

Geheimnisvolles Zwischgold

Text Alexandra von Ascheraden

Zwischgold war ein Hightech-Nanomaterial im Mittelalter, das häufig zum Vergolden beispielsweise von Statuen eingesetzt wurde. Es war billiger als reines Blattgold, da es zum Grossteil aus Silber besteht. Weil so gut wie nichts über den Herstellungsprozess des Materials überliefert ist, stellt es heute die Restauratorinnen und Restauratoren vor grosse Herausforderungen.



Die Vergoldung der zentralen Altarfigur Maria des Baldachinaltars von 1420 aus Leiggern (Ausserberg VS) wurde für die Forschung untersucht. (Bild: Schweizerisches Nationalmuseum)

Gold fasziniert die Menschen von jeher. Die Kunst des Vergoldens ist uralte. Mit einem Gramm Gold, das vom Goldschläger fachkundig auf 0,1 Mikrometer gehämmert wurde, konnte man einen halben Quadratmeter Goldfolie herstellen. Auch im Mittelalter war aber nicht alles Gold, was glänzt. Nicht jeder hatte das Budget für grosszügige vergoldete Flächen. Eine günstige Alternative war das heute weitgehend vergessene so-

genannte Zwischgold. Dabei handelt es sich um eine Folie, bei der nur die Vorderseite aus einem minimalen Blattgoldfilm besteht. Dieser ist auf eine deutlich dickere Blattsilberfolie aufgebracht.

Dieses Material war deutlich billiger als reines Blattgold und wurde daher gern und grosszügig verwendet. Die mittelalterlichen Handwerker hielten die Herstellungsmethode nirgendwo fest, sodass man heute nicht mehr genug darüber weiss. So versuchten sie sich vermutlich vor Konkurrenten zu schützen.

Enorme Präzision

Nun konnte man erstmals dreidimensionale Bilder winziger Details der inneren Strukturen dieser Folien anfertigen. In diesen Makroaufnahmen zeigt sich, dass die Fertigungsmethode hoch entwickelt und verblüffend exakt war. Es handelt sich beim Zwischgold tatsächlich um eine Art mittelalterliches Nanomaterial, für dessen Produktion es enorme Präzision brauchte.

Die Untersuchungen entstanden im Rahmen einer Doktorarbeit der Konservierungswissenschaftlerin Qing Wu. Sie hat dafür 162 Objekte untersucht und konnte an gut 100 davon Zwischgold bestimmen. Mit Proben davon fuhr sie zu den Forschungsanlagen des Paul Scherrer Instituts (PSI) in Villigen AG, um sie im Detail untersuchen zu können. Darunter waren beispielsweise winzige Folienproben von der Marienstatue des Baldachinaltars von Leiggern im Kanton Wallis, der heute im Landesmuse-

Autorin Alexandra von Ascheraden ist Wissenschaftsjournalistin in Basel. Dieser Artikel enthält Passagen aus der Pressemitteilung «Nanomaterial aus dem Mittelalter» des Paul Scherrer Instituts in Villigen AG.

Eine der diversen Statuen, bei denen eine Probe im Bereich der Haare entnommen wurde. (Bild: Schweizerisches Nationalmuseum)

um Zürich steht. Er wurde im 15. Jahrhundert geschaffen. Weitere Proben stammten aus dem Historischen Museum Basel.

Dank spezieller Untersuchungsmethoden konnte man am PSI sogenannte ptychografische Tomogramme herstellen. Anders als das normale Röntgenbild kann diese Technik auch winzige Einzelheiten im Inneren des Materials zeigen, die nur wenige Nanometer, also Millionstel Millimeter messen.

Dünnere, gleichmässiger Film

«Die Dicke der Zwischgold-Probe der Marienstatue lag in der Grössenordnung von 100 Nanometern», erzählt Benjamin Watts, einer der Wissenschaftler, welche die Untersuchungen durchführten. «Die 3D-Bilder zeigen deutlich, wie dünn und gleichmässig der Goldfilm oberhalb der Silberschicht ist», ergänzt Qing Wu. Die Kunsthistorikerin und Konservierungswissenschaftlerin schrieb ihre Doktorarbeit in Zusammenarbeit mit dem PSI und dem Schweizerischen Nationalmuseum.

Sie erzählt: «Manche glauben, im Mittelalter sei das Technologieniveau niedrig gewesen. Im Gegenteil, das Mittelalter ist kein finsternes Zeitalter, sondern eine Zeit, in der die Metallurgie und die Vergoldungskunst einen Höhepunkt erreichten.»

Durch die Bilder ist es nun erstmals wieder möglich, die Herstellungsmethoden nachzuvollziehen, die, wie erwähnt, nicht überliefert sind. Wu berichtet, dass offenbar zuerst das Gold und Sil-



ber voneinander getrennt auf Folienstärke gehämmert wurden. Dabei war die Goldfolie sichtbar dünner als die Silberfolie. Gemäss den Untersuchungen von Zwischgold-Proben beträgt die durchschnittliche Dicke der Goldschicht etwa 30 Nanometer, während das in denselben Regionen und Epochen hergestellte Blattgold etwa 140 Nanometer dünn ist. Auf diese Weise liess sich viel teures Gold sparen.

Kompliziertes Verfahren

Erst in einem zweiten Schritt wurden die beiden Folienarten dann zusammen weiterverarbeitet. Dazu brauchte es spezielle Schlagwerkzeuge und Beutel mit verschiedenen Einlagen aus unterschiedlichen Materialien, in welche die Folien eingefügt wurden. Das Verfahren war recht kompliziert und konnte nur von qualifizierten Fachleuten durchgeführt

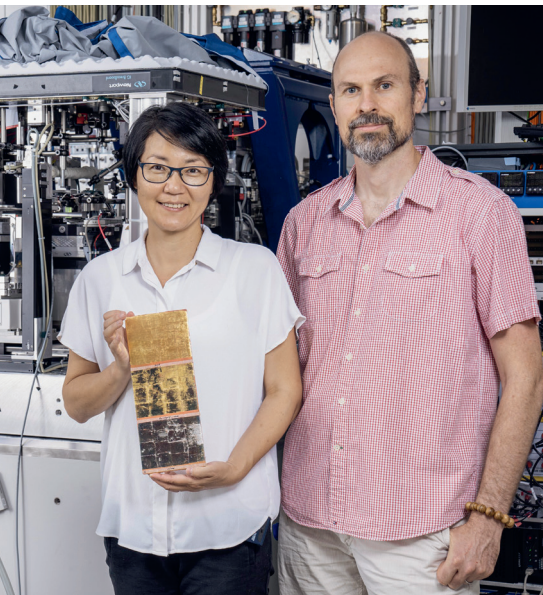
werden. Schliesslich ist Zwischgold wegen seiner extrem dünnen Schichten tatsächlich ein Nanomaterial, das in einer Zeit produziert wurde, als man dieses Wort noch nicht kannte.

Bei der Verwendung der Folien gab es eine strenge Hierarchie. Für Heiligenscheine wurde reines Blattgold verwendet. Für Gewänder nahm man gern das günstigere Zwischgold. Es hat nicht denselben warmen Glanz wie Blattgold, sondern wirkt kühler. Deshalb kam es auch oft für Bärte oder Frisuren der Statuen zur Anwendung.

Korrosionsmechanismen verstehen

Wu berichtet: «Diese Forschung ist sehr wichtig für das Verständnis der Herstellung der verwendeten Materialien, deren Verwendung sowie der Korrosionsmechanismen von Zwischgold auf spätmittelalterlichen Skulpturen.» Sie schliesse eine grosse Wissenslücke zu diesem vielfach verwendeten, aber schlecht dokumentierten Material des Mittelalters.

Dank der 3D-Bilder konnten die Forschenden auch nachvollziehen, warum Zwischgold sich mit der Zeit unweigerlich schwarz verfärbt. Das Silber kann die Goldschicht durchdringen und überdeckt dann die Goldoberfläche. Der Prozess verläuft überraschend schnell und funktioniert schon bei Zimmertemperatur. Nach wenigen Tagen formt sich bereits eine dünne, durchgängige Silberschicht über dem Gold. Das Problem ist, dass das Silber an der Oberfläche mit Wasser und Schwefel aus der Luft



Qing Wu und Benjamin Watts am Paul Scherrer Institut, wo sie die Untersuchungen durchführten. Wu zeigt eine Platte mit jeweils einem Segment Blattgold, Zwischgold und Silber (von oben nach unten). Die dunklen Stellen entstehen durch oxidiertes Silber. (Bild: Paul Scherrer Institut/ Mahir Dzambegovic)

in Berührung kommt und zu korrodieren beginnt. «Mit der Zeit wird die goldene Oberfläche des Zwischgolds schwarz», erklärt Watts. Dagegen hilft nur eine Versiegelung mit Lack. Das nutzten die Altvorderen. «Nach Hunderten von Jahren hat sich diese Schutzschicht zersetzt und die Korrosion findet weiterhin statt», erklärt Wu.

Die Korrosion fungiert zudem als Antrieb, dass immer mehr Silber an die Oberfläche wandert und unter dem Zwischgold ein Hohlraum entsteht. «Wir waren überrascht, wie deutlich wir diese Lücke unter der Metallschicht sehen konnten», sagt Watts. Wu erhofft sich, durch weitere Forschung mehr darüber herausfinden zu können, wie man

Zwischgold reinigen kann. Die Forschenden vermuten, dass zum Teil nur noch der verbleibende Schutzlack die Folie hält. Dies ist ein riesiges Problem für die Restaurierung der Kunstwerke.

«Entfernen wir die hässlichen Korrosionsprodukte, dann entfällt auch die Lackschicht und wir verlieren alles», sagt Qing Wu. Sie hofft, dass sich ein Material entwickeln lässt, mit dem sich die Lücken füllen und das Zwischgold fixieren lässt.

Der englischsprachige Fachartikel «A modern look at a medieval bilayer metal leaf: nanotomography of Zwischgold» erschien in der Fachzeitschrift «Nanoscale» im Oktober 2022.

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer Zwischgoldprobe (Vergrößerung: 50kx)

1 Korrosionsprodukte von Zwischgold (Ag/S und Ag/Cl)

2 Goldschichten des Zwischgolds

3 Lücke zwischen Zwischgold und Beizmittelschicht

4 Beizmittelschicht

Regulus 5.0kV x50.1k LA100(U) 1.00µm

Man beachte, dass sich in dieser Probe die Silberschicht des Zwischgolds vollständig in Silberkorrosionsprodukte (1) umgewandelt hat, die sich über der Goldschicht (2) des Zwischgolds ablagern; so entsteht eine Lücke (3) zwischen dem Zwischgold und seinem Beizmittelsubstrat (4). (Bild: Qing Wu)