

Konsolidierung einer Malschicht mittels Aerosol in einem spätmittelalterlichen Büchsenmeisterbuch (Bayerische Staatsbibliothek München, Cgm 600)

Heidi Fischer

Der Beitrag beschreibt am Beispiel einer abpudernden roten Malschicht in einer Bilderhandschrift zur frühen Artilleriewissenschaft aus dem ersten Viertel des 15. Jahrhunderts die praktische Vorgehensweise ihrer Festigung. Ausgehend von einer genauen Schadensanalyse wurde ein Restaurierungskonzept erstellt und die Aerosolfestigung als geeignete Konsolidierungstechnik ausgewählt. Bei der praktischen Durchführung der Festigung konnte durch den Einsatz einer Gerätekombination (Ultraschallvernebler, Dosiergerät und Kompressor) die Malschicht besonders behutsam und sicher konsolidiert werden. Weitere Hilfsmittel, wie z.B. Masken kamen dabei zum Einsatz. Nach Abschluss aller Konservierungsarbeiten an der Handschrift wurden, zur Vermeidung zukünftiger Schäden durch Abrieb, Zwischenlageblätter als Schutzmaßnahme eingelegt.

Consolidation of a paint layer by means of aerosol in a late medieval gunsmith master book (Bavarian State Library Munich, Cgm 600)

The contribution describes the practical approach for the consolidation of a powdery red paint layer in, an illuminated manuscript on early artillery science from the first quarter of the fifteenth-century. On the basis of an exact damage analysis a restoration concept was developed and aerosol fastening was selected as a suitable consolidation technique. The practical execution of the consolidation with the employment of a combination of units, including an ultrasound mister, dosing unit and compressor made it possible to fasten the paint layer very carefully and surely. Further aids, e.g. masks were used in this case. After conclusion of all conservation work on the manuscript, intermediate layer sheets were inserted as a preventive measure for the avoidance of future damage by abrasion.

Das Büchsenmeisterbuch, eine der ältesten westlichen Bilderhandschriften zur frühen Artilleriewissenschaft, entstand in Bayern und wird in das erste Viertel des 15. Jahrhunderts datiert (Abb. 1)¹. Der Codex erhielt 1831 einen mit grünem Kleisterpapier ganzbezogenen Einband, der keine Rückschlüsse auf die Originalbindung zulässt.²

Die Handschrift enthält auf 22 Blättern von einer Hand eine mit 40 überwiegend kolorierten Federzeichnungen illustrierte, rezeptartige Sammlung chemischen und waffentechnischen Wissens mit präzisen Anleitungen zur Probe und Läuterung von Schießpulver sowie zum Beladen und Beschießen von Geschützen. Der Verfasser des Büchsenmeisterbuchs ist nicht bekannt. Die Detailgenauigkeit der Texte und Illustrationen weist aber darauf hin, dass der Autor im Kreis der Büchsenmeister selbst zu suchen ist. Die ungelungenen und mit breitem Pinselstrich grob kolorierten Federzeichnungen lassen vermuten, dass hier kein Künstler am Werk war. Auch sind die Darstellungen unterschiedlich weit ausgeführt, sowohl was die thematische Behandlung, als auch was die farbliche Gestaltung anbelangt. Einige kann man als abgeschlossen bezeichnen, andere wiederum wurden im Stadium der Federskizze belassen und nicht koloriert (Abb. 2).

Somit ist das Büchsenmeisterbuch keine repräsentative Handschrift für ein adeliges Publikum, sondern vielmehr die Arbeit eines Praktikers, die zur Gedächtnisstütze, zur eigenen „sozialen Aufwertung durch Verschriftlichung oder mit der Absicht der Traditionsbildung“ für den „eigenen Gebrauch oder zur Unterweisung von Söhnen, Gesellen oder Nachfolgern ... abgeschrieben und weitergegeben wurde“³. Auch das kleine, handliche Format (Hochformat: 26,5 x

17,5–18,5 cm) und die starken Gebrauchsspuren sprechen dafür, dass die Handschrift wahrscheinlich eine Art Lehr- oder Werkstattbuch für Büchsenmeister war. Sie steht in einer Tradition von „technischen“ Codices, in denen Praktiker ihr Wissen und den Erfahrungsschatz ihres Berufsstandes weitergaben.

Zustand der Malschicht

Auch der maltechnische Umgang des Illustrators mit den Farben wirkt nicht besonders geübt. Bei einzelnen Farben treten Schadensbilder auf, deren Ursachen bereits in ihrer Herstellung zu suchen sind. Es darf wohl vermutet werden, dass die Handschrift von einem künstlerischen Laien erstellt wurde, dem das technische Wissen und die Erfahrung um die richtige Farzubereitung und den richtigen Farbauftrag fehlten. Zu einer Verstärkung der an den Bildern heute feststellbaren Schäden haben neben dem intensiven Gebrauch der Handschrift vor allem auch die unsachgemäße Neubindung von 1831 beigetragen, bei der die im Falz gerissenen Doppelblätter mit breiten Papierstreifen meist sehr steif, spannungsreich und wellig zusammengehängt worden waren.

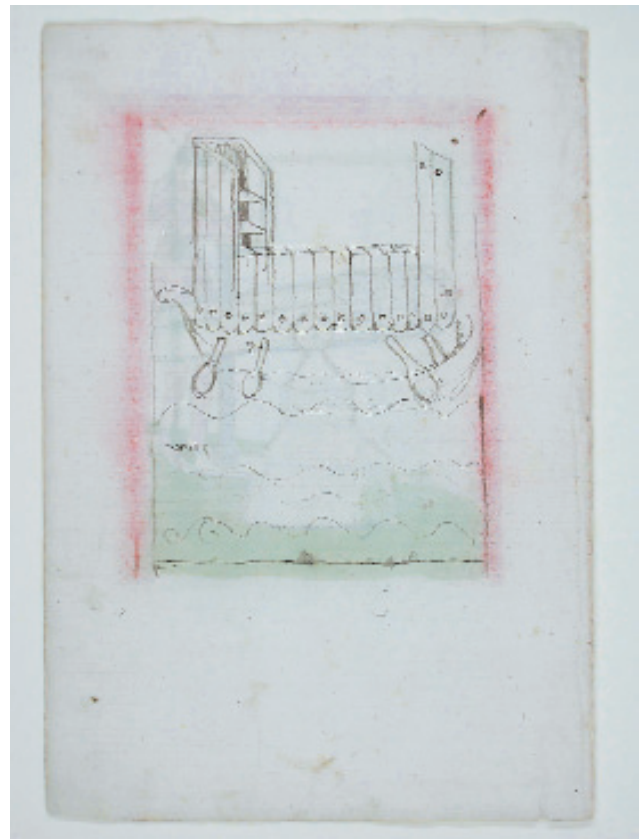
Konkret ließen sich bei den Farben der Handschrift folgende verschiedene Schadensformen feststellen:

1. Durchschlagen der Farbe

Einige Farben schlagen zur Papierrückseite durch (Abb. 3); besonders davon betroffen sind ein Hellrot, ein Gelb und ein Hellgrün.

2. Abblättern der Farbe

Das Phänomen des Abblätterns tritt vor allem bei übereinander gemalten Farbschichten auf.



1
Cgm 600, fol. 3v:
Kolorierte Federzeichnung.

2
Cgm 600, fol. 16v:
Federvorzeichnung
ohne Kolorierung.

3
Cgm 600, fol. 3r:
Von der Blattrückseite
durchgeschlagene Farben.

4
Cgm 600, fol. 3r:
Abgeblätterte blaue Malschicht
(Detail).



5
Cgm 600, fol.3v:
Abgepuderte rote Malschicht
(Detail).

Bestimmte Farben, z.B. ein Blau (Abb. 4), blättert schollenartig ab, zum Teil ist es nur noch in Pigmentspuren auf dem Papier vorhanden.

3. Abpudern der Malschicht

Die Illustrationen sind fast alle mit roten Farbrahmen vierseitig oder dreiseitig (links, oben und rechts) umrandet. Bei einem großen Teil dieser Rahmen pudert die Malschicht ab (Abb. 5).

Problematik der roten Umrahmungen

Bereits makroskopisch erkennt das Auge das Schadensbild: Abgepuderte Pigmente finden sich seitlich der Umrahmung und – in weitaus stärkerem Ausmaß – als Abrieb auf dem gegenüberliegenden Blatt (Abb. 6). Die Farbe selbst wirkt matt. Unter dem Mikroskop zeigen sich unterschiedliche Schadenskategorien:

Die Malschicht ist mehr oder weniger stark abgepudert (Abb. 7).

Wenige Farbschollen sind noch vorhanden. Die Oberfläche dieser Schollen ist sehr offen und porös (Abb. 8).

Neben dem Farbrahmen und auf der Blattseite gegenüber sitzen die Pigmentspuren relativ fest in den Zwischenräumen der Fasern (Abb. 9).

Um den Grad möglicher fortschreitender Schädigung feststellen zu können, wurde mit einem feinen Pinsel unter Vergrößerung vorsichtig getestet, wie fest die restlichen Farbpartikel mit dem Papier verbunden sind. Das Ergebnis war nicht nur von Seite zu Seite, sondern auch innerhalb eines Rahmens sehr unterschiedlich. Deshalb wurde jede rote Einfassung, zunächst mit dem Pinsel, auf ihre Stabilität untersucht. Erwiesen sich die Farben als etwas stabiler, er-

folgte die Probe durch vorsichtiges Tupfen und leichtes Abrollen eines Wattestäbchens. Je nach Grad der Stabilität wurden vier Festigungskategorien festgelegt, nach denen dann jeder Farbrahmen individuell behandelt wurde. Die Stabilität der Malschicht konnte dabei innerhalb eines Farbrahmens so unterschiedlich ausfallen, dass nach allen vier Kategorien gefestigt werden musste. Häufig konnte jedoch nur noch ein leichtes Abpudern festgestellt werden, da ein beträchtlicher Teil der Malschicht bereits verloren gegangen war.

Untersuchung der roten Malschicht

Die roten Rahmen wurden zerstörungsfrei durch UV-VIS-Spektroskopie untersucht⁴. Die Analyse ergab, dass es sich bei dem Pigment um Zinnober handelt. Im direkten Vergleich der abpudernden mit den stabilen Rahmen zeigte sich, dass bei den abpudernden Rahmen der Bindemittelanteil geringer war und somit ursächlich für den Schaden ist.

Restaurierungskonzept

Vor der Festigung der Farbrahmen waren noch einige grundsätzliche Punkte zu reflektieren, denn das Schadensbild wies zwei unterschiedliche Formen auf: 1. Den Primärschaden an den Farbrahmen, der dadurch entstanden ist, dass die Pigmente ihre Bindung untereinander und ihre Haftung auf dem Untergrund verloren haben. 2. Den Sekundärschaden auf gegenüberliegenden Blättern und neben den Farbrahmen, wohin lose Farbpartikel bereits durch geringfügige Blattbewegungen transportiert worden sind.

Für das Restaurierungskonzept stand außer Frage, dass die abpudernde Malschicht (Primärschaden) zu festigen war, um nicht nur einen weiteren Pigmentverlust, sondern auch eine fortschreitende Übertragung der losen Pigmente auf andere Blattbereiche zu verhindern. Diese Maßnahme schützt außerdem die empfindlichen Farbschichten während der nachfolgenden Restaurierungsschritte am Buchblock.

Was den Sekundärschaden anbelangt, war zu entscheiden, ob die abgepuderten Pigmente entfernt, belassen oder konsolidiert werden sollten. Für ein Entfernen sprach lediglich die optische Beeinträchtigung der Bilder. Dagegen sprachen jedoch gleich mehrere Argumente: Der Sekundärschaden ist über einen langen Zeitraum entstanden und sagt etwas über die Herstellungs- und Benutzungsgeschichte der Handschrift aus. Mit der Abnahme der abgepuderten Pigmente würde zwangsläufig Originalsubstanz entfernt werden. Zudem sitzen die Farbpartikel relativ fest im Fasergeflecht. Ihre Entfernung könnte eine Schädigung der obersten Papierschicht zur Folge haben. Auch bliebe fraglich, ob es gelingen würde, die Pigmentspuren vollständig abzunehmen. Eher wahrscheinlich wäre, dass nach der Abnahme ein unschöner Rand bliebe. Daher wurde beschlossen, die abgepuderten Pigmente zu belassen. Gegen eine Konsolidierung der abgepuderten Pigmente (Sekundärschaden) sprach, dass sie relativ fest im Fasergefüge sitzen, ein Weiterwandern also nicht zu befürchten ist. Außerdem wäre das bewusste Fixieren eines Schadens ein zu massiver Eingriff.



6
Cgm 600, fol. 17v und fol. 18r:
Abrieb auf der gegenüberliegenden
Blattseite und Auspudern
der Malschicht um den Rahmen.

Auswahl der Festigungstechnik

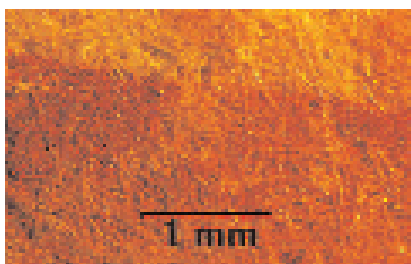
Aufgrund des Schadensbildes der leicht puderigen Farbschicht mit matter, durchlässiger Oberfläche, kam für die Konsolidierung der losen Pigmente nur die Aerosoltechnik in Frage. Auch die vereinzelt Farbschollen erwiesen sich als porös und durchlässig genug, um sie mit Aerosol festigen zu können. An wenigen Stellen wurden sie anschließend noch am Rand mit dem Pinsel nachgefestigt.

Aerosolfestigung: Geräteaufbau

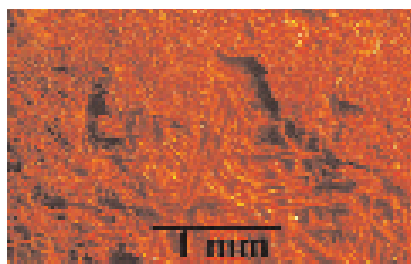
Für die Aerosolfestigung wurden drei Geräte aus anderen Anwendungsbereichen der Konservierung kombiniert: ein Ultraschallvernebler mit Dosiergerät und Kompressor. Alle drei Geräte waren am Institut für Buch- und Handschriftenrestaurierung der Bayerischen Staatsbibliothek (IBR) bereits vorhanden (Abb. 10)⁵.

Ultraschallvernebler

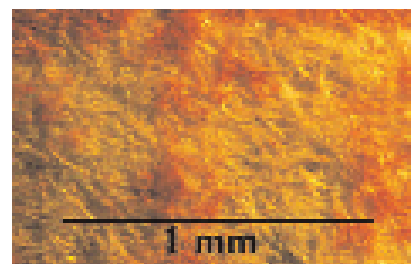
In der Restaurierung werden Ultraschallvernebler u.a. zur kontrollierten Befeuchtung von Papier genutzt⁶. Anfang der 90er Jahre fanden Stefan Michalski und Carole Dignard am Canadian Conservation Institute einen neuen Anwendungsbereich: Durch einige Umbauten kann das Gerät für die Festigung pudernder Malschichten mittels Aerosol eingesetzt werden. Bei Michalski wird in die Vertiefung oberhalb der Ultraschallquelle Wasser als Übertragungsmedium für die Schallwellen eingefüllt⁷. Eine Polyethylen-Flasche mit der wässrigen Festigungslösung wird direkt über dem Ultraschallkopf platziert. Angeregt durch die Schallwellen, entsteht aus der Festigungslösung ein Aerosol. Durch einen Schlauch mit einer Düse tritt der Festigungsdampf aus. Um diesen Dampftransport zu ermöglichen, muss in der Flasche ein geringer Überdruck herrschen. Die dafür benötigte Druckluft erzeugt eine Aquaristikpumpe. Im Unterschied zu Michalskis Geräteaufbau wurde am IBR die Aquaristikpumpe durch einen Kompressor und ein Dosiergerät ersetzt. Der Kompressor erzeugt die erforderliche Druckluft und leitet sie an das Dosiergerät weiter.



7
Cgm 600, fol. 3v:
Abgepuderte Malschicht
(Mikroskopaufnahme).



8
Cgm 600, fol. 3v:
Farbschollen
(Mikroskopaufnahme).



9
Cgm 600, fol. 3v:
Pigmentspuren neben dem
Rahmen (Mikroskopaufnahme).

Dosiergerät

Das Dosiergerät stammt aus der Löttechnik und wird mit entsprechendem Zubehör für die Farbschollenfestigung angeboten⁸. Mit dem Gerät können kleinste Tröpfchen der gleichen Flüssigkeitsmenge erzeugt werden. Im Geräteaufbau des IBR hat das Dosiergerät die Funktion, die Druckluftmenge zu regulieren. Im Gerät selbst befindet sich ein Druckminderer, der den Luftdruck, der durch den Kompressor erzeugt und an das Dosiergerät weitergegeben wird, extrem reduzieren kann. Gerade im Niederdruckbereich lässt sich die Druckluft dadurch sehr genau dosieren. Bereits ein minimaler Überdruck genügt, um das Festigungs-aerosol in der Aerosolflasche zum Ausströmen zu bringen. Zusätzlich wurde in die Schlauchverbindung zwischen Dosiergerät und Festigungsmittelreservoir (Flasche) noch ein Durchlaufhahn eingebaut, der eine einfache Feineinstellung der Druckluftmenge ermöglicht. In der Regel wird also der Druckminderer auf niedrigem Niveau festgestellt und die Luftmenge dann über diesen Durchlaufhahn reguliert. Der im Dosiergerät original eingebaute Druckminderer mit Manometer lässt eine Regulierung nur zwischen 0 und 6 bar zu. Um eine noch genauere Feineinstellung zu ermöglichen, wurde beides ausgewechselt. Die Feineinstellung bewegt sich jetzt zwischen 0 und 2,5 bar. Bei einem sehr niedrigen Druck entsteht ein feiner Festigungsnebel in einer geringen Menge, wie ein Hauch. Diese niedrige Dosierung eignet sich besonders für sehr empfindliche Objekte und kleinflächige Anwendungen. Das Dosiergerät kann aber auch so eingestellt werden, dass ein stärkerer Aerosolstrahl erzeugt wird. Damit lassen sich weniger empfindliche Farbschichten behandeln.

Ein an das Dosiergerät angeschlossener Fußschalter aktiviert oder deaktiviert über ein Elektroventil den zum Ultraschallvernebler führenden Luftstrom. Betätigt man den Schalter, strömt Luft in den Vernebler, und das Aerosol tritt aus. Lässt man den Schalter los, werden der Luftstrom und damit das Aerosol gestoppt. Der Fußschalter reguliert nicht die Stärke des Aerosolstrahls, er dient ausschließlich dem An- und Abschalten. Diese Form der Aerosolsteuerung bietet große Vorteile: Die Düse kann sehr genau an der zu festigenden Stelle platziert werden. Erst dann wird der Aerosolstrahl durch den Fußschalter ausgelöst. Vermieden wird dadurch, dass Festigungsmittel unbeabsichtigt auf andere

Blattbereiche gelangt. Ferner kann der Festigungsvorgang jederzeit unterbrochen werden. Besonders beim Arbeiten unter dem Mikroskop bedeutet diese Art der Steuerung mit dem Fußpedal eine große Erleichterung und zusätzliche Sicherheit.

Auswahl des Festigungsmittels

Zur Konsolidierung von Malschichten können unterschiedlichste Festigungsmittel eingesetzt werden. Für die Malschichtkonsolidierung des Büchsenmeisterbuchs wurde nach gründlicher Diskussion Gelatine ausgewählt⁹. Der ausschlaggebende Faktor war die langjährige, gute Erfahrung mit diesem Produkt, vor allem bei der Festigung abblättern-der Farbschollen in der Buchmalerei.¹⁰

Anwendungstechnik

Bevor die eigentliche Malschichtkonsolidierung durchgeführt werden konnte, musste eine Methode gefunden werden, die Aerosolfestigung möglichst exakt auf die roten Farbrahmen zu begrenzen. Selbst bei noch so feiner Einstellung des Festigungsstrahls, lässt sich sein Auftrag nicht exakt auf den Farbrahmen beschränken, weil sich stets Wirbel und feine Schwaden bilden. Deshalb wurden die ausgepuderten Pigmente, intakten Farbzonen und übrigen Blattbereiche mit Masken abgedeckt (Abb. 11).

Vor der eigentlichen Festigung wurden Vortests an Dummies aus Filterpapier durchgeführt, das mit einem Feuchtigkeitsindikator [Cobalt(II)-chlorid¹¹] getränkt war. Die Tests ergaben, dass eine genau zugeschnittene Maske direkt auf das Objekt aufgelegt werden muss. Um das Anhaften loser Pigmentpartikel an der Maske weitestgehend ausschließen zu können, spielt das Maskenmaterial dabei eine entscheidende Rolle. Ein dünner Filterkarton mit glatter Oberfläche hat sich z.B. gegenüber Folien als besonders geeignet erwiesen. Durch die glatte Oberfläche und Saugfähigkeit können weder lose Partikel an der Maske anhaften, noch kann Feuchtigkeit auf das Objekt abperlen. Trotzdem sollte darauf geachtet werden, dass die Maske an den Rändern nicht zu feucht wird, um ein Übertragen der Konsolidierungslösung oder ein Anlösen der Pigmentschicht zu verhindern.



10
Umgebauter Ultraschallvernebler,
Dosiergerät und Durchlaufbahn.



11
Mit Maske abgedeckte Seite.
Nur der rote Rahmen bleibt für
die Aerosolfestigung frei.



12
Festigungsbereich, der unter
dem Mikroskop bearbeitet wird.

Praktische Durchführung der Malschichtkonsolidierung

Die eigentliche Malschichtfestigung wurde in einem Raum mit erhöhter Luftfeuchtigkeit (60–70% RF) durchgeführt. Das Aerosol verdunstet dann weniger schnell auf seinem Weg von der Düse zur Malschichtoberfläche und dringt tiefer in die Malschicht ein. Außerdem sind durch langsames Trocknen des Konsolidierungsmittels geringere Verwerfungen des Objekts zu erwarten. Die Blätter wurden vor der Festigung für einige Stunden im Behandlungsraum konditioniert, um die Gefahr einer Randbildung und das Migrieren löslicher Produkte deutlich herabzusetzen. 1–2 Stunden nach der Behandlung wurde die Luftfeuchtigkeit wieder langsam abgesenkt.

Ganz besonders wichtig war zunächst die genaue Einstellung des Aerosolstrahls unter dem Mikroskop, denn nur so konnte die optimale Dosierung der Aerosolmenge sichergestellt werden. Ideal ist es, wenn man für die Einstellung die Vergrößerung stufenlos wechseln kann (5- bis 20-fach). Erst unter stärkerer Vergrößerung war auszuschließen, dass der Aerosolauftrag Schäden an der Malschicht verursacht: Zu viel aufgebrachtes Aerosol – die Malschicht wird zu feucht – kann die Malschicht anlösen oder übersättigen. In jedem Fall würde sich das optische Erscheinungsbild verändern. Mit zu wenig Aerosol lässt sich jedoch kein ausreichender Festigungseffekt erzielen. Bei sehr geringem Festigungsmittelauftrag können viele Arbeitsgänge erforderlich sein, bis eine gewisse Festigung erreicht ist.

Der Aerosolauftrag erfolgte dann unter geringerer, ca. 5-facher Vergrößerung. Zunächst wurde am Original an zwei unterschiedlichen, kleinen Stellen die Wirksamkeit des Festigungsmittels getestet. Es zeigte sich, dass ein 3–6 maliger Auftrag des Aerosols nötig war, um die gewünschte Festigungswirkung zu erzielen. Weder mit bloßem Auge noch unter dem Mikroskop waren optische Veränderungen an der Malschicht festzustellen. Das Festigungsmittel führte auch nicht zu Spannungen im Papier. Die guten Ergebnisse bestätigten die Auswahl des Konsolidierungsmittels Gelatine und auch der Methode.

Für jeden einzelnen Farbrahmen wurde nun eine passgenaue Maske zugeschnitten, auf der Festigungsabschnitte eingezeichnet wurden, die gut unter dem Mikroskop zu bearbeiten waren (Abb. 12). Auf jeden Abschnitt wurde dreimal, jeweils in wechselnder Richtung, Aerosol aufgetragen. Anschließend erfolgte jeweils eine Kontrolle unter dem Mikroskop, bei der auch vorsichtig mit dem Pinsel überprüft wurde, ob der Festigungseffekt bereits ausreichte. Bei Bedarf wurde dieser Festigungsvorgang wiederholt.

Nach Festigung der roten Rahmen konnten auch die blauen, bereits stark abgeblätterten Malschichten (Azurit¹²) mit Hilfe derselben Methode konsolidiert werden. Unter dem Mikroskop zeigten sich die Pigmentreste als eine sehr offene und durchlässige, dünne Schicht.

Schutzmaßnahme nach der Malschichtkonsolidierung

Auch wenn alle Festigungsmaßnahmen an den geschädigten Malschichten erfolgreich durchgeführt werden konnten, sollte zukünftig der direkte Kontakt von Farbschichten auf zwei benachbarten Seiten vermieden werden. Nach der Restaurierung wurden deshalb Zwischenlageblätter eingelegt, um einen möglichen weiteren Abrieb bzw. ein Übertragen bereits abgeriebener oder ausgepuderter Pigmente auf noch ungeschädigte Blattbereiche zu verhindern.

Diese Schutzblätter sollten folgende Eigenschaften besitzen: Sie müssen relativ dünn, trotzdem stabil, pH-neutral und ungeleimt sein, sowie eine besonders glatte Oberfläche haben. Die Wahl fiel auf ein Japanseidenpapier aus Gampi¹³, dessen Farbe sich sehr gut dem leicht verbräunten Farbton der Handschrift anpasst und das zudem leicht durchscheinend ist. Würden Knicke in diesen Gampiblättern entstehen, wären sie wegen der fehlenden Leimung relativ weich. Eine weitere Schädigung der Malschicht ist somit nicht zu erwarten.

Heidi Fischer
Buch- u. Papierrestauratorin
Bayerische Staatsbibliothek München
Institut für Buch- und Handschriftenrestaurierung
Ludwigstraße 16
80539 München

Anmerkungen

1 Dieser Aufsatz ist das leicht überarbeitete Manuskript eines Vortrags, der am 6. Dezember 2002 auf der VDR-Tagung im Stadtmuseum München gehalten wurde. Zum Cgm 600 vgl. Karin Schneider, *Die deutschen Handschriften der Bayerischen Staatsbibliothek München*. Cgm 501–690, Wiesbaden 1978 (Catalogus codicum manu scriptorum Bibliothecae Monacensis, T.5, P.2), S. 227 f.; Ernst Berninger, *Die technischen Handschriften des 15. Jahrhunderts in der Bayerischen Staatsbibliothek München*, in: Konrad Kyser, *Bellifortis*. Clm 30150, hg. von der Kulturstiftung der Länder und der Bayerischen Staatsbibliothek München (Kulturstiftung der Länder – Patrimonia 137), Stuttgart 2000, S. 61–91, bes. S.62–64; für technikgeschichtliche Aspekte vgl. Wilfried Tittmann, *China, Europa und die Entwicklung der Feuerwaffen*, in: *Europäische Technik im Mittelalter. 800 bis 1400. Tradition und Innovation*, hg. von U. Lindren, 3. Aufl. Berlin 1998, S. 317–336, bes. S. 325 f. (mit Farbabb.); ebd. Elisabeth Vaupel, *Schießpulver und Pyrotechnik*, S. 301–304, bes. S. 303 (mit Farbabb.); vgl. zuletzt ausführlich zu Forschungsstand, Herkunft, Datierung, Inhalt und Gattungszuordnung die Faksimileausgabe: *Anleitung Schießpulver zu bereiten, Büchsen zu laden und zu beschießen. Eine kriegstechnische Bilderhandschrift im cgm 600 der Bayerischen Staatsbibliothek München*, hg. von Rainer Leng, Wiesbaden 2000 (mit weiterer Lit.).

2 Werner Meyer, *Die Handschrift cgm 600 der Bayerischen Staatsbibliothek*, in: *Bulletin de l'Institut internationale des châteaux historiques*, 39 (1981), S. 62.

3 Vgl. Leng, S. 24 (wie Anm. 1).

4 Herr Dipl.-Rest. H. Piening erklärte sich freundlicherweise bereit, die Untersuchung der Pigmente mittels UV-VIS-Spektroskopie am Restaurierungszentrum der Bayerischen Verwaltung der Staatlichen Schlösser, Gärten und Seen durchzuführen.

5 Mein besonderer Dank gilt meinen Kollegen Helmut Binder, der die Idee hatte, die drei Geräte zu kombinieren, und Karin Eckstein, die jederzeit kompetente Ansprechpartnerin bei der Erarbeitung dieser Technik war.

6 Ultrasonic Humidifier: Preservation Equipment, Shelfanger, England.

7 Für eine genauere Beschreibung des umgebauten Geräts vgl. Stefan Michalski, Carole Dignard, Lori van Handel & David Arnold, *The Ultrasonic Mister, Application in the Consolidation of Powdery Paint on Wooden Artifacts, Painted Wood, History and Conservation*, Symposium in Williamsburg, Virginia, AIC, Washington D.C., 1994, S. 498–513; für Tests und praktische Erfahrung vgl. Stefan Michalski, Carole Dignard, *Ultrasonic Misting. Part 1, Experiments on Appearance Change and Improvement in Bonding*, in: *Journal of the American Institute for Conservation*, 36 (1997), S. 109–126; Carole Dignard, Robyn Douglas, Sherry Guild, Anne Maheux, Wanda McWilliams, *Ultrasonic Misting. Part 2, Treatment Applications*, in: *Journal of the American Institute for Conservation*, 36 (1997), S. 27–141.

8 Dosiergerät: BELO Restaurierungsgeräte GmbH, Steinen.

9 Bei der Gelatine handelt es sich um ein Produkt der Deutschen Gelatine Fabriken Stoess, Eberbach/Baden, mit einer mittleren Gelfestigkeit von 175 Bloom. In einer Testreihe wurde sie ausgewählt und die optimale Konzentration von 0,5% ermittelt.

10 Ein aktuell diskutiertes Festigungsmittel, das bei matten, pudernden Malschichten zu guten Ergebnissen führen soll, ist Funori. Zum Zeitpunkt der Konservierungsmaßnahmen am Cgm 600 liefen noch die Tests eines Schweizer Forschungsprojekts mit Funori. Wir entschieden uns deshalb, erst die Untersuchungsergebnisse abzuwarten, bevor wir dieses Festigungsmittel selbst testen.

11 Die Testpapiere wurden mit 10%iger Lösung von Cobalt(II)-chlorid Hexahydrat als Indikator der Feuchtigkeitsverteilung getränkt. Die Reaktion wird durch Veränderungen im Cobaltchlorid-Wasser-Komplex ausgelöst und erfolgt im Bereich von 50%–65% RF. Im getrockneten Zustand haben die Blätter eine kobaltblaue Farbe, die sich, je nach Menge an gebundenem Wasser, über mehrere Farbtöne bis zu Rosa verändert.

12 Vgl. Anm. 4.

13 RG – 2, 10g/m², pH-Wert 7,0, Firma Glaser, Stuttgart.

Abbildungsnachweis

Bayerische Staatsbibliothek München,
Institut für Buch- und Handschriftenrestaurierung.