

Let's putz Silber?

Eine Nachlese zur Tagung im Landesmuseum Württemberg,
Stuttgart (22.–24. Mai 2014)

Jörg Freitag

Die Stuttgarter Tagung war konzentriert mit der Restaurierung und Konservierung von Objekten aus Silber befasst. In einem Überblick über die Vorträge werden wesentliche Tendenzen und Ergebnisse aus den Themenkreisen der mechanischen Oberflächenbearbeitung, der elektrolytischen Silberreduktion sowie der Reduktion mittels Atmosphärendruckplasma, der Silberkorrosion und des Korrosionsschutzes zusammengefasst. Angesprochen werden auch gegenwärtige Entscheidungsgrundlagen und Standpunkte zu restaurierungsethischen Fragen bei Objekten dieser Materialgruppe.

The Stuttgart Colloquium focused on the restoration and conservation of silver objects. This overview of all the contributions summarises tendencies and results from the area of mechanical surface treatment, of silver reduction by electrolysis and atmospheric pressure plasma, of silver corrosion and corrosion protection. The current basis of decision-making and points of view on conservation ethics are also discussed.

Im März 2014 fand in Stuttgart unter dem Titel „*Let's putz Silber? – Eine Bestandsaufnahme zur Silberreinigung*“ eine Tagung zur Restaurierung und Konservierung von Objekten aus Silber statt. Auf der von der Arbeitsgruppe „Kunsthandwerkliche Objekte“ des VDR organisierten zweitägigen Veranstaltung trafen sich über 130 Kolleginnen und Kollegen aus dem In- und Ausland. Die Tagung wurde sicher von vielen begierig und mit Spannung erwartet, hat es doch eine so konzentrierte Tagung zu diesem Thema sehr lange nicht (nach Erinnerung des Autors in Deutschland noch nie) gegeben.

In den Werkstätten des Landesmuseums Württemberg wurde die Tagung bereits am Vortag mit zwei Workshops zur elektrolytischen Silberreduktion eingeleitet. Die Workshops wurden von Christian Degrigny, Virginia Costa, Romain Jeanneret, Moritz Paysan und weiteren Kollegen durchgeführt. Sie stellten Geräte, Mess- und Arbeitsmethoden der „konsolidierenden Reduktion“ vor. Die Verwendung von verschiedenen Elektrolyten wurde ebenso erläutert wie spezielle Methoden der Reduktion im Bad oder der lokalen Reduktion. Vorgestellt wurde der „Pleco“, ein Handgerät zur lokalen elektrolytischen Reduktion, auf das noch näher eingegangen wird. Man konnte Geräteaufbauten und Arbeitsweisen kennenlernen und das Gerät selbst ausprobieren. Geduldig gingen die Kolleginnen und Kollegen auf alle Fragen ein.

Eine neue und sehr interessante Entwicklung ist die Initiative der Neuchâtelser Kollegen um Romain Jeanneret, Christian Degrigny u. a., die Herstellung und Anwendung des „Pleco“ möglichst vielen Kolleginnen und Kollegen zu erleichtern. Im Netz sind Dateien abrufbar, mit denen man in Fab-Labs sich für den Eigenbau viele Teile drucken bzw. schneiden lassen kann.¹ Eine ausführliche Anleitung zeigt, wie das Gerät montiert wird.

Das Tagungsprogramm, gegliedert in sechs Themenkomplexe, umfasste 20 Vorträge. Die Tagung spiegelte dann auch relativ repräsentativ die aktuelle Situation hinsichtlich des Kenntnisstandes, der Interpretation der Probleme, der Entscheidungswege und der Arbeitsmethoden der Kolleginnen und Kollegen in Deutschland wider.

Es soll im Folgenden der Versuch unternommen werden, ausgewählte Entwicklungen in den Sicht- und Arbeitsweisen sowie der Einführung neuer Methoden und Materialien zusammenzufassen. Versuch deshalb, da das gesprochene Wort flüchtig ist, die Abstracts nicht alle Informationen enthalten können und die Erinnerungen und Notizen subjektiv sind. Die Ausführungen in den folgenden Themengruppen erheben selbstverständlich keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Methoden der mechanischen Oberflächenbearbeitung

Schon im Titel der Tagung wurde jeder daran erinnert, dass ein traditionell großer Teil der Arbeiten darin besteht, Silberoberflächen mechanisch zu bearbeiten.

Die mechanischen Methoden kamen am ausführlichsten bei Moritz Paysan zur Sprache.² Anhand von Beispielen wurden mechanische und Kombinationen von mechanisch-chemischen Behandlungsmethoden vorgestellt. Es ging dabei um Praxiserfahrungen mit Polierpasten, wobei auch auf die Wirkung unterschiedlicher Härten und Korngrößen sowie schmierender Pastengrundlagen eingegangen wurde. Bei den erwähnten Schleifmaterialien wurde die große Bandbreite der Härten ersichtlich, die von relativ weich (Kreide) bis sehr hart (Deagglomerierte Tonerde, Diamantine, Al_2O_3) reicht. Als Kraftüberträger für den Schleifvorgang wurde neben Polierhölzern und Bambusstäben auch Neopolen genannt.

Auch bei der Behandlung der Silberoberfläche des Nürnberger Heiltumsschreins kam die mechanische Methode zur Anwendung, wobei nach Abnahme der Lackschichten partiell sehr dicke Sulfidschichten mit Schlämmkreide ausgedünnt wurden.³

Möglichst ohne abrasives Material wurde bei der Restaurierung einer Mitra aus dem Kloster Kreuzlingen gearbeitet.⁴ Bei der Bearbeitung des Objekts aus vergoldeten Silberreliefs, transluziden Emails, Gold- und Perlstickereien sollten alle Spuren verschiedener Gebrauchs- und späterer Reparatur- und Restaurierungsphasen ablesbar bleiben. Die Reinigung der Metalloberflächen erfolgte zuerst mit in Lösemitteln angefeuchteten Microfasertupfern und, wo notwendig, durch die Kombination von Microfaser- und Putztüchern.

Ein weiteres Arbeitsfeld bei der mechanischen Oberflächenbearbeitung beschäftigt sich mit der Überarbeitung von Oberflächen im Anschluss an Reduktionsbehandlungen. Je nach Prozesssteuerung verbleiben mehr oder weniger große Mengen der in metallisches Silber transformierten Korrosionsprodukte auf der Oberfläche. Im Idealfall behalten die fein verteilten Partikel der Originalsubstanz ihre Topografie bei. Da die Oberflächenerscheinung oft als ästhetisch nicht befriedigend eingeschätzt wird, schließt sich eine mechanische Behandlung an. Nach Costa erzielt man bei dieser nachträglichen Bearbeitung eine Verdichtung, wobei sich jedoch wieder die typischen Ergebnisse der mechanischen Behandlung ergeben.⁵ Von ihr wurde auch auf die Notwendigkeit hingewiesen, nach der Behandlung die innig mit dem Schleifmittel in Kontakt gebrachte Oberfläche wieder zu reinigen. Dazu wurde die Verwendung eines Dampfstrahlers von Moritz Paysan genannt. Virginia Costa machte deutlich, dass trotz guter Reinigung nach der mechanischen Bearbeitung Substanzen auf der Oberfläche zurückbleiben.

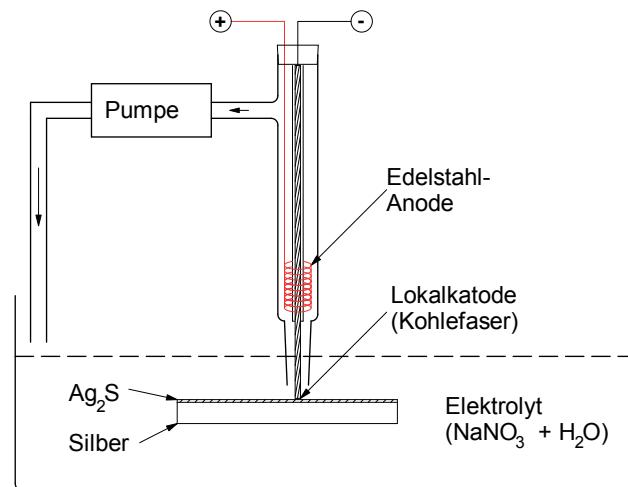
Die bei Silber sehr selten angewendeten Strahlverfahren, z. B. mit Kunststoff-Strahlmitteln, kamen auf der Tagung nicht zur Sprache.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass die mechanische Bearbeitung der Oberflächen nach wie vor fester Bestandteil der Arbeit ist. Bezuglich der Arbeitsweise beim mechanischen Abtrag von Korrosionsprodukten oder dem Polieren ist über die bekannten Publikationen hinaus⁶ nichts wesentlich Neues zu verzeichnen.

Methoden der elektrolytischen Silberreduktion

Die Arbeitsmethoden der elektrolytischen Reduktion wurden in den letzten Jahrzehnten weiterentwickelt. Wesentlich vorangetrieben wurden sie unter anderem von Christian Degrigny und Virginia Costa. Die neuen Entwicklungen betreffen die Details in der Anwendungstechnik.

Christian Degrigny gab einen sehr ausführlichen Überblick zur elektrolytischen Behandlung von Silber und vergoldetem Silber.⁷ Unter den vielen Arbeitsmethoden sieht er die elektrolytische Technik als die Methode an, die den ethischen



1

Arbeitsschema des Prototypen eines Gerätes zur lokalen elektrolytischen Reduktion, wie es im Rijksmuseum, Amsterdam, entwickelt wurde. Die Arbeitsspitze (Katode) besteht aus Kohlefasern. Der Elektrolyt an der Wirkstelle wird ständig abgesaugt.

Anforderungen am meisten entspricht. Korrodiertes Silber bzw. vergoldetes Silber wird dabei vor mechanischen Schäden und Materialverlust durch chemische Methoden bewahrt. Er stellte die nötige Geräte- und Materialausrüstung vor und erläuterte, wie Potenziale mithilfe eines Potentiostaten ermittelt werden und welche Bedeutung sie im Arbeitsprozess haben. Da der Prozess der konsolidierenden Reduktion durch die Dicke der Ag₂S-Schicht beeinflusst wird, sind vor der Reduktion potentiostatische Messungen an mehreren Stellen der Objektoberfläche nötig.

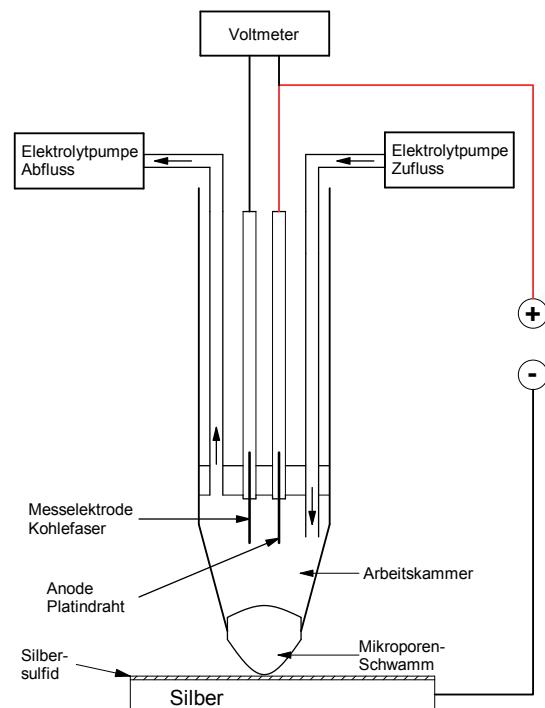
Romain Jeanneret stellte das oben bereits erwähnte Gerät „Pleco“ zur lokalen elektrolytischen Reduktion vor.⁸ Es wurde von einer größeren Arbeitsgruppe der Haute Ecole Arc, Studiengang Conservation-Restauration in Neuchâtel, entwickelt.⁹ Wer am Workshop teilgenommen hatte, hatte sich bereits von der recht einfachen Handhabbarkeit des „Pleco“ überzeugen können. Am Beispiel des Kopfreliquars St. Candide aus dem Kloster Saint-Maurice d’Agaune erläuterte Romain Jeanneret den Arbeitsablauf bei einer Restaurierung. Alle korrodierten Oberflächenbereiche wurden zuerst potentiostatisch vermessen, und die ermittelten Reduktionspotenziale wurden in eine Kartierung eingetragen. Die Reduzierung des Silbersulfids erfolgte dann mit dem „Pleco“-Stift nach den lokal ermittelten Werten. Die Reduktion kann dabei so geregelt werden, dass das Silbersulfid reduziert wird, jedoch kein Wasserstoffgas entsteht, das die reduzierten Silberpartikel von der Oberfläche reißt. Die Arbeitszone des „Pleco“ wird von einem Schwamm gebildet, der mit Elektrolyt getränkt ist (Abb. 1). Hinter diesem liegt die mit Elektrolyt gefüllte Arbeitskammer, in der sich die Anode (Edelstahl oder Platin) und die Referenzelektrode befinden.

Bei der Entwicklung des „Pleco“ wurden Ideen aufgegriffen, die bereits 2011 im Rijksmuseum Amsterdam zum Bau eines Gerätes zur lokalen elektrolytischen Reduktion geführt hatten. Sophie Hoffmann, die sich in ihrer Diplomarbeit mit der Erprobung von Freilegungs- und Reduktionsmethoden im Rijksmuseum Amsterdam beschäftigt hatte, stellte dieses Gerät vor.¹⁰ Die Reduktionsmethode war für das zu bearbeitende Objekt, den Merkel'schen Tafelaufsatzt, insofern interessant, als viele Teile aus äußerst fragilen Naturabgüssen bestehen, die keinerlei mechanischer Belastung ausgesetzt werden können. Gesucht wurde daher eine Methode zur lokalen Reduktion, wobei eine Oberflächenqualität erreicht werden sollte, die keiner mechanischen Nacharbeit bedarf. Zum „Pleco“ gibt es wesentliche Unterschiede. Der Amsterdamer Stift arbeitet mit lokaler Katode (Kohlenstofffaser) und auch lokaler Anode, der „Pleco“ nur mit einer lokalen Anode. Dadurch ergibt sich, je nach Modifikation der Stiftspitze, eine wesentlich kleinere Arbeitszone. Es wird außerdem mit einer direkten, kontinuierlichen Elektrolytpülung an der Objektoberfläche gearbeitet (Abb. 2). Dadurch sollte das reduzierte Silber daran gehindert werden, eine matt-weiße Oberfläche zu erzeugen. Die damalige Konstruktion konnte allerdings nur im Bad, also am eingetauchten Objekt, verwendet werden. Von allen Testreihen zu Reinigungs- und Freilegungsverfahren, u. a. der chemischen Behandlung, der Laserbehandlung sowie der Reduzierung im Atmosphärendruckplasma, wurden die Ergebnisse der elektrolytischen Reduzierung mit dem speziell entwickelten Stift von Sophie Hoffmann als die besten beurteilt.

Wie Christian Degrigny ging auch Moritz Paysan auf die Kombination elektrolytischer Reduktion und Oxidation zur Entfernung von Silbersulfid von vergoldeten Silberoberflächen ein. Im Bad eingetauchte Oberflächenbereiche können dabei mittels Cyclododecan oder Lack abgedeckt werden, um sie vor einer Reduktion zu schützen.

Estelle Ottenwelter stellte die Wieder-Restaurierung von Grabbeigaben innerhalb eines dreijährigen Forschungsprojektes vor. Bereits in den 1970er Jahren hatte man von den silbernen Schmuckstücken die Korrosionsprodukte mit Zyanidlösungen vollständig abgelöst. Durch ungeschützte Lagerung, Handhabung und Ausstellung waren sie inzwischen wieder mit einer dünnen Anlaufschicht bedeckt, die das eigentliche Aussehen des Silbers verändert hatte und ihre Lesbarkeit erschwerte. Fünfzig der 188 Objekte wurden für Forschung, Publikation und Ausstellung ausgewählt. Die Veränderungen seit der vorangegangenen Restaurierung machten dafür aus Sicht der Bearbeiter eine neuerliche Restaurierung unumgänglich. Grundlage der Entscheidung war das Verlangen, Ästhetik und Lesbarkeit wiederherzustellen. Die Entscheidung wurde trotz der Überlegung getroffen, dass die aufliegenden Korrosionsprodukte einen gewissen Schutz vor weiterer Korrosion boten.

Die Wahl der Behandlungsmethode fiel auf die elektrolytische Reduktion mit potenziostatischer Kontrolle, die als schonendste hinsichtlich mechanischer Belastung und even-



2

Schematischer Aufbau des „Pleco“. Das Objekt ist als Katode geschaltet, der Elektrolytaustausch erfolgt nicht direkt an der Wirkstelle.

tuellen Materialverlusts angesehen wurde. Auch hier wurden die Potenziale gemessen, um die Arbeitsparameter für die nachfolgende Reduktion festzulegen. Danach erfolgte in Natriumnitratlösung die kontrollierte Reduktion.

Corinna Krömer erwähnte in ihrem Vortrag zur Restaurierung zweier Silberpokale die Kombination elektrolytischer Reduktion und Bearbeitung mit Radierern, wie sie auch in der Papierrestaurierung verwendet werden.

Die Entwicklung neuer Geräte ist interessant, zumal der „Pleco“ von einer breiten Kollegenschaft genutzt werden könnte. Für die Methode der konsolidierenden Reduktion benötigt man jedoch, neben der normalen Laborausrüstung, einen Potenziostaten. Dieses Grundlagengerät ist teuer und steht vermutlich den meisten Kolleginnen und Kollegen nicht zur Verfügung. Es bietet aber die Möglichkeit, die Spannung am Objekt exakt so einzustellen, dass nur die gewünschten Reaktionen ablaufen.

Reduktion von Silbersulfid mittels Atmosphärendruckplasma

Während das Niederdruckplasma bereits seit längerer Zeit angewandt wird,¹¹ sind Anwendungen mit dem Atmosphärendruckplasma relativ neu. Je nach Prozessführung kann mit dem Atmosphärendruckplasma oxidierend oder reduzie-

rend gearbeitet werden. Auch das Abscheiden von Schichten ist möglich.

Am ausführlichsten beschäftigte sich Annika Maier mit dieser Technik. Sie untersuchte deren reduzierende Wirkung auf Silbersulfidschichten. Die Technik wurde als eine materialerhaltende und lokal anwendbare Alternative zu den klassischen Verfahren zum Entfernen der Sulfidierung eingeschätzt. Mithilfe einer Probenreihe wurden gängige Methoden, wie Putzen mit Kalziumkarbonat-Paste, elektrolytische Reduktion und Reduktion im Niederdruckplasma, der Behandlung im Atmosphärendruckplasma gegenübergestellt. Es zeigte sich, dass dünne Schichten gut reduziert werden konnten. Bei dickeren Schichten blieb ein Metallschwamm zurück, der noch unreduziertes Silbersulfid enthielt. Das Ergebnis wurde als rau und poröse Oberfläche beschrieben, wie sie auch bei der Behandlung im Niederdruckplasma oder bei der elektrolytischen Reduktion entsteht. Die getesteten Plasmajets bewirken unterschiedliche Energieeinträge und Oberflächentemperaturen. Die reduzierende Wirkung ist beim PlasmaTec (Oberflächentemperatur ca. 200 °C) höher als beim Plasmabrush (Oberflächentemperatur ca. 80 °C). Das Ergebnis bei der Reduzierung dünner Anlaufschichten wurde bei beiden Plasmajets als befriedigend beschrieben. Es tritt zwar kein Substanzerlust auf, aber der visuelle Eindruck war weniger überzeugend als beim Putzen mit Kalziumkarbonat-Paste.

Das nicht abrasive und lokal anwendbare, berührungslose Verfahren scheint für besonders fragile Objekte und Materialkombinationen eine interessante Alternative zu herkömmlichen Methoden zu sein. Auch Sophie Hoffmann hat daher für die Behandlung von extrem fragilen Naturabgüssen des Merkel'schen Tafelaufsatzen diese Methode in ihre Versuchsreihen aufgenommen. Gearbeitet wurde mit den schon genannten Geräten in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik in Braunschweig. Die Ergebnisse ähnelten denen, die Annika Maier vorgetragen hatte. Die Behandlung von Silber in einer mit Stickstoff gespülten Atmosphäre erwies sich als vorteilhaft. Vergleiche unter dem Rasterelektronenmikroskop zeigten, dass das Plasma die Topografie der Oberfläche nicht veränderte. Trotz recht guter Testergebnisse an Probeplättchen und Naturabgüssen beurteilte Sophie Hoffmann die elektrolytische Reduzierung mit dem speziell entwickelten Lokalkatodenstift als vielversprechender.

Im Vortrag von Anne Sicken ging es um die Restaurierung von Silberlahnen, einer Materialkombination aus Metall und Textil.¹² Aktive Korrosionsprodukte sollten, da schädlich für die Textilfasern, nach Möglichkeit schonend entfernt werden. Da konventionelle Verfahren zur Entfernung oder Reduktion von Korrosionsprodukten an Objekten mit Kombinationen aus Textil und Metall das textile Material schädigen, sollten Erfahrungen mit dem Atmosphärendruckplasma gesammelt werden. Der Schwerpunkt der Untersuchungen¹³ lag auf der lokalen Behandlung von Silberstickereien mit At-

mosphärendruck-Plasmajets. Die Ergebnisse des Atmosphärendruckplasma-Verfahrens an historischen Silberlahnen wurden konventionellen Verfahren gegenübergestellt. Es gab vielversprechende Ergebnisse mit einem kalten Jet, wobei der Schwefelanteil auf sulfidierten Silberlahnen deutlich reduziert werden konnte. In einigen Fällen konnten auch Chlor- und Sauerstoffverbindungen reduziert werden. Die Arbeitsergebnisse ließen für Anne Sicken den Schluss zu, dass die Technik für fragile Objekte und Materialkombinationen eingesetzt werden kann. Die Bearbeitung des Objektes wurde hier gegliedert in: „Reinigung von Schmutz“ und „Abtrag von Korrosionsprodukten“. Zum ersten Mal auf der Tagung fiel – eher zufällig – der Begriff „Freilegung“. Auf diese begriffliche Differenzierung der Arbeitsschritte soll noch eingegangen werden. Die Ergebnisse der vielfältigen Versuche mit dem Atmosphärendruckplasma wurden, im Einklang mit den allgemein vorherrschenden Zielvorstellungen, als erfolgversprechend beschrieben.

Die vielfältigen Versuche in Forschungsprojekten und Abschlussarbeiten deuten darauf hin, dass dem Verfahren ein großes Potenzial für die Anwendung in der Restaurierung beigemessen wird. Die Technik des Atmosphärendruckplasmas wird in der Industrie intensiv weiterentwickelt, wovon auch die Restauratoren profitieren könnten. Auch im EU-Projekt „Plasma and Nano for new Age soft Conservation“ wurden die Ergebnisse zur Behandlung von Silber als positiv bewertet.¹⁴ In diesem Projekt wurde von einem Projektpartner sogar ein neuer Plasmajet entwickelt, der speziell auf die Bedürfnisse der Konservierung und Restaurierung zugeschnitten ist.¹⁵

Laserbestrahlung und sonstige Methoden

Obwohl bei verschiedenen Untersuchungen die Ergebnisse der Laserbehandlung für ausgewählte Problembereiche in der Metallrestaurierung als durchaus befriedigend beschrieben wurden, wird diese Technik sehr selten angewandt. Die berührungslose Methode führt in den meisten Fällen im Bereich der Metallrestaurierung nicht zu den angestrebten Ergebnissen. Das gilt offenbar auch für Edelmetalle, obwohl auch hier Ergebnisse von Reinigungs- und Freilegungsversuchen mit Laserstrahlung als positiv, teilweise sehr positiv, beurteilt wurden.¹⁶ Insbesondere bei der Freilegung von Vergoldungen ohne chemische oder mechanische Einflüsse war der Laser erfolgreich.

Lediglich Moritz Paysan sprach in seinem Methodenüberblick die Anwendung des Lasers für Silberobjekte an. Das Arbeitsergebnis beim Abtrag dicker Anlaufschichten von gegossenen und ziselierten Silberleuchtern entsprach nicht seinen Erwartungen.

Chemische Methoden wurden in keinem Vortrag ausführlicher behandelt. In mehreren Vorträgen klang an, dass man von chemischen Behandlungsmethoden zur Auflösung der Silbersulfidschichten immer mehr Abstand nimmt. Vor allem

die Verwendung von „Silbertauchbädern“ soll zu einem schnelleren, zum Teil auch lokal verstärkten Anlaufen führen. Die Beobachtungen sind nicht von der Hand zu weisen, jedoch scheinen diese Nachteile gegenwärtig eher empirisch erfasst worden zu sein.

Korrosion von Silber und Silberlegierungen

Die grundsätzlichen Reaktionsabläufe bei der Sulfidierung sowie deren wesentliche Einflussgrößen wie Luftfeuchtigkeit, Carbonylsulfid und Schwefelwasserstoff kamen in mehreren Vorträgen zur Sprache. Lediglich Virginia Costa beschäftigte sich mit Problemen der Korrosion näher.¹⁷ Sie richtete ihren Fokus auf die besonderen Aspekte der Korrosion von Silber-Kupfer-Legierungen. Sie zeigte auf, dass die Bildung verschiedener Mischkristalle ebenso einen Einfluss auf das Korrosionsgeschehen hat wie Gefügeveränderungen durch Umformprozesse. Erläutert wurde von ihr auch die Möglichkeit einer potenziostatischen Messung der Korrosivität der Atmosphäre mithilfe einer Messzelle und exponierten Probeplatten aus Kupfer, Blei und Silber.

Der atmosphärischen Korrosion, einem Grundproblem der konservatorischen Arbeit, wurde im Rahmen der Tagung insgesamt relativ wenig Raum geschenkt. Über die Betrachtung der allgemein bekannten Einflussgrößen (Feuchtigkeit, Schwefelverbindungen) hinaus wurden weder die Kinetik des Vorgangs noch die Korrosionsprodukte und deren Wirkung auf das Gesamtsystem näher thematisiert. So kamen beispielsweise Stickoxide als Einflussgröße nicht zur Sprache. Ihnen kommt, besonders in Form von Stickstoffdioxid, möglicherweise eine nicht zu unterschätzende Rolle bei der atmosphärischen Korrosion zu. Sie verschieben den pH-Wert, wirken oxidierend und beeinflussen damit die Kinetik des Korrosionsvorganges äußerst negativ.¹⁸ Es ist ein starker synergetischer Effekt auf die Bildung von Ag_2S zu beobachten, wenn neben H_2S als Angriffsmittel auch NO_2 zugegen ist. Die Reaktionsraten, vor allem in feuchter Atmosphäre, können um einige Zehnerpotenzen höher sein als bei reinem H_2S in der Luft.¹⁹ Auch die Umstände des Korrosionsverhaltens bzw. Korrosionsfortschrittes bei unverändertem Erhalt überkommener, „natürlich gealterter“ Oberflächen eines historischen Silberobjektes wurden nicht thematisiert. Ein solcher Blick auf die Korrosionsentwicklung wurde, vermutlich im Einklang mit den allgemein vorherrschenden Zielvorstellungen zur Silberrestaurierung, offenbar auch nicht vermisst. Dem Korrosionsverhalten eines Metalles entsprechend, ist es bei historischen Objekten normal, dass sich auf der Oberfläche Korrosionsprodukte befinden. Das Objekt bildet damit eine materiell-historische Einheit. Für die Planung der weiteren Behandlungen stellt sich immer die Frage, wie sich die vorliegende Ausgangssituation auf die weitere Erhaltung der Originalsubstanz auswirkt. Nach anfänglich hoher Korrosionsrate behindert die sich ausbildende Silbersulfid-

schicht den Korrosionsprozess, so dass er verlangsamt wird.²⁰ Für die restauratorischen Maßnahmen wie das mechanische Abtragen oder die elektrochemische Reduktion von Korrosionsprodukten bedeutet das, dass die Oberflächen wieder in einen hochaktiven Zustand versetzt werden. Nach der Behandlung steigt also die Korrosionsgeschwindigkeit stark an, um sich dann, nach Ausbildung einer Deckschicht, wieder zu verlangsamen. Das geht, zumindest anfänglich, mit einem erhöhten Substanzverlust einher.

Korrosionsschutz

Die Überlegungen und Maßnahmen hinsichtlich des Korrosionsschutzes wurden vor dem Hintergrund freigelegter oder reduzierter, also metallisch blander Oberflächen angestellt. Probleme des Erhaltes bzw. der Konservierung gealterter, also mit Korrosionsprodukten bedeckter Oberflächen wurden nicht diskutiert. Objektbeispiele, bei denen es explizit um das Problem des Erhaltes solcher Oberflächen gegangen wäre, wurden nicht vorgestellt.

Korrosionsschutz durch Beschichtungen

Wird beschichtet, so werden verschiedene, etablierte Lacke verwendet. Die Produkte gelten als relativ sicher und gewährleisten für einen überschaubaren Zeitraum relativ guten Schutz. Wird die ästhetische Beeinträchtigung durch eine Beschichtung als zu erheblich beurteilt, entscheidet man sich, nicht zu lackieren.

Michael Wagner ging ausgiebig auf die Konservierung von Objekten mit Lacken im Grünen Gewölbe ein.²¹ Trotz inzwischen guter Raumluftkonditionierung werden frei stehende Objekte nach wie vor lackiert. Es erfolgt üblicherweise eine Tauchlackierung mit Pantarol A, einem acrylbasierten Lack. Interessant war die Bemerkung, dass einige zu DDR-Zeiten mit Paraloid B72 lackierte Objekte noch immer in akzeptablem Zustand sind. Das zeigt, dass die verhältnismäßig einfache Maßnahme einer Lackierung durchaus über Jahrzehnte hinweg erfolgreich Schutz bieten kann.

Jonas Jückstock berichtete über Parylenschichten, die im Rahmen eines Forschungsprojekts „Plasmatechnologie“ der Forschungsallianz Kulturerbe 2011 an der TU München versuchsweise auf Silber appliziert wurden.²² Aus technischer Sicht bieten Parylenbeschichtungen interessante Vorteile, da sie extrem dünn und porenfrei sind. Durch die Deposition über die Gasphase haben sie eine gleichmäßige Schichtdicke und keine Kantenflucht. Es wurden Schichten von 0,5 µm, 1,5 µm und 3,5 µm Dicke abgeschieden und verschiedenen Tests unterzogen, um ihre Eignung als Schutzschicht zu untersuchen. Ihre chemische Beständigkeit, mechanische Belastbarkeit sowie UV-Beständigkeit wurden als gut eingeschätzt. Auch wenn der extreme technische Aufwand, die eingeschränkte Reversibilität²³ und das Fehlen von

Erfahrungen gegenwärtig nicht an eine breite Anwendung denken lassen, sind Tests dieser Art sehr wertvoll. Ob die angesprochene Alterungsbeständigkeit von 30–50 Jahren tatsächlich angenommen werden darf, sei dahingestellt, da dies bisher nur Laborversuche vermuten lassen.

Auf andere Entwicklungen, wie z. B. den Schutz durch mehrfachen, ultradünnen Schichtaufbau²⁴, wurde im Rahmen der Tagung nicht eingegangen.

Überzüge und Inhibitoren

Die Verwendung von Korrosionsinhibitoren wurde nicht thematisiert. Für den Autor ließ sich daher kein Meinungsbild ableiten, ob entsprechende Substanzen als nicht ausreichend wirkungsvoll oder als praktisch nicht einsetzbar angesehen werden. Thiole²⁵, wie sie beispielsweise bei geschlossenen Systemen in der Elektrotechnik verwendet werden, sind nicht im Gebrauch. In der Industrie gab es vor langerer Zeit Versuche, SiO₂-Schichten als Korrosionsschutzüberzüge zu verwenden. Das Verfahren konnte sich jedoch nicht etablieren. Die schlechte Reversibilität solcher Überzüge lässt die Technik als Methode für historische Objekte eher ausscheiden. Mit den neuen Möglichkeiten des Atmosphärendruckplasmas könnte die Abscheidung von SiO₂-Schichten jedoch wieder ins Blickfeld geraten, denn reversible Beschichtungen ließen sich mit SiO₂-Schichten weitgehend gasdicht machen.

Korrosionsschutz durch präventive Konservierung

Einen breiten Raum nahmen Erhaltungsmaßnahmen durch präventive Konservierung, d. h. Maßnahmen ohne direkte Eingriffe am Objekt, ein. Die wichtigste Rolle spielen dabei Vitrinen. Sie sollen, neben Schutz vor mechanischen Belastungen und Diebstahl, den wesentlichen Beitrag zum Korrosionsschutz leisten, indem – im Sinne des aktiven Korrosionsschutzes – über die Veränderung der Umgebungsbedingungen der Zustand des korrodierenden Systems direkt beeinflusst wird. In vielen Museen wird, meist in Zusammenarbeit mit Vitrinenherstellern, an der Verbesserung von Vitrinen gearbeitet. Die Vitrinenklimata werden passiv oder aktiv so optimiert, dass eine Konservierung der Oberfläche als nicht nötig erachtet wird.

Michael Wagner ging auf die recht ausgefeilte Klimatisierung der Vitrinen im Grünen Gewölbe ein, wo moderne Klima- und Vitrinentechnik für nahezu optimale Bewahrungs- und Präsentationsbedingungen sorgen.²⁶ Ganz besondere Herausforderungen hinsichtlich der Konservierung ergeben sich in den Räumen des rekonstruierten historischen Grünen Gewölbes. Da die Objekte hier auf historischen Konsolwänden frei aufgestellt sind, müssen die Räume mit einer aufwendigen Raumluftkonditionierung betrieben werden. In den an-

deren Räumen gibt es verschiedene Vitrinentypen. Bei passiv klimatisierten wird die Luft mit Umluftsystemen über mehrlagige Filter geleitet, aktiv klimatisierte Vitrinen arbeiten mit Kleinklimasystemen. Seine Erfahrung, dass nicht lackierte Silberobjekte auch in diesen Vitrinen anlaufen, war ernüchternd und machte das Grundproblem der konservatorischen Arbeit deutlich.

In diesem Sinne könnte man den Vortragstitel von Katharina Schmidt-Ott „Erhaltung von Silber – was kommt nach der Reinigung?“, als die eigentlich zentrale Frage ansehen.²⁷ Für eine langfristige und nachhaltige Erhaltung kulturhistorischer Silberobjekte wird im Schweizerischen Nationalmuseum großer Wert auf präventive Maßnahmen zur Konservierung im Depot und in der Ausstellung gelegt. Sie umfassen alle Bereiche des Umgangs mit kulturhistorischen Silberobjekten von der Handhabung, Lagerung, Verpackung bis zur Präsentation in der Ausstellung. Dabei spielt die Verwendung von Schadstoffabsorbern und Filtern im Depot und in der Ausstellung eine wesentliche Rolle. Die Maßnahmen werden begleitet durch ein ausgiebiges System zur Messung und Überwachung von relevanten Schadstoffen. Die Korrosivität der Atmosphäre wird mit einem Korrosions-Datenlogger²⁸ überprüft. Bei der Auswahl von Materialien für Depot und Ausstellung orientiert man sich am Schema für „Bewertung von Emissionen aus Materialien für Museums-Ausstattungen“ (BEMMA-Schema). Das Schema beinhaltet einen Katalog von Analysemethoden für ausgewählte Schadstoffe und einen Kriterienkatalog, der festhält, in welchen Mengen die Schadstoffe nachweisbar sein dürfen. Ein Produkt besteht die Prüfung nicht, wenn einer der Emissionswerte überschritten wird. Alle im Museum verwendeten Materialien werden standardmäßig mit dem Oddy-Test geprüft.

Auch die von Annika Dix und Ute Meyer-Buhr vorgestellte Konservierungsstrategie für den Nürnberger Heiltumschrein zielt auf präventive Konservierung ab.²⁹ Der Schrein wird in einer über drei Meter hohen Vitrine aus Stahl und Glas aufbewahrt, in welcher er frei an der Decke hängt. In der aktiv klimatisierten Vitrine werden Schadstoffe entfernt. Sie ist das Ergebnis einer aufwendigen Planung für einen nicht zu klimatisierenden, historischen Raum. Seit den 1970er Jahren war der Heiltumsschrein durch eine Lackschicht vor dem Anlaufen geschützt, die unterdessen schadhaft geworden und vergraut war. Mit der neuen Aufbewahrungssituation wurde auf eine konservierende Beschichtung der Metalloberflächen verzichtet.

Diskussion restaurierungsethischer Fragen und Überlegungen

Die überwiegende Zahl der Vorträge widmete sich ausführlich der Darstellung der restauratorischen und konservatorischen Arbeit. Jahrelang bewährte Arbeitstechniken kamen ebenso zur Sprache wie ganz neue Ansätze, zu denen es noch kaum praktische Erfahrung gibt. In zahlreichen Vorträ-

gen wurden restaurierungsethische Überlegungen erwähnt, größere restaurierungsethische Probleme bei der Ausrichtung ihrer Arbeitsweise und Methodenfindung wurden von Seiten der Vortragenden nicht dargestellt. Zwei der zwanzig Vorträge beschäftigten sich ausdrücklich mit restaurierungsethischen Themen rund um die Restaurierung von Silber bzw. vergoldetem Silber. Die leider immer sehr begrenzte Zeit für Diskussionen am Ende jedes Vortrags wurde rege genutzt, jedoch wurden von Seiten des Auditoriums restaurierungsethische Probleme nur zurückhaltend diskutiert. Es entstand der Eindruck, dass es zum grundsätzlichen Ansatz bei der Entscheidungsfindung darüber, wie mit den überkommenen Oberflächen umgegangen werden soll, eine weitgehende Übereinstimmung gibt. In einer Zusammenschau auf die Vorträge, aber auch auf die üblicherweise durchgeführten Restaurierungen an Silber kann man feststellen, dass als Arbeitsziel nahezu ausschließlich eine mehr oder weniger vollständige Entfernung der Sulfidierung formuliert wird. Entsprechend der Objektumstände wird dann die Methode bzw. eine Methodenkombination gewählt, die einen relativ geringen Materialverlust verspricht. In den Begründungen zu Entscheidungsfindungen, wie sie in den Vorträgen zu hören waren, muss man zu dem Schluss kommen, dass ästhetischen Aspekten unangefochten das Pramat zukommt. Überlegungen zur Ästhetik und zur „Lesbarkeit des Objektes“ rechtfertigen praktisch immer, dass die vorliegende Oberfläche verändert wird. Veränderungen durch Korrosionsprozesse werden überwiegend als ästhetischer Störfaktor bewertet, in der Regel von so erheblich störender Wirkung, dass ein schwerwiegender Eingriff – und das sind die üblichen Methoden – gerechtfertigt werden kann. Lediglich im Vortrag von Anne Sicken wurde als Entscheidungsgrundlage für die Maßnahmen am Objekt die konservatorische Notwendigkeit vor ästhetischen Gesichtspunkten angeführt.³⁰ Zumindest im Rahmen der Tagung gab es kein Objektbeispiel, bei dem ästhetische Probleme bewusst hingenommen wurden, um die historische Oberfläche so zu bewahren, wie sie vorgefunden wurde. In Konsequenz dieser Entscheidungen blieb keine Oberfläche in ihrem materiell-historischen Kontext unangestastet. Lediglich bei der Bearbeitung der Mitra³¹ und des Merkel'schen Tafelaufsatzes³² wurden die Oberflächen nicht eingreifend bearbeitet. Die oft besondere Ästhetik von Silberobjekten des künstlerischen und kunsthandwerklichen Schaffens in Verbindung mit den ihnen zuerkannten, besonderen Werten (z. B. bei Regula Luginbühl Wirz: „Silberschatz von europäischem Rang“)³³ haben vermutlich einen großen Einfluss auf die Entscheidungsprozesse. Infolgedessen werden Objekte mit durch Korrosion verursachten Altersspuren, seien sie jüngerer oder älterer Natur, fast prinzipiell als nicht ausstellbar gewertet. Dementsprechend wurde auch dem Korrosionsverhalten von mit Korrosionsprodukten bedeckten Oberflächen keine Aufmerksamkeit geschenkt. Das ist bedauerlich, ist doch die Einbeziehung der passivierenden Wirkung von Deckschichten sonst innerhalb der Bemühungen um Korrosionsschutz ein wichtiges Thema.

In diesem Zusammenhang wäre auch zu fragen, ob der Begriff „Reinigen“ in der Bedeutung, mit der er gegenwärtig im konservatorischen Arbeitsalltag gebraucht wird, noch ausreichend präzise ist. Der Vortrag von Christine Kowalski befasste sich mit dem Begriff, wie er in verschiedenen Quellen im Zusammenhang mit Silber verwendet wurde.³⁴ Da es um historische Quellen, nicht um den Restauratorenalltag ging, zeigten sich nicht die Probleme der Gegenwart. Im allgemeinen Sprachgebrauch in der Kollegenschaft, aber auch in den Vorträgen wurde das mechanische Abtragen der Korrosionsprodukte (Silbersulfid) ebenso wie das elektrolytische oder plasmatechnische Reduzieren universell als „Reinigung“ bezeichnet. Auch das chemische Auflösen von Korrosionsprodukten wird als „Reinigung“ bezeichnet. Da es sich bei den Korrosionsprodukten nicht um „Fremdstoffe“, sondern um umgesetzte Originalsubstanz handelt, ist es fraglich, ob der Begriff „Reinigung“ hier tatsächlich angebracht ist. In der archäologischen Restaurierung wird für das Abtragen von Korrosionsprodukten der Begriff „Freilegung“ benutzt. Die elektrochemische Reduktion kann man eher als Technik der Transformation ansehen denn als Reinigung. Wird der Begriff „Reinigen“ unpräzise verwendet, kann sich das im Entscheidungsprozess auswirken. Mit dem Begriff werden massiv und irreversibel in die Originalsubstanz eingreifende Maßnahmen verbrämt und verharmlost, auch wenn sie als gerechtfertigt angesehen werden. Alle am Entscheidungsprozess Beteiligten, besonders auch die Nicht-Restauratoren, müssen soweit wie möglich Klarheit über den Charakter der Maßnahmen erhalten. Im gesamten Entscheidungsprozess, der Diskussion um Für und Wider von Originalsubstanz und Ästhetik, sollten sich alle der Konsequenzen der ange strebten Arbeitsergebnisse bzw. der ausgewählten Arbeitsmethoden bewusst sein.

Regula Luginbühl Wirz stellte in ihrem Vortrag „Restaurator versus Kurator – Showdown am Objekt“ viele wichtige Fragen, wie sie in der Entscheidungsfindung immer wieder auftreten:³⁵ ob bestimmte Spuren zur Geschichte des Objekts gehören, die es zu erhalten gilt, wie weit der vermeintlich ursprüngliche Zustand wiederhergestellt werden kann und wer letztendlich darüber entscheiden soll, welche Maßnahmen durchgeführt werden. Wer im Vortrag jedoch eine wirkliche Auseinandersetzung zwischen verschiedenen Interessen gruppen erwartet hatte, wurde leider enttäuscht. Vorstellbar wäre eine Auseinandersetzung gewesen, bei der ein Restaurator als Anwalt des Objektes vehement das Dokument im überkommenen Zustand und jede noch so kleine Menge an Originalsubstanz verteidigt hätte, während dem Kurator eher ästhetische, historische und andere Aspekte wichtig sind. In einem kollegialen, fachlich-sachlichen, manchmal auch schmerzhaften Entscheidungsprozess einigt man sich nach Abwägung aller Aspekte auf einen Weg, der von möglichst allen Beteiligten als eine für das Objekt gute Lösung akzeptiert wird. Die hier ausgebliebene Zuspitzung gibt etwas von der Stimmung der Tagung wieder: Viele restaurierungsethische Probleme stehen im Raum, werden aber kaum diskutiert.

Corinna Krömer schilderte in ihrem Vortrag die Entscheidungswege und Vorgehensweisen bei der Restaurierung zweier Pokale aus Silber.³⁶ Dabei wurden Entscheidungsprozesse angesprochen, wie sie vermutlich nicht selten vorkommen. Der Auftraggeber wünschte eine Restaurierung der bräunlich-schwarz, zum Teil fleckig korrodierten Pokale. Sie sollten wieder glänzen, da der korrodierte Zustand dem Betrachter in der Ausstellung nicht zugemutet werden könnte, zumal er ein Zeichen für die Vernachlässigung in den letzten Jahren sei. Die Einschätzungen „vernachlässigt“ und „ungepflegt“ implizierten gleichsam, dass die Spuren dieses Zeitabschnittes zwingend zu tilgen wären, obwohl oder gerade weil über ihn nichts Näheres bekannt war. Den gealterten Silberoberflächen wurde kein dokumentarischer Wert zugeschrieben, sie wurden nicht als authentisch und zum Objekt gehörig angesehen. Die Korrosionsprodukte wurden von beiden Pokalen entfernt, wenngleich bei den Objekten mit eher passiver Oberfläche und Korrosionsprodukten ohne korrosives Potenzial dazu aus konservatorischer Sicht keine Veranlassung gesehen wurde. Die Verbesserung der Lesbarkeit der Objekte reduziert sich in diesem Fall eher auf eine bequeme Erkennbarkeit des Werkstoffes. Mit dem Bestreben, restaurierungsethische Grundsätze einzuhalten, wie sie u. a. bei Janis formuliert sind (z. B.: Authentizität des vorgefundenen Zustands ist wichtigster Maßstab, nicht die Annäherung an einen fiktiven ursprünglichen Zustand, oder: Restaurierung soll eher Ausnahmeharakter haben),³⁷ konnte sich die Restauratorin nicht durchsetzen.

Dicht gepackt brachten die beiden Tage der Veranstaltung eine Fülle von Informationen. Sicher hat jeder, sei es aus den Vorträgen oder angeregten persönlichen Gesprächen, Anregungen für seine Arbeit mitnehmen können.

Prof. Dipl.-Rest. Jörg Freitag
 Fachhochschule Potsdam
 Studienrichtung Konservierung und Restaurierung - Metall
 Kiepenheuerallee 5
 14469 Potsdam
 freitag@fh-potsdam.de

Anmerkungen

- 1 <http://www.fablab-neuch.ch/pleco>
- 2 PAYSAN 2014
- 3 DIX/MEYER-BUHR 2014
- 4 BLEIER et al. 2014
- 5 COSTA 2014
- 6 Z. B. WHARTON et al. 1990 und SCHMIDT-OTT 1996
- 7 DEGRIGNY et al. 2014b
- 8 DEGRIGNY et al. 2014a
- 9 Arbeitsgruppe in einem Forschungsprojekt, in dem es um die Entwicklung innovativer elektrolytischer Methoden für die Behandlung von Objekten des Schatzes des Klosters Saint-Maurice d'Agaune ging
- 10 Entwickelt und gebaut von Arie Pappot, Joosje van Bennekom und Sophie Hoffmann
- 11 HIRSCHBERGER 1995; SCHMIDT-OTT 2009
- 12 SICKEN 2014
- 13 In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST in Braunschweig und dem Institut für Restaurierungs- und Konservierungswissenschaften der Fachhochschule Köln
- 14 Vortrag von Patrick Storme, University of Antwerp: PANNA -Plasma and Nano for New Age “soft” conservation – Atmospheric plasma treatments on Metals. Berlin, 04.09.2014
- 15 Plasma stylus, entwickelt von Nadir Srl (Venedig, Italien)
- 16 WIEDEMANN et al. 2006
- 17 COSTA 2014
- 18 KIM 2003, S. 247
- 19 PLETKA 2009, S. 1590
- 20 KIM 2003, S. 243; FRANEY et al. 1985, S. 136–137; auch verschiedene Korrosionsfachleute sehen Silbersulfidschichten nicht als potenziell schädigend an, sondern eher im Sinne einer Schutzschicht, die die weitere Korrosion bremst. Mündl. Mitteilung: Dr. Manfred Baumgärtner (Stellv. Abteilungsleiter im Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie) und Dr. Wolf-Dieter Schulz (ehemals Institut für Korrosionsschutz, Dresden).
- 21 WAGNER 2014
- 22 JÜCKSTOCK 2014
- 23 Abtrag durch Strahlen oder im Plasma möglich, mit Lösemitteln gegenwärtig nicht möglich
- 24 Z. B. LANGECKER et al. 2012
- 25 KARTLÜLE et al. 1992
- 26 WAGNER 2014
- 27 SCHMIDT-OTT 2014
- 28 Verwendet wird u. a. der AirCorr O-Logger, eine Entwicklung mehrerer Projektpartner: Institut de la Corrosion/French Corrosion Institute (ICO), Fraunhofer-Institute for Electron Beam and Plasma Technology, Institute of Chemical Technology, Prague (ICT), Centre de recherche et de restauration des musées de France, Département Conservation préventive (C2RMF), Schweizerisches Nationalmuseum, Collections Centre, Department of Conservation Research (SNM), The National Museum of Denmark (NATMUS).
- 29 DIX/MEYER-BUHR 2014
- 30 Aktive Korrosionsprodukte sollten aus textilkonservatorischer Sicht entfernt werden. SICKEN 2014
- 31 Auf Nachfrage sinngemäße Antwort: Wurde nicht als nötig erachtet.
- 32 Auf Nachfrage sinngemäße Antwort: Man konnte sich noch nicht entscheiden.
- 33 LUGINBÜHL WIRZ 2014b
- 34 KOWALSKI 2014a und KOWALSKI 2014b
- 35 LUGINBÜHL WIRZ 2014a
- 36 KRÖMER 2014
- 37 JANIS 2005, S. 137

Literatur

- BLEIER et al. 2014: Hans-Joachim Bleier/Manuela Scheurer/Caroline Vogt, Ein Glanzstück im Historischen Museum Thurgau in Frauenfeld: Die Mitra aus dem Kloster Kreuzlingen. In: Fachgruppe Kunsthåndwerkliche Objekte im Verband der Restauratoren e.V. (Hrsg.): Let's putz Silber? Eine Bestandsaufnahme zur Silberreinigung. Programm und Zusammenfassung der Vorträge. Bonn 2014, S. 11
- COSTA 2014: Virginia Costa, The conservation of silver artefacts: state of the art. In: Fachgruppe Kunsthåndwerkliche Objekte im Verband der Restauratoren e.V. (Hrsg.): Let's putz Silber? Eine Bestandsaufnahme zur Silberreinigung. Programm und Zusammenfassung der Vorträge. Bonn 2014, S. 6
- DEGRIGNY et al. 2014a: Christian Degrigny/Carole Baudin/Romain Jeanneret/Gaëtan Bussy/Hélène Carrel/Denise Witschard, The PLECO: an innovative electrolytic pencil for the localised cleaning of tarnished silver on silver/ wood composite artefacts. In: Fachgruppe Kunsthåndwerkliche Objekte im Verband der Restauratoren e.V. (Hrsg.): Let's putz Silber? Eine Bestandsaufnahme zur Silberreinigung. Programm und Zusammenfassung der Vorträge. Bonn 2014, S. 8
- DEGRIGNY et al. 2014b: Christian Degrigny/Denise Witschard/Romain Jeanneret, The electrolytic cleaning of tarnished silver and gilded silver artefacts: an overview and new developments. In: Fachgruppe Kunsthåndwerkliche Objekte im Verband der Restauratoren e.V. (Hrsg.): Let's putz Silber? Eine Bestandsaufnahme zur Silberreinigung. Programm und Zusammenfassung der Vorträge. Bonn 2014, S. 7
- DIX/MEYER-BUHR 2014: Annika Dix/Ute Meyer-Buhr, Heiltumsschrein im Schneewittchensarg. In: Fachgruppe Kunsthåndwerkliche Objekte im Verband der Restauratoren e.V. (Hrsg.): Let's putz Silber? Eine Bestandsaufnahme zur Silberreinigung. Programm und Zusammenfassung der Vorträge. Bonn 2014, S. 14
- FRANEY et al. 1985: J. P. Franey/G. W. Kammlott/T. E. Graedel, The corrosion of silver by atmospheric sulfurous gases. In: Corrosion Science 25 (2), 1985, S. 133–143
- HIRSCHBERGER 1995: Antje Hirschberger, Plasmabehandlung von Silberoberflächen im Verbund mit Seide am Beispiel von Stickereien und Webereien. Diplomarbeit. Fachhochschule Köln, Köln 1995
- JANIS 2005: Katrin Janis, Restaurierungsethik im Kontext von Wissenschaft und Praxis. München 2005.
- JÜCKSTOCK 2014: Jonas Jückstock, Parylenbeschichtung als Schutzüberzug von Silberoberflächen. In: Fachgruppe Kunsthåndwerkliche Objekte im Verband der Restauratoren e.V. (Hrsg.): Let's putz Silber? Eine Bestandsaufnahme zur Silberreinigung. Programm und Zusammenfassung der Vorträge. Bonn 2014, S. 13
- KARTLÜLE et al. 1992: D. Kartlüle/R. R. Scholz/M. J. Funk/M. E. Baumgärtner, Anlaufschutz und Reibminderung mit Thiolen auf Silberoberflächen. Prof. Dr. Ch. Raub zum 60. Geburtstag gewidmet. In: Galvanotechnik 83 (6), 1992, S. 1918–1926
- KIM 2003: H. Kim, Corrosion process of silver in environments containing 0.1 ppm H₂S and 1.2 ppm NO₂ / Korrosionsprozess von Silber in Umgebungen mit 0,1 ppm H₂S und 1,2 ppm NO₂. In: Materials and Corrosion 54, 2003, S. 243–250
- KOWALSKI 2014a: Christine Kowalski, „Er wird sitzen und schmelzen und das Silber reinigen“ Maleachi 3,3 – Zur Erwähnung von Silber und seiner Reinigung. In: Fachgruppe Kunsthåndwerkliche Objekte im Verband der Restauratoren e.V. (Hrsg.): Let's putz Silber? Eine Bestandsaufnahme zur Silberreinigung. Programm und Zusammenfassung der Vorträge. Bonn 2014, S. 6
- KOWALSKI 2014b: Christine Kowalski, Silberreinigung = Verhüttung, Weißsieden oder Putzen? Überlegungen zur sprachlichen Verwendung in den Quellen. In: Restauro 120 (4), 2014, S. 32–33
- KRÖMER 2014: Corinna Krömer, Der Zweck heiligt die Mittel? Zwei Pokale als Beispiele für unterschiedliche Herangehensweisen bei Konservierung und Restaurierung. In: Fachgruppe Kunsthåndwerkliche Objekte im Verband der Restauratoren e.V. (Hrsg.): Let's putz Silber? Eine Bestandsaufnahme zur Silberreinigung. Programm und Zusammenfassung der Vorträge. Bonn 2014, S. 15
- LANGECKER et al. 2012: Jens Langecker/Helene Ritter/Audrey Fichini/Patrick Rupper/Markus Faller/Barbara Hanselmann, Ultrathin, flexible, and transparent polymer multilayer composites for the protection of silver surfaces. In: ACS Appl Mater Interfaces 4 (2), 2012, S. 619–627. DOI: 10.1021/am2015684
- LUGINBÜHL WIRZ 2014a: Regula Luginbühl Wirz, Restaurator versus Kurator – Showdown am Objekt. In: Fachgruppe Kunsthåndwerkliche Objekte im Verband der Restauratoren e.V. (Hrsg.): Let's putz Silber? Eine Bestandsaufnahme zur Silberreinigung. Programm und Zusammenfassung der Vorträge. Bonn 2014, S. 15
- LUGINBÜHL WIRZ 2014b: Regula Luginbühl Wirz, Showdown in der Schatzkammer – Restaurator versus Kuratorin. In: Restauro 120 (4), 2014, S. 28–31
- PAYSAN 2014: Moritz Paysan, Einer für alle? – Alle für Silber? Zur Auswahl von Silberreinigungsmethoden. In: Fachgruppe Kunsthåndwerkliche Objekte im Verband der Restauratoren e.V. (Hrsg.): Let's putz Silber? Eine Bestandsaufnahme zur Silberreinigung. Programm und Zusammenfassung der Vorträge. Bonn 2014, S. 7
- PLETKA 2009: H. D. Pletka, Silber. In: Egon Kunze (Hrsg.): Korrosion und Korrosionsschutz. Korrosion der verschiedenen Werkstoffe, Bd. 2. Unter Mitarbeit von Gerhard Kreysa und Michael Schütze. Berlin (u. a.) 2009, S. 1583–1601
- SCHMIDT-OTT 1996: Katharina Schmidt-Ott, Reinigung von Silberoberflächen. Diplomarbeit. Institut für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart 1996
- SCHMIDT-OTT 2009: Katharina Schmidt-Ott, Erhaltung von Kulturgütern. Das Plasma in der Metallkonservierung – Möglichkeiten und Grenzen (Collectio archaeologica, 7). Zürich 2009
- SCHMIDT-OTT 2014: Katharina Schmidt-Ott, Erhaltung von Silber – Was kommt nach der Reinigung? In: Fachgruppe Kunsthåndwerkliche Objekte im Verband der Restauratoren e.V. (Hrsg.): Let's putz Silber? Eine Bestandsaufnahme zur Silberreinigung. Programm und Zusammenfassung der Vorträge. Bonn 2014, S. 14
- SICKEN 2014: Anne Sicken, Atmosphärendruck-Plasmaverfahren: Ein neuer Ansatz zur Reinigung von silberhaltigen historischen Textilien. In: Fachgruppe Kunsthåndwerkliche Objekte im Verband der Restauratoren e.V. (Hrsg.): Let's putz Silber? Eine Bestandsaufnahme zur Silberreinigung. Programm und Zusammenfassung der Vorträge. Bonn 2014, S. 10
- WAGNER 2014: Michael Wagner, Reinigung & Konservierung silberner bzw. silbervergoldeter Objekte aus dem Sammlungsbestand des Grünen Gewölbes, Dresden. Retrospektiv – Prospektiv. In: Fachgruppe Kunsthåndwerkliche Objekte im Verband der Restauratoren e.V. (Hrsg.): Let's putz Silber? Eine Bestandsaufnahme zur Silberreinigung. Programm und Zusammenfassung der Vorträge. Bonn 2014, S. 11
- WHARTON et al. 1990: G. Wharton/S. Lansing Maish/W. S. Ginell, A Comparative Study of Silver Cleaning Abrasives. In: Journal of the American Institute for Conservation (JAIC), 29, 1990, S. 13–31
- WIEDEMANN et al. 2006: Günter Wiedemann/Andreas Kempe/A. Panzner/Wolfgang Conrad/Michael Meier, Edelmetalle. Laserstahlreinigung von Vergoldungen. In: Modellhafte Anwendung der Laserstrahltechnologie zur Reinigung von national wertvollen umweltgeschädigten Kulturgütern aus Metall. Möglichkeiten und Grenzen in der Restaurierung am Beispiel von Bronze- und Eisendenkmälern. Abschlussbericht zum DBU-Förderprojekt AZ 18843-45. Hrsg. v. Deutsche Bundesstiftung Umwelt und Fraunhofer Institut für Silicatforschung. Unter Mitarbeit von Günter Wiedemann, Thomas Hutsch, Stephanie Mälzer und Andreas Kempe. Dresden/Bronnbach 2006

Abbildungsnachweis

Abb. 1–2 Autor