zeigen sich an den Punzierungen der Spangen. Mittig ist eine dunkle, vertiefte Silberkorrosion direkt auf dem Grundmaterial entstanden (Grafik 45, S.134). Es sind starke Höhenunterschiede zu erkennen. Die Bereiche mit dem Verlust der Vergoldung gehen in die Tiefe und die Vergoldung darum bildet einen Absatz mit starker Kante um das Grundmaterial. Um das Grundmaterial ist ein Bereich nicht korrodierte Vergoldung zu erkennen. Auf der Rückseite ist in einigen Vertiefungen der Punzierungen eine stark poröse Oberfläche zu erkennen. Farblich sind bläulich schwarze wie auch goldene Bereiche im porösen Bereich zu erkennen. Auf der Rückseite ohne Vergoldung ist eine gleichmässige und dünnere schwarze Korrosion mit gleichmässiger Adhäsion zum Untergrund festzustellen.

## Kupferkorrosion

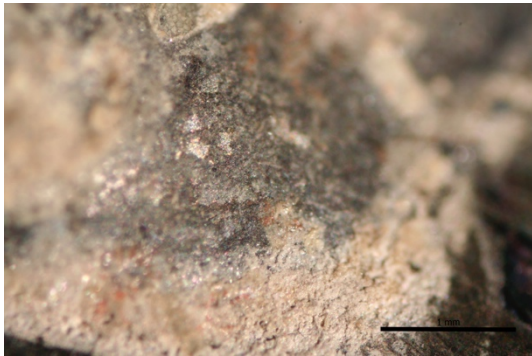


*Abbildung 69 Kupferkorrosion auf dem Scharnier der Blumenmutter*

Da es sich beim vorliegenden Objekt nicht um ein reines Silberobjekt, sondern wie meist um eine Silberlegierung handelt, sind auch die Korrosionsprozesse der Legierungspartner zu beachten. Der Hauptlegierungszusatz ist Kupfer, dies konnte durch die XRF-Analysen bestätigt werden (Anhang 5, S.83). Kupfer ist weniger edel als Silber und korrodiert daher präferenziell (Costa 2001, S. 22).

Kupferkorrosionen konnten auf den beiden Kupferlegierungen des Scharniers und des Gewindes der Blumenmutter sowie an den Lötstellen der Lippenrandfassung erkannt werden. Es handelt sich dabei um grüne Korrosionsprodukte. Durch REM-Analysen wurden Kupfer, Silber, Sauerstoff, Kohlenstoff, Chlor und Schwefel als häufige Bestandteile identifiziert (Anhang 6, S.102). Es kommen daher viele verschiedene Verbindungen in Frage, welche eine grüne Farbe aufweisen. Es konnten keine grauweisslichen Korrosionsprodukte erkannt werden, welche auf eine aktive Korrosion mit Nantokit ( $\text{CuCl}$ ) hätte schliessen lassen.

## Blei- und Zinnkorrosion

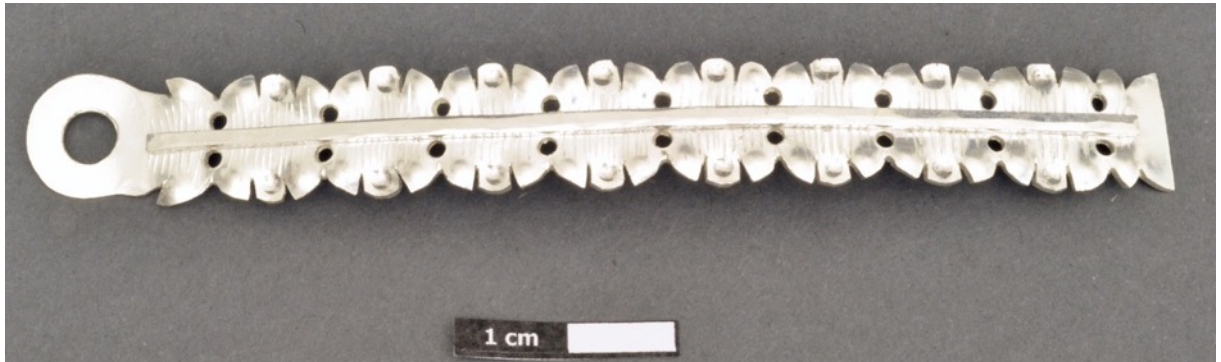


*Abbildung 70 Blei- und Zinnkorrosion der Weichlötungen*

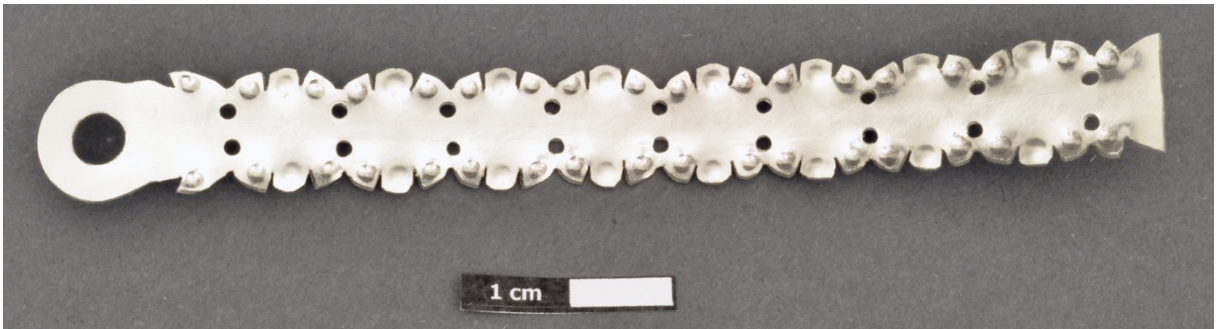
Auf vier der fünf Weichlötungen konnten Korrosionserscheinungen festgestellt werden. Als Bestandteile der Korrosion des Weichlotes konnten durch REM-Analysen Blei, Zinn, Zink, Schwefel und Sauerstoff festgestellt werden (Anhang 6, S.102). Blei ist anfällig auf die Einwirkung von flüchtigen organischen Säuren, ansonsten ist Blei in Innenräumen stabil durch eine passivierende, dünne Oxidschicht (Selwyn 2004, S. 132). Die gebildeten Korrosionsprodukte von Blei sind weiss, meist mit geringer Haftung und porös. Diese

Beschreibung passt auf die bei den Weichlötungen vorgefundenen Korrosionsprodukte. In trockener Umgebung bildet Zinn eine weiss-silberne Oxydschicht, welche schützend wirkt. Bei Feuchte, Kontakt mit Chlor oder einem pH-Wert unter 3 oder über 10 bildet sich jedoch weitere Korrosion (Selwyn 2004, S. 161).

## Anhang 10: Die Versuchsspange, Abbildungen



*Abbildung 71 Versuchsspange ohne Vergoldung, Vorderseite*



*Abbildung 72 Versuchsspange ohne Vergoldung, Rückseite*





*Abbildung 73 Versuchsspange feuervergoldet, Vorderseite*



*Abbildung 74 Versuchsspange feuervergoldet, Rückseite*



*Abbildung 75 Versuchsspange, feuervergoldet, poliert und geschwärzt, Vorderseite*



*Abbildung 76 Versuchsspange feuervergoldet und geschwärzt, Rückseite*



*Abbildung 77 Versuchsspange feuervergoldet und poliert, Vorderseite*



*Abbildung 78 Versuchsspange mit freigelegten Testbereichen*

## Anhang 11: Die Versuchsspange, Herstellung

### Die Versuchsspange

Für die Reinigungsversuche wird möglichst vergleichbares Stück hergestellt. Es wird dafür von der Verfasserin eine Spange aus einer Silber-Kupfer-Legierung (Für die Liste der verwendeten Materialliste, siehe Anhang 1, S.74) hergestellt, mit denselben oder vergleichbaren Techniken, wie sie auf dem Objekt festgestellt werden konnten. Die Vergoldung wird aus mangelnder Erfahrung und Gründen des Gesundheitsschutzes von einer spezialisierten Firma ausgeführt. Es handelt sich um eine Feuervergoldung, wie diese heute ausgeführt werden. Die Vergoldung wird teilweise poliert und beschädigt, um die Oberfläche des Pokals nachzustellen. Die Korrosionserscheinungen werden durch das Schwärzen mittels Pariser Oxid imitiert. Dies entspricht nicht der über lange Zeit gealterten, korrodierten Oberfläche, bildet jedoch ebenfalls eine schwarze Silberkorrosionsschicht, deren Abtrag durch mechanische Methoden nachvollzogen werden kann. Die Oberfläche wird vor und nach der Schwärzung, sowie nach der Freilegung fotografisch dokumentiert und verglichen. Dies ermöglicht eine Einschätzung des Impacts der Freilegungsmethoden. Für die Vereinfachung der Herstellung wurde in einigen Punkten von der vermuteten historischen Herstellungsweise abgewichen, wie zum Beispiel der Form des Ausgangsmaterials oder dem Löten mit modernen LötKolben. Durch den Versuch wurden vermutete Herstellungstechniken bestätigt oder erneut in Frage gestellt (Kapitel 17 Wiedergefundene Spuren auf der Versuchsspange, S.143).

Für die Freilegungsversuche wurde versucht, eine dunkle Verfärbung der Versuchsspange zu erreichen, um deren Entfernung zu testen. Diese dunkle Schicht entspricht nicht einer gealterten Silberkorrosion. Die Spuren, welche jedoch durch die Freilegung auf der Oberfläche entstehen, sind vergleichbar und lassen den Einfluss welcher auf das Objekt ausgeübt wird, abschätzen. Da es sich bei den getesteten Methoden um mechanische Methoden handelt, ist die chemische Zusammensetzung der schwarzen Schicht von geringer Bedeutung. Leider konnten keine vergleichbaren Krusten erzeugt werden.

Das Schwärzen wurde mit Pariser Oxid durchgeführt, ein handelsübliches Produkt, welches von Goldschmieden zum Patinieren angewandt wird. Es wurde mit einem Pinsel aufgetragen und in der Flamme gering erwärmt.



## Durchführung der Herstellung der Versuchsspange



*Abbildung 79 Aufschwemmen der Lotpailleten auf das Mittelprofil der Versuchsspange*

Für die Herstellung der Spange wurde als Grundmaterial 925er Silber in 1 mm Blech verwendet, welches auf 12 mm Breite und ca. 80 mm Länge zugeschnitten wurde. Dieses Blech wurde auf 0,8 mm Stärke in Längsrichtung gewalzt und daraufhin ausgeglüht. Bis auf 0,5 – 0,6 mm Stärke wurde es weiter durch Schmieden auf dem Amboss dünner getrieben. Nach Erreichen der gewünschten Blechstärke wurde es ausgeglüht, um es flachzurichten. Nach dem Flachrichten des Blechstreifens wurde das Mittelprofil hergestellt. Dieses wurde der Einfachheit halber durch einen schlichten dünnen Blechstreifen ersetzt, da kein Profilzieheisen in der passenden Form zur Verfügung stand. Der ca. 2 mm breite Streifen aus 1 mm Blech wurde flachgerichtet und die Kanten gefeilt. Einseitig wurde die Oberfläche mit

einem Dreikantschaber von der matten obersten Schicht befreit, was als blank machen bezeichnet wird. Auf die blanke Oberfläche werden nun kleine Hartlotpailletten mit Flussmittel aufgebracht. Durch gleichmässiges Wärmen zerfliesst das Lot auf der Oberfläche zu kleinen Kissen. Dieser Vorgang wird Anschwemmen des Lotes genannt (Abbildung 79, S.141). Das Mittelprofil wurde zum Entfernen des Flussmittels abgebeizt. Nach dem Abbeizen wurde das Lot mit Schleifpapier blank gemacht. Das grosse Loch am Ende der Spange wurde mit einem 5mm Bohrer gebohrt. Anschliessend kann die genaue Position des Mittelprofils auf dem Blech festgelegt werden. Dieser Bereich wurde blank geschabt. Das Mittelprofil wurde mit der Seite des aufgeschwemmten Lots auf das Blech gelegt und mit Stahlklammern in Position gehalten. Das mit Flussmittel abgedeckte Werkstück wurde gleichmässig gewärmt, bis das Lot floss. Nach dem Lötvorgang wurde es abgebeizt und mit einer rotierenden Messingbürste und Wasser mit Spülmittel gekratzt. In einem Abstand von ca. 10 mm werden beidseitig die Positionen der Bohrungen mit einer Reissnadel markiert und angekörnt. Die Bohrungen wurden von der Vorderseite mit einem 1,2 mm Bohrer gebohrt.

Zwischen jeweils zwei Bohrungen wurde ein Halbkreis angerissen, in welche jeweils zwei spitze Dreiecke geschnitten wurden. Dadurch entstehen die Gruppen

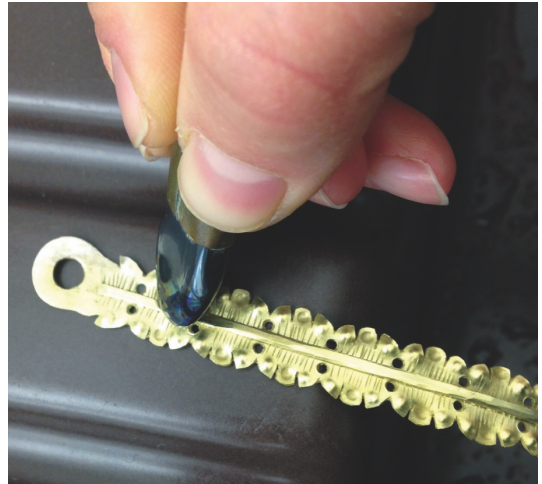


*Abbildung 80 Punzieren der Akanthusblätter mit einem gerundeten Punzen und dem Ziselierhammer*

dreier Akanthusblätter zwischen den Bohrungen. Die Ecken des mittleren Blattes wurden mit einer Feile leicht gerundet. Um den Akanthusblätter mehr Plastizität zu verleihen, sind sie mit einem Punzen ausgetieft worden (Abbildung 80, S.141). Dies wurde an jeder Dreiergruppe, wie am Original abwechselnd von der Vorder- und der Rückseite durchgeführt. Das mittige Akanthusblatt ist dabei immer nach hinten gewölbt und die äusseren nach vorne. Die Spange musste nicht in die leicht gewölbte Form gebogen werden, diese erhielt sie bereits durch das Austiefen der Akanthusblätter.

#### *Vergolden:*

Das Vergolden der Versuchsspange wurde von Bruno Ferigutti in der Firma Ars et Aurum in Wil durchgeführt. Vor dem Vergolden wurde die Spange in einem Entfettungsbad entfettet. Der zu vergoldende Bereich wurde vorgängig mit Quecksilber bestrichen und somit verquickt. Daraufhin wurde das bereits vorbereitete Amalgam (1 Teil Gold auf 9 Teile Quecksilber) aufgetragen. Unter dem Abzug wurde das Werkstück mit einer grossen und weichen Flamme gleichmässig erwärmt. Der Erwärmungsprozess wurde anfänglich mehrmals unterbrochen, um die Oberfläche mit einem Pinsel abzureiben. Dies geschieht, um die Amalgam-



*Abbildung 81 Polieren der feuervergoldeten Versuchsspange mit dem Hämatit und Bier als Gleitmittel*

paste gleichmässig zu verteilen. Das Erwärmen wird fortgesetzt, bis sich die Objektoberfläche in ein helles Gelb umschlägt. Somit ist die Vergoldung abgeschlossen und das Objekt kann in Wasser abgeschreckt werden. Bruno Ferigutti erwähnt jedoch, dass er dies nicht immer tut. Nach dem Vergolden konnte an der 9,24 g schweren Versuchsspange eine Gewichtszunahme von 0,29 g festgestellt werden, wobei die 9,53 g auch nach dem Kratzen und Polieren erhalten blieben.

Der erste Schritt der Nachbearbeitung war das Kratzen mit einer Messingbürste in Seifenwasser. Durch das Kratzen mit der Messingbürste konnte bereits ein Glanz der Oberfläche erreicht werden. Daraufhin konnte das erhöhte Mittelprofil mit einer Druckpolitur poliert werden. Dafür wurde ein Hämatit als Polierstein mit Griff und etwas Bier<sup>36</sup> als Gleitmittel verwendet. Mit leichtem Druck und etwas Geduld erhöht sich der Glanz der Oberfläche.

#### **Zeitaufwand**

Das Herstellen der Spange hat gesamthaft 7 h in Anspruch genommen, wozu allerdings noch ca. 1,5 h für die Feuervergoldung und die Politur angerechnet werden müssen. Dies sind Angaben zur effektiven

---

<sup>36</sup> Bier wurde von Bruno Ferigutti als Gleitmittel empfohlen und hat sich bei einem Vorversuch als gutes Gleitmittel erwiesen.



Ausführung der Arbeiten, die Planung, die Vorbereitungszeit, die Beschaffung der Materialien und das vorhergegangene Ausprobieren ist nicht mit eingerechnet.

## 17 Wiedergefundene Spuren auf der Versuchsspange

*Die Oberfläche:* Die Vergoldungsdicke ist bei der Versuchsspange sichtlich geringer. Trotzdem sind die zu erkennenden Spuren gut vergleichbar. Auf beiden Spangen ist eine leichte Längsstruktur zu erkennen. Diese entsteht durch das Abwischen der Objektoberfläche mit dem Pinsel, während des Wärmens. Auf der Versuchsspange sind vereinzelt Pinselhaare dieses Vorgangs zu erkennen. Am Original konnten keine Pinselhaare erkannt werden. Die Struktur ist ebenfalls vorhanden. Auf dem Original sind mehrere aufliegende Goldplättchen zu erkennen. An der Versuchsspange konnten in zwei Einbuchtungen zwischen zwei Blättern sehr kleine Plättchen erkannt werden (Tabelle 10, 8., S.144). Die Versuchsspange ist in der Farbigkeit stark heller und leicht grüngelblich (Abbildung 77, S.139 ). Die originale Spange ist in der Feingoldfarbe gehalten.

An der Versuchsspange ist die Amalgampaste auf die Rückseite geflossen und hat Teilbereiche an den Rändern und um die Bohrlöcher, ebenfalls vergoldet (Abbildung 74, S.137). Dies ist an den originalen Spangen kaum zu erkennen. Die Feilspuren auf der Rückseite der Spangen, welche durch das Entfernen der Gräte der Bohrlöcher entstand, sind deutlich auf der Versuchsspange sowie auf dem Original zu erkennen (Tabelle 10, 5., S.144).

Das polierte Mittelprofil der Versuchsspange wirkt nach der Druckpolitur von Auge stark glänzend. Unter dem Mikroskop ist ersichtlich, dass dieser Glanz durch die Verdichtung der erhöhten Kanten des Hammerschlags erreicht wurde, dazwischen sind die Flächen gering glänzend (Abbildung 53, S.124). Es genügt, um von Auge den bekannten Effekt einer Politur zu erzielen. Diese Druckspuren können auch auf dem Original durch die Verdichtung der Erhöhungen erkannt werden.

*Die Punzierungen:* In den Vertiefungen der Punzierungen der Vorderseite beider Spangen ist die Längsstruktur sehr gut ersichtlich und ausgeprägter als auf den erhöhten Bereichen (Tabelle 10, 1., 144).


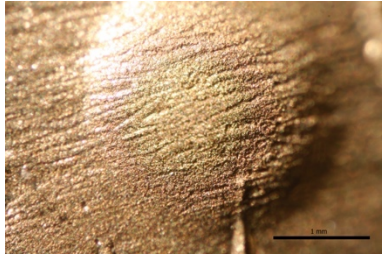


*Die Gravuren:* Die Gravuren der Spangen sind durch die starke Vergoldung leicht aufgefüllt. Bei der geringer vergoldeten Versuchsspange ist dies nur partiell festzustellen, in Bereichen, in welchen sich mehr Amalgampaste gesammelt hat. In diesen Gravuren ist bei beiden Spangen eine poröse Oberfläche zu sehen (Tabelle 10, 6., S.144). Bei den Enden der Gravur am Mittelprofil ist bei der Versuchsspange sehr deutlich der weggestochene Grat zu erkennen. Dieser ist durch die stärkere Vergoldung und vermutlich auch durch den Gebrauch an der originalen Spange nur an wenigen Stellen zu erkennen, ist aber ebenfalls vorhanden (Tabelle 10, 2., S.144).

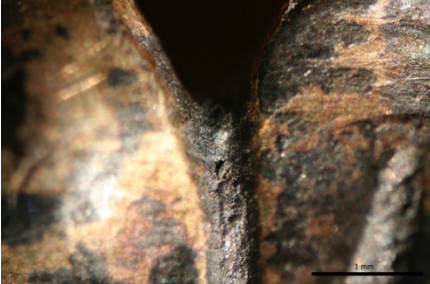
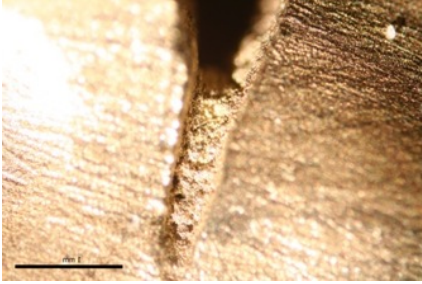
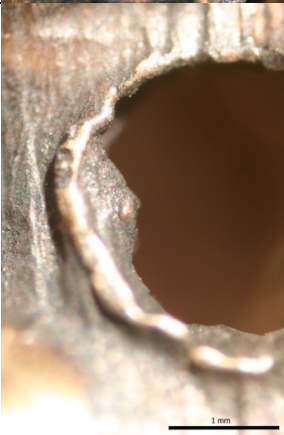
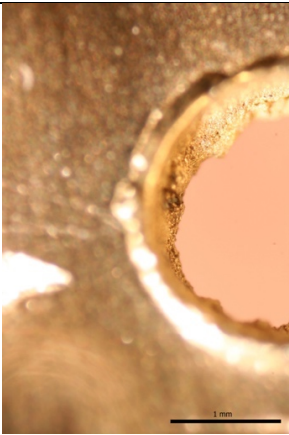
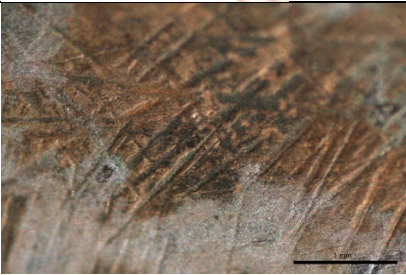
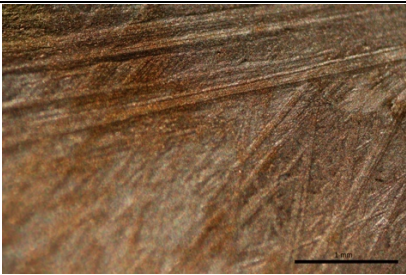
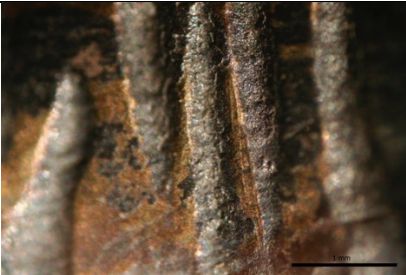
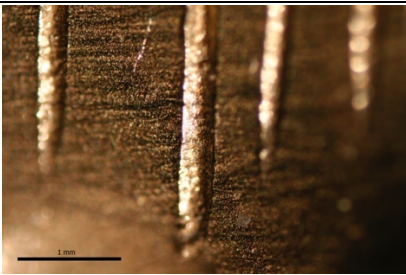

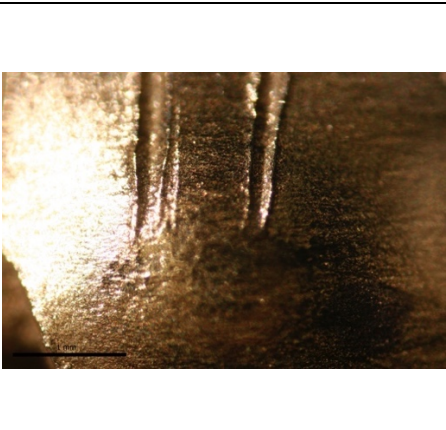
*Die Lötungen:* Bereits durch die Herstellung der Versuchsspange ist festzuhalten, dass eine geringere Menge Lot verwendet wurde und daher nur bedingt vergleichbare Lötstellen entstanden sind. An der Versuchsspange weist die Lötfläche nach der Vergoldung teilweise eine sehr glatte und glänzende Oberfläche auf, stellenweise jedoch auch sehr poröse Bereiche. Am viel grösseren Lotbereich der originalen Spange können ebenfalls poröse Bereiche festgestellt werden. Glatte Oberflächen konnten nicht gefunden werden. Durch die Alterungserscheinungen ist dies jedoch schwer festzustellen.

*Die Kanten:* Bei der Versuchsspange sowie dem Original sind an den Kanten, im zusammenlaufenden Bereich zweier Blätter, Verkrustungen von Ansammlungen der Goldamalgampaste zu erkennen (Tabelle 10, 3., S.144). Diese sind porös und leicht brüchig. Dies ist bei der Versuchsspange in beinahe jeder der Vertiefungen zu erkennen. Beim Original ist dies ebenfalls in mehreren Einbuchtungen festzustellen. Vermutlich wurden diese am Original durch Nachbearbeitung, Gebrauch und Reinigung vermindert.

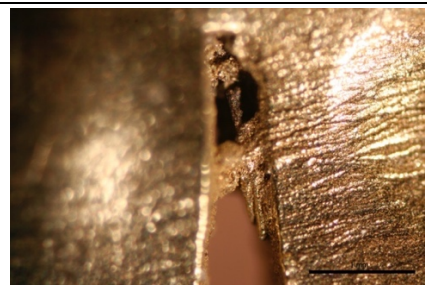
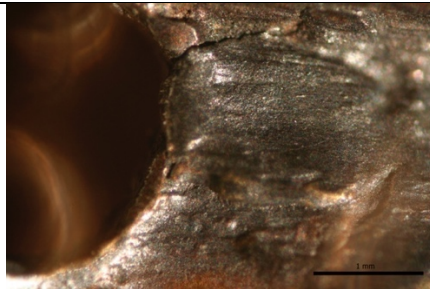
*Die Bohrlöcher:* In den Bohrlöchern befinden sich wie im Bereich der Kanten poröse Ansammlungen der Vergoldungspaste. Dies ist an der Versuchsspange zu erkennen sowie an den originalen Spangen. Die Vergoldung haftet am Grat des Bohrlochs und verstärkt diesen zusätzlich (Tabelle 10, 4., S.144).

*Tabelle 10 Vergleich der Herstellungsspuren zwischen den originalen Spangen und der Versuchsspange*

| Beschreibung   | Abbildung der originalen Spange   | Abbildung der Versuchsspange   |
|--|---|--|
| 1. In den Vertiefungen der Punzierungen der Vorderseite sind die Spuren der Pinselstriche zu erkennen. |  |  |
| 2. Der Grat der Enden der Gravurschnitten ist am Mittelrandprofil zu erkennen.                         |  |  |

|   |   |  |
|---|---|--|
| <p>3. Zwischen den Akanthusblätter sind Reste der Amalgampaste zu erkennen.</p> |    |    |
| <p>4. In den Bohrlöcher sind Reste der Amalgampaste verblieben.</p>             |    |    |
| <p>5. Die Feilspuren sind auf der Rückseite der Spangen zu erkennen</p>         |   |   |
| <p>6. Die Gravuren auf der Vorderseite</p>                                      |  |  |
| <p>7. Die Gravuren auf der Vorderseite verlaufen über die Punzierung.</p>       |  |  |

8. Vermehrt auf dem Original und teilweise auf der Versuchsspanne sind ungelöste Goldplättchen zu erkennen.



Abbildungen: © Janine Meier, HE-Arc CR 2017, Alle in dieser Tabelle aufgeführten Abbildungen erfolgten in 25x Vergrößerung.



## Anhang 12: Recherchen zu den Freilegungsmethoden

### 18 Mögliche Freilegungsmethoden der vergoldeten

#### Silberoberfläche

Die Methoden der Entfernung oder Umwandlung der Silbersulfidkorrosion kann in die mechanische Entfernung, die chemische Entfernung und die elektrolytische und plasmachemische Reduktion unterteilt werden. Im Anhang werden einige Beispiele in der Restaurierung verwendete Methoden beschrieben. In den folgenden Abschnitten werden die Miteinbeziehung oder die Ausschlussung für die Versuche erläutert, sowie die durch die Ergebnisse der Versuche für die Restaurierung am Nautiluspokal eruierten Methoden. Bei den gewählten Methoden wird darauf geachtet, dass es sich um Methoden handelt welche in den Ateliers des HMB durchführbar sind und somit für zukünftige Objekte ähnlicher Problematiken ebenfalls angewandt werden können.

#### Die Plasmamethode

Die Plasmabehandlung wird als trockenchemische Behandlung bezeichnet. Das Plasma ist der vierte Aggregatzustand einer Materie. Für die Reduktion von korrodierten Silberobjekten wird die Verwendung von schwach ionisiertem Plasma beschrieben. Der atomare Wasserstoffanteil des Plasmas reagiert dabei mit den Chlor- und Schwefelanteilen der Silberkorrosion. Es findet eine Umwandlung in Chlorwasserstoff und Schwefelwasserstoff statt. Das Silber der Korrosionsschicht bleibt somit als reduziertes Silber auf der Objektoberfläche zurück. Die Plasmareduktion hat eine Erwärmung des Objekts zur Folge. Es werden Temperaturen bis zu 90°C beschrieben. Eine Überschreitung dieser Temperatur kann Rekristallisationsprozesse und Abscheidungen von Legierungsbestandteilen zur Folge haben. Diese steht im Zusammenhang mit der Zusammensetzung des Plasmas. Durch das Beimischen von Argon kann ein stärkerer Abtrag bis zu einem Abtrag des metallischen Silbers erzeugt werden (Schmidt-Ott 2008, S. 31 und 32). Die Versuche von Schmidt-Ott ergaben, dass eine vollständige Entfernung der Schwefel- wie auch der Chloranteile durch die Plasmareduktion erfolgen kann. Es wurde auch ein erfolgreicher Versuch der Plasmareduktion auf einem feuervergoldeten Silberobjekt durchgeführt (Schmidt-Ott 2008, S. 78 - 81). Für die Behandlung des Nautiluspokals muss die komplexe Methode der Plasmareduktion jedoch ausgeschlossen werden. Es musste erkannt werden, dass es im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich ist, die Reduktionsmethode zu testen um die Möglichkeit einer Anwendung zu ermitteln und deren Durchführung zu realisieren. Die Aufgabenstellung fordert zudem eine Methode, welche am HMB durchgeführt werden kann, um diese auch an weiteren Objekten des Museums anwenden zu können. Weiter würde die Materialkombination der Nautiluschale und des Silbers, aufgrund der während der Behandlung herrschenden Temperaturen, problematisch.

## Elektrochemische Reduktion

Die elektrochemische Reduktion reduziert das korrodierte Silber zu metallischem Silber. Da sich die Silberkorrosionsschicht über der Vergoldung befindet, wird sich das reduzierte Silber nach der Behandlung ebenfalls über der Vergoldung befinden. Dies bedeutet, eine weisse Feinsilberschicht überdeckt die Vergoldung (Paysan 2016, S.15). Dieses Silber ist sehr wohl Teil des Objekts, jedoch verfälscht es durch seine Präsenz auf der Vergoldung stark die Wahrnehmung desselben. Folglich wird dieses Silber entfernt. Mit der elektrolytischen Reduktion wird die gesamte Anlaufschicht entfernt, es verbleiben keine dunkleren Bereiche in den Vertiefungen des Objekts. Bei Paysan wird an Fehlstellen der Vergoldung die Korrosion von freigelegtem Silber beschrieben (Paysan 2016, S.15).

### Beispiele elektrochemischer Entfernungsmethoden

In einem elektrolytischen Tauchbad wird das Wasser durch das Zugabe von einem alkalischen Salz leitend. Das reaktionsfreudige Wasserstoff, welches bei der Zersetzung von Wasser an der Kathode entsteht, reagiert dadurch, dass das Silberobjekt als Kathode verwendet wird mit den Sulfidionen. Somit wird das korrodierte Silber zu metallischem Silber reduziert. (Reaktionsgleichung:  $\text{Ag}_2\text{S} + 2\text{H} \rightarrow 2\text{Ag} + \text{H}_2\text{S}$ ) Das reduzierte Silber bleibt als matte, gering haftende Schicht auf der Oberfläche zurück. Meist wird es aus ästhetischen Gründen weiter mechanisch überarbeitet.

Für eine lokale Reduktion kann ein Elektrolytstift verwendet werden. Ein Beispiel eines Elektrolytstifts ist der Pleco. Der Pleco ist ein elektrolytischer Stift, welcher beispielsweise zur lokalen Reduktion von Silbersulfid- oder Silberchloridkorrosion angewendet wird. Durch das kontinuierliche Absaugen ist die Anwendung des Pleco für Objekte mit Materialkombinationen geeignet, welche keiner elektrolytischen Reduktion im Bade unterzogen werden können (Degrigny 2014).

### Schlussfolgerungen

Eine elektrochemische Methode ist eine mögliche Methode der Freilegung des vergoldeten Silbers. Es handelt sich um eine sehr schonende Umwandlungsmethode. Bei vergoldetem Silber ist es durch die Entfernung des reduzierten Silbers ebenfalls eine Freilegung. Diese erfolgt jedoch ohne Verlust der Vergoldung. Die Interaktionen mit den weiteren vorhandenen Legierungen der diversen Hartlötungen mit vermutlich geringerem Silbergehalt, Bleizinnweichlötungen sowie den Kupferlegierungen sind jedoch schwer abzuschätzen und hätten zusätzlichen Tests bedürft. Weiter bildet die Lippenrandfassung eine Schwierigkeit, da sie für die Massnahmen nicht vom Nautilus getrennt wird. Deshalb kann in diesem Bereich nur ein elektrolytisch reduzierender Stift verwendet werden. Bei der Lippenrandfassung wird eine stark kupferhaltige Silberlegierung vermutet. Daher ist eine rein elektrolytische Freilegung nicht möglich. Die Kupferkorrosion müsste zusätzlich chemisch entfernt werden. Dies ist angrenzend an die Nautiluschale problematisch.



Durch eine elektrolytische Umwandlung der Korrosionsprodukte wird die gesamte Oberfläche freigelegt. Die Vertiefungen werden gleichermassen freigelegt wie die gut zugänglichen Erhöhungen. Dadurch wird die Reliefwirkung massiv gemindert. Das Silber soll weiterhin die Optik eines gealterten Objekts behalten. Der Nautilus und der allgemeine Zustand in Bezug auf die Verformungen und Brüche ist ebenfalls ein gealterter Zustand. Das Gleichgewicht zwischen den Materialien soll erhalten bleiben. In Anbetracht der gegebenen Möglichkeiten, der Schwierigkeit der Metallkombination / Materialkombination und des angestrebten ästhetischen Ergebnisses in Bezug auf den Erhalt der Reliefwirkung, sowie des Gleichgewichts der Materialien, wurde die Anwendung einer elektrolytischen Methode für die Entfernung der Silberkorrosion beim Nautiluspokal abgelehnt.

## Mechanische Freilegung

Die mechanische Freilegung erfolgt durch den Abtrag mit Schleifkörper, welche durch ihre Härte und Form unterschiedlich starken Abtrag und unterschiedliche Spuren auf der Oberfläche hinterlassen. Jegliche mechanische Freilegung entfernt auch metallischen Untergrund und hinterlässt Spuren. Die Ausprägung dieses Abtrages und der Spuren kann durch die Ausführung, den Druck und Anwendungsdauer variiert werden. Zu diesen Schleifmitteln gehören Polierpasten, Polierrot, Asche, Schleiftrippel, Schlammkreide und viele kommerzielle Silberreinigungsmittel.

In die Versuchsreihe wurden das Strahlen sowie verschiedene Varianten der Freilegung mit Schlammkreide aufgenommen.

## Beispiele mechanischer Freilegungsmethoden

### Strahlen

Die Wirkung von Strahlmittel hängt primär von der Kornform, der Kornhärte und dem gewählten Luftdruck beim Strahlvorgang ab. Daher ergeben sich sehr viele verschiedene Strahlmittel mit unterschiedlich starker Einwirkung auf die Oberfläche. Als Beispiele können die sehr harten Korundstrahlmittel genannt werden, welche zum mattieren von Oberflächen verwendet werden, sowie geringer invasive Strahlmittel wie Fruchtkerngranulate oder gewisse Kunststoffstrahlmittel. Am HMB stehen Natriumbicarbonat, Aprikosen- und Pfirsichkerngranulat und Glasperlen zur Verfügung. Mit den Strahlmethoden können viele Vertiefungen und Unebenheiten erreicht werden. Die erzeugte Oberfläche ist meist matt. Ein Vorteil des Strahlens ist, dass durch die Bearbeitung keine Feuchte eingebracht wird. Als nachteilig wird meist die Mattierung der Oberfläche beurteilt.

### Schlammkreide

Die Methode der Schlammkreide wird schon seit Langem angewandt. Nicht nur in der Restaurierung, sondern auch im Goldschmiedehandwerk wurde Kreide als Schleif- und Poliermittel verwendet. Dies wird von Theophilus infolge der Reinigung von Silber und Gold durch feuchte Holzkohle beschrieben.

Die Oberfläche soll mit einem trockenen Lappen und Kreide auf ihren ursprünglichen Glanz gebracht werden (Brepohl 2013, S. 439). Positive Eigenschaften der Kreide sind die bekannten Inhaltsstoffe und die Unbedenklichkeit für die Gesundheit des Anwenders. Die Oberfläche wird jedoch wie bei allen mechanischen Methoden mit feinen Kratzern beeinträchtigt (Schmidt-Ott 1993, S. 40 und 41). Von Schmidt-Ott wird ein verstärktes Anlaufen von Objekten festgestellt, welche mit Kreide gereinigt wurden (Schmidt-Ott 1993, S. 56 und 57). Dies kann auf die hygroskopische und korrosionsfördernde Eigenschaft der verbliebenen Kreidereste zurückgeführt werden. Im Vergleich zur Thioharnstoffmethode ist jedoch eine geringere Anlaufgeschwindigkeit festzustellen (Kalibis 2009, S. 79 - 90).

## Schlussfolgerung

Im Bereich der mechanischen Freilegung sind viele verschiedene Möglichkeiten gegeben. Die abrasiven Schleifkörper und deren Menge sowie die Applikationsmöglichkeit und gegebenenfalls das Gleitmittel können variiert werden. Auch das Strahlen bietet mit diversen Strahlkörper und verschieden starkem Druck mehrere Möglichkeiten. Für den Vorversuch werden die drei im HMB zur Verfügung stehenden Strahlmittel getestet. Weiter wird die sehr oft in der Restaurierung von Silberobjekten angewandte Methode der Kreideschlemme mit diversen Applikationsmöglichkeiten getestet.

## Chemische Entfernung

Die chemische Entfernung der Korrosionsprodukte funktioniert mit dem Prinzip der Auflösung der Korrosionsprodukte durch chemische Prozesse. Dies erfolgt mit dem Aufbringen einer Lösung, welche nach der Bearbeitung wieder entfernt werden soll (Costa 2001, S. 25).

### Beispiele chemischer Entfernungsmethoden:

#### Thioharnstoffmethode

Auch die meisten Silbertauchbäder, welche im Handel erwerblich sind, enthalten meist Thioharnstoff. Selbst hergestellt, wird Thioharnstoff in Wasser gelöst und kleine Mengen von Säure zugegeben (zum Beispiel Schwefelsäure, Salzsäure oder Ameisensäure) bis ein pH- Wert von 2 – 3 entsteht. Diese Lösung wird anschliessend als Tauchbad oder lokal angewendet (Gleichung der stattfindenden Reaktion:  $\text{Ag}_2\text{S} + 4(\text{NH}_2)_2\text{CS} + 2\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Ag}[(\text{NH}_2)_2\text{CS}]_2 + \text{H}_2\text{S}$ ). Trotz gründlichen Spülens werden meist zeitnah neue Korrosionsprodukte erkannt. Dies wird auf Rückstände in Haarrissen der Oberfläche zurückgeführt (Jahr 1988, S. 95).

#### Cyanidmethode

Für diese Methode wird Natrium- oder Kaliumcyanid in Wasser gelöst. Die sehr giftige und umweltbelastende Lösung löst sowohl das Silbersulfid wie auch das metallische Silber, die Kupferkorrosion und das Kupfer in der Legierung. Nach der Anwendung bleibt eine matte

Feinsilberschicht zurück, welche aus ästhetischen Gründen überarbeitet werden muss. Ein grosser Substanzverlust resultiert. In der Restaurierung ist diese Methode nicht in Gebrauch. (Reaktionsgleichung:  $\text{Ag}_2\text{S} + 4\text{NaCN} \rightarrow 2\text{Na} [\text{Ag}(\text{Cn})_2] + \text{Na}_2\text{S}$  und  $2\text{Ag} + \text{H}_2\text{O} + \text{NaCN} \rightarrow 2\text{Na} [\text{Ag}(\text{Cn})_2] + 2 \text{NaOH}$ ) (Jahr 1988, S. 95)

## Schlussfolgerungen

Die Entfernung der Korrosionsprodukte mit chemischen Methoden hat den Vorteil, keine mechanischen Spuren zu hinterlassen. Sie birgt jedoch verschiedenste Nachteile. Die Kontrollierbarkeit flüssiger Methoden ist meist schwierig und eine gute Nachreinigung wäre wichtig, ist aber nicht immer möglich. Das Entfernen der meist stark korrosionsfördernden Mittel wird durch feine Risse und Poren im Material oder sogar Hohlräume erschwert oder verunmöglicht. Die Nautiluschale kann von der Anwendung von chemischen Produkten Schaden tragen. Weiter ist eine spätere stärkere oder unschöne punktuelle Korrosion durch nicht entfernte Reste der Produkte möglich. Durch die Verwendung von thioharnstoffhaltigen Mitteln konnte anschliessend ein schnelles und stärkeres Anlaufen festgestellt werden (Paysan 2016, S. 13 und Kalibis 2009, S. 79 - 90).

In mehreren Bereichen der Metalloberfläche des Pokals ist eine poröse oder rissige Oberfläche gegeben, wie zum Beispiel die Risse im Kielbett, die porösen Bereiche der Vergoldung in den Gravuren und die Gussteile. Alle Metallteile des Nautiluspokals sollen idealerweise mit einer einheitlichen Methode bearbeitet werden, um ein ebenmässiges Bild der Oberfläche zu erhalten und folglich unterschiedlichem Altern vorzubeugen. Das chemische Entfernen der Korrosionsschichten ist für die mit dem Nautiluspokal verbundenen Lippenrandfassungen ausgeschlossen, da ein Kontakt mit der Lösung kaum vermieden werden kann. Durch das Überwiegen negativer Aspekte der chemischen Methode wird diese für das Entfernen der Silberkorrosionsprodukte des Nautiluspokals ausgeschlossen. Weiter ist festzustellen, dass in der Restaurierungspraxis von der chemischen Auflösung der Silberkorrosionsprodukte zusehends abgesehen wird (Freitag 2016, S. 39).

## Anhang 13: Freilegungsversuche

### Ziel der Versuchsreihen

Für die Freilegungsversuche wurden Methoden gewählt, welche auf Grund der Recherchen als mögliche Methoden für den Nautiluspokal angesehen wurden. Die Versuche auf der nachgestellten Spange sollen helfen, die passende Methode für das Erreichen des gewünschten ästhetischen Eindrucks der vergoldeten Oberfläche des Nautiluspokals zu eruieren. Es wurden bewusst mechanische Freilegungsmethoden und keine kommerziellen Produkte gewählt. Die unvorhersehbaren und untypischen Alterungserscheinungen durch unbekannte und stetig wechselnde Zusammensetzung können somit vermindert werden.

Die Versuchsspange ist nur bedingt mit einer Spange des Nautiluspokals zu vergleichen. Es handelt sich um neues und nicht gealtertes Silber, dessen erzeugte Silberkorrosionsschicht sich von einer natürlich, über Jahre entstandenen Korrosion unterscheidet. Jedoch kann der Abtrag, eine Farbveränderung der Vergoldung, die hinterlassenen Spuren, sowie ein Verlust der Vergoldungsschicht, der Freilegungsmethoden verglichen werden. Dies sind die drei optischen Kriterien, anhand welcher die Tests bewertet werden. Die Spuren der mechanischen Freilegungsmethoden werden unter dem Mikroskop verglichen. Durch die nachgestellte Spange sind vergleichbare Unebenheiten (Gravuren, Punzierungen, Struktur der Vergoldung usw.) entstanden. Somit können Schwierigkeiten bei der Applikation durch die Form und unterschiedlicher Angriff der Methode erkannt werden. Das Ziel ist eine angepasste Freilegungsmethode zu finden, welche das gewünschte optische Ergebnis erreicht, möglichst wenig Kratzer und Materialverlust verursacht, sowie gut kontrollierbar ist, um die diversen Materialien nicht zu beeinträchtigen.

Das Erreichen von starken Unterschneidungen ist kein Kriterium für die Freilegungsmethode. Mit der Freilegung soll ein „natürlicher“ Zustand erreicht werden. Optisch von den Formen des Objekts ablenkende Flecken werden entfernt und in Bereichen starker Schwärzung wird die Vergoldung wieder hervorgeholt. Der Eindruck der Oberfläche soll dem Alter des Objekts entsprechen und der Reinigungsgrad soll den Zustand von einem geputzten Silberobjekt während des Gebrauchs nicht übersteigen. Die verstärkte Tiefenwirkung durch das leichte Anlaufen in den Vertiefungen wird daher nicht als negativ bewertet und bewusst erhalten.

### 19 Vorversuche auf geschwärztem Silberblech (925er)

Die Vorversuche auf einem mit Pariser Oxid geschwärzten, schliffmatten Silberblech sollen die Möglichkeit bieten ungeeignete Methoden auszuschliessen und Methoden anzupassen, sowie deren Wirkung auf einer geraden Oberfläche zu bewerten. Sie zeigen nur die Auswirkungen auf eine flache, längsmattierte Silberoberfläche. Die weiteren Schwierigkeiten der Freilegung eines dreidimensionalen

Objekts mit Vertiefungen und schwer zugänglichen Bereichen können nur abgeschätzt werden. Dies wird bei den weiteren Tests auf der Versuchsspanne erprobt.

*Tabelle 11 Auswertung der Vorversuchsreihe*

| Applikationsmethode  | Ergebnisse mit Ethanol   | Ergebnisse mit Ethanol und $\text{CaCO}_3$   |
|--|--|--|
| 1. Schallzahnbürste  | - Kaum ein Abtrag ist zu erkennen  | - sehr langsamer Abtrag<br>- Keine komplette Entfernung                                    |
|  | ✓ Die Schleifstruktur wurde nicht beeinträchtigt   | ✓ Die Schleifstruktur ist erhalten geblieben   |
| 2. Baumwollmoltonrondelle einlagig in Mandrel mit Mikrobohrmotor | - Geringer Abtrag ist zu erkennen  | - Langsamer Abtrag   |
|  | ✓ Die Schleifstruktur ist erhalten geblieben   | ✓ Die Schleifstruktur ist erhalten geblieben   |
| 3. Baumwollmolton von Hand                                       | - Ein Abtrag ist zu erkennen   | - Relativ schneller Abtrag ersichtlich   |
|  | ✓ Die Schleifstruktur ist erhalten geblieben   | ✓ Die Schleifstruktur ist erhalten geblieben   |
| 4. Watte in Mandrel mit Mikrobohrmotor                           | - Ein Abtrag ist zu erkennen   | - Sehr schneller Abtrag ersichtlich  |
|  | ✓ Die Schleifstruktur ist erhalten geblieben   | - Teilweiser Verlust der Schleifstruktur<br>- leicht polierte Bereiche erkennbar           |
| 5. Watte mit Wattetupfer von Hand                                | - Ein deutlicher Abtrag ist zu erkennen  | - Schneller Abtrag   |
|  | ✓ Die Schleifstruktur ist erhalten geblieben<br>- Der begrenzte Wirkungsbereich ist als Strich zu erkennen | ✓ Die Schleifstruktur ist erhalten geblieben<br>- Die Striche des Abriebs sind zu erkennen |
| 6. Polierschwabbel aus mit Baumwollfäden Mikrobohrmotor          | - Ein geringer Abtrag ist zu erkennen  | - Schneller und starker Abtrag   |
|  | ✓ Die Schleifstruktur ist erhalten geblieben   | - Teilweiser Verlust der Schleifstruktur, leicht polierte Bereiche erkennbar               |
| 7. Polierfilz mit Mikrobohrmotor                                 | - Ein deutlicher Abtrag ist zu erkennen  | - Sehr starker Abtrag  |
|  | - Die Schleifstruktur ist leicht beeinträchtigt<br>- Die Striche des Abriebs sind zu erkennen              | - Teilweise Entfernung der Struktur<br>- Die Striche des Abriebs sind zu erkennen          |
| 8. Borstenpinsel von Hand  | - Ein Abtrag ist zu erkennen   | - relativ schneller Abtrag zu erkennen   |
|  | - Die Schleifstruktur erhielt leichte, zusätzliche Kratzer des Pinsels                                     | - Die Schleifstruktur erhielt zusätzliche Kratzer des Pinsels                              |
| Strahlmittel   | 1 bar Druck  | 2 bar Druck  |
| 9. Natriumbikarbonat   | - Sehr schneller und starker Abtrag  | - Sehr schneller und starker Abtrag  |
|  | - Die Schleifstruktur ist nicht mehr vorhanden   | - Die Schleifstruktur ist nicht mehr vorhanden   |

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | - Eine neue matte Oberfläche ist entstanden   | - Eine neue matte Oberfläche ist entstanden   |
| 10. Aprikosen- und Pfirsichkerngranulat | - langsamer, geringer Abtrag<br>- Keine komplette Entfernung der Anlaufschicht                          | - langsamer Abtrag<br>- Keine komplette Entfernung der Anlaufschicht                          |
|   | - Die Schleifstruktur ist leicht beeinträchtigt   | - Die Schleifstruktur ist leicht beeinträchtigt<br>- Punktueller Abtrag                       |
| 11. Glasperlen (50µ)                    | - Mattere Oberfläche<br>- Nicht komplette Abnahme der Anlaufschicht                                     | - Schneller und starker Abtrag  |
|   | - Die Schleifstruktur ist nur noch geringfügig vorhanden<br>- Eine neue matte Oberfläche ist entstanden | - Die Schleifstruktur ist nicht mehr vorhanden<br>- Eine neue matte Oberfläche ist entstanden |

### Schallzahnbürste

Es zeigte sich ein geringer Abtrag der Anlaufschicht. Für das Freilegen des Nautiluspokals stellt sich das Ergebnis als ungenügend dar. Durch die feinen Borsten sind auch tiefere Bereiche erreichbar. Die Grösse des Bürstenkopfs limitiert jedoch den Zugang in engere Bereiche. Nach dem Versuch wird eine gute Reinigungswirkung vermutet. Um dies zu bestätigen werden weitere Test durchgeführt.

### Baumwollmoltonrondelle einlagig in Mandrel mit Mikrobohrmotor

Das Ergebnis des Tests mit der Textilrondelle ist sehr gut. Ohne Calciumcarbonat wird die Anlaufschicht gering entfernt. Mit Calciumcarbonat  $\text{CaCO}_3$  kann langsam und damit kontrolliert mit geringer Umdrehungszahl die Anlaufschicht entfernt werden, ohne dass die Struktur des Silbers sichtbaren Schaden erleidet.

### Baumwollmolton von Hand

Von Hand kann mit dem Textil ebenfalls ein gutes Ergebnis erzielt werden, auch wenn der Abtrag mit Calciumcarbonat von Hand schnellen Abtrag verursacht. Die Struktur der Oberfläche ist auch von Hand nicht sichtbar entfernt.

### Watte in Mandrel mit Mikrobohrmotor

Nur mit Ethanol entfernt die Watte mit dem Mikrobohrmotor bereits deutlich die Anlaufschicht, jedoch nicht vollständig. Die Struktur bleibt dabei erhalten. Beim zusätzlichen Verwenden von Calciumcarbonat wird die Struktur schnell beeinträchtigt und es zeigen sich polierte Bereiche. Ein Vorteil der Watte ist, dass sie einfach verschieden geformt werden kann und somit auch Vertiefungen erreicht.



#### Watte mit Wattetupfer von Hand

Das Abreiben mit dem Wattetupfer und Ethanol hinterlässt starke Spuren. Es sind einzelne Spuren zu erkennen. Mit Calciumcarbonat sind diese Spuren geringer. Der Abtrag mit Kreide erfolgt schnell. Die Spuren können erhalten werden, wenn kein starker Druck ausgeübt und nicht öfters über die Oberfläche gerieben wird. Die Auswirkungen der Watte sind somit stärker als erwartet.

#### Polierschwabbel aus Baumwollfäden mit Mikrobohrmotor

Mit der Polierschwabbel und Ethanol ist bereits ein deutlicher Abtrag zu erkennen. Die Schleifstruktur hat jedoch nicht darunter gelitten. Bei der zusätzlichen Verwendung von Kreide ist die Struktur schnell entfernt und polierte Bereiche entstehen. Vertiefungen sind mit der Polierschwabbel nur gering erreichbar. Der Abtrag ist deutlich zu stark und somit nicht geeignet für den möglichst minimalen Eingriff in die Objektoberfläche.

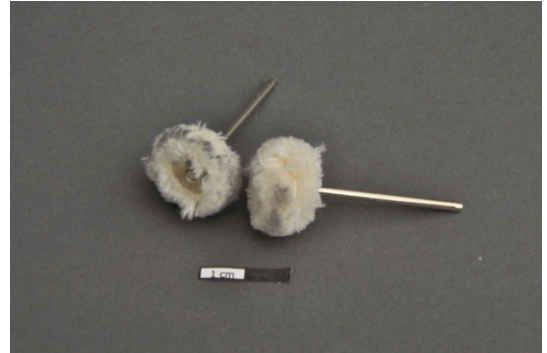


Abbildung 82 Polierschwabbeln

#### Polierfilz mit Mikrobohrmotor

Mit dem Polierfilz wird die Anlaufschicht auch ohne Zufügen von Calciumcarbonat sehr schnell und unregelmässig entfernt. Es bleiben starke Spuren sichtbar. Mit Kreide und Ethanol ist mit geringer Berührung bereits eine polierte Oberfläche zu erkennen, womit der Polierfilz nicht für die Freilegung des Pokals geeignet ist.



Abbildung 83 Polierfilze

#### Borstenpinsel von Hand

Mit Ethanol kann ein Abtrag erkannt werden und mit Calciumcarbonat kann die Anlaufschicht komplett entfernt werden. Jedoch ist bereits bei der Anwendung mit Ethanol zu erkennen, dass er leichte, zusätzliche Kratzer auf der Oberfläche verursacht. Dies ist bei der Anwendung mit Calciumcarbonat verstärkt ersichtlich. Somit wird die Oberflächenstruktur beeinträchtigt.

#### Strahlen mit Natriumbikarbonat

Bereits bei 1 bar Druck ist die Struktur komplett entfernt und ein matte Oberfläche bleibt zurück. Bei 2 bar Druck ist dies noch verstärkt zu erkennen.

### Strahlen mit Aprikosen- und Pfirsichkerngranulat

Das Aprikosen- und Pfirsichkerngranulat vermag die Anlaufschicht nicht vollständig zu entfernen, hinterlässt jedoch trotzdem eine neue Struktur auf der Oberfläche. Dies ist mit höherem Druck verstärkt zu erkennen, ohne eine komplette Abnahme der Anlaufschicht.

### Strahlen mit Glasperlen (50µ)

Bei 1 bar Druck ist eine leicht matte Oberfläche zu erkennen, wobei die Struktur teilweise beeinträchtigt ist. Die Anlaufschicht ist jedoch nicht komplett entfernt. Bei 2 bar Druck ist die Anlaufschicht komplett entfernt und eine stark matte Oberfläche ist entstanden.

## Schlussfolgerung

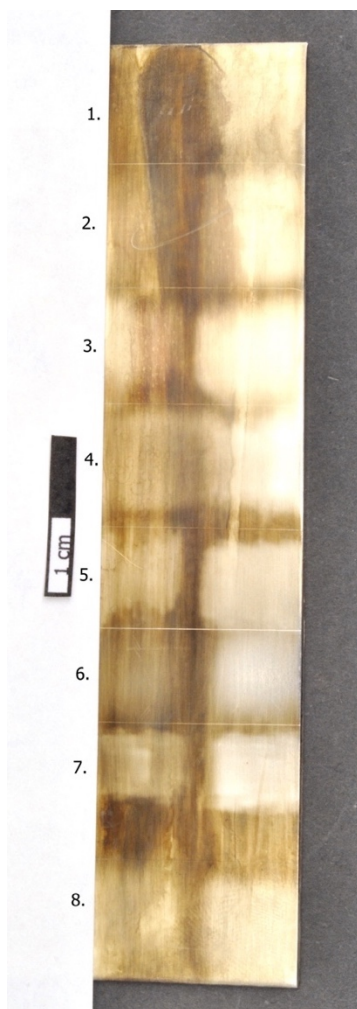


Abbildung 84 Vorversuche 1. - 8.

Der Polierfilz und der Borstenpinsel in beiden Varianten hinterlassen Spuren auf der Oberfläche. Sie werden daher in dieser Weise als Methode für die Freilegung ausgeschlossen. Die Polierschwabbel sowie die Watte im Mandrel erzeugen sehr schnell eine freigelegte Oberfläche mit polierten Bereichen, was ebenfalls keinem gewünschten Zustand entspricht. Die besten Ergebnisse konnten mit der Textilrondelle im Mandrel und dem Textil von Hand erzeugt werden, wobei der langsamere Abtrag mit dem Mikrobohrmotor betont werden muss. Die Struktur konnte bei beiden erhalten bleiben. Der Wattetupfer mit Calciumcarbonat und Ethanol weist ebenfalls ein gutes Ergebnis auf, auch wenn der Abtrag sehr schnell erfolgt und daher mit Vorsicht von statten gehen soll.

Nach den Vorversuchen wird der Polierfilz für weitere Tests ausgeschlossen. Bei der Watte im Mandrel werden weitere Tests mit sehr geringer Umdrehungszahl, Druck und Watterondellen durchgeführt. Beim Borstenpinsel wird ein weicherer Pinsel für die weiteren Versuche verwendet. Die Polierschwabbel erzeugt einen starken Abtrag, daher wird sie für weitere Tests ausgeschlossen. Alle drei Strahlmittel sind für die Freilegung ungeeignet und werden somit ebenfalls ausgeschlossen.

Die Schallzahnbürste erwies nur eine geringe freilegende Wirkung. Jedoch wird eine gute Reinigungswirkung vermutet. Die Nachreinigung zur Entfernung des Calciumcarbonats wird mit der Schallzahnbürste in den weiteren Versuchen getestet.

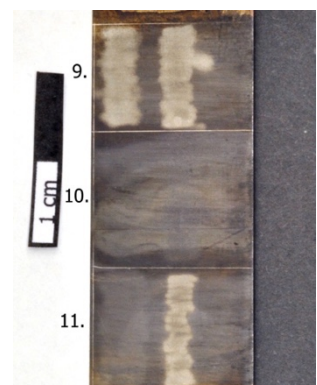


Abbildung 85 Vorversuche 9. - 11.

## 20 Tests auf der Versuchsspange

Nach den Vorversuchen auf dem Silberblech werden die weiteren Versuche an einer mit dem Objekt vergleichbaren Oberfläche mit der zusätzlichen Schwierigkeit der Vertiefungen erfolgen. Dafür wurden die folgenden Methoden übernommen oder modifiziert.

Die Versuche wurden mit verschiedenen Applikationsmöglichkeiten und Abbrasiven folglich der Vorversuche durchgeführt. Es wird darauf geachtet, die Laufrichtung der feinen Oberflächenstruktur der Vergoldung zu respektieren, um diese möglichst nicht zu beeinträchtigen. Diese Struktur verläuft an der Versuchsspange wie auch an den Spangen des Objekts, in Längsrichtung der Spange.

Alle Probebereiche werden vor und nach dem Freilegungsversuch unter dem Mikroskop betrachtet und fotografiert, um nicht Gefahr zu laufen, Unterschiede durch die Herstellung als Ergebnis der Freilegung fehlzuinterpretieren.

Die Methode mit Ethanol ist in erster Linie eine Reinigung. Es sollen alle Fremdprodukte auf der Oberfläche entfernt werden. Durch die Reibung auf der Oberfläche können jedoch bereits gering haftende Korrosionsprodukte entfernt werden. Die Haftung der Silberkorrosionsprodukte ist sehr unterschiedlich. Die Methode muss daher von der Versuchsspange nicht zwangsläufig auf das Objekt übertragbar sein. Die Abbildungen vor und nach den Versuchen sind in der Tabelle 12, S.161 abgebildet.

### Versuchsreihe 1a/b – 5a/b

Es wurden fünf Applikationsmöglichkeiten erst nur mit Siedegrenzbenzin und anschliessend mit Siedegrenzbenzin und Champagnerkreide angewandt. Die Bereiche 1-5a beinhalten die Versuche mit Siedegrenzbenzin und Kreide wobei die Reihe 1-5b die Tests ausschliesslich mit Siedegrenzbenzin beinhaltet.

#### Baumwollmoltonrondelle (B 1b)

Die Rondelle mit einem ungefähren Durchmesser von 15 mm wurde in ein Mandrel eingespannt und mit dem Mikrobohrmotor (3000 Umdrehungen/min.) und Siedegrenzbenzin verwendet. Die Anlaufschicht wurde leicht entfernt und die Oberfläche erhielt einen erhöhten Glanz.

#### Baumwollmolton von Hand (B 2b)

Ein Stück des Baumwollmoltons benetzt mit Siedegrenzbenzin wurde von Hand über die Oberfläche gerieben. Dadurch erhielt die Oberfläche einen verstärkten Glanz und geringfügig wurde die Anlaufschicht entfernt.

#### Watterondell (B 3b)

Eine kleinere Rondelle mit einem ungefähren Durchmesser von 15 mm wurde aus einer Watterondelle ausgeschnitten und in ein Mandrel eingespannt. Benetzt mit Siedegrenzbenzin wurde die Watterondelle

mit 2000 Umdrehungen/min. mit dem Mikrobohrmotor angewandt. Dadurch konnte teilweise die Anlaufschicht entfernt werden und der Glanz wurde gesteigert. Es ist zu vermerken, dass Fasern der Watte auf der Versuchsspange haften blieben.

#### Wattetupfer von Hand (B 4b)

Die Watte um das Holzstäbchen gewickelt wurde mit Siedegrenzbenzin von Hand angewandt. Dies erhöhte den Glanz der Oberfläche und legte teilweise die Vergoldung frei. Es konnte keine Beeinträchtigung der Oberflächen Struktur festgestellt werden.

#### Weicher Pinsel (B 5b)

Der weiche Pinsel mit Siedegrenzbenzin befeuchtet bewirkte nur einen geringen Glanz und entfernte kaum die Anlaufschicht.

## Schlussfolgerung zur Versuchsreihe b

Bei der Anwendung der fünf verschiedenen Applikationsmethoden mit Siedegrenzbenzin konnte bei keiner eine optische Beeinträchtigung der Oberflächenstruktur erkannt werden. Die freilegende Wirkung der Schallzahnbürste war gering bis kaum merklich. Die weiteren vier Methoden konnten geringfügig die Anlaufschicht entfernen.

#### Baumwollmoltonrondelle (B 1a)

Mit dem Zusatz von Kreide konnten die erhöhten Bereiche der Versuchsspange mit sehr geringem Druck und 2000 Umdrehungen / min. entfernt werden. In den Vertiefungen blieb die Anlaufschicht jedoch vorhanden. Nach der Anwendung konnten Reste einer geringen Menge an Kreide auf der Oberfläche festgestellt werden.



*Abbildung 86 Mandrel mit Baumwollmoltonrondellen und Baumwollmolton*

#### Baumwollmolton von Hand (B 2a)

Die Anwendung des Baumwollmoltons von Hand ergab vergleichbare Ergebnisse, wie die Anwendung mit der Rondelle und dem Mikrobohrmotor. Jedoch konnten stärkere Rückstände der Kreide auf der Oberfläche festgestellt werden und die Vertiefungen wurden von Hand etwas besser erreicht.

#### Watterondelle (B 3a)

Die Freilegung mit den Watterondellen wurde mit zwei Lagen und 3000 Umdrehungen/min. durchgeführt. Die erhöhten Bereiche konnten freigelegt werden. Die Vergoldung in der Punzierung sowie die Gravuren konnten nicht freigelegt werden. Es konnten Kreiderückstände auf der Oberfläche erkannt werden.

#### Wattetupfer von Hand (B 4a)

Mit dem Wattetupfer Siedegrenzbenzin und Kreide konnten auch die Punzierungen und Gravuren freigelegt werden. Die erhöhte Oberfläche musste deutlich länger bearbeitet werden, um die Vergoldung hervorzubringen, als mit den drei vorhergehenden Applikationstechniken. Es sind etwas weniger Kreiderückstände als mit der Watterondelle auf der Oberfläche zu erkennen.

#### Weicher Pinsel (B 5a)

Das Freilegen mit dem weichen Pinsel stellte sich als die langwierigste Methode heraus. Vorgängig wurde der Pinsel auf einem Silberblech getestet, um eine starke Kratzerbildung zu vermeiden. Um diese wie bei der Vorversuchsreihe zu vermeiden, wurde ein weicher Pinsel gewählt. Jegliche härteren Pinsel hinterliessen von blossen Auge sichtbare Spuren. Um die Effizienz trotzdem etwas zu steigern, wurden die Pinselhaare gekürzt. Die Freilegung der Gravur und der Punzierung war somit möglich, jedoch erwies sich das Freilegen der Fläche als kaum erreichbar. Mit dem Pinsel wurde eine erhebliche Menge an Kreide auf der Oberfläche zurückgelassen.

### Schlussfolgerungen zur Versuchsreihe a

Alle getesteten Applikationsmöglichkeiten konnten mit Kreide die Anlaufschicht teilweise entfernen. Wobei die Methoden mit den Rondellen gute Ergebnisse auf den erhöhten Bereichen erzielten und der Wattetupfer sowie der Pinsel die Tiefen freilegten. Zu vermerken sind auch die unterschiedlichen Kreiderückstände. Um mit dem Pinsel um einen Freilegungseffekt zu erhalten, müssen grosse Mengen an Kreide aufgebracht werden.

#### Nachreinigung

Um die Rückstände der Kreide zu entfernen, wurden drei verschiedene Methoden getestet. Der Wattetupfer, ein weicher Pinsel und eine Schallzahnbürste mit Kunststoffbürsten. Die beste reinigende Wirkung zeigte dabei die Schallzahnbürste. Der Nachreinigungsprozess ist zeitintensiv und erzeugt eine weitere Freilegung und somit zusätzliche mechanische Beanspruchung der Materialoberfläche. Deshalb ist eine Methode, welche geringe Rückstände hinterlässt und schonend in Bezug auf die mechanische Beeinträchtigung der Vergoldung ist, zu finden.



*Abbildung 87 Schallzahnbürste für die Nachreinigung*

## Kombinierte Versuche

Nach der Auswertung der Tests auf der Versuchsspanne sowie dem Vergleich mit den Vorversuchen wurden die folgenden beiden Kombinationen der Methoden eruiert und getestet.

### B 6

Für die Freilegung der erhöhten Bereiche wurde die Baumwollmoltonrondelle einlagig mit dem Mikrobohrmotor und 3000 Umdrehungen/min. verwendet. Für die Vertiefungen ist zusätzlich ein Wattetupfer zum Einsatz gekommen. Beide Methoden wurden mit Siedegrenzbenzin und Kreide kombiniert. Die Nachreinigung erfolgte mit der Schallzahnbürste.

Bis auf geringe Mengen der Anlaufschicht im Bereich der Kante zum Mittelprofil konnte die Vergoldung freigelegt werden. Es blieben sichtbare Kreiderückstände auf der Oberfläche zurück.

### B 7

Für die Freilegung der erhöhten Bereiche wurde ebenfalls die Baumwollmoltonrondelle einlagig mit dem Mikrobohrmotor und 3000 Umdrehungen/min. verwendet. Für die Vertiefungen wurde jedoch der Pinsel verwendet. Auch bei diesem Test wurde mit Siedegrenzbenzin und Kreide freigelegt. Die Nachreinigung erfolgte mit der Schallzahnbürste. Die Freilegung mit dem Pinsel war etwas geringer als die Freilegung mit dem Wattetupfer. Weiter sind die viel stärkeren Kreiderückstände verglichen mit dem Versuch B 6 zu erwähnen (Tabelle 12, S.161).









## Schlussfolgerungen








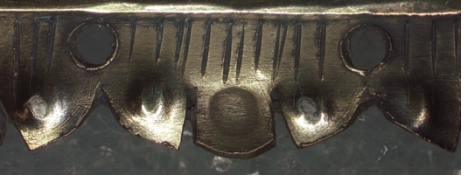



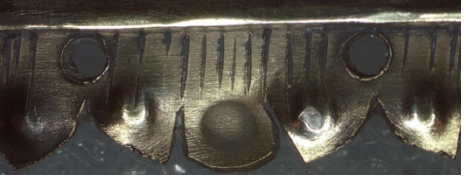
Die Tests konnten zeigen, dass es diverse Applikationsmöglichkeiten der bekannten Kreidemethode gibt, wobei sie meist entweder besser für die Fläche oder für Vertiefungen geeignet sind. Deshalb ist es naheliegend, dass eine Kombination der Techniken zum gewünschten Resultat führen kann. Auf der Versuchsspanne konnte bei keiner Methode eine optische Beeinträchtigung der Oberflächenstruktur der Vergoldung erkannt werden.

Die Tests verdeutlichten, dass die Entfernung der Kreide ein zentrales Thema darstellt. Eine Methode mit möglichst geringen Kreiderückständen ist ein wichtiges Kriterium für die Wahl der Applikationsmöglichkeit. Es muss auch getestet werden, ob am Original eine Methode bereits ohne Kreide eine Freilegung oder Teilfreilegung erreicht. Durch die vorhergehende Massnahme ohne Kreide kann eventuell ein geringer oder nur lokaler Einsatz von Kreide erreicht werden. Jede Verringerung der Verwendung von Kreide ist wünschenswert, da auch bei der Nachreinigung eine mechanische Beanspruchung der Oberfläche erfolgt.



*Tabelle 12 Abbildungen vor und nach den Tests auf der Versuchsspange*

| Bereich | Abbildung Vorzustand  | Abbildung Nachzustand  |
|---------|---|--|
| B 1     |    |    |
| a       |   |  |
| b       |   |   |
| a       |   |  |
| b       |  |  |
| a       |   |  |
| b       |  |  |
| a       |   |  |
| b       |   |  |

|   |   |  |
|---|---|--|
| B 5   |    |    |
| a   |   |  |
| b   |    |    |
| B 6   |    |    |
| a   |   |  |
| b   |    |    |
| B 7   |  |  |
| a   |   |  |
| b   |  |  |
| Abbildungen: © Janine Meier, HE-Arc CR 2017, Alle in dieser Tabelle aufgeführten Abbildungen erfolgten in 0,8 x Vergrößerung. |   |  |

## Anhang 14: Fügen, Variante 1 und 2

### Variante 1: Fügen aus den Objektteilen

Für das Zusammenfügen des Nautiluspokals müssen viele Eingriffe erfolgen. Die Spangen sowie das Kielbett sind deformiert und nicht der Form des Nautilus angepasst. Diese müssen für ein Wiederverbinden zurückgeformt, respektive umgeformt werden. Die Längen der Spangen sind eher knapp berechnet. Daher muss der Kitt am Kiel des Nautilus aus Platzgründen zu einem Grossteil entfernt werden. Die weichgelötete Befestigung der Bugspange, welche über den Lippenrand des Nautilus gesteckt werden sollte, weist nur noch eine geringfügige Haftung auf und ist für den Lippenrand zu eng gebogen. Diese muss entfernt und durch eine neue, funktionsfähige Halterung ersetzt werden. Die Blumenmuttern sind in diesem Zustand nicht mehr als verbindende Glieder verwendbar. Die Verbindung muss ersetzt werden. Dabei könnten entweder die gesamten Blumenmuttern ersetzt und separat aufbewahrt werden oder das Scharnier und das Gewinde würde durch ein funktionstüchtiges Scharnier ersetzt. Dies würde die Optik der Blumenmuttern stark verändern. Werden die Blumenmuttern vom Objekt getrennt, müssen bei der Aufbewahrung Massnahmen gegen den Verlust getroffen werden. Die Bugspange muss mit einer stabilen Verbindung befestigt werden, damit der Halt gewährleistet werden kann.

### Variante 2: Fügen durch eine Unterkonstruktion

Als Alternative zu den verbindenden Massnahmen am Objekt selbst wird die Fertigung einer Unterkonstruktion gesehen. Diese Unterkonstruktion soll folgende Kriterien erfüllen, um einer vom Museum gewünschten Einheit gerecht zu werden und die konservatorischen und ästhetischen Anforderungen zu erfüllen. Sie soll schlicht und so unauffällig wie möglich sein. Das Objekt muss für die Ausstellung optimal präsentiert werden können. Die Handhabung muss einfach und klar sein, um Unfälle beim Montieren zu vermeiden. Die Unterkonstruktion soll unabhängig von der Vitrine sein, um die Verwendung für verschiedene Ausstellungsumgebungen zu gewährleisten. Trotzdem muss eine genügende Stabilität erreicht werden. Die Unterkonstruktion darf keine Schäden am Objekt verursachen oder begünstigen. Durch das Verbinden soll ein Verlust von Einzelteilen verhindert werden. Die Unterkonstruktion muss eine optimale Präsentation des Objekts gewährleisten mit möglichst geringer optischer Beeinträchtigung. Weiter soll es auch möglich sein, dieselbe Konstruktion für die Lagerung am Objekt zu belassen, um den Verlust von Einzelteilen während der Lagerung zu verhindern. Die verwendeten Materialien müssen konservatorischen Ansprüchen entsprechen, keine Schadstoffe absondern und keine Degradation des Objektes hervorrufen oder Verfärbungen provozieren. Es werden Materialien verwendet, welche im HMB bereits angewendet werden und deren Verhalten positiv bewertet werden kann. Das Gerüst wird aus Stabilitätsgründen vorzugsweise aus Metall gefertigt. Dafür wird Messing in Betracht gezogen. Messing wird im HMB seit längerem für Unterkonstruktionen

verwendet und es konnten keine negativen Auswirkungen festgestellt werden. Durch das Vermeiden direkten Kontakts der Metalle sind Wechselwirkungen zwischen dem Messing und der Silberlegierung ausgeschlossen. Das Messing wird an den Berührungsstellen mit einer Kunststofftrennschicht versehen. Zu den möglichen Materialien dafür gehören Polyethylenterephthalat (z.B. Hostaphanfolie), Polyolefin (Schrumpfschlauch) und Polyethylenschaum (Ethafoam®) (Hilbert 2002, S. 279 und 280).



## Anhang 15: Restaurierungskonzept

Infolge der genauen Betrachtung des Nautiluspokals und seinem Zustand, den Recherchen und den Testreihen wurde von der Verfasserin folgendes Restaurierungskonzept erarbeitet. Alle in Betracht gezogenen Massnahmen resultieren aus dem vorgegebenen Mandat. Die Massnahmen sind in der geplanten Reihenfolge ihrer Durchführung aufgeführt.

### Trockenreinigung

Das Ziel der Trockenreinigung ist es, die Schmutzpartikel auf dem gesamten Nautiluspokal zu entfernen. Schmutzablagerungen sind hygroscopisch, wodurch Korrosionsprozesse gefördert werden können. Durch die Entfernung wird dies vermindert. Die Ablagerungen auf der Bugspange werden zusätzlich entfernt, um bei der Freilegung keine harten Partikel auf dem Objekt zu bewegen und somit Kratzer zu verursachen. Diese Verschmutzungen wurden ausschliesslich auf der Bugspange festgestellt, daher ist diese zusätzliche Trockenreinigung nur auf der Bugspange vorgesehen.

#### a) Entfernen der losen Schmutzauflagen

Mit einem saugstärkenstufenregulierbaren Staubsauger und feinen Pinseln wird der lose aufliegende Schmutz und Staub auf dem gesamten Nautiluspokal entfernt.

#### b) Entfernen der haftenden Verschmutzungen auf der Bugspange

Die stärker haftenden Verschmutzungen in den Vertiefungen der Bugspange werden zusätzlich durch das Enthaften mit einem Holzstäbchen und dem Pinsel entfernt.

### Lösen des blattvergoldeten Papiers

Das Papier soll ohne Schaden vom Nautilus gelöst werden, damit der Nautilus vollständig gereinigt werden kann. Das Papier ist somit während der Reinigung des Nautilus sowie der Freilegung des Silbers keiner Gefahr durch die verwendeten Flüssigkeiten oder mechanischen Einwirkungen ausgesetzt. Das Papier kann durch die Abnahme dokumentiert werden und wird nach der Reinigung wieder an der selben Stelle befestigt.

Das Papier haftet nur noch in einem kleinen Bereich am Rande. An diesem wird durch mechanisches Lösen mit einem flach und sehr dünn angeschliffenen, weichen Holzschaber das Papier vom Nautilus gelöst. Vor dem Lösen werden in Bezug auf die Lippenrandfassung alle Abstände genau definiert um die spätere Klebung an exakt gleicher Stelle vornehmen zu können.

### Freilegen des vergoldeten Silbers

Die Reinigung mit Feinsprit soll weitere Verschmutzungen wie Fett entfernen und somit verhindern, dass diese korrosiv wirken können. Die Tests haben gezeigt, dass dadurch bereits teilweise eine Freilegung

erzeugt wird, ohne die Verwendung von Kreide. Es soll jedoch nicht der Eindruck eines Neuzustands erzeugt werden. Das Ziel der zusätzlichen Freilegung und somit Entfernung von schwarzen Silbersulfide ist es, eine ebenmässige und ästhetisch ansprechende Objektoberfläche zu erhalten. Dies bedeutet die Reduzierung der Unterschiede zwischen den kaum korrodierten Lotflecken und stark korrodierten Bereichen. Dies soll durch einen minimalen Eingriff in das Objekt und somit möglichst geringem Verlust der Vergoldung erfolgen. Auch das Entfernen des Silbersulfids soll möglichst gering gehalten werden, da es eine schützende Funktion hat. Die Nachreinigung soll eine möglichst rückstandslose Oberfläche ermöglichen.

Das gleichmässige Bearbeiten einer Oberfläche erfolgt immer mit dem Werkzeug, welches die grösstmögliche Oberfläche zeitgleich bearbeitet. Dadurch werden eine gleichmässige Beanspruchung der Oberfläche und somit weniger ungleichmässige Spuren und keine Dellen erzeugt. Bei der Freilegung werden keine stark abtragenden und somit potentiell dellenbildenden Methoden angewandt, das Prinzip bleibt jedoch bestehen. Die Bearbeitung mit den Flächen angepassten Werkzeugen erzeugt eine gleichmässiger Bearbeitung. Dies konnte bei den Versuchen bestätigt werden und wurde miteinbezogen, um die Applikationsmethoden für die Freilegung zu wählen. Ein nicht entscheidungsrelevanter jedoch positiver Nebeneffekt ist, dass sich durch das Anwenden grösserer Werkzeuge auch schneller ein Resultat erzeugen lässt. Für gut erreichbare Oberflächen werden flächiger arbeitende Werkzeuge verwendet und nur die schwer zugänglichen Bereiche oder punktuellen Eingriffe werden mit kleinen Werkzeugen wie dem Wattetupfer ausgeführt. Somit wurden die nachfolgenden Methoden eruiert.

a) Reinigen und Freilegen mit Watterondelle, Wattetupfer und Baumwollmoltonrondelle und Feinsprit

Für die Flächen werden Watterondellen mit Feinsprit in einem Mandrel mit 2000 Umdrehungen/min. des Mikrobohrmotors eingesetzt, welche eine gleichmässige und sanfte Reinigung erlauben. Auch mit den Watterondellen ist bereits teilweise eine Freilegung der vergoldeten Oberfläche zu erwarten. Mit einem Wattetupfer und Feinsprit werden die Vertiefungen gereinigt und bereits teilweise freigelegt. Der Feinsprit wurde nach den Versuchen mit Ethanol und Siedegrenzbenzin ausgewählt. Das Ethanol erwies sich als zu flüchtig und das Siedegrenzbenzin bleibt zu lange auf der Oberfläche. Der Feinsprit befand sich bei den Tests zwischen den beiden und erwies sich daher als angepasst.

b) Freilegen Baumwollmoltonrondelle und Wattetupfer von Hand mit Kreide und Feinsprit

In den Bereichen in welchen nach der Reinigung mit Feinsprit weiterhin dunkle Flecken vorhanden sind, werden diese zusätzlich mit dem Wattetupfer, Kreide und Feinsprit entfernt. Für die Flächen werden Baumwollmoltonrondellen mit dem Mandrel im Mikrobohrmotor eingespannt und mit 3000 Umdrehungen/min. angewandt. In den Vertiefungen kann zusätzlich von Hand mit einem Baumwollmolton freigelegt werden.



### c) Nachreinigung

Die Nachreinigung wird mit einer Schallzahnbürste erfolgen. Das Ziel ist es, möglichst alle Kreidereste zu entfernen, um deren korrosionsfördernden Einfluss auf die weitere Alterung zu verhindern.

## Reinigen des Nautilus

Die Reinigung des Nautilus entfernt ästhetisch verfälschende Ablagerungen sowie hygroskopische und degradationsfördernde Fremdstoffe. Der Lüster der Perlmutteroberfläche soll durch die Reinigung wieder vollständig erlebbar werden. Im Zuge dieser Massnahme wird die stark verschmutzte und vergilbte Klebstofflaufspur im Innern des Nautilus entfernt. Das Entfernen der Verschmutzungen im Bereich der sichtbaren Gravuren werden die Darstellungen wieder besser lesbar machen.

Die Reinigung wird mit Wattetupfer und destilliertem Wasser durchgeführt (Krebs 1991, S. 213 und Dramm 2001). Ein Test mit dieser Methode im Kielbereich hat gezeigt, dass damit die Verschmutzungen sehr effektiv gelöst werden können, ohne die Schwärzungen der Gravuren zu beeinträchtigen. Es bleiben keine schädigenden Rückstände der Methode auf der Oberfläche zurück.

## Entfernen der Korrosionsprodukte des Weichlotes und der Kupferlegierungen

Das Ziel der Entfernung der Korrosionsprodukte ist die Entfernung der ästhetisch störenden Korrosionen. Die Korrosionsprodukte der Weichlötungen, einiger Hartlötungen sowie der Kupferlegierungen werden mit einem Wattetupfer und Feinsprit entfernt. Kann dadurch die Korrosion nicht genügend entfernt werden, soll die Verwendung durch Schaber geprüft werden.

## Entfernen der schwarzen Schicht auf der Vergoldung des Papiers

Das Ziel ist es, so weit möglich die dunkle Schicht über der Vergoldung zu entfernen um diese besser sichtbar zu machen. Die schwarzen Auflagen auf der Blattvergoldung werden mechanisch mit dem Skalpell und einem kleinen Metallschaber entfernt. Die Arbeit wird unter dem Mikroskop durchgeführt und nur soweit erfolgen wie kein Verlust der Blattvergoldung festzustellen ist.

## Kleben des blattvergoldeten Papiers

Die neue Klebung des Papiers soll den Verlust dessen verhindern und weiterhin eine Stabilisierung für die Bruchstücke des Nautilus bilden. Durch die Dokumentation vor der Entfernung des Papiers kann es wieder an exakt gleicher Stelle geklebt werden. Dies erfolgt nach der Dokumentation des Papiers in Wort und Bild mit einem Weizenstärkekleister, wobei erneut eine flächige Klebung ausgeführt wird. Damit kann die Stabilisierung der Bruchstücke sowie die gute Haftung des Papiers gewährleistet werden. Die Verwendung des Weizenkleisters (1/5, ein Teil Weizenstärke, vier Teile Wasser) wird in der

Papierrestaurierung seit langem verwendet und positiv bewertet.<sup>37</sup> Der Weizenstärkekleber ist ein Kleister, welcher mit Wasser wieder angelöst werden kann und somit für zukünftige Massnahmen wieder bearbeitbar ist.

## Fügen der Bugspange

Das Ziel ist das Verbinden der losen Bugspange, um das Risiko von dessen Verlust zu verringern und das Objekt als Einheit präsentieren und somit lesbar machen zu können. Als Klebstoff wird der reversible Acrykleber Paraloid B 72 in Toluol gelöst (20%ig) verwendet (Anhang 1, S.74). Die Reversibilität ist das ausschlaggebende Argument für die Verwendung von Paraloid B 72. Die Klebung wird rückseitig mit Japanpapier verstärkt, um eine bessere Stabilisierung zu erreichen.

## Variante 2

Das Fügen wird nach den Angaben der Variante 2, welche im Anhang 14, S.163 erwähnt wurde, ausgearbeitet.

Um eine Halterung zu erzeugen, welche unabhängig der Objektumgebung ist, wurde entschieden den Ausgangspunkt im Kielbett festzulegen. Die Unterkonstruktion soll möglichst unauffällig sein und sich daher wo immer möglich an der Innenseite der Objektteile befinden. Dies kann aus dem Kielbett erfolgen. Das mittige Blech der Unterkonstruktion wird durch den Nautilus verdeckt. Die Halterungen für die Spangen werden den Bohrlöchern angepasst und sind somit frontal kaum ersichtlich. Seitlich kann nicht verhindert werden, dass die Unterkonstruktion gesehen werden kann. Durch die möglichst geringen Materialstärken und der fein matten Oberfläche wird diese jedoch so dezent wie möglich sein. Das mittige Blech der Unterkonstruktion ist der Form des Kielbetts angepasst. Es bildet den Ausgangspunkt für die Halterungen aller vier Spangen. Es wird eine Unterkonstruktion entworfen, welche die fehlenden Befestigungen der Spangen ersetzt. Diese werden in leicht geöffneter Position präsentiert. Dies birgt die Vorteile, dass die Verformungen der Spangen durch den Abstand zum Nautilus kaum störend sind. Durch die Abstände können die Blumenmutter als Ganzes gezeigt werden und die ursprüngliche Befestigung wird erkennbar. Der grösste Vorteil bietet es für die Präsentation des Nautilus. Durch den Abstand kann die gesamte schwarze Gravur gelesen werden, weder der doppelköpfige Adler noch die Krone werden verdeckt. Die Einzelteile werden durch die Konstruktion verbunden und können jederzeit ohne Schaden wieder in die Einzelteile zerlegt werden.

Die Halterungen der Seitenspangen mit je einer Blumenmutter werden durch Klammern an den Blumenmuttern befestigt. Die Klammern werden aus zwei Halbrunden gebildet, welche das Gewinde oder das Scharnier der Blumenmuttern umfasst. Der Durchmesser ist jeweils den Blumenmuttern angepasst. Die Klemmung erfolgt durch eine Manschette, welche über den Anfang der Klammern

---

<sup>37</sup> Freundlicher Hinweis von Cassandre Meyfarth

geschoben werden kann. Die Spangen und die Blumenmuttern weisen nur ein geringes Gewicht auf, daher ist diese Befestigung ausreichend, um sie in Position zu halten. Diese ist in der frontalen Ansicht nicht zu erkennen. Die Halterungen der Bug- und Heckspangen befinden sich jeweils nur im unteren Bereich. Die kurze und somit leichtere Bugspange benötigt nur eine kurze Halterung, um in der Position gehalten zu werden. Deshalb wird die Bugspange im unteren Bereich von einem der Form der Frontseite der Spange angepassten U-Blech liegen. Für die Heckspange wird dieselbe Halterungsweise verwendet, jedoch ist die Positionierung des U-Blechs angepasst. Die schwerere Spange muss in einem Bereich gehalten werden, in welcher die Unterkonstruktion nur gering durch das Gewicht belastet wird. Die angepassten U-Bleche sind in der Frontansicht der Spangen zu erkennen.

Durch die Positionierung der vier Halterungen und dem angepassten mittigen Blech hält sich die Unterkonstruktion im Kielbett. Um die Positionierung der Unterkonstruktion zusätzlich festzulegen, wird in die Unterkonstruktion einen Magneten eingesetzt. Sein Gegenstück wird im Gewinde des Kielbetts befestigt. Somit findet die Unterkonstruktion sofort ihren Platz.

Als Material für die Unterkonstruktion ist Messing gewählt worden. Messing ist stabil und trotzdem leicht zu verarbeiten. Farblich wirkt das dezent gelbe Messing nicht störend. Die Unterkonstruktion ist somit in Bezug auf das Material auf die bestehenden und bewährten Materialien der Unterkonstruktion anderer Objekte des HMB angepasst. Eine direkte Berührung des Messings mit dem Objekt wird vermieden, um mechanische Schäden und Wechselwirkungen zwischen den Metallen zu vermeiden.

Um dies zu verhindern, werden in den möglichen Bereichen der Berührungsstellen zwischen den Objektteilen in Metall und der Unterkonstruktion Schrumpfschläuche angebracht. Die Schrumpfschläuche bestehen aus einem Thermoplast, einem sich unter Einfluss von Wärme zusammenziehender Kunststoff. Die Schrumpfschläuche werden in der farblosen Variante verwendet. Ein dünner Polyethylenschaum verhindert den direkten Kontakt zwischen dem Nautilus und der Unterkonstruktion in welcher er liegt, sowie zwischen dem Kielbett und der Unterkonstruktion. Die Polyethylenschaumschicht wird der Form des Nautilus angepasst, um dessen Halt zu gewährleisten.

## Anhang 16: Zeitplan der Massnahmen

Tabelle 13 Zeitplan der Konservierungs- und Restaurierungsmassnahmen

| Arbeitsschritt   | Geschätzter Zeitaufwand | Effektiver Zeitaufwand   | Kommentare  |
|--|-------------------------|--|---|
| 1. Trockenreinigung mit weichen Pinsel und Staubsauger       | 4 h                     | 3 h  | Die Trockenreinigung konnte wie geplant durchgeführt werden.  |
| 2. Entfernen der haftenden Verschmutzungen auf der Bugspange | 1 h                     | 30 min   | Auch die haftenden Verschmutzungen liessen sich leicht lösen.   |
| 3. Lösen des Papiers   | 30 min                  | 15 min   | Die Haftung des Papiers war sehr gering, daher erfolgte das Lösen problemlos.   |
| 4. Freilegung ohne Kreide                                    | 10 h                    | 8 h  | Die Massnahme ohne Kreide erzeugte bereits eine gleichmässiger Vergoldung.  |
| 1. Freilegung mit Kreide                                     | 20 h                    | Lippenrandfassung: 6,5 h<br>Fuss und Schaft: 1,5 h<br>Fassung: 4 h<br>Bugspange: 1 h<br>Blumenmutter: 1 h<br>Total: 14 h | Durch das gute Ergebnis der Massnahme ohne Kreide konnte in einigen Bereichen auf das Freilegen mit Kreide verzichtet werden.<br>Der Zeitaufwand für die Freilegung der versch. Teile erwies sich als sehr unterschiedlich. |
| 2. Reinigung des Nautilus                                    |                         | 4 h  |   |
| 3. Freilegen der Vergoldung des Papiers                      | 2 h                     | 1 h  | Es wurde ersichtlich, dass nur ein geringer Effekt auf diese Weise erzeugt werden kann. Deshalb wurde die Massnahme nicht fortgesetzt.  |
| 4. Kleben des Papiers  | 1 h                     | 3,5 h  | Die Vorbereitung für das Kleben hat sehr viel Zeit in Anspruch genommen. Es wurden Varianten mit modifizierten Klammern wie auch Gewicht getestet und eine Unterkonstruktion aus Polyethylen zur Stabilisierung gebaut.     |

|                                      |        |                        |   |
|--------------------------------------|--------|------------------------|---|
| 5. Kleben der Bugspange              | 1 h    | 1 h                    | Der grösste Zeitaufwand ergab sich durch das Erstellen eines Unterbaus für die Stabilisierung und Positionierung während der Klebung. |
| 6. Herstellung der Unterkonstruktion | 24 h   | 33 h                   | Das genaue Anpassen war sehr zeitaufwändig.   |
|                                      | 68,5 h | <b>Total:<br/>83 h</b> |   |

## Anhang 17: Abbildungen Vor- und Nachzustand



*Abbildung 88 Die Nautiluschale mit Sicht in die Mündungskammer, ungereinigt*



*Abbildung 89 Die Nautiluschale mit Sicht in die Mündungskammer, mit Wattetupfer und dest. Wasser gereinigter Innenbereich*





*Abbildung 90 Die Nautilusschale mit Verschmutzungen entlang der Heckspangenposition*



*Abbildung 91 Die Nautilusschale mit Wattetupfer und dest. Wasser gereinigtem Heck*



*Abbildung 92 Alle sechs Einzelteile des Nautiluspokals vor den Massnahmen*

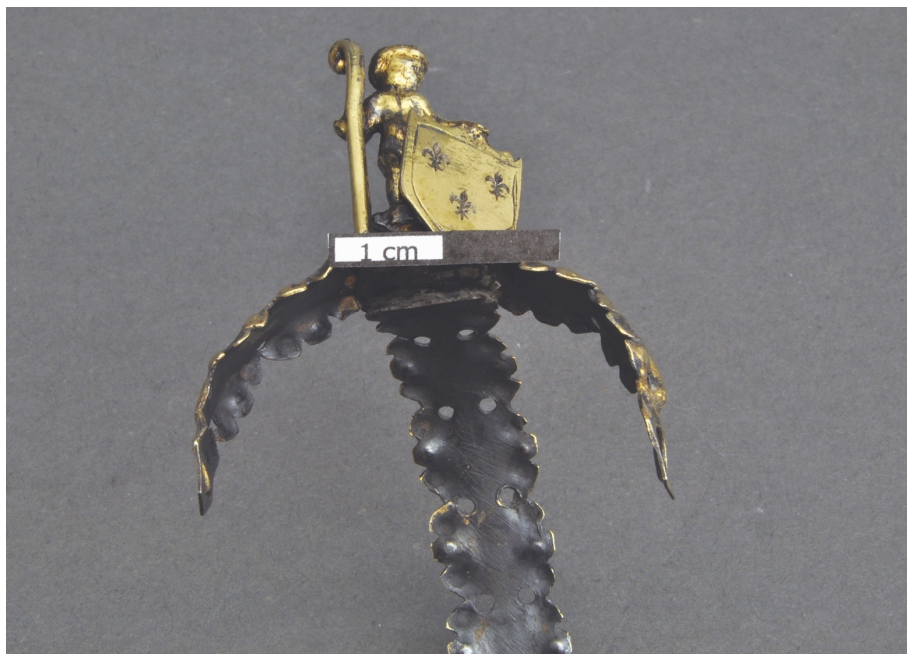


*Abbildung 93 Alle sechs Einzelteile des Nautiluspokals nach der Durchführung der Massnahmen*





*Abbildung 94 Die Wirbelbekrönung, Vorzustand*



*Abbildung 95 Die Wirbelbekrönung, Endzustand*



Abbildung 96 Die Fassung, Vorzustand

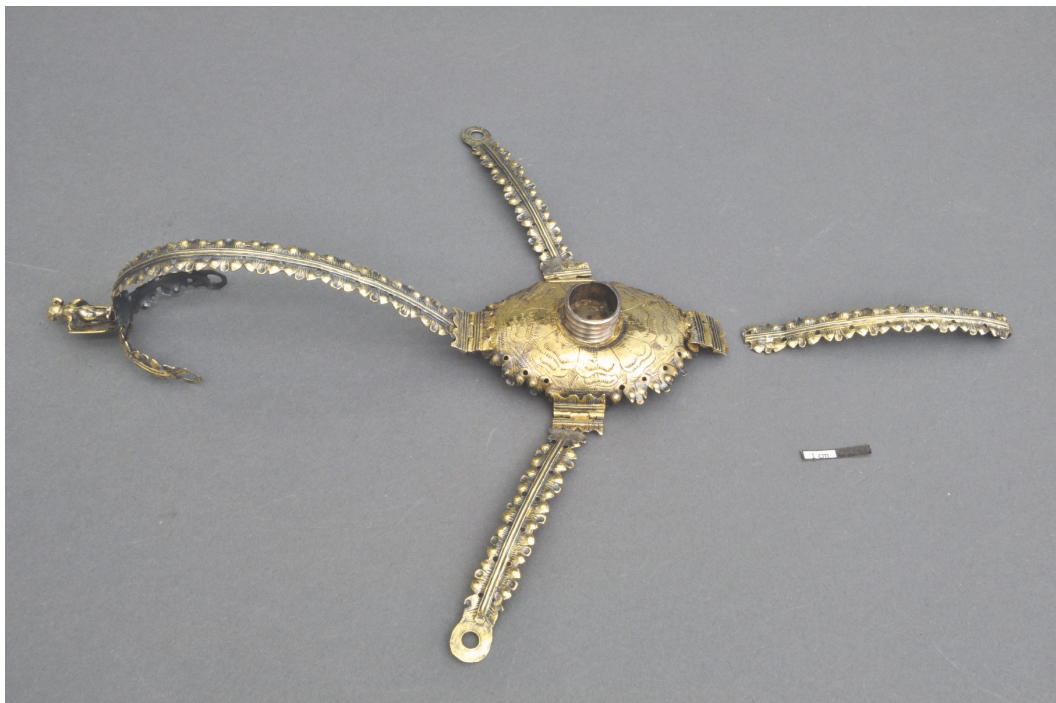


Abbildung 97 Die Fassung, Endzustand





Abbildung 98 Der Schaft und der Fuss, Vorzustand



Abbildung 99 Der Schaft und der Fuss, Endzustand





Abbildung 100 Die Blumenmuttern, Vorzustand



Abbildung 101 Die Blumenmuttern, Endzustand



## Anhang 18: Ausblick

Um die unterschiedliche Herkunft des Nautilus und der Fassung mit Analysen eventuell bekräftigen zu können, wäre eine zusätzliche XRF-Analyse der Lippenrandfassung möglich. Ein Übereinstimmen der Legierungszusammensetzung bedeutet jedoch nicht die Wiederlegung der Theorie, da auch im 17.Jh. normierte Legierungen verwendet wurden. Damals waren jedoch noch mehrere unterschiedliche Legierungen in Verwendung (Wolters 2000, S. 59). Dadurch entsteht eine grössere Chance auf messbare Legierungsunterschiede.

Die Papierteile könnten zur weiteren zeitlichen Einordnung der Teile von einer/m Papierrestaurator/in beurteilt werden. Von der Art des Papiers könnten Rückschlüsse auf die Herstellungszeit gezogen werden.

Die Herstellungstechniken bieten Potential zur vertieften Betrachtung. Ein systematischer Vergleich der verwendeten Techniken an einer grösseren Objektgruppe von Nautiluspokalen könnte zusätzliche Informationen über die Arbeitsweise und eventuell den Herstellungsort liefern. Auch ein systematischer Vergleich der Schäden wäre interessant in Bezug auf die Konservierung. In Kombination mit der Betrachtung von Änderungen, wie am vorliegenden Objekt durch die Weichlötungen ersichtlich, könnte Objektgeschichtliches verglichen werden. Diese Differenzierungen der Herstellungstechniken, Schäden und der Objektgeschichte sind bei den ansonsten sehr ausführlichen Beschreibungen von Mette leider meist aussen vorgelassen.

Um die Silberobjekte im Historischen Museum Basel optimal zu erhalten, ist die Umsetzung eines präventiven Konservierungskonzepts essenziell. Bis anhin gibt es im Depot keine Schutzmassnahmen für die Objekte vor korrosionsfördernden Substanzen, wie auch Staub und Feuchte. Durch präventive Massnahmen können Massnahmen zur Freilegung vermindert oder sogar vermieden werden. Dies ist eine grosse Entlastung für die Objektsubstanz, da die Freilegungsmethoden immer mit Materialverlust einhergehen. Weiter ersetzen die präventiven Massnahmen bis zu einem gewissen Grad die restauratorischen Eingriffe und erfordern weniger konzentrierten Zeitaufwand im Vorfeld einer Silberausstellung. Da der Nautiluspokal nun nicht direkt in einer Ausstellung gezeigt wird, ist es für den Erhalt des aktuellen Zustandes erforderlich präventive Massnahmen zu ergreifen. Ansonsten kann davon ausgegangen werden, dass sich in einigen Monaten bereits zusätzliche Korrosion bildet. Von Martin Sauter wurde nach weniger als einem Jahr bereits eine deutliche Silberkorrosion auf freigelegten Objekten festgestellt. Mögliche präventive Massnahmen sind im Abschnitt 12.1 Empfehlungen für die zukünftige Handhabung und Aufbewahrung, S.58 erläutert.

In Bezug auf die Unterkonstruktion gibt es bestimmt weitere mögliche Lösungen für das Fügen des Pokals. Werden zukünftig weitere Konstruktionen in dieser Art benötigt, könnte die Herstellung mit einem 3-D-Drucker in Betracht gezogen werden, wodurch zusätzliche Möglichkeiten der Materialwahl und der Passgenauigkeit entstünden.

## Anhang 19: Klimaangaben des Depots

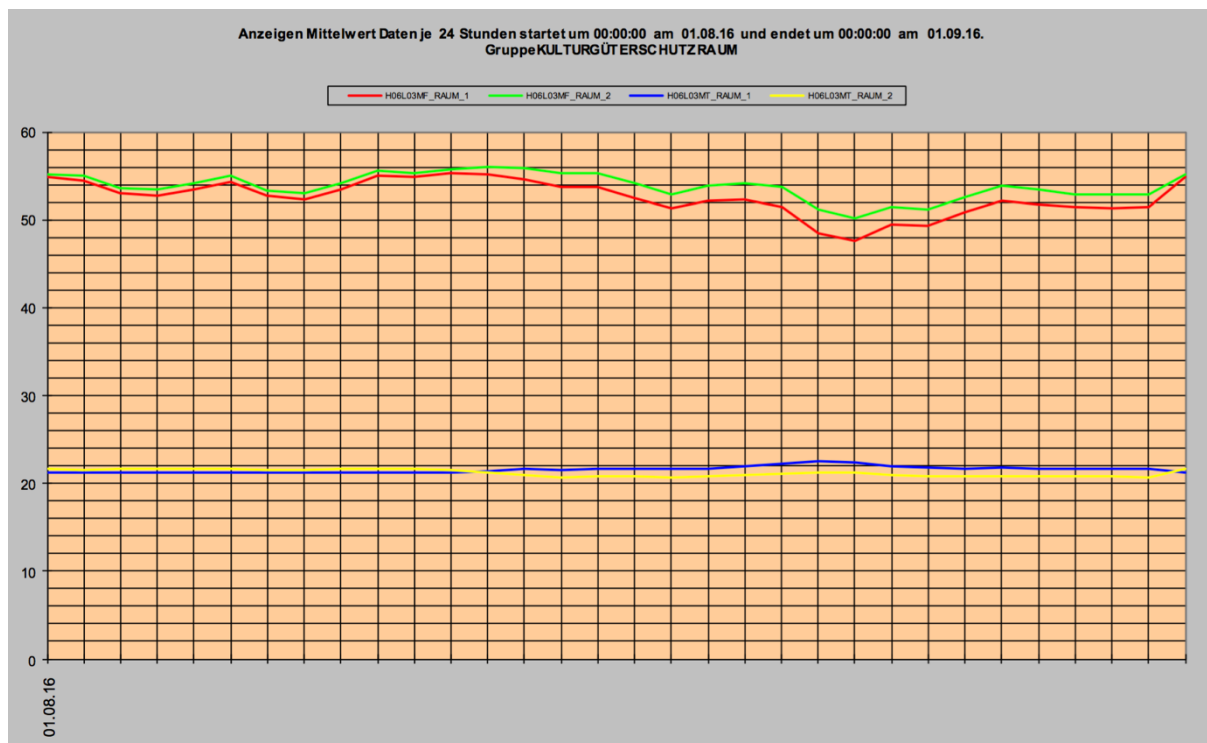
Alle Klimadaten wurden freundlicherweise von Andreas Patrick Müller, Leiter Technik und Gebäudeunterhalt, zur Verfügung gestellt. In der Tabelle ist eine Auflistung der Minimal- und Maximalwerte der Monate über ein Jahr zu sehen. Die Daten der beiden offen ineinander übergehenden Depoträume werden darin zusammengefasst.

*Tabelle 14 Die Klimadaten von Juni 2016 bis Mai 2017*

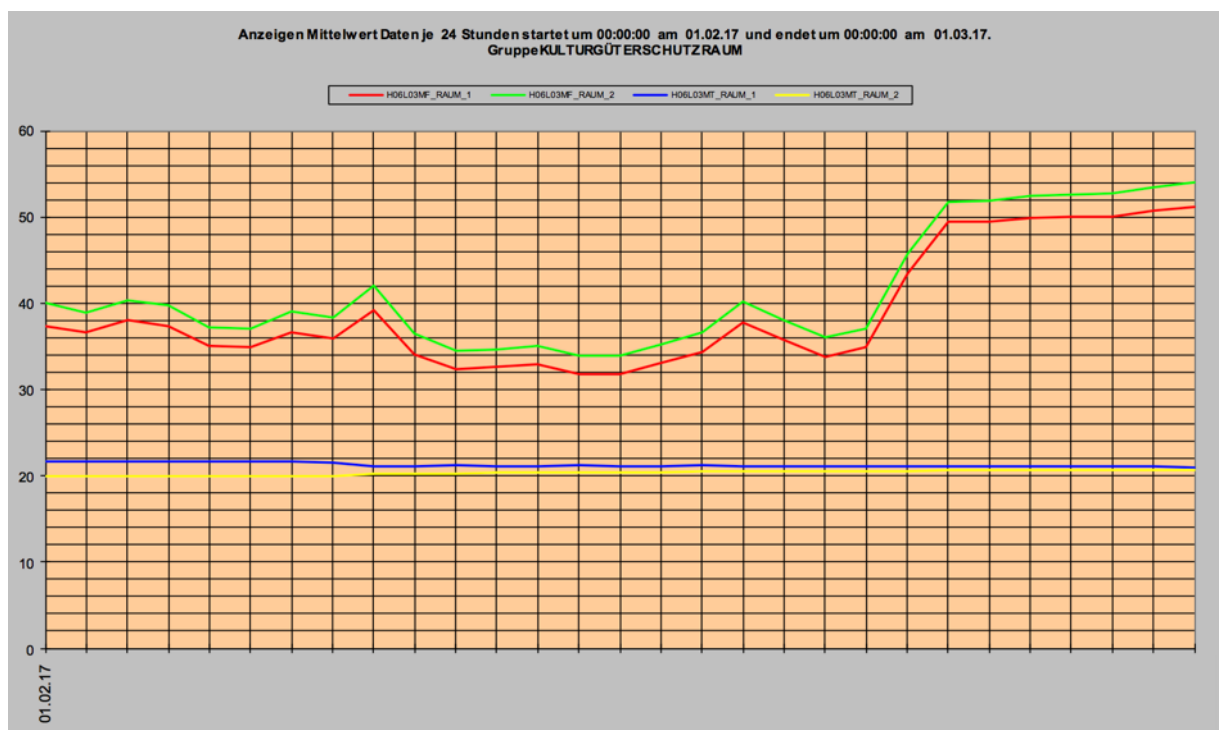
| Monat          | rF (in %)   | T (in C °)  |
|----------------|-------------|-------------|
| Juni 2016      | 49,5 - 59   | 21          |
| Juli 2016      | 49,5 - 59   | 21          |
| August 2016    | 49 - 63     | 20,5 - 21   |
| September 2016 | 39,5 - 52,5 | 20 - 21,5   |
| Oktober 2016   | 39,5 - 52,5 | 20,5 - 21,5 |
| November 2016  | 30,5 - 46,5 | 20 - 22     |
| Dezember 2016  | 30 - 52     | 20 - 21     |
| Februar 2017   | 31 - 52     | 20 - 21     |
| März 2017      | 49 - 52     | 20 - 20,5   |
| April 2017     | 48 - 52,5   | 20 - 21     |
| Mai 2017       | 49 - 53     | 20 - 20,5   |
| Gesamthaft:    | 30 - 63     | 20 - 22     |

Das Klimasystem der Depoträumlichkeiten besteht in dieser Weise seit über 20 Jahren. Laut dem Leiter der Technik, Andreas Müller liegt die angestrebte Temperatur bei 21°C und die relative Luftfeuchte bei 50 %. Die Ergebnisse der Klimaüberwachung ergeben, dass die Temperatur relativ stabil im Bereich dieser 21°C liegt. Innerhalb eines Monats sind maximale Schwankung von 2 Grad gemessen worden. Die relative Luftfeuchte weist erheblich stärkere Schwankungen auf. Wobei innerhalb eines Monats Schwankungen von bis zu 22 % rF aufgezeichnet wurden. Über das gesamte Jahr gesehen sind Schwankungen von 33 % rF festgestellt worden. Die grossen Schwankungen sind zurückzuführen auf Störungen der Klimaanlage sowie auf offene Türen bei Transporten oder durch unachtsame Mitarbeitende.

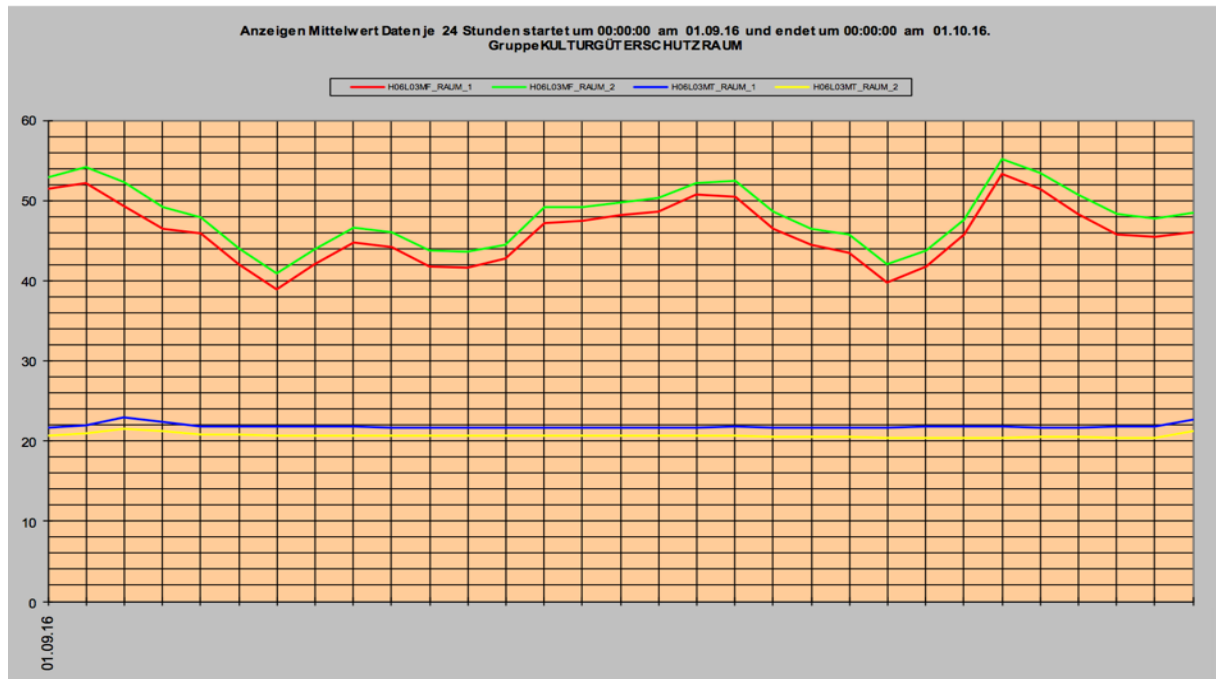
Im Herbst 2017 ist die Erneuerung des Klimaleitsystems geplant. Dieses soll die Störungen reduzieren und das Klima verbessern. Nachfolgend sind beispielhaft drei Spektren der Klimaaufzeichnungen aufgeführt. Es werden die Daten des Monats Februar 2017, August und September 2016 aufgezeigt.



Grafik 46 Klimamessungen im Depot Kulturgüterschutz, Messperiode 01.08.2016 - 01.09.2017 ©HMB



Grafik 47 Klimamessungen im Depot Kulturgüterschutz, Messperiode 01.02.2017 - 01.03.2017 ©HMB



Grafik 48 Klimamessungen im Depot Kulturgüterschutz, Messperiode 01.09.2016 - 01.10.2016 ©HMB

## Anhang 20: Liste der eingereichten Dokumente

1 Exemplar der Arbeit inklusive Anhang in ungebundener Form

3 Exemplar der Arbeit inklusive Anhang in gebundener Form

1 digitaler Datenträger mit den beiden Dokumenten:

2017\_BA\_CROSTH-Meier-Janine\_Die Spektren der REM-Analysen.pdf

2017\_BA\_CROSTH-Meier-Janine\_Die Spektren der XRF-Analysen.pdf

### Auf dem Server „M“ abgelegte Dokumente

#### Bachelorarbeit

2017\_BA\_CROSTH-Meier-Janine\_Ein Nautiluspokal des Historischen Museums Basel.pdf

2017\_BA\_CROSTH-Meier-Janine\_Ein Nautiluspokal des Historischen Museums Basel.docx

#### Analyseergebnisse

2017\_BA\_CROSTH-Meier-Janine\_Die Spektren der REM-Analysen.pdf

2017\_BA\_CROSTH-Meier-Janine\_Die Spektren der XRF-Analysen.pdf