

Gerhard Banik (Hrsg.)

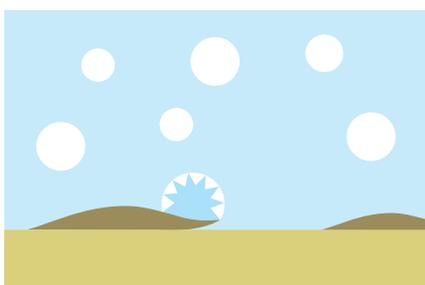
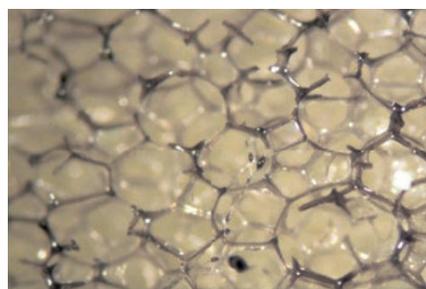
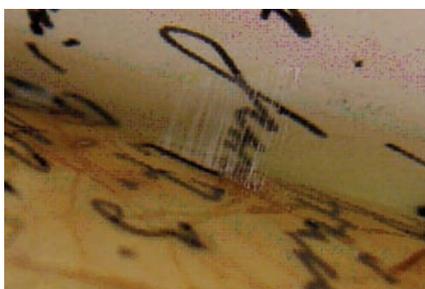
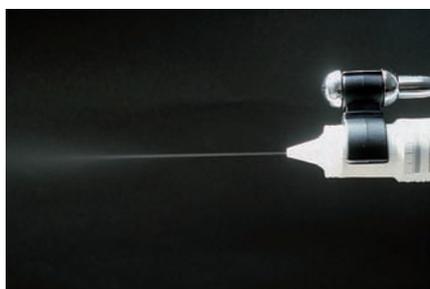
Wege zur Konservierungswissenschaft

Projekte am Studiengang

Restaurierung und Konservierung von
Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut

Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart

2000 – 2008



An approach to “Konservierungswissenschaft”

Projects Realized at the Graduate Programme

Conservation of Art on Paper, Archive
and Library Materials

State Academy of Art and Design Stuttgart

2000 – 2008

Siegl
München

Gerhard Banik (Hrsg.)

Wege zur Konservierungswissenschaft

Projekte am Studiengang

Restaurierung und Konservierung von
Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut

Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart

2000 – 2008

An approach to “Konservierungswissenschaft”

Projects Realized at the Graduate Programme

Conservation of Art on Paper, Archive
and Library Materials

State Academy of Art and Design Stuttgart

2000 – 2008

Impressum

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Angaben sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar

1. Auflage
©2010 Gerhard Banik

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf deshalb der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages der Anton Siegl Fachbuchhandlung GmbH.

Für Inhalt und Illustration der Beiträge sind ausschließlich die Autoren verantwortlich.

Die Reproduktionsrechte für die Abbildungen von Sammlungsgegenständen liegen – wenn nichts anderes angegeben ist – bei den verwahrenden Institutionen.

Grafische Gestaltung:
Hellmut G. Bomm, Backnang

Texterfassung:
Hanna Eckart

Druck:
Tuttes Druckerei GmbH, Salzweg bei Passau

Gedruckt auf alterungsbeständigem,
säurefreiem Papier

ISBN: 978-3-935643-45-0

Verlag Anton Siegl Fachbuchhandlung GmbH
Kirchenstrasse 7, D-81675 München

Abbildungsnachweis:

Beitrag Irene Brückle und Eva Glück:
Reproduktion der Abbildungen 1, 2 und 3 mit Genehmigung des Kupferstichkabinetts, Staatliche Museen zu Berlin

Beitrag Georg Josef Dietz und Irene Brückle:
Reproduktion der Abbildung 1 mit Genehmigung des Kupferstichkabinetts, Staatliche Museen zu Berlin

Beitrag Roland Damm und Gerhard Banik:
Abbildungen 1a, 1b, 4, 5a und 5b entnommen aus:
Roland Damm: *Übertragung von Alkalinität durch Kontakt mit Calciumcarbonat gefüllten Hüllpapieren*, Konservierung: Forschung und Praxis, Band 1, Gerhard Banik, Wolfgang Wächter (Hrsg.), BWV – Berliner Wissenschafts-Verlag, Berlin, 2005, dort Abbildungen: 4.4 (4), 4.11 (1a), 4.12 (1b), 4.15 (5a), 4.16 (5b)

Beitrag Ingeborg Fries und Regina Schneller:
Reproduktion der Abbildungen 1 und 2 mit Genehmigung der Sammlung der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart

Beitrag Eva Glück et al.:
Reproduktion der Abbildungen 5a und 5b mit Genehmigung des Kreismuseums Grimma
Abbildungen 2, 3 und 4 aus Gerhard Banik und Irene Brückle, *Paper and water: A guide for conservators*, Butterworth – Heinemann, Oxford, im Druck, dort Fig. 13.19 (2), 13.25 (3) und 13.26 (4)

Beitrag Enke Huhsmann und Ulrike Hähner:
REM-Aufnahme Abb. 3: Rudolf Erlach, Institut für Kunst und Technologie, Universität für angewandte Kunst Wien. Fotos Abbildungen 8 und 9b:
Irene Brückle und Enke Huhsmann

Beitrag Ina Jochumsen et al.:
Reproduktion der Abbildung 1 mit Genehmigung der Stiftung Gedenkstätten Buchenwald und Mittelbau Dora

Beitrag Meike Mentjes:
Abbildungen 1–9 und Tabelle 1 entnommen aus:
Untersuchungen des Trockenverhaltens von Papier bei Anwendungen von Trocknungstechniken aus der Papierrestaurierung – Konstruktion und Anwendung des Karibari Trockenpanels, Weiße Reihe des Instituts für Museumskunde der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Band 22, Gerhard Banik, Volker Schaible (Hrsg.), Verlag Anton Siegl, München, 2006, (ISBN 3-935643-31-4) dort Abbildungen: 3, 4, 5 (3–5), 31 (6), 35 (1), 38 (2), 42 (7), 51 (8), 57 (9) und Tabelle 6

Beitrag Heidi Lennig:
Reproduktion der Abbildungen 6 und 7 mit Genehmigung des Hessischen Landesmuseums, Darmstadt

Beitrag Ulrike Müller:
Reproduktion der Abbildungen 1 und 2 mit Genehmigung der Fotoabteilung der Albertina, Wien

Beitrag Andrea Pataki:
Reproduktion der Abbildung 5 mit Genehmigung der Kunstbibliothek, Staatliche Museen zu Berlin, Reproduktion der Abbildung 6 mit Genehmigung von Uli Peter, Stuttgart

Beitrag Antje Penz et al.:
Reproduktion der Abbildungen 1, 4 und 6 mit Genehmigung des Baukunstarchivs der Akademie der Künste, Berlin

Beitrag Andrea Pataki und Barbara Sommermeyer:
Reproduktion der Abbildungen 1, 2 und 3 mit Genehmigung der Hamburger Kunsthalle, Galerie der Moderne, Hamburg

Beitrag Barbara Sommermeyer:
Abbildung 8 mit Genehmigung des Stedelijk Van Abbemuseums, Eindhoven.

Beitrag Regina Schneller:
Reproduktion der Abbildungen 1 und 8 mit Genehmigung des Lindenmuseums, Stuttgart

Beitrag Regina Schneller et al.:
Abbildungen 1, 2, 3, 5 und 6 entnommen aus:

Regina Schneller: *Der Japanische Farbbolzschmitt*, Weiße Reihe des Instituts für Museumskunde der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Band 19, Gerhard Banik, Volker Schaible (Hrsg.), Selbstverlag der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart, 2002 (ISBN 3-931485-51-X), dort Abbildungen 38 (1), 35 (2), 37 (3), 42 (5), 44 (6) Reproduktion der Abbildungen 1 und 2 mit Genehmigung der Staatsgalerie Stuttgart, Reproduktion der Abbildungen 5 und 6 mit Genehmigung der Albertina, Wien

Beitrag Schönbohm et al.:
Abb. 11a und 11b mit Genehmigung der Klassik Stiftung Weimar – Goethe- und Schiller-Archiv.

Beitrag Barbara Sommermeyer:
Reproduktion der Abbildungen 1 mit Genehmigung der Hamburger Kunsthalle, 2 mit Genehmigung der Pinakothek der Moderne, München, 8, 9, 10 und 11 mit Genehmigung der VG Bild Kunst Bonn, 2009, Foto Abbildung 8: Peter Cox, alle anderen Fotografien: Barbara Sommermeyer, REM-Aufnahme Abbildung 7: Rudolf Erlach, Institut für Kunst und Technologie Universität für angewandte Kunst, Wien

Beitrag Jürgen Vervoort et al.:
Alle Abbildungen entnommen aus: Jürgen Vervoort, Ernst Bartelt, Werner Faubel, Stefan Heißler, Ekkehart Willin, Andrea Pataki und Gerhard Banik: *Möglichkeiten zum Weichen brand- und wassergeschädigter Pergamente – Untersuchungen zum Einfluss von Harzstoff und die Restaurierung der Erfurter Bibel Ms or fol. 1210/11 der Staatsbibliothek zu Berlin – Preussischer Kulturbesitz*, Forschungszentrum Karlsruhe, Technik und Umwelt – Wissenschaftliche Berichte, FZKA 6521, Karlsruhe, 2001 (ISBN 0947-8620), dort Abbildungen. 39 (1), 40 (5), 45 (6). Reproduktion der Abbildungen 1, 5 und 6 mit Genehmigung der Orientabteilung der Staatsbibliothek zu Berlin, Preussischer Kulturbesitz.

Beitrag Iris Winkelmeyer:
Abbildungen 1–5 entnommen aus: Iris Winkelmeyer: *Zeitgenössische Kunst aus Polyurethanweichschaum Entstehung – Alterung – Restaurierung – Lagerung*, Weiße Reihe des Instituts für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Band 17, Karl-Werner Bachmann (Hrsg.), Selbstverlag der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart, 2000 (ISBN 3-931485-38-2), dort Abbildungen 12 (1), 64 (2), 93 (3), 108 (4), 123 (5), Foto Abbildung 6: Iris Winkelmeyer
Reproduktion der Abbildungen 1, 2 und 3 mit Genehmigung von VG BILD-KUNST Bonn 2010

Alle anderen Abbildungen: AutorInnen

Die Beiträge Bartelt/Faerber und Speta sind Abschlussberichte von Studentinnen der Akademie der Bildenden Künste Wien, die im Rahmen des ERASMUS-Programms der Europäischen Kommission für ein Gastsemester am Studiengang tätig waren; beide wurden in Absprache mit dem Institut für Konservierung und Restaurierung der Akademie der Bildenden Künste Wien in diese Publikation aufgenommen.

Mit der Zuerkennung des Promotionsrechts an die Studiengänge Restaurierung der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart im Jahr 2002 wurde die Aus- und Fortbildung von RestauratorInnen auf eine wesentlich breitere Basis gestellt. Der Restaurierung wurde damit der Status eines wissenschaftlichen Fachbereichs zuerkannt. Dies war und ist verbunden mit dem Auftrag zur kontinuierlichen Weiterentwicklung konservatorischer Arbeitstechniken sowie der Verpflichtung konservatorische Verfahren auf eine systematische und nachvollziehbare, d. h. eine wissenschaftliche Basis zu stellen. Diese Entwicklung ist in hohem Maße mit dem persönlichen Einsatz des damaligen Rektors der Staatlichen Akademie, Paul-Uwe Dreyer, verbunden, der ebenso wie schon seine Vorgänger Klaus Lehmann und Wolfgang Henning die hohe Qualität der Restauratorenausbildung an der Akademie und deren internationales Renommee respektierte und mit seiner ganzen Persönlichkeit deren Weiterentwicklung unterstützte.

Der Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut hat schon vor der Verleihung des Promotionsrechts in Kooperation mit internationalen Organisationen, Museen und Sammlungen, Forschungsinstitutionen und Firmen neue Schwerpunkte in der Entwicklung von restauratorischen Arbeitstechniken im Rahmen von Diplomprojekten der Studierenden gesetzt. Zu den Kooperationspartnern gehörten unter anderem ICCROM in Rom, das Institute of Paper Conservation (IPC), Leigh, das Institut für Erhaltung von Archiv- und Bibliotheksgut (IFE) in Ludwigsburg, die Staatsgalerie Stuttgart, die Albertina, Wien, die Staatsbibliothek zu Berlin, Preußischer Kulturbesitz, das Forschungszentrum Karlsruhe (FZK), das Art Conservation Department am Buffalo State University College, Buffalo, NY, das Instituut Collectie Nederland (ICN), Amsterdam, Henkel KGaA, Düsseldorf und Klug-Conservation, Immenstadt. Vor diesem Hintergrund konnte die Einführung des Promotionsstudiums für akademische PapierrestauratorInnen kurzfristig umgesetzt werden, so dass die erste Promovierte der Akademie aus dem Studiengang hervorging. Unter diesen Voraussetzungen war es möglich die Konservierungswissenschaft als neues Paradigma jenseits von Archäometrie und Conservation Science vorzuschlagen. Gemeint ist damit, dass naturwissenschaftliche Erkenntnisse für die Restaurierung nur dann Bedeutung haben, wenn sie in die systematische Entwicklung restauratorischer Methoden einfließen.

Viele Spezialisten aus dem In- und Ausland haben im Zeitraum von 1990 bis 2008 die Entwicklung des Studiengangs in Lehre und Forschung nachhaltig geprägt. Besonderen Dank aber schulden Lehrende und Studierende den folgenden Persönlichkeiten:

Dem Physiker und Papiermacher Prof. Dr. Guido Dessauer, der als Doyen der Forschung zur Alterung von Papier seine unschätzbare Erfahrung in der Papiertechnologie und Papiergeschichte eingebracht hat;

dem Archivar Prof. Dr. Hartmut Weber, heute Präsident des Bundesarchivs, der als Leiter des Landesrestaurierungsprogramms Baden-Württemberg den Studiengang von Beginn an in das Landesrestaurierungsprogramm einbezogen hat und als Lehrender für das Fach Bestandserhaltung den Studierenden die Bedeutung umfassender Bestandserhaltungsprogramme, insbesondere auch die technisch unterstützte Mengenbehandlung von Archiv- und Bibliotheksgut nahebringen konnte;

der Kunsthistorikerin Prof. Dr. Ulrike Gauss, die dem Studiengang die von ihr geleitete Graphische Sammlung der Staatsgalerie Stuttgart öffnete. Sie konnte den Studierenden die Begriffe Qualität und Authentizität von Kunst auf Papier nahe bringen und ihnen helfen sich eine gesunde Kritikfähigkeit gegenüber restauratorischen Eingriffen in die Originalsubstanz zu bewahren;

dem Buchrestaurator Ernst Bartelt, der seit 1975 die Restaurierungswerkstätten der Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz aufgebaut hat. Er hat seine ungeheure Erfahrung in Praxis und Theorie der Buchrestaurierung über nahezu zwei Dezennien an die Studierenden weitergegeben;

dem Papiermacher Dipl. Ing. Günther Wegele, der seine umfassende Kenntnis der Papier- und Zellstofferzeugung sowie seine Verbindungen zur einschlägigen Industrie großzügig zur Verfügung stellte. Er hat gemeinsam mit Guido Dessauer wesentlichen Einfluss darauf genommen, der Vermittlung papiertechnologischer Grundlagen in der Ausbildung von PapierrestauratorInnen die gebührende Bedeutung einzuräumen und die Lehrinhalte auf eine neue Basis zu stellen.

Eine ganz neue Qualität der konservierungswissenschaftlichen Forschung in der Papierrestaurierung zeichnet sich durch die bereits 2002 begonnene Kooperation mit dem „Christian Doppler Labor für moderne Cellulosechemie und -analytik“ am Department für Chemie der Universität für Bodenkultur in Wien ab.

Neue Untersuchungstechniken und Analyseverfahren, entwickelt von Prof. Dr. Antje Potthast und Prof. Dr. Thomas Rosenau, erlauben durch Charakterisierung von Cellulosen auf molekularer Ebene bisher nicht erreichbare Einblicke in die Mechanismen des Abbaus von Cellulose bzw. in deren Alterungscharakteristik. Damit werden gesicherte Aussagen zur Nachhaltigkeit und Qualität von restauratorischen Interventionen, etwa der Behandlung von Pigment- und Tintenschäden auf historischen Papierobjekten oder von Entsäuerungsverfahren möglich, die unabdingbare Voraussetzungen für die Optimierung derartiger Erhaltungsmaßnahmen sind.

Wien, im Januar 2010

Gerhard Banik

- 7 Gerhard Banik: *Konservierungswissenschaft und RestauratorInnenausbildung: Eine Annäherung*
- 11 Gerhard Banik: *Konservierungswissenschaft and the graduate training of conservators: An approach*
- 13 Eva Galinsky: *Restaurierungsrealität und Ausbildung – Sicht einer Absolventin*

Forschung / Research

- 16 Irene Brückle: *Von der Empirie zu einer Theorie der Praxis*
- 19 Thorsten Doering: *Altes Papier und neue Techniken: Zerstörungsfreie Untersuchung von Papier mit Festphasenmikroextraktion (SPME)*
- 21 Thorsten Doering: *Non-destructive investigations of paper using solid phase micro extraction (SPME)*
- 23 Agnes Blüher, Ulrike Hähner: *Risk indices – a quality control instrument in mass deacidification*
- 26 Andrea Pataki: *Aerosol consolidation and influences of appearance*
- 29 Ute Henniges, Antje Potthast: *Basic principles of iron gall ink corrosion*
- 32 Dirk Schönbohm, Eva Glück, Gerhard Banik: *Boxen für die Langzeitverwahrung von Archiv- und Bibliotheksgut*

Kunst auf Papier / Art on Paper

- 40 Irene Brückle, Eva Glück: *Drei frühe Sepien von Caspar David Friedrich – Kunsttechnologische Untersuchung und Retusche*
- 43 Irene Brückle, Eva Glück: *Three early sepia drawings by Caspar David Friedrich – Technological investigation and retouching*
- 46 Eva Hummert, Eva Glück, Irene Brückle: *Rekonstruktion einer Sepiatusche nach historischem Rezept*
- 49 Eva Hummert, Eva Glück, Irene Brückle: *Replicating 19th century sepia ink*
- 52 Georg Josef Dietz, Irene Brückle: *Fixing charcoal drawings – reconstructing Matthias Grünewald's drawing technique*
- 54 Georg Josef Dietz, Irene Brückle: *Distinguishing between charcoal and natural black chalk in old master drawings*
- 57 Andrea Pataki, Barbara Sommermeyer: *The consolidation of white chalk on black acrylic paint*
- 59 Eva Hummert, Andrea Pataki: *Ultraschallreinigung von schlammverkrusteten Graphiken*
- 62 Eva Hummert, Andrea Pataki: *Ultrasonic cleaning of mud encrustations from flood damaged wood cuts*
- 65 Ingeborg Fries: *Kältekompressen zum Entfernen von Fremdmaterial von einer nicht trocknenden Malschicht*
- 67 Regina Schneller, Andrea Pataki, Elisabeth Thobois, Gerhard Banik: *The application of the Albertina poultice for removing linings from water sensitive Japanese woodblock prints*
- 69 Viola Jablonska: *Restaurierung einer großformatigen Farblithographie von Eberhard Emminger: „Rom in der Nähe von Monte Mario gesehen“*
- 71 Viola Jablonska: *Restaurování velkoformátové barevné litografie od Eberharda Emmingera: „Pobled na ím od Monte Mario“*
- 73 Meike Mentjes: *Das japanische Karibari-Trocknungspaneel*
- 75 Jan Šíblo: *“Rome, as seen from near Monte Mario”: Oxidative bleaching of a coloured lithograph with potassium permanganate*
- 77 Jan Šíblo: *„ROM in der Nähe von Monte Mario gesehen“: Oxida ní blení manganistanem draselnm*
- 79 Regina Schneller: *Ablösen eines gelatinebeschichteten Klebestreifens – Restaurierung einer tibetischen Gebetsmühlenrolle*

Materialien in der modernen Kunst / Materials in modern Art

- 82 Barbara Sommermeyer: *Consolidation of matte, powdery paint in modern art by ultrasonic misting*
- 85 Iris Winkelmeier: *Contemporary art made of polyurethane soft foam: Production – ageing – conservation – storage*

Archiv- und Bibliotheksgut/Archive and Library Materials

- 88 Jürgen Vervoort, Andrea Pataki, Gerhard Banik, Werner Faubel, Stephen Heissler, Ekkehard Willin, Ernst Bartelt: *Conservation treatment of the Erfurt Bible – State Library Berlin – Ms or fol 1210/1211: Investigation on the influence of urea on parchment*
- 90 Birgit Speta: *Holzdeckel-Konservierungseinband nach J.A. Szirmai*
- 92 Anika Knoop: *Graphikkästen am Kupferstichkabinett der Staatlichen Museen zu Berlin*
- 95 Enke Huhsman, Ulrike Hähner: *Ein Arbeitsstandard zur Tintenfraßbehandlung an Autographen des 18. und 19. Jahrhunderts mit der Calciumphytat-Calciumhydrogencarbonat Methode*
- 99 Sonja Titus: *Lokale Stabilisierung von Fehlstellen im Schriftbereich von Eisengallus-Kopien*
- 101 Ernst Bartelt, Ina Faerber: *Konservatorische Aufbewahrungsmethoden für mechanisch geschwächte Objekte*
- 103 Anaïs Ott, Antje Penz, Ulrike Hähner, Enke Huhsman: *Aufbewahrung und Nutzung tintenfraßgeschädigter Handschriften*
- 105 Heidi Lennig: *Lösemittelgele zur Entfernung von gealterten Selbstklebebändern auf Papier*
- 107 Heidi Lennig: *Solvent gels for removing aged self-adhesive tape from paper*
- 109 Roland Kamzelak, Manuela Reikow-Räuchle: *Archivalische Probleme mit Selbstklebebändern*
- 113 Ernst Becker, Manuela Reikow-Räuchle, Gerhard, Banik: *Elektrostatische Staubabnahme von historischen Landkarten und Dokumenten am Beispiel des Kartenbestandes Justus Perthes der Universitäts- und Forschungsbibliothek Erfurt/Gotha*
- 120 Eva Glück, Gerhard Banik, Ernst Becker, Michael Kühner: *Luftströmungstrocknung von Papier*

Fotografie/Photographic materials

- 126 Roland Damm, Gerhard Banik: *The influence of paper enclosures containing an alkaline reserve on pH-sensitive works of graphic art and photographs*
- 129 Ulrike Müller, Elisabeth Thobois, Monika Faber: *Konservatorische Überlegungen zum Fotoarchiv des Verlags Langewiesche*
- 131 Ina Jochumsen, Regina Schneller, Andrea Pataki, Gerhard Banik, Jiu-an-Jiu-an Chen: *Use of aerosols in the consolidation of water and mold-damaged silver gelatine prints*
- 134 Atje Penz, Irene Brückle, Gerhard Banik, Eva Glück, Eva-Maria Barkhofen: *Diazotypie: Lichtpausen von Architekturzeichnungen im Nachlass von Hans Scharoun*

Anhang / Appendix

- 140 Publierte Diplomarbeiten und Dissertationen
Published graduate and Ph. D. theses
- 141 Neu entwickelte Verfahren und Arbeitstechniken
Development of treatment-techniques and equipment
- 142 AutorInnen / Authors



In der Bundesrepublik Deutschland gibt es zwei Kunsthochschulen – die Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart und die Hochschule für Bildende Künste Dresden –, die Studiengänge für Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut auf universitärem Niveau anbieten. Zu Beginn des zweiten Jahrtausends wurde beiden Kunsthochschulen im Bereich der wissenschaftlichen Fächer, das heißt auch der Restaurierung, das Promotionsrecht verliehen. Damit wird hinreichend deutlich, dass die Studiengänge Restaurierung an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart unter anderem die Aufgabe haben, Beiträge zur Entwicklung der Konservierungswissenschaften zu leisten. Unter Konservierungswissenschaft wird im Augenblick die Entwicklung von Restaurierungs- bzw. Konservierungstechniken verstanden, die von akademischen Restauratoren und Wissenschaftlern aus anderen Disziplinen auf Basis wissenschaftlicher Prinzipien erarbeitet, überprüft, erprobt und in die restauratorische Praxis eingeführt werden (Muñoz-Viñas, 2005). Anders als bei handwerklichen Methoden, müssen die auf wissenschaftlicher Basis erarbeiteten Techniken und Verfahren präzise dokumentiert und nachweislich reproduzierbar sein. Zusätzlich müssen sie auch in Veröffentlichungen offen gelegt werden.

Es ist nicht wirklich klar, was unter einem wissenschaftlichen Ansatz für die restauratorische Tätigkeit oder „wissenschaftlicher Restaurierung“ zu verstehen ist. Als naturwissenschaftliche Basis der Restaurierung wird zu meist ein Forschungsgebiet angesehen, das den Materialanalytik betreibenden Naturwissenschaftlern vorbehalten ist – im Englischen wird dieses Teilgebiet als „Conservation Science“ bezeichnet – einen deutschen Term für dieses Fach gibt es leider nicht. Dem gegenüber umfasst Konservierungswissenschaft – hier gibt es keine direkte englische Übersetzung – einen Bereich in dem neue Erkenntnisse aus technischer oder naturwissenschaftlicher Grundlagenforschung in die Anwendung überführt werden. Es handelt sich damit um einen Forschungsbereich, der von RestauratorInnen zu definieren ist, denn es sind RestauratorInnen, die Entwicklungsziele für Restaurierungstechniken bestimmen. RestauratorInnen haben auch zu beurteilen, ob und mit welcher Qualität diese Ziele erreicht wurden.

Ein grundsätzliches Problem für die Entwicklung der Konservierungswissenschaft liegt in der Tatsache begründet, dass die Restaurierung kaum über schriftliche Grundlagen bzw. Lehrbücher auf solider wissenschaftlicher Basis verfügt. Das gilt in besonderem Maße für die systematische Beschreibung von Verfahren und Methoden der Graphik-, Buch- und Archivgutrestaurierung ebenso wie für Darstellungen

zur Anwendungsbreite dort einzusetzender Werkstoffe. Aktuelle und wissenschaftlich fundierte Fach- oder gar Lehrbücher auf dem Gebiet der Restaurierung fehlen im deutschen Sprachraum nahezu völlig. Dies ist eine sehr bedenkliche Entwicklung, wenn man Tradition und Qualität in der RestauratorInnenausbildung sowie frühere Ansätze zur Systematisierung von Arbeitstechniken in Deutschland (Schweidler 1938, auch Perkinson ed. 2006 als englische (!) Übersetzung) und der ehemaligen DDR heranzieht (W. Wächter 1987, Schramm und Hering 1988) oder auf bekannte Beispiele aus Österreich verweist (O. Wächter 1975, Banik und Krist 1995, 1997). Umso bedauerlicher ist es, dass die Fortschritte, dem Fachgebiet eine schriftliche Basis zu geben, die seither unter anderem in der Schweiz (Giovannini 1995) in Italien (Banik et al. 2003, Residori 2008), Spanien (López Román 1999), Tschechien (Đurovič 2002) oder Slowenien (Kolar und Strlič 2006) erreicht wurden, hierzulande kaum wahrgenommen werden.

Die Studiengänge Restaurierung an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart bieten eine universitäre Ausbildung an. Sie haben sich daher in jüngster Vergangenheit auch dem Bologna-Prozess verpflichtet (Hochschulrektorenkonferenz, 2007), der verschiedene Ausbildungsgrade vorsieht. Damit passt sich die Ausbildung auch der immer stärker hervortretenden beruflichen Realität an, die unterschiedliche Kompetenzen von Restauratoren in Samlungsinstitutionen verlangt. Für das Erreichen des Masterabschlusses oder einer Promotion steht nicht mehr primär die Qualifikation für „klassische Benchwork“ im Vordergrund, sondern auch die Ausbildung von Fähigkeiten zur Planung und Organisation von Erhaltungsprogrammen für gesamte Kollektionen ebenso wie solche zur Entwicklung von Arbeitstechniken, die auf wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhen, und deren Einführung in die Praxis. Die Umstellung des Diplomstudiums auf ein qualitätsvolles Bachelor – Master System kann aber nur dann gelingen, wenn das lehrende Personal, das für die Vermittlung restauratorischer Arbeitstechniken und der erforderlichen theoretischen Grundlagen verantwortlich ist, erheblich aufgestockt wird. Der Stuttgarter Studiengang sollte sich personell, inhaltlich aber auch organisatorisch an den erfolgreichen Vorbildern für dieses Studiensystem in den USA, Großbritannien und Dänemark orientieren.

Für die gesicherte Entwicklung der Profession in der Zukunft sind einschneidende Änderungen in der RestauratorInnenausbildung durch Verlagerung der Schwerpunkte in den Studienplänen erforderlich. Im Bereich der Schriftgutrestaurierung sollte unter anderem die klassische Kunstgeschichte durch angrenzende

historische Disziplinen ergänzt werden. Dazu gehören Gebiete, die sich mit der Entstehungsgeschichte und Authentizität des schriftlichen Kulturerbes befassen. Auch in den naturwissenschaftlichen Fächern müssen die Schwerpunkte neu ausgerichtet werden, indem der Vermittlung von theoretischen Kenntnissen der instrumentellen Materialanalytik deutlich weniger Beachtung als heute eingeräumt wird. Tim Padfield, Physiker und Autor eines der wenigen wissenschaftlichen Lehrbücher für die RestauratorInnenausbildung, stellt dazu in der Einleitung zu dieser Publikation Folgendes fest (Padfield 2009):

“Another motive for writing [this textbook (GB)] is my belief that conservators are exposed during their training to analytical techniques of an intricacy and expense which ensures that they will never use them again in their careers, whereas an understanding of the physical principles of mechanics, microclimate and illumination can be put to use every working day.”

Es ist also erforderlich, der Vermittlung eines profunden Wissens in den relevanten Materialwissenschaften, den für jede Langzeitverwahrung von Kulturgut entscheidenden physikalischen Grundlagen und der Methodologie des wissenschaftlichen Arbeitens wesentlich mehr Bedeutung zuzuerkennen. Dazu gehört die verständliche Darstellung der Grundprinzipien der Chemie und – bisher sträflich vernachlässigt – der Physik. Entscheidend ist es aber auch, angehende RestauratorInnen darauf zu trainieren, einen strukturierten Arbeitsablauf für die Lösung von Problemen mit wissenschaftlichen Methoden zu entwerfen, diesen gegebenenfalls in Kooperation mit Spezialisten angrenzender Wissenschaftsbereiche durchzuführen und die erarbeiteten Lösungen transparent und nachvollziehbar darzustellen.

Damit diese Ausbildungsziele erreichbar werden, sollte von den Verantwortlichen akzeptiert werden, dass die Bedeutung der Naturwissenschaften bei der Erhaltung von Kulturgut in der *Unterstützung* der restauratorischen Arbeit liegt. Das kann die Optimierung von Arbeitsprozessen und Verfahren ebenso umfassen wie die Interpretation von Alterungsphänomenen oder die Prüfung, ob Werkstoffe für einen Einsatz in der Restaurierung geeignet sind. Auch Untersuchungen zur künstlerischen Technik einzelner Objekte können in diesem Zusammenhang von Bedeutung sein. Die Naturwissenschaften haben in diesem Sinne eine ausschließlich dienende Funktion und dürfen sich keinesfalls verselbstständigen. Tritt diese Verselbstständigung als Folge ungebremster Verwirklichung von wissenschaftlichen Partikularinteressen der verantwortlichen NaturwissenschaftlerInnen ein, das lässt sich leider häufig beobachten, so geht jeder Bezug zu restauratorischen Fragestellungen ver-

Konservierungswissenschaft und RestauratorInnenausbildung: Eine Annäherung

loren. Als Ergebnis entsteht dann etwas, das Muñoz-Viñas so treffend als „*Endo-Science*“ oder „*Science for Scientists*“ bezeichnet. Darunter wären publizierte Resultate aus teurer Forschungsaktivität ohne Relevanz für die eigentlichen – i. e. restauratorischen – Problemstellungen einzuordnen (Muñoz-Viñas 2005).

Dies ist zweifellos eine zugespitzte Formulierung. Es kann aber nicht übersehen werden, dass viele Veröffentlichungen von „*Conservation Scientists*“ nur wenig oder gar nicht relevant für die restauratorische Praxis sind. Robert Feller, einer der Pioniere der konservierungswissenschaftlichen Forschung des 20. Jahrhunderts, geht auf dieses Problem in einer 1994 erschienen Veröffentlichung ein. Er führt den Graben zwischen „*Conservation Science*“ und restauratorischer Praxis darauf zurück, dass unser wissenschaftliches Verständnis über die bestmöglichen Techniken zur Behandlung und Erhaltung der Materialien historischer Gegenstände in Museen und Archiven nur bruchstückhaft vorhanden ist. Feller erkannte bereits vor 16 Jahren die Notwendigkeit von umfangreicher, kontinuierlicher und kostenintensiver Grundlagenforschung sowie der Übertragung ihrer Ergebnisse zur Entwicklung neuer Restaurierungstechniken auf einer gesicherten materialwissenschaftlichen Basis (Feller 1994). Dieses Erfordernis besteht noch heute, weil die herrschenden Bedingungen die notwendige Kontinuität von relevanter konservierungswissenschaftlicher Forschung kaum zulassen. Es mangelt bis heute an Studien, die zur Beantwortung grundsätzlicher Fragen zur Effektivität und Nachhaltigkeit restauratorischer Eingriffe beitragen oder zu den Standards einer effektiven Langzeitverwahrung von beweglichen Kulturgütern, nicht zu reden von der Definition zu erfüllender Qualitätskriterien technisch unterstützter Mengenverfahren, die für die Erhaltung von Archiv und Bibliotheksgut von so eminenter Bedeutung sind. Hier ist die Entwicklung geeigneter Applikationstechniken ebenso gefordert wie Untersuchungen der Wirksamkeit von Produkten und Verfahren einschließlich der Darstellung unerwünschter Nebenwirkungen, der Risikoanalyse und der Erstellung von Qualitätssicherungsprogrammen.

Die Unsicherheit bei der Bewertung chemisch oder technisch dominierter Erhaltungstechniken in der Papierrestaurierung führt zwangsläufig zu einer deutlich reservierten Haltung damit konfrontierter RestauratorInnen. Ein akademisches Ausbildungsprogramm muss daher – will es den Ansprüchen gerecht werden – unter Einbeziehung der Studierenden entsprechende Antworten erarbeiten. Es ist kein Zufall, dass die bisher einzigen systematischen Beschreibungen von restauratorischen Eingriffen, die einem konservierungswissenschaftlichen

Anspruch genügen, nämlich die Behandlung von Tintenfraß auf Papier mit wässrigen Phytatlösungen (siehe Beitrag Huhsmann und Hähner) und die Papierspaltung (Galinsky und Haberdtitzl 2004) von AbsolventInnen des Stuttgarter Studiengangs und MitarbeiterInnen des Instituts für Erhaltung von Archiv und Bibliotheksgut (IFE) in Ludwigsburg erarbeitet und veröffentlicht wurden. Schließlich konnten dort die notwendigen Schwerpunkte in Lehre und Forschung gesetzt werden. Durch die Einbeziehung von Studierenden in aktuelle Forschungsvorhaben ließ sich deren Interesse für ihre zukünftig verantwortliche Rolle in der Konservierungswissenschaft wecken und nachhaltig fördern. Damit wurde schließlich auch die Akzeptanz für die Einführung von standardisierten Arbeitstechniken und neuer Technologien deutlich verbessert.

In dieser Publikation werden insgesamt 39 Arbeiten aus der aktuellen konservierungswissenschaftlichen Forschung, aus abgeschlossenen Dissertationen sowie den vier Lehrgebieten des Studiengangs vorgestellt. Dabei handelt es sich um die Bereiche Kunst auf Papier, Archiv- und Bibliotheksgut sowie Fotografie. Vorgestellt werden Resultate aus Diplomprojekten, Semesterarbeiten und Aufgaben, die von GaststudentInnen ausländischer Hochschulen bearbeitet wurden. Bei der Zusammenstellung handelt es sich um eine Auswahl der in den Jahren 2000–2008 durchgeführten Arbeiten. Zusätzlich finden sich zwei Beiträge zur Erhaltung von Materialien in Objekten der modernen Kunst. Diese ließen sich nur realisieren, weil in den Werkstätten des Studiengangs spezielle technische Voraussetzungen hierfür geschaffen werden konnten. Eine Auswahl aus vorangegangenen Projektarbeiten wurde bereits in drei Publikationen vorgestellt, die in den Jahren 2000 und 2002 veröffentlicht wurden.

Die dargestellten Forschungsprojekte waren überwiegend durch Drittmittel geförderte Vorhaben, in deren Rahmen zumeist auch Dissertationen durchgeführt wurden. Da alle Forschungsvorhaben grundsätzlich voll in die Lehraktivitäten des Studiengangs integriert waren, konnten sie auch dazu genutzt werden, neue Lehrmodule zu entwickeln. Diese konnten nach und nach in den Lehrplan des Studiengangs integriert werden. Wegen ihrer Qualität wurden diese neu entwickelte Lehrmodule im Zeitraum von 1993 bis 2008 über 40mal an zahlreichen Sammlungen und Hochschulen in Deutschland, dem europäischen Ausland und den USA auf Einladung präsentiert, wodurch noch viele zusätzliche Anregungen aufgenommen werden konnten. Als Beispiele hierfür seien Veranstaltungen zu den folgenden Themen angeführt: *Enzyme in der Papierrestaurierung*, *(Massen-) Entsäuerung*, *Paper and Water*, *Aerosols in Paper*

Conservation und *Die Behandlung von Tintenschäden auf Papier*.

Zentrales Anliegen bei der Entwicklung neuer Lehrmodule war es, Lehrinhalte neu zu organisieren und durch Visualisierung komplexer Fakten die Vermittlung theoretischer Grundlagen sowie deren Überführung in die restauratorische Arbeit zu optimieren. Damit wurde auch die Entwicklung neuer Lehrmaterialien für die Vermittlung von Grundlagen der Papierrestaurierung eingeleitet. Ein wichtiges Beispiel hierfür ist das Lehrbuch „*Water in Paper – a Guide for Conservators*“, das sich derzeit im Druck befindet.

An dieser Stelle ist aber auch darauf hinzuweisen, dass die Vielzahl der Projekte und die Kontinuität in der Forschung und Entwicklung aus dem normalen Hochschulbudget unmöglich zu erfüllen gewesen wäre. Sie erforderten vielmehr den massiven Einsatz von Drittmitteln. Insgesamt wurden in den Jahren 1992 bis 2008 1,8 Millionen Euro Drittmittel eingeworben, nicht eingerechnet Stipendien für Diplom- oder Dissertations-, oder Postdoc-Projekte. Unter den fördernden Institutionen fanden sich unter anderen die Europäische Kommission, die Stiftung Preußischer Kulturbesitz, die Landesstiftung Baden-Württemberg, die Deutsche Forschungsgemeinschaft, Henkel Austria und der Fonds zur Förderung der gewerblichen Wirtschaft (Wien, Österreich).

Das Gebiet der Erhaltung von Archiv- und Bibliotheksgut wird durch die Entwicklung elektronischer Dokumentationssysteme und der neuen Medien mit bisher völlig unbekanntem Problemen konfrontiert, die mit Fragen der Materialität eines zu erhaltenden Einzelobjektes nichts mehr zu tun haben. Der Versuch, dem Stuttgarter Programm diese neue Problematik zu erschließen, stieß leider nicht auf das erforderliche Verständnis des Rektors der Akademie. Damit wurde eine überaus wichtige Entwicklungsmöglichkeit bedauerlicher Weise nicht ergriffen.

Mit den am Studiengang neu geschaffenen Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten aber auch durch erweiterte professionelle Anforderungsprofile an RestauratorInnen wurden Grundlagen für eine Diversifizierung der Kompetenzen gelegt. Dies muss sich in naher Zukunft auch im Berufsbild der RestauratorInnen und in den Hierarchien der Sammlungseinrichtungen niederschlagen. Bedauerlicherweise gibt es bis jetzt im freiberuflichen und im institutionellen Bereich ein differenziertes Stellenangebot noch nicht (siehe den Beitrag von Eva Galinsky).

Bezeichnenderweise wurden in den letzten Jahren nahezu alle angebotenen Führungspositionen in der Papierrestaurierung im deutschen Sprachraum, aber auch einige attraktive Stellen

in Österreich, Großbritannien und Holland mit AbsolventInnen aus dem Diplom- und Doktoratsstudium des Studiengangs besetzt. Insgesamt handelt es dabei sich um fünfzehn Positionen, die in der Lehre, der konservierungswissenschaftlichen Forschung sowie der Leitung von Werkstätten großer Sammlungen, angesiedelt sind. Damit besetzen immerhin 28% der in den Jahren 1996 bis 2008 insgesamt 51 Graduierten und drei Promovierten heute verhältnismäßig gut dotierte Leitungsfunktionen mit entsprechenden Verantwortungsbereichen. Trotzdem wird in Deutschland noch viel politische Überzeugungsarbeit nötig sein, um die Höherwertigkeit von Führungspositionen in der Graphik-, Archiv- und Bibliotheksgutrestaurierung weiter zu systematisieren und auch entsprechend zu honorieren wie es in anderen europäischen Ländern, etwa in der Schweiz, in Österreich oder in Dänemark längst selbstverständlich ist. Zu dieser politischen Überzeugungsarbeit sind auch die Berufsverbände aufgerufen. Diese dürfen sich aber nicht mit der althergebrachten Forderung nach Schaffung eines zünftischen Berufsschutzes zufrieden geben. Vielmehr sind sie aufgerufen, die Entwicklung der Profession durch Sicherung der Leistungsqualität restauratorischer Arbeiten und Darstellung der dafür erforderlichen ökonomischen Voraussetzungen aktiv mitzugestalten.

- Banik G. (ed.)
Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut: Projekte, Diplomarbeiten, Semesterarbeiten, Staatliche Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart, 1998, ISBN 3-931485-27-7.
- Banik G. (ed.)
Bestandserhaltung, Werkstoffe und Technologie, Staatliche Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart, 2000, ISBN 3-931485-42-0.
- Banik G. (ed.)
Tintenfraß, Staatliche Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart, 2000, ISBN 3-931485-39-0
- Banik, G., Krist, G. (eds)
Handouts to the ICCROM Paper Conservation Course in Horn and Vienna 1995 and Santiago de Chile 1997, 1999, ICCROM, Rome, 1995 (English edition), 1997 (Spanish edition).
- Banik, G., Cemonesi, P., La Chapelle, A., Montabano, L.
Nuove metodologie nel restauro del materiale cartaceo, il prato, Padova, 2003, ISBN 88-87243-67-0.
- Banik G., Brückle, I.
Water in paper – a guide for conservators, Butterworth – Heinemann, Oxford, in press.
- Feller, R.
Aspects of chemical research in conservation: The deterioration process, in: *Contributions to conservation science: A collection of Robert Feller's published studies on artist's paints, paper, and varnishes*, Paul M. Whitmore (ed.), Carnegie Mellon University Press, Pittsburgh, 2002: 637–645, ISBN 0-88748-374-7.
- Galinsky, E., Haberditzl, A.
Paper splitting: Systematisation, quality control and risk minimisation, *Restaurator* 25 (2004): 171–198.
- Giovannini, A.
De tutela Librorum, IES editions, 2e édition, Genève, 1995, ISBN 2-88224-045-7.
- Hochschulrektorenkonferenz / German Rectors' Conference (Hrsg./ed.)
Bologna-Reader II: Neue Texte und Hilfestellungen zur Umsetzung der Ziele des Bologna-Prozesses an deutschen Hochschulen, Beiträge zur Hochschulpolitik 5, 2007, Redaktion: Eva Bosbach, Monika Schröder, Waldemar Dreger, HRK Service-Stelle Bologna, Bonn 2007, ISBN 3-938738-22-7.
- Hubschmann, E., Hübner, U.
Work standard for the treatment of 18th and 19th century iron gall ink documents with calcium phytate and calcium hydrogen carbonate, *Restaurator* 29 (2008): 274–319.
- Đurovič, M. a kolektiv
Restaurování a konzervování archiválií a knih, (The restoration and conservation of books and archival materials), Paseka, Praha/Litomyšl, 2002, ISBN 80-7185-383-6.
- Kolar, J., Strilič, M. (eds.)
Iron gall inks: On Manufacture, characterisation, degradation and stabilisation, National University Library, Ljubljana, 2006, ISBN 981-6551-19-1.
- López Román, A.
Prevención de riesgos laborales en la investigación e intervención en Patrimonio Histórico, Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, Comares, Granada, 1999 ISBN 84-8266-094-2.
- Muñoz-Viñas, S.
Contemporary theory in conservation, Elsevier, Amsterdam, 2005: 65–90, ISBN 0-7506-6224-7
- Padfield, T.
Conservation physics: An online textbook in a serial form, online unter www.padfield.org/tim/cfys/ (assessed: 16.08.2009).
- Residori, L. (ed.)
Indagini scientifiche e metodi di restauro, Ministero per i Beni e le Attività Culturali, Roma, 2008, ISBN 978-88-902611-1-4
- Schramm, H.-P., Hering, B.
Historische Malmaterialien und Möglichkeiten ihrer Identifizierung, Akademische Druck- und Verlagsanstalt, G. Banik, G. Krist (eds), Graz, 1988, ISBN 3-201-01459-1.
- Schweidler, M.
Die Instandsetzung von Kupferstichen, Zeichnungen, Büchern usw.: Alte Fehler und neue Methoden bei der Beseitigung von Altersschäden an graphischem Kulturgut, Max Hettler Verlag, Stuttgart, 1938. Diese Publikation wurde 2006 in den USA in englischer Übersetzung wieder aufgelegt: *The restoration of engravings, drawings, books and other works on paper*, translated, edited and with an appendix by Roy Perkinson, The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 2006, ISBN 0-89236-834-7.
- Wächter, O.
Restaurierung und Erhaltung von Büchern, Archivalien und Graphiken, Böhlau, Wien, 1975, ISBN 3-205-08171-4.
- Wächter, W.
Buchrestaurierung, VEB-Fachbuchverlag, Leipzig, 1987, ISBN 3-343-00349-2.

“Konservierungswissenschaft” and graduate training of conservators: An approach

Gerhard Banik

In Germany, the Stuttgart State Academy of Art and Design (Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart) and the Dresden Academy of Fine Arts (Hochschule für Bildende Künste Dresden) are the two institutions offering university level programs in conservation of works of art and other objects of cultural heritage. At the beginning of the twenty first century, both schools were granted the right to award doctoral degrees in the field of art history and related topics and therefore also in conservation

In drawing together science and conservation – the conservation programs at the State Academy of Art and Design, Stuttgart made a great step forward towards the development of what is called *Konservierungswissenschaft* in German. *Konservierungswissenschaft* came to mean the development of techniques, developed, tested, reviewed and implemented in conservation practice but based on scientific principles. Unlike the exclusively technical methods, these techniques and procedures were to be meticulously documented and demonstrably reproducible and their results published in peer reviewed journals.

It is not entirely clear what is meant by a scientific approach to conservation, or by “scientific conservation”. The scientific basis of conservation is usually seen as the research field occupied by scientists carrying out material analysis. The results of such research seldom have an immediate application to conservation practice. In English, this field is called “conservation science”, for which there is unfortunately no German equivalent. In contrast, *Konservierungswissenschaft* – and here there is unfortunately no direct English translation and that is why, for the purposes of this article, the German term is retained – encompasses a field in which new insights from pure scientific research are converted into applications. *Konservierungswissenschaft* thus concerns a research area defined by conservators, since they set the development goals for conservation techniques and they are responsible for the transfer of new techniques into conservation praxis. Conservators must also judge whether – and how successfully – these goals are attained.

A fundamental problem for the development of *Konservierungswissenschaft* stems from the fact that conservation does not really have either a written foundation or textbooks with a solid scientific basis. This is especially the case for the systematic description of procedures and methods currently used for the conservation of art on paper, books and archive materials.

Up-to-date, scientifically based textbooks and reference manuals in the field of conservation are almost entirely lacking in Germany and

Austria. This is a worrying situation given the tradition and quality of both conservation training and earlier attempts to systematize working methods in Germany before the Second World War (Schweidler 1938, also Perkinson ed. 2006 in English [!] translation), and later in the former GDR (W. Wächter 1987, Schramm und Hering 1988), as well as important work from Austria (O. Wächter 1975, Banik and Krist 1995 & 1997). It is even more regrettable that the more recent corpus of publications from Switzerland (Giovannini 1995), Italy (Banik et al. 2003, Residori 2008), Spain (López Román 1999), the Czech Republic (Ďurovič 2002) and Slovenia (Kolar and Strlič 2006) has hardly been noticed here in Germany.

The educational programs in conservation at the Stuttgart State Academy of Art and Design offer courses at university-level; therefore they have very recently committed to implementing the Bologna process (German Rectors’ Conference 2007), which provides for various training levels. Course programs, designed for conservators to have diverse skills are thus even more closely adapted to professional realities. To attain a master’s or doctoral degree, the focus is no longer primarily on the qualification for “classical bench work”, but rather on training for skills in planning and organizing conservation programs for entire collections, as well as skills in developing and implementing scientifically based work techniques. However, reorganizing the existing diploma courses into a high-quality bachelor/masters system can only be successful if the personal that is responsible for the training of practical skills and the theoretical basis is significantly increased. The Stuttgart program should orient itself toward successful educational models in the United States, Great Britain and Denmark for its content, the personal resources and organization. To assure the future development of the profession, it is necessary to make crucial changes to conservation training by shifting the emphasis of the curriculum. In the field covering the conservation of the written heritage among others this must involve to widen the scope of traditional art history by the neighboring historical disciplines providing information on the historical development, use and authenticity of archive and library materials. For the reorganization of a high-quality bachelor/masters system the Stuttgart program should look at the successful education models in Denmark, the United States and the United Kingdom. For the natural sciences the emphases should be realigned such that imparting theoretical knowledge of instrumental material analysis is given significantly less attention. Tim Padfield, physicist and author of one of the few excellent sci-

entific textbooks for conservation training, remarks in the introduction to this textbook (Padfield 2009):

“Another motive for writing [this textbook, GB] is my belief that conservators are exposed during their training to analytical techniques of an intricacy and expense which ensures that they will never use them again in their careers, whereas an understanding of the physical principles of mechanics, microclimate and illumination can be put to use every working day.”

It is therefore necessary to accord much more importance to imparting a profound knowledge of the relevant material sciences, of the physical principles crucial for any long-term preservation effort of objects, and of the methodology behind scientific work. To this belongs a comprehensible account of the fundamental principles of chemistry, as well as physics – which has been heretofore carelessly neglected. It is also crucial to train prospective conservators to develop a structured work plan to solve problems using scientific methods, to carry these out in cooperation with specialists from the relevant scientific fields as needed, and to publish the results in a transparent and verifiable fashion.

To make these training goals achievable, those in charge should accept that the role of the natural sciences in conserving cultural artefacts is to underpin and *support* conservation work. This includes optimizing work processes and procedures, as well as interpreting aging phenomena or testing whether materials are suited for use in conservation. Investigations of artistic techniques of individual objects could be important in this context as well. The natural sciences have, in this sense, an exclusively auxiliary function, and should not, under any circumstances, take off in an independent direction. If such a departure does occur as a result of an unchecked pursuit of particular scientific interests of the collaborating scientist, as can frequently be observed, any connection to conservation problems gets lost. As a result, what arises is what Muñoz-Viñas so insightfully called “Endo-Science” or “Science for Scientists”. Publications of research activities without relevance for the actual (i. e. conservation) questions fall under this description (Muñoz-Viñas 2005).

This is to put it bluntly, of course. But it can not be overlooked that many publications by “conservation scientists” are not at all – or only marginally – relevant to conservation practice. Robert Feller, one of the pioneers of *Konservierungswissenschaft* research in the 20th century, already addressed this problem in 1994 in his article “Aspects of chemical research in conservation: The deterioration process”. Here he traces the gap between “conservation science” and conservation practice back to the fact that our scien-

“Konservierungswissenschaft” and graduate training of conservators: An approach

tific knowledge of the best possible techniques for treating and preserving the materials of historical objects in museums and archives and libraries is only available in fragmentary form. Feller already recognized the need sixteen years ago for comprehensive, continuous and resource-intensive basic research, as well as for implementing these results in developing new techniques for conservation on the basis of verified material science (Feller 1994).

This need still exists today, as current conditions hardly allow for the necessary continuity of relevant *Konservierungswissenschaft* research. Studies are still lacking that address fundamental questions about the effectiveness and sustainability of conservation interventions, or about the standards for an effective long-term preservation of movable cultural property, not to mention about defining the quality criteria that need to be met by technically supported large-scale procedures that are so eminently important for preserving archives and libraries. The development of suitable application techniques is necessary here, as well as the investigation of the effectiveness of products and techniques, including the description of undesirable side effects, risk analysis and the development of quality-control programs.

The uncertainty in evaluating chemically or technically dominated preservation techniques in paper conservation leads, necessarily, to a reluctant attitude of conservators when confronted with it. An academic training program must therefore – if it wants to meet these demands – work out answers with student involvement. It is not by accident that the only previous systematic descriptions of conservation interventions that take a *Konservierungswissenschaft* approach – namely the treatment of ink corrosion on paper with aqueous phytate solutions (Huhsmann and Hähner 2009) and paper splitting (Galinsky and Haberditzl 2004) were developed and published by graduates of the Stuttgart program and associates of the Institute for Preservation of Archive and Library Material (IFE) in Ludwigsburg. By involving students in current research projects and by taking a responsible role in *Konservierungswissenschaft* their interest was awoken and sustained. The availability of specialist technical equipment on site also encouraged and enabled extensive research to be carried out by the students. In this way, the acceptance of introducing evaluated and standardized techniques and new technologies was substantially increased.

This publication presents a total of 39 projects from current *Konservierungswissenschaft* research, from completed dissertations and graduate theses covering the four subject areas of the program. These cover art on paper,

archive and library materials as well as photography. Results from undergraduate theses and assignments by visiting students from foreign institutions are also included. The selected papers cover the period from 2000 to 2008, with the addition of two contributions on the preservation of special materials of modern art objects. A selection of previous projects has already been presented in three publications between 2000–2002.

Since all research projects are integrated into the program's teaching activities, they were also used to develop new teaching modules. These were integrated into the curriculum of the program over a period of time. The new teaching modules were presented on over forty occasions at numerous collections and colleges in Germany, The Netherlands, England and in the United States. The valuable responses and suggestions were later incorporated into the modules. For example, presentations on the following themes were given: *Enzymes in Paper Conservation*, *(Mass-) Deacidification*, *Paper and Water*, *Aerosols in Paper Conservation and Treatment of Iron Gall Ink Corrosion on Paper with Aqueous Phytate Systems*.

The central concern in developing new teaching modules was to reorganize teaching content and, by visualizing complex facts by means of newly developed graphics and animations, to optimize the communication of the theoretical basics as well as their implementation in conservation work. This initiated the development of teaching materials for the fundamentals of paper conservation. An important example is the textbook *Water in Paper: A Guide for Conservators*, currently being published by Butterworth-Heinemann.

It should also be pointed out that the multitude of projects and the continuity of the research and development would not have been possible with a normal budget and without the support of substantial outside funding. In total, 1.8 million Euros of outside funding was received between 1992 and 2008, excluding stipends for diploma, dissertation or post-doctoral projects. The funding institutions include, among others, the European Commission, the Stiftung Preußischer Kulturbesitz, the Landestiftung Baden-Württemberg, the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Henkel Central Eastern Europe and the Fonds zur Förderung der gewerblichen Wirtschaft (FFW), both, Vienna, Austria).

More recently the development of digital presentation of archive and library materials and original works created by digital means presented us with previously unknown problems; regrettably, an attempt to include these new challenges in the Stuttgart program failed to get the

necessary support from the Director of the Academy and an extremely important development opportunity was lost.

Because of the new education and further training opportunities, but also on account of the expanded profile of professional requirements for conservators, the groundwork was laid for a diversification of skills. This must soon be reflected in the job descriptions and in the hierarchies of collection institutions. Regrettably, there are not yet differentiated employment opportunities in freelance and professional fields (see the contribution of Eva Galinsky).

Significantly, over the last few years, nearly all of the available leadership positions in paper conservation in Germany – as well as a few important positions in Austria, Switzerland, the United Kingdom and the Netherlands – have come to be occupied by graduates of the diploma and doctoral tracks of the program. In total, currently there are fifteen positions located in teaching, in *Konservierungswissenschaft* research and in supervising the workshops of large collections. That means that 28% of the graduates from 1996 to 2008 (a total of 51 graduates) and graduates from the Ph.D. program have now relatively well-endowed director positions with corresponding areas of responsibility. Nevertheless, more political persuasion is needed to further systematize increasing the quality of leadership positions in the conservation of art on paper, archive and library materials, and to acknowledge its importance, as has long been done as a matter of course in other European countries such as Switzerland, Austria or Denmark. Professional bodies are also called upon to promote such a professional development. These organizations cannot remain content with the traditional demands for a guild-like protection of their profession. Rather, they are called upon to actively participate in developing the profession by securing the quality of the performance of conservation work, by drawing attention to conservation's contribution to the values of a civic society and by presenting the economic requirements needed to fulfill these tasks.

Anmerkungen vorab

Alle Bezeichnungen in diesem Artikel beziehen sich auf beiderlei Geschlechter, auch wenn der Einfachheit die kürzere und damit männliche Form gewählt wurde. Ich schreibe diesen Artikel auf der Basis einer grundständigen praktischen Restaurierungsausbildung von 1986–1993 und dem Studium „Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut“ von 1994–1998 bei Prof. Dr. Banik in Stuttgart. Außerdem einer nun zehnjährigen Projektstätigkeit im Bestandserhaltungsmanagement als Angestellte und Freiberuflerin. Auf meine Sichtweise wirkten zudem Impulse aus einer Weiterbildung im Personalwesen mit einer Trainer-Ausbildung und den Modulen Kompetenz- und Change-Management (2007/2008).

Problemstellung

Die Restaurierung unterlag einer starken Veränderung in den letzten 20 Jahren. Waren es früher hauptsächlich manuelle Geschicklichkeit, ästhetisches Gefühl und historische Kenntnisse, die einen guten Restaurator ausmachten, kommen heute umfangreiche, weitere Anforderungen hinzu. Das Widersprüchliche daran ist, dass die Anforderungen, die die Aufgabe und dementsprechend die Ausbildung an die Absolventen stellen, NICHT deckungsgleich sind mit den Anforderungen, die die künftigen Auftraggeber und Arbeitgeber erwarten.

Hier fehlt es meiner Ansicht nach an einem gemeinsamen Bewusstsein und einer Orientierung an der Gesamtaufgabe.

Die Soll-Kompetenzen des modernen Restaurators

Wollte man das aktuell gewünschte Kompetenzprofil für diesen spagatierenden Restaurator erstellen, so sähe es in (leichter) Überzeichnung etwa so aus:

- Handwerklich geschickt, denn er muss die Techniken beherrschen und das Ergebnis beurteilen können, auch wenn die notwendige Praxiszeit weniger wird.
- Organisatorisch klug, um intuitiv Managementaufgaben zu lösen, für die andere Organisationslehre studieren.
- Unternehmerisch denkend und handelnd, d.h. er erstellt fundiert betriebswirtschaftliche Kalkulationen für die Selbständigkeit, Projekte und künftigen staatliche Eigenbetriebe, ohne dafür wirtschaftswissenschaftlich geschult zu sein.
- Computerbegabt, denn Berichte, Tabellen, Präsentationen sind mit Hilfe autodidaktisch angeeigneter EDV-Kenntnisse zu fertigen.
- Sozial intelligent, um seine oft unklare Rolle und unbeschriebene Funktion in Organisationen und Projekten auszufüllen.
- Kunsthistorisch, bibliothekarisch, archivarisches und naturwissenschaftlich geschult, um mit einem Kunsthistoriker, Bibliothekar, Archivar und Naturwissenschaftler erfolgreich zu kommunizieren.
- Pädagogisch begabt, um Fachliches erklären zu können und wechselnden Hilfskräften oft in kürzester Zeit zu vermitteln, ohne die Methoden der Didaktik kennengelernt zu haben.
- Interdisziplinär und teamfähig, um Wissen aus unterschiedlichen Fachbereichen zu verarbeiten und sich schnell in die Denkweisen anderer hineinzusetzen.
- Selbständig und integrationsfähig, um ohne Unterstützung durch die Führungskraft auf sich alleine gestellt, aber innerhalb des Delegationsrahmens der Vorgesetzten, zu handeln.
- Charakterstark und engagiert (gut ist auch eine leicht masochistische Veranlagung), um mit Gehältern im Bereich von TVL 8 und 9 (~ 12,- Euro Stundenlohn), befristet und ggf. in Teilzeit ohne Sicherheiten oder Perspektive zufrieden sein zu können.
- Flexibel und motiviert, d.h. universell einsetzbar und willig, sich auf eigene Kosten weiter (über) zu qualifizieren.

Das klingt nach einem Übermenschen, den es so nicht gibt? Eben! Also alles ein einziges Jammertal? Aber nein!

Unterstützung durch Change Management

Change Management bedeutet eine geplante Neuausrichtung aufgrund veränderter Ziele und Rahmenbedingungen durch eine Umorganisation der bisherigen Strukturen und Denkweisen.

Die Ziele sind in diesem Kontext:

- Realistische Personalpolitik
- Beständige Steigerung der Kulturerhaltung
- Verbesserung der Prozesse
- Bürgerorientiertheit
- Wertegemeinschaft

Die Grundhaltungen des systemischen Ansatzes sind:

- Statt Beherrschen Impulse setzen
- Klassifizierung in „gut“ oder „schlecht“ ist destruktiv, dagegen in „funktional“ oder „dysfunktional“ konstruktiv
- Alle sind beteiligt, nicht nur betroffen
- Aktive Veränderung statt Festhalten an Veraltetem
- Die Wechselwirkungen im Ganzen sind entscheidend

Der Eingriff des Change Management fruchtet nur im Jammertal, vorher sind Erstarrung und Widerstand die vorherrschenden Kräfte. Die Atmosphäre muss von der aktiven Haltung geprägt sein, dass – egal wie es weiter geht – es hoffentlich nicht länger so frustrierend bleibt. Die folgende Abbildung zeigt die einzelnen Phasen der Veränderung. Die „Sonne“ bzw. das „Zahnrad“ symbolisiert den positiven Einfluss des Change Managements und die mühsam ineinander greifende Arbeit, die zum Erfolg führen.

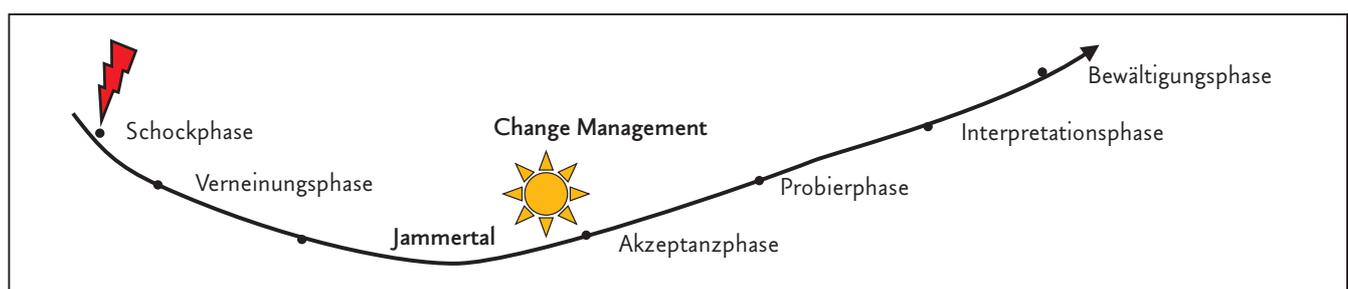


Abbildung 1: Grafische Darstellung der Veränderungsphasen (erweitert, nach Rudolf Binder, Unterrichtsskript 2008, o.Z., Kurs PER 13, Wirtschaft und Bildung Stuttgart AG)

Zum Change Management gehören folgende Schritte:

- Routine unterbrechen
- Denk-Volte drehen
- Zukunftsbilder schaffen
- Erarbeitung konkreter Schritte
- Neues mutig entscheiden
- Konsequenz umsetzen
- Probleme meistern mit Mitteln der Wertschätzung
- Akzeptieren eines Wachstums durch einen dynamischen Austausch
- Die verborgenen Potentiale entdecken
- Zeit ist nicht Hindernis, sondern das Werkzeug zum Erreichen eines Ziels
- Der Prozess im Ganzen zählt

Meine Vision

Meiner Ansicht nach ist der Fokus äußerst wichtig für die Sache der Kulturerhaltung: Er sollte nicht nur auf die materielle Gefährdung der Kulturobjekte oder die Gefahr des Kulturdesinteresses, sondern auch auf die Interaktion der um sie herum Beschäftigten gelegt werden. Die Querelen im VDR, die inhaltliche Trennung der Studiengänge, die Probleme mit dem Bachelor und der Studienreform, die Tarifreform im öffentlichen Dienst, die unwirtschaftliche Lage vieler Freiberufliger, die Abwanderung von ausgebildeten Restauratoren in andere Berufe, sind weder getrennt vom Gegenstand Kultur noch von der Gesellschaft zu sehen.

Meine Vision von der Zukunft der Kulturerhaltung ist nicht die immer weitere Verfeinerung der Techniken und Methoden, sondern die Ausbildung einer neuen Kultur in der Zusammenarbeit bei allen Beteiligten rund um die Kultur. Das „Unternehmen Kulturerhaltung“ sollte wie ein Betrieb mit verschiedenen Sparten wahrgenommen und entsprechend geführt werden.

Das zentrale Gesamtziel wird durch ein interdisziplinäres Gremium vertreten. Es handelt sich um in der Sache verbündete Personen mit unterschiedlicher Funktion und Ausbildung. Dies könnten ein Denkmalpfleger, Museumsleiter, Bibliothekar, Archivar, Chemiker, Baubiologe, Restaurator, Organisationsspezialist, Verwaltungswirt, ein Vertreter je der Lehre und der Selbständigen, ein Betriebswirt, ein Ingenieur etc. pp. sein. Jedenfalls ein Bündnis von mutigen Personen aus den unterschiedlichsten Bereichen, die gemeinsam und zusammen eine neue Strategie für die Kulturerhaltung als Ganzes entwickeln.

Kompetenzzentrum Kulturerhaltung

Ein Ergebnis könnte die Gründung eines Kompetenzzentrums für die Kulturerhaltung z.B. zentral an einem Ort in Stuttgart sein. Es gäbe dort z.B. Abteilungen für die Forschung und Entwicklung, der Ausbildung, der Beratung von Institutionen und Privatleuten, die Abteilung Projektdienstleistungen und das Marketing. Die Trägerschaft könnte sowohl auf der Landes- und/oder Bundesebene liegen. Die Anschubfinanzierung könnte auch durch Firmensponsoring ergänzt werden. In der Vergangenheit hat die Volkswagenstiftung z.B. erst die Einrichtung von Werkstätten möglich gemacht und ähnliches gilt für die Firma Henkel in Düsseldorf.

In der Ausbildung könnte es ein „Grundstudium für Kulturgüterhaltung“ mit einheitlichen Grundlagen geben. Die Konservierungs-, Ausstellungs- und Verpackungstechniken sowie die naturwissenschaftliche und bauliche Grundlagen für die Aufbewahrung werden für alle übergreifend für Gemälde, Denkmäler, Antiquitäten, Buch, Graphik, Keramik etc. gelehrt. Ergänzt wird die Qualifikation durch Dokumentationskompetenz im Bereich der EDV und des Fachvokabulars in einer Fremdsprache.

Nach dem Abschluss als „Bachelor für Kulturerhaltung“ kann direkt als Assistent gearbeitet werden oder als bezahlter Trainee ein praktischer Schwerpunkt bei der Objektspezialisierung gesetzt werden.

Nach dieser Praxiszeit – oder je nach Abschlussnote auch sofort – könnten die Studien fortgeführt werden zum „Master für Kulturerhaltung“. Im Gegensatz zum bereits vorhandenen „Master für Kulturmanagement“, der stark auf die Vermittlung an das Publikum ausgerichtet ist, sollte der „Master für Kulturerhaltung“ objekt- und organisationsbezogen, also intern ausgerichtet sein. Beide Bereiche überschneiden sich aber und Teile der Ausbildung könnten gegenseitig angerechnet werden.

Im „Masterstudiengang Kulturerhaltung“ belegen alle Anwärter Module mit Grundlagen der Volks- und Betriebswirtschaft, Projektmanagement und Organisationslehre. Im Bereich Marketing sollte insbesondere die Kommunikation mit Rhetorik als Kunst der Überzeugung zusätzliches Fach sein, weiterhin Präsentation, Moderation und eine weiter intensivierte Fremdsprache.

In meiner Vision werden jetzt die Schwerpunkte als Spezialist gesetzt:

- Als Spezialist für die praktische, hochwertigste Restaurierung bestimmter Objektgruppen
- Als Spezialist für die Forschung und Entwicklung
- Als Erhaltungsmanager für Restaurierungs- und Konservierungsprojekte

Entsprechend verzweigt sich die weitere Ausbildung immer mehr:

In dem Schwerpunkt „Restaurierung und Konservierung von [Objektgruppe] lernen und arbeiten die künftigen Spezialisten der verschiedenen Fachrichtungen in einem Werkstattgebäude zusammen. Sie werden von einem interdisziplinären, praktisch erfahrenen Werkstattleiterteam angeleitet. Die Restaurierungen werden betriebswirtschaftlich kalkuliert und die Abwägung Budgetrahmen und Maßnahmennotwendigkeit werden trainiert. Hier können auch die Grundlagen für gemeinsame Gründungen gelegt werden und durch Zusatzangebote die Selbständigkeit gefördert werden.

In dem Schwerpunkt „Forschung und Entwicklung“ werden die naturwissenschaftlichen Methoden vertieft und konkrete Fragen der Fachwelt angeleitet als Projekte untersucht. Dazu werden in Kooperation mit anderen Hochschulen und den eigenen Werkstattstudenten die Probleme realitätsgetreu analysiert und Lösungen erforscht.

In dem Schwerpunkt „Management“ werden insbesondere die Projekt- und die Planungskompetenz verstärkt. Die komplexe Bestandserhaltung, die Projektabwicklung, die politische Funktion und die Logistik bei Großprojekten und Sanierungen spielen hier eine größere Rolle. Hier sind Spezialisierungen auf Bibliotheken, Museen, Archive und (Privat) Sammlungen möglich.

Ergänzt werden kann das Studium durch juristische Grundlagen, um nach einer Berufspraxis später z.B. vom Verband der Restauratoren oder der IHK als geprüfter Schadenssachverständiger/Gutachter bestätigt zu werden. Das Kompetenzzentrum könnte auch unabhängig von der Lehre Auftragsforschung und Projektberatung betreiben.

Zusammenfassung

Die Kulturerhaltung kann nur konzertiert als Aufgabe gelingen. Es geht nicht um Abgrenzung, sondern um die bestmögliche Potentialentwicklung, die Angebot und Nachfrage in ein günstiges Verhältnis zur sachlichen Aufgabenerfüllung bringt.

Einzelne Anstrengungen hat es gegeben und gibt es noch. Insbesondere Herr Prof. Dr. Banik hat hier viele Grundsteine gelegt und im Verband der Restauratoren findet ein Umbruch statt. Wirtschaftlich und politisch kann es aber nur übergreifend funktionieren – ein einzelner, spezialisierter Studiengang oder eine einzelne Person kann das nicht leisten. Es bedarf einer neuen Anstrengung in der Gruppe mit der Bereitschaft zum Wandel. Meine Überlegungen dazu sind **Vision – aber keine Utopie**.

Forschung

Research

Von der Empirie zu einer Theorie der Praxis

Für alle Berufe, die sich in praktischer Tätigkeit verwirklichen, stellt sich die Frage des Verhältnisses von Praxis und Theorie. Denn jede, auch ursprünglich ausschließlich in der Praxis verwurzelte Tätigkeit strebt ab einem gewissen Grad der Differenzierung danach, eine Theoriebasis zu entwickeln. Dies lässt sich mit der Entwicklung ganz unterschiedlicher Berufssparten belegen. So teilte die Entwicklung des Ingenieurberufs den Maschinenbau in eine Reißbrett- und eine Werkstattbranche, und trennte sich die medizinische Forschung von der medizinischen Versorgung des Individuums. Je nach Blickwinkel werden eher die gegensätzlichen oder die verbindenden Aspekte des ungleichen Theorie-Praxis Paars herausgestellt. Einerseits lässt sich feststellen, dass der Mensch günstigstenfalls durch den ihn behandelnden Arzt die Transponierung neuester Forschung in die Erhaltung seines Körpers erfahren darf. Andererseits lässt sich sagen, dass der medizinische Forscher nicht ohne weiteres eine Arztpraxis leiten, oder ein praktizierender Arzt nicht ohne weiteres auf medizinische Forschung umsteigen könnte. Die vergleichende Bewertung theoretischer und praktischer Arbeit erfährt eine vorurteilsbehaftete Pointierung, wenn sich die Verbindung zwischen beiden Bereichen zu verlieren droht. Die Entfremdung des im Reinraum einer Forschungsanstalt tätigen Theoretikers von dem Praktiker, der sich mit den konkreten Problemen einer alles andere als „reinen“ Realität auseinanderzusetzen hat, ist eine Gefahr in vielen akademisch etablierten Spezialistenbranchen. Auch in dem noch jungen Beruf der Restaurierung zeichnet sich diese Spaltung ab, denn die ihr zugehörige naturwissenschaftliche Forschung hat vielfach ein von der restauratorischen Praxis getrenntes Eigenleben entwickelt. Dies ist an den unterschiedlichen Ausrichtungen der relevanten Literatur ablesbar. Nicht selten hört man, dass die Ergebnisse naturwissenschaftlicher Forschung von Praktikern als unverständlich oder irrelevant empfunden werden, während die Diskussion praktischer, oft als Fallbeispiel dargestellter Restaurierung von Forschern als langweilig betrachtet wird. Aus dieser, keineswegs nur dem Beruf der Restaurierung vorbehaltenen Divergenz resultiert das allenthalben vernommene Anliegen, die Theorie praxisnäher und die Praxis theoriebewusster zu gestalten (Brückle 2007).

Die Distanz zwischen der im Umkreis des Kulturguts durchgeführten Forschung und der praktischen, am Papierobjekt ausführenden Re-

staurierung wird zusätzlich durch die historische Bedingtheit der letzteren verstärkt. Denn die über die Restaurierung bestimmenden kustodialen Entscheidungsträger waren ursprünglich keineswegs identisch mit den Hand anlegenden Kräften, die sich zuerst aus buchbinderischen und druckgraphischen Handwerksberufen rekrutierten. Diese Bürde der Unmündigkeit ist selbst vierzig Jahre nach der Akademisierung des Berufs noch dort spürbar, wo sie institutionell fortgeschrieben wird und damit auch die Positionierung einer wissenschaftsorientierten Restaurierungspraxis hemmt. Hinzu kommt, dass sich bei oberflächlicher Betrachtung die inzwischen wissenschaftlich fundierten Arbeitsmaximen in der Erhaltung von Kulturgut auf Papier nach außen nicht immer deutlich darstellen, die Restaurierungspraxis dem fremden Betrachter also immer noch handwerklich dominiert erscheinen kann. Auch das erschwert die Auflösung des tradierten Handwerksbildes. Dabei kann man nicht sagen, dass gerade der restauratorischen Behandlungspraxis nicht auch eine Bewunderung zuteil wird, die vorzugsweise bei visuell wirksamen Instandsetzungen kulturell bedeutsamer Werke Ausdruck findet. Selten werden dabei allerdings die Tiefen des in Aktion beobachteten restauratorischen Expertentums so ausgeleuchtet, dass ihr wissenschaftliches Fundament ins Licht gerückt würde.

Von hochversierten Praktikern spricht man als Experten. Expertise ist die differenzierteste Ausprägung einer Handlungsfähigkeit. Sie entsteht aus einem Zusammenwirken von methodisch angelegten Wissenszweigen, die in der Handlung des Experten simultan abgerufen werden, also als verdichtete Wissensessenz zum Einsatz kommen. In akademisch verankerten Disziplinen setzt sich das Expertenwissen zusammen aus einem relevanten Faktenwissen und einem prozessualen Wissen um die praktische Lösbarkeit von fachspezifischen Problemen. Vom Experten wird erwartet, dass er die einzelnen Schritte einer Entscheidungsfindung und Umsetzung zielsicher bewältigt. Expertise ergibt sich, um noch einmal auf das Beispiel der Medizin zurückzukommen, aus dem theoretischen Wissen um Funktionsstörungen des menschlichen Organismus und der Fähigkeit, diese korrekt in dem komplexen Gesamtbild einer Patientenanamnese zu diagnostizieren und in ihren Ursachen zu behandeln. Diese Fähigkeit ist von dem Medizinstudenten auch nach bestandener Lehrbuchabfragung noch nicht voraussetzen, sondern erfordert einen zusätz-

lichen Lernprozess. Dazu gehört der Erwerb von Erfahrung, die den künftigen Praktiker über simulative Laborübungen bis zu Assistenzen unter Betreuung erfahrener Kollegen stufenweise an den Ernstfall der eigenverantwortlichen Patientenbehandlung heranführen. Expertise wird also nicht nur grundlegend im Studium vermittelt, sondern im Übergang in die und während der Berufspraxis weiter vertieft. Prinzipiell folgt auch die restauratorische Expertenbildung diesem Modell.

Erfahrung erwächst nur aus der unmittelbaren sinnlichen Anschauung eines Gegenstands. Sie wird, in Anlehnung an Dreyfus und Dreyfus (2005), in konsekutiven Lernstadien erworben, deren einzelne Stufen schon deshalb einen genaueren Blick lohnen, weil sie in ihrer Komplexität selten thematisiert werden. Demnach konzentriert sich der Anfänger auf die Durchführung einfacher Aufgaben nach Anweisungen oder Regeln, die ohne zusätzliches Wissen verstanden werden können. Der fortgeschrittene Anfänger hat schon genug Beispiele gesehen, um die Anweisungen der Bewältigung einfacher Aufgaben anpassen zu können. In dem folgenden, mittleren Stadium des Lernens treten vermehrt Verunsicherungen auf, die durch den inzwischen erweiterten, aber noch nicht voll verstandenen Erfahrungskreis verursacht werden. In diesem Stadium besteht die Gefahr, dass der Lernende sein Grundwissen mit Expertise verwechselt. Darin liegt eine potentielle Fehlerquelle, die eine umso sorgfältigere Sondierung aller für die Durchführung einer Handlung notwendigen Elemente erfordert. Der weiter fortgeschrittene Praktiker hat durch zusätzliche Erfahrung mit Fallbeispielen die Fähigkeit erworben, mit größerer Sicherheit die notwendigen Zusammenhänge zu durchdringen. Er kann die auftretenden Elemente hinsichtlich ihrer Bedeutung auch ohne Nachschlagen der stützenden Regeln differenzieren. Der Experte schließlich schöpft aus einem Fundus praktischer Erfahrungen, die in seinem Bewusstsein eine Systematisierung erfahren haben, also ein gedankliches Gerüst darstellen, anhand dessen auch hochkomplexe Zusammenhänge schnell und treffsicher analysiert werden. Expertise zeichnet sich auch dadurch aus, dass sie sich unter dem akuten Druck ungewohnter Umstände ihrer Funktionsfähigkeit nicht berauben lässt. Expertise ist also eine hoch qualifizierte performative Fähigkeit, die nicht ohne kontinuierliches und auch wiederholendes praktisches Arbeiten, also Erfahrung, erworben werden kann.

Dass sich die restauratorische Praxis an den materiellen Gegebenheiten des zu bearbeitenden Objekts orientieren muss, ist ihr unveränderliches, aber nicht ihr einziges interessantes Merkmal. Entscheidend wird sie durch den Umstand bestimmt, dass das zu bearbeitende Objektmaterial Träger von intrinsischen – zum Beispiel ästhetischen, historischen, persönlichen, oft auch mehrfachen – Werten ist. Fast jeglicher restauratorische Eingriff verändert das Objekt in seinem materiellen Zustand, wodurch sich Verschiebungen in diesem Wertefeld ergeben. Behandlungen zielen auf die Steigerung der durch Schädigung geminderten Werte, müssen aber gleichzeitig Nebenwirkungen gewärtigen, die wiederum mit Werteverlusten einhergehen können. Eine Behandlung, die selektiv gewünschte Effekte maximieren und unerwünschte Effekte minimieren soll, erfordert ein hoch differenziertes Risikomanagement. So wird der Fortgang der restauratorischen Behandlung kontinuierlich auf das Erreichen des Behandlungsziels und das Auftreten möglicher Nebenwirkungen hin überprüft (Abb. 1). In dieser



Abb. 1: Japanischer Farbholzschnitt während einer blotter sandwich Kapillarreinigung, bei der wasserlösliche Papierverfärbungen reduziert werden. Die Aufnahme zeigt, wie der Fortgang der Behandlung nach Anheben der oben liegenden Kontaktmaterialien (Löschkarton, lens tissue) geprüft wird. Die Übertragung der aus dem gefeuchteten Druck gelösten Verfärbungen in die Kontaktmaterialien ist erkennbar, und ein Teil des Drucks liegt zur Begutachtung offen.

Hinsicht ähnelt die zuvor zitierte medizinische Behandlung von Patienten prinzipiell der Behandlung von Objekten, auch wenn der Wert menschlichen Lebens mit dem Wert von Objekten nicht vergleichbar ist. Der heutige, hier nur verkürzt dargestellte, hohe Anspruch an die Leistungen der Restaurierung setzt eine Theoriebildung voraus, die das Objekt sowohl kulturell wie auch technisch voll erfassen kann.

In der restauratorischen Praxis hat sich das theoretische Wissen viel später als das empirische Wissen etabliert, was sich an der Entwicklung tradierter Techniken ablesen lässt. So ist die Anwendung von Wasser zur Entfernung löslicher, als Verbräunung im Papier auftretender Substanzen, eine der frühesten, heute noch relevanten Behandlungen. Da schon frühen Kennern bewusst war, dass Papierverbräunung den ästhetischen Genuss der von ihnen gesammelten Kunstwerke minderte, sind die Anfänge der wässrigen Behandlung in dem singulären Ziel zu suchen, entstellende Alterungsphänomene an wertvollen Einzelblättern zu beheben. Über lange Zeit wurden Behandlungsmethoden im Eigenversuch entwickelt, oder durch Anlernen mit nur sporadischer Unterstützung von Manua len weitergegeben. Letztere wurden aus der Sicht des Praktikers konzipiert und hatten weitgehend den Anspruch einer Handlungsanweisung, in der Ansätze einer Theoriebildung nur vereinzelt aufscheinen, wie beispielsweise bei Schweidler (1938). Unermüdliches Üben in der Bearbeitung von originalen Objekten erfolgte meist in der Abgeschiedenheit einzelner Werkstätten. Dabei blieb das Spektrum der Behandlungsmethoden noch bis in die Nachkriegszeit klein. Vorgesehen war meist eine maximale wässrige Schwemmung des Objekts bei teils langen Verweilzeiten. Wohl wurde vor zu weitgehender Behandlung gewarnt, aber gleichzeitig stand eine breite Palette akzeptierter Korrekturen zur Verfügung, die sowohl das Nachfärben verlustiger Farbmittel wie auch das Tönen zu weiß gewordener Papiere vorsah. Die Bewertung der Intervention erfolgte retrospektiv nach Behandlungsende, unter günstigen Umständen über längere Zeiträume. Die frühe restauratorische Praxis konnte sich also nur anhand personengebundener Erfahrung in bewertender Rückschau entwickeln. Das empirisch verankerte Expertentum blieb in seinen Systematisierungsbemühungen der Anschauung verhaftet.

Erst im 20. Jahrhundert entwickelte die Papierr restaurierung eine eigene theoretische Basis. Als langfristig wegweisend darf man den briti-

schen Chemiker Harold Plenderleith betrachten, der ab 1938 das 1921 gegründete British Museum Research Laboratory leitete. Schon 1937 veröffentlichte er einen Leitfaden, der mit der technischen Beschreibung des Papiers und der graphischen Medien beginnt, dann gefolgt wird von konservatorischen Belangen und sich zuletzt erst der restauratorischen Behandlung widmet. Diese Strategie gibt der Theorie erstmals ein deutliches Gewicht gegenüber der Praxis. An erster Stelle steht ein historisch-technisches Faktenwissen, das aus der kenntnisreichen Materialanalyse des Objekts gewonnen wird und die graduell abgestufte Versorgung einleitet. Mit der Akademisierung des Berufs vor allem seit den 1970er Jahren wurde diese Strategie kodifiziert. Auch wässrige Behandlungsmethoden erfuhren in den späten 1930er Jahren eine entscheidende Weiterentwicklung, als erste systematische Forschungen zur langfristigen Erhaltung von Papier vorgelegt und in der Folge Verfahren zur chemischen Stabilisierung von Papier mittels wässriger Entsäuerung eingeführt wurden. Die aus dieser Forschung im Lauf der Zeit entstandenen methodischen Optionen beruhen auf zahlreichen aufwendigen wissenschaftlichen Untersuchungen, in denen die Langzeitwirkung der in den Papierträger eingebrachten Agenzien ermittelt wurde. Die von W. J. Barrow 1939–1940 in den USA erarbeitete und eingeführte Aufbereitung wässriger Lösungen mit Calciumhydroxid und Calciumhydrogencarbonat (Barrow 1943 und 1966) gehört heute zu wichtigen Konstanten wässriger Behandlungen, die ohne solide Forschungsbasis nicht in der Praxis hätten etabliert werden können. Die naturwissenschaftliche Forschung setzte hier ein theoretisches Fundament, das durch Transfer in die Restaurierungspraxis die Entwicklung neuer Behandlungsparameter ermöglichte. Deren Relevanz ist jenseits der empirischen Anschauung zu verorten. Abgesehen von der Entsäuerung unterzog sich die gesamte wässrige Behandlungsmethodik seit den 1970er Jahren einer fundamentalen Wandlung indem sie systematisiert und hinsichtlich ihrer Mechanismen und Wirkungsweisen hinterfragt und untersucht wurde, wie schon die frühen Ausführungen von Keiko Keyes (1987) belegen. Jede der inzwischen vielfältigen Methoden wie die von Keyes popularisierte Kapillarreinigung existiert heute in mehreren einschlägigen Variationen.

Praxis ist die Anwendung empirischen und theoretischen Wissens in der Erfüllung einer Aufgabe oder in der Lösung eines Problems. Es

bleibt die Frage, inwieweit Praxis darstellbar ist, wenn man die Grundlagen restauratorischer Expertenbildung auf eine einheitliche Plattform zu stellen hofft, von der ausgehend die Methodenentwicklung und die Entscheidungsgewissheit leichter zu fördern sind. Das erfordert einerseits die Transponierung fachfremder, vor allem naturwissenschaftlicher Grundlagen in den restauratorischen Kontext, für den sie im Sinne einer praxisorientierten Theorie Wissensbasis werden sollen (Brückle 2007, Banik und Brückle 2010). Andererseits macht es die Aufschlüsselung der performativen Praxis in nachvollziehbare Einzelschritte nötig. Fallbeispiele werden in diesem Zusammenhang für eine Diskussion tauglich, wenn sie sich auf Prinzipien berufen, die den Ablauf einer Handlung oder eines Projekts auf eine verallgemeinernde Ebene zu heben vermögen (Huhmann und Hähner 2008). Typische Wirkungsweisen einer Behandlung lassen sich außerdem anhand präparierter Muster herausheben, die frei sind von den individuellen

Merkmale eines realen Objekts und damit nicht vom Kern der Aussage ablenken. Die Verwendung eines mit wasserlöslichen Farbstoff getränkten Whatman Filter Papiers # 1 kann beispielsweise den Transport löslicher Substanzen aus dem Papier in den kontaktierenden feuchten Löschkarton in der blotter sandwich Kapillarreinigung darstellen (Abb. 2). Der transferierte Farbstoff kann sowohl für die aus dem Papier zu lösenden Abbauprodukte stehen, als auch für etwaige, vor jeglicher Lösung zu schützende originale Farbmittel. Anhand einer solchen Darstellung kann man die Prinzipien des nur unter feuchten Bedingungen möglichen Kapillartransports in hygroskopischen und porösen Zellstoffmaterialien in einer praxisähnlichen Situation vermitteln, ohne die Praxis selbst zu imitieren. In diesem Sinne nähert sich auch die Praxis der Theorie an. Eine theoriebewusste Praxis differenziert leichter zwischen den in der Praxis auftretenden Grundkonstellationen und deren Abweichungen einschließlich

der jeweiligen Risiken. Sie ist auch beweglicher in ihren Erklärungsmöglichkeiten, und kann dazu beitragen, die Tiefe restauratorischen Expertentums auszuleuchten.

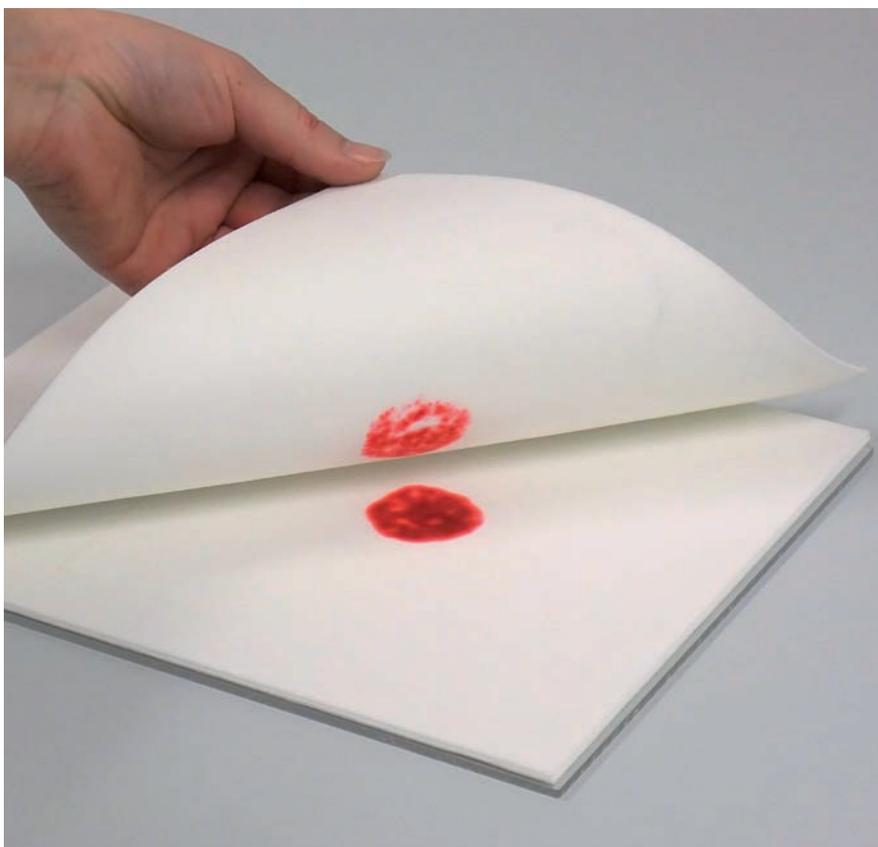


Abb. 2.: Wirkungsweise der blotter sandwich Kapillarreinigung, dargestellt anhand eines mit wasserlöslicher Lebensmittelfarbe getränkten Papiermusters. Die Aufnahme zeigt, wie der Fortgang der Behandlung nach Anheben des oben liegenden Löschkartons geprüft wird. Die Übertragung der aus dem gefeuchteten Whatman Filter Papier # 1 gelösten Farbe in die Kontaktmaterialien und die in dem Papier noch verbleibenden Farbreste sind deutlich erkennbar.

Literatur

- Barrow, W. J.
Restoration methods, The American Archivist 6 (1943): 151–154.
- Barrow, W. J.
The Barrow method of restoring deteriorated documents, State Library Building, Richmond, VA. (1966).
- Brückle, I.
Practical and theoretical knowledge in conservation: working with paper and water, Dissertation, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Stuttgart (2007).
- Dreyfus, H. L., Dreyfus, S. E.
Expertise in real world contexts, Organization Studies 26 (2005): 779–792.
- Plenderleith, H. J.
The conservation of prints, drawings, and manuscripts, Oxford University Press for the Museum Association, Oxford (1937).
- Schweidler, M.
Die Instandsetzung von Kupferstichen, Zeichnungen, Büchern usw.: Alte Fehler und neue Methoden bei der Beseitigung von Altersschäden an graphischem Kulturgut, Max Hettler Verlag, Stuttgart (1938).
- Keyes, K. M.
Alternatives to conventional methods of reducing discoloration in works of art on paper, in: G. Petherbridge (ed.), Conservation of Library and Archive Materials and the Graphic Arts, Butterworths, London 1987): 49–56.
- Huhmann, E., Hähner, U.
Work standard for the treatment of 18th- and 19th-century iron gall ink documents with calcium phytate and calcium hydrogen carbonate, Restaurator 29 (2008): 274–319.
- Banik, G., Brückle, I.
Paper and water: a guide for conservators, Butterworth-Heinemann, Oxford, im Druck (2010).

Ziel dieser Forschungsarbeiten sind die zerstörungsfreie Bestimmung signifikanter Abbauprodukte, die bei der Alterung von Papiermaterialien entstehen, und die Entwicklung einer hierfür geeigneten Probenahme und Messmethodik. Ein komplementäres Ziel ist die Charakterisierung von Leitsubstanzen, die es erlauben, anhand ihrer Konzentration den Alterungszustand bzw. die Gefährdung von Papieren durch Alterungsprozesse zuverlässig einzuschätzen.

Darauf aufbauend sollte ferner mit der neu entwickelten Untersuchungsmethodik die Effektivität von Massensäuerungsprozessen für Archiv- und Bibliotheksgut vor allem hinsichtlich der erzielbaren chemischen Stabilität des Behandlungsguts geprüft und möglichst präzise eingeschätzt werden. Mit der zerstörungsfreien Untersuchungsmethodik sollte zudem geprüft werden, ob und in wie weit eine Korrelation des Alterungsverlaufs besteht zwischen der natürlichen Alterung und einer künstlichen dynamischer Alterung im Papierstapel. Dazu wurde ein Alterungsprogramm zur forcierten dynamischen Alterung in einem geschlossenen System neu entwickelt.

Probenahmetechnik und künstliche Alterung

10mm hohe Stapel von sauergeleimtem Fichtenholzschliffpapier werden in einen Glasexsikkator eingelegt und einem neuentwickelten dynamischen Alterungsprogramm (25°/80°C, Haltezeit jeweils 90 min, 80% rF) unterworfen. Das Alterungsprogramm wird immer wieder unterbrochen und die beim Abbau des polymeren Materials Cellulose entstehenden niedermolekularen, (semi-) flüchtigen organischen Verbindungen, mit Festphasenmikroextraktion (SPME / Solid Phase Micro Extraction) zerstörungsfrei und hochempfindlich aus dem Luftraum zwischen den Blättern eines Papierstapels extrahiert und durch Kapillargaschromatographie (GC) aufgetrennt.



Abb. 1: Versuchsaufbau für künstliche Alterungsexperimente und Probenahme mit SPME. Glasexsikkator mit Probengut und Schleuse für SPME-Faserhalter.

Die einzelnen Komponenten in den verschiedenen SPME-Extrakten werden strukturell eindeutig charakterisiert. Die SPME/GC-Analysetechnik erfordert prinzipiell keinen Eingriff in die physische Integrität des Untersuchungsmaterials und ist damit insbesondere für die Untersuchung historisch wertvoller Materialien geeignet.



Abb. 2: Manueller SPME-Faserhalter mit Faserprotector (Eigenfertigung).

Von den in der Literatur bereits als Abbauprodukte holzschliffhaltiger Papiere beschriebenen leichtflüchtigen Verbindungen haben sich Essigsäure und Furfural als die Leitsubstanzen mit der höchsten Aussagekraft erwiesen. Beide Leitsubstanzen lassen sich mit Hilfe von papierimmanenten Komponenten als Internem Standard auch präzise quantifizieren.

Zustandsbeschreibung von Papiermaterialien ist. In Abb. 3 sind für die beiden Langzeitversuchsreihen jeweils die Messwerte für die Bruchkraft nach Falzung und die intern normierten Signalintensitäten für den Furfural-GC-Peak gegen die Alterungsdauer aufgetragen. Der gegenläufig exponentielle Verlauf der beiden experimentellen Parameter ist offensichtlich; der Anstieg des Furfural-Gehalts und die Abnahme der Bruchkraft nach Falzung mit zunehmender Alterungsdauer zeigen einen umgekehrt proportionalen Verlauf. Für die beiden Langzeitversuchsreihen zeigen sowohl die Bruchkraft nach Falzung als auch die intern normierte Furfural-Peakfläche jeweils einen eindeutig parallelen Verlauf. Die Befunde der zerstörungsfreien SPME/GC-Methode sind mit den Ergebnissen der etablierten und für die Beschreibung eines Papierzustandes als besonders aussagekräftig geltender destruktiver papiermechanischer Prüfung (Bruchkraft nach Falzung) prinzipiell vergleichbar.

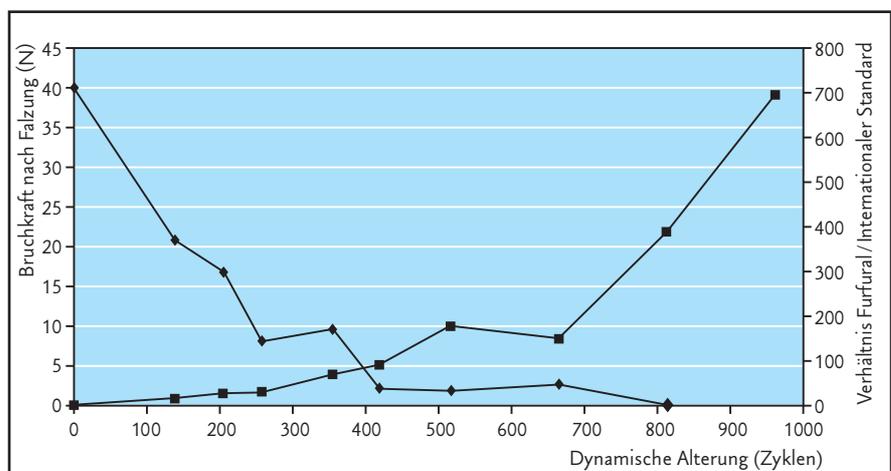


Abb. 3: Korrelation der Bruchkraft nach Falzung (linke Ordinate) bzw. der normierten Furfural-Peakfläche (rechte Ordinate) mit der Alterungsdauer.

Dabei lässt sich ein direkter Zusammenhang zwischen der Konzentration dieser Leitsubstanzen im Gasraum zwischen einzelnen Blättern in Papierstapeln und der Dauer der künstlichen Alterung dieser Papiermaterialien mit einer forcierten dynamischen Alterungstechnik im geschlossenen System eindeutig sichern.

In jeder Unterbrechung des Alterungsprogramms werden je zwei Blätter aus der Stapelmitte, sowie das oberste und unterste Blatt des Papierstapels für destruktive Papierprüfungen entnommen. Die Bruchkraft nach Falzung stellt ein besonders empfindliches Kriterium für die

Natürliche Alterung

Mit Hilfe der neu entwickelten Messmethodik wird die Vergleichbarkeit des Alterungsverlaufs bei dem neu entwickelten forcierten dynamischen Alterungsprotokoll im geschlossenen System mit dem bei einer natürlichen Alterung in einem Bibliotheksbestand überprüft. Einzelne Bände des Chemischen Zentralblatts aus dem Zeitraum 1845 bis 1957 werden mit SPME/GC beprobt. Die normierte Intensität des Furfuralsignals für das Chemische Zentralblatt ist in Abb. 4 gegen das Erscheinungsjahr aufgetragen.

Die exponentielle Zunahme des Furfural-Gehalts mit zunehmenden Alter der einzelnen untersuchten Bände aus den Jahren 1957, 1929, 1902, 1872 und 1845 wird sofort und klar erkennbar. Das Diagramm zeigt aber auch, dass die Werte für zwei Altes Papier und Neue Techniken Zerstörungsfreie Untersuchungen von Papier mit Festphasenmikroextraktion (SPME) Bände (1920 bzw. 1948) eindeutig aus dieser Korrelation herausfallen. Ihr stark (1948) bzw. extrem (1920) erhöhter Furfural-Gehalt entspricht einem sehr viel höheren Abbaugrad als aufgrund des realen Alters dieser Bände im Vergleich zu den fünf anderen Jahrgängen zu erwarten wäre. Darin spiegelt sich die in der Literatur bekannte schlechte Papierqualität der jeweiligen Nachkriegszeit, die sich mit der SPME-Methode sofort eindeutig zu erkennen gibt.

Die intern normierte Signalintensität der Leitsubstanz Furfural vom Chemischen Zentralblatt wird mit der von künstlich dynamisch gealtertem Fichtenholzschliffpapier verglichen. Für beide Materialien ergibt sich eine exponentielle Zunahme des Furfuralgehalts mit zunehmenden Alter bzw. steigender forciertes Alterungsdauer. Insbesondere die Korrelation für das natürlich gealterte Material (Chemische Zentralblatt) zeigt ein außergewöhnlich hohes Bestimmtheitsmaß. Aus dem Vergleich ergibt sich, dass 28 Zyklen (126,5 h, 5,3 d) der forcierten dynamischen Alterung (25°/80°C, Haltezeit jeweils 90 min, 80% rF) 10 Jahren des natürlichen Alterungs- und Abbauprozesses entsprechen.

Die Abläufe in der Papiermatrix bei der natürlichen Alterung werden also mit dem neu entwickelten Alterungsprotokoll mit hoher Analogie nachvollzogen; die neu entwickelte SPME-GC-Methodik ermöglicht somit einen direkten Einblick in den Abbauprozess der unterschiedlichen Papiermaterialien.

Die neu konzipierte dynamische Alterungsmethode im geschlossenen System kann den natürlichen Alterungsverlauf auch realistischer simulieren, als dies mit der bisher etablierten statischen Alterungsmethode möglich ist.

Massenentsäuerung

Abschließend wird mit der neu entwickelten Untersuchungsmethodik die Entsäuerungsleistung von fünf marktgängigen Massenentsäuerungsverfahren an drei unterschiedlichen Papiermaterialien überprüft und nach einer anschließenden forcierten Alterung die praktisch

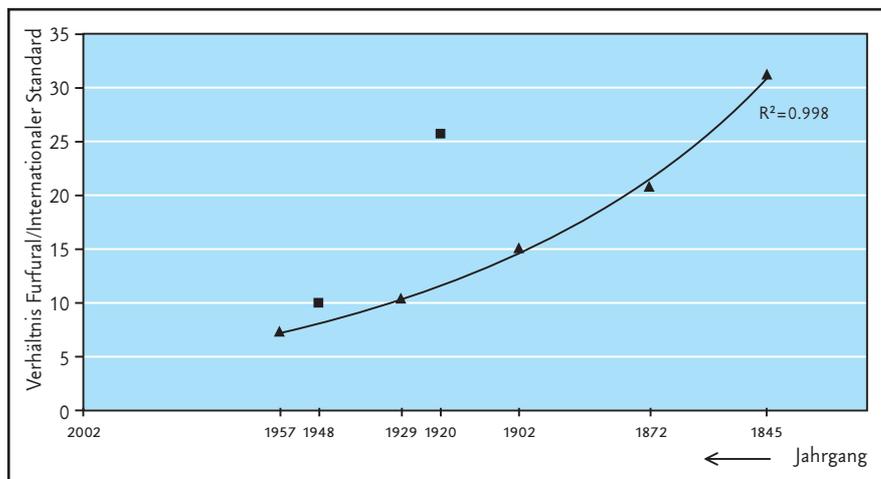


Abb. 4 Korrelation der normierten Peakflächen für Furfural mit dem Erscheinungsjahr des Chemischen Zentralblatts der Jahre 1957, 1929, 1902, 1872 und 1845. Zusätzlich zwei Bände nach Weltkrieg 2 (1948) und 1 (1920).

alleine relevante Langzeit-Effektivität der Entsäuerung getestet. Anders als die Standardprüfverfahren und selbst die Bruchkraft nach Falzung erlaubt die zerstörungsfreie SPME-Methodik eine klare Differenzierung zwischen den unterschiedlichen Massenentsäuerungsverfahren und eine sichere Abschätzung der jeweiligen Entsäuerungseffizienz. In Abb. 5 sind die Werte für die Bruchkraft nach Falzung für die dynamische Alterung von nicht entsäuerten und am ZFB entsäuerten Fichtenholzschliffpapieren dargestellt. Durch die Entsäuerungsbehandlung wurde der Degradationsprozess im Vergleich mit den nicht entsäuerten künstlich gealterten Papieren demnach stark verlangsamt.

Dieses Forschungsprojekt wurde im Rahmen eines Drittmittelprojektes von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) finanziert.



Literatur

Banik, G.

Kriterien zur Entscheidung über die Anwendbarkeit von Massenkonservierungsverfahren, Teil 1–3, Abschlussberichte zum DFG-Forschungsvorhaben III N2-55722/98 Stuttgart BIB 22 Stsab01–01, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart (September 2002).

Bansa, H., Hofer, H.

Die Beschreibung der Benutzbarkeitsqualität gealterter Papiere in Bibliotheken und Archiven, Das Papier 34 (1980): 348–355.

Buchbauer, G., Jirovetz, L., Wasicky, M., Nikiforov, A.

On the odour of old books, Journal of Pulp and Paper Science 21 (1995): J398–J400.

Doering, Th., Fischer, P., Binder, U., Liers, J., Banik G. An approach to evaluate the condition of paper by a non-destructive analytical method, in: Proceedings of the 27th Research Conference of IARIGAI, Graz (Austria) 10–13th September 2000, Advances in Printing Science and Technology, J. A. Bristow (ed.), Pira International, Leatherhead (2001): 27–39.

Doering, Th.

Altes Papier – neue Techniken, Zerstörungsfreie Untersuchungen mit Festphasenmikroextraktion, in: Konservierung – Forschung und Praxis, Vol. 3, Gerhard Banik, Irene Brückle, Wolfgang Wächter (Hrsg.), BWV-Berliner Wissenschafts-Verlag, Berlin (2007).

Hendriks, K. B.

Permanence of paper in light of six centuries of paper-making in Europe, Actes des deuxièmes journées internationales d'études de l'ARSAG, Paris (1994): 131–137.



Introduction

Until recently, no meaningful analytical procedure existed for evaluating the efficacy of mass deacidification treatments. Common tests (pH, cold extract, surface pH, alkaline reserve, breaking strength after one folding action, zero-span tensile strength) provided only limited information and required destructive analysis on extensive sample material.

Klaus B. Hendriks (1994) demonstrated that none of these tests predicts the chemical stability or aging properties of paper. The development of a non-destructive analytical technique provides an accurate tool to evaluate commercial deacidification methods. The method was developed through grants of the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) from 1999–2002 (Banik 2003). Investigations have been set up with acid test papers of known composition which have been artificially aged. Volatile compounds formed during paper ageing were extracted by solid phase micro extraction (SPME) and subsequently analyzed by capillary gas chromatography in combination with mass spectrometry (GC-MS). The technique allowed identification substances which would be indicative for the state of paper decomposition. The procedure mainly relies on the determination of furfural and acetic acid by means of GC-MS. Furfural, is generated when cellulose undergoes acid hydrolysis, acetic acid is formed through its oxidative degradation (Doering et al. 2001). Building on this, the effectiveness of mass deacidification processes for archival and library material – primarily with regard to the attainable chemical stability of the material being treated – can be tested and determined as precisely as possible, using the newly developed method of investigation. The technique has further been used to determine whether and to what extent there exist a correlation in the progress of aging between natural aging of paper and the newly developed dynamic artificial ageing of paper in stacks.



Fig. 1: Experimental set-up for artificial aging experiments and sampling with SPME. Glass desiccator with sample and lock for SPME fibre support.

Sampling technique – artificial ageing protocol

A 10 mm high stack of acid processed spruce groundwood pulp paper was placed in a glass desiccator and preconditioned at 80%RH. The filled desiccator was subjected to cycling temperature alternating between 25°C and 80°C every 90 min. Each temperature jump instigates



Fig. 2: Manual SPME fibre support with fibre protector (in-house production).

a concomitant change in the relative humidity within the free inner volume of the desiccator and within the paper stack. The aging procedure was repeatedly interrupted to extract volatile organic compounds that form from the air space between the sheets of the paper stacks through the degradation of the backbone components of the paper under investigation – cellulose and

1995) as products of the ageing of paper i.e. “the smell of old books”, acetic acid and furfural have proven to be the indicator substances with the highest significance. Both of these substances could be quantified with sufficient precision through internal standardization using peaks of components intrinsic to the paper itself.

A direct connection can thereby be established between the concentration of these indicator substances in the headspace between individual pages in the paper stacks and the duration of the artificial aging of these paper materials using an accelerated dynamic aging technique in a closed system.

At each interruption of the aging procedure, two pages from the middle of the paper stack – as well as the topmost and lowermost page of the paper stack – were removed to subject them to destructive mechanical tests. Among the classical mechanical test of paper the breaking strength after one fold according to Bansa and Hofer (1980) can be regarded as the most sensi-

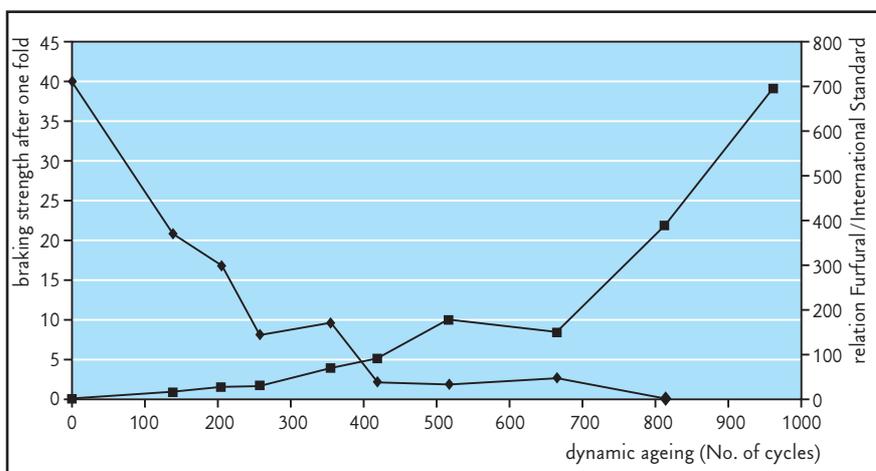


Fig. 3: Breaking strength after one fold according to Bansa and Hofer [N] versus internally standardized signal intensities for the furfural GC-peaks

◆ breaking strength after one fold

■ relationship of furfural / internal standard.

lignin derivatives. Sampling was done non-destructively and in a highly sensitive way by solid phase micro extraction (SPME) (Figs. 1 and 2). The extracts were subsequently separated by capillary gas chromatography (GC).

The components in the SPME extracts were structurally uniquely characterized. The SPME/GC analysis technique requires no intervention in the physical integrity of the material being investigated and is therefore particularly well suited to the investigation of historically valuable materials. Of the volatile compounds already described in the literature (Buchbauer et al.

procedures to evaluate a paper's ageing characteristic. In figure 3 the values breaking strength and the internally standardized signal intensities for the furfural GC-peak are plotted against the duration of aging for two long-term test series. The inversely exponential development of both experimental parameters is clear; the increase in the furfural content and the decrease of the breaking strength after one fold shows an inversely proportional development as the duration of the aging process increases.



Natural ageing of paper versus artificial ageing

By means of the newly developed analytical procedure the comparability of the paper ageing by the accelerated dynamic ageing protocol in a closed system was verified against natural ageing of a set of library documents. Individual volumes of *Das Chemische Zentralblatt* from the period from 1845 to 1957 were investigated by sampling with SPME and subsequent analysis by GC/MS.

In figure 4 the standardized intensity of the furfural signal for *Das Chemische Zentralblatt* is plotted against the year of publication. The exponential increase of furfural content as the age of the individual volume analyzed increases (from the years 1957, 1929, 1902, 1872 and 1845) is immediately and clearly discernable. However, the diagram also shows that the values for two of the volumes (1920 and 1948) clearly do not conform to this correlation. Their highly (1948) and extremely (1920) elevated furfural content corresponds to a much higher degree of decomposition than expected, given the actual age of these volumes, in comparison to the five other issues. This reflects the poor paper quality used after both World Wars, as is already established in the scholarly literature, and which is immediately revealed by the SPME method.

The internally standardized signal intensity of the lead substance furfural in *Das Chemische Zentralblatt* was compared to spruce groundwood pulp paper that had been artificially and dynamically aged. For both materials, there was an exponential increase in the furfural content according to an increase in age (for naturally aged papers) and the increasing duration of accelerated aging (for artificially aged papers). In particular, the correlation for the naturally aged material (*Das Chemische Zentralblatt*) shows an exceptionally high coefficient of determination. From this comparison it appears that 28 cycles (126.5 hours = 5.3 days) of the applied artificial dynamic aging protocol corresponds to 10 years of the natural aging and degradation process.

Evaluation of mass deacidification

Five standard mass deacidification processes, established on the market were tested for their deacidification efficiency and their long-term stability after deacidified papers have been subjected to dynamic artificial ageing. Unlike the standard test procedures and even tensile strength after folding, the non-destructive SPME method allows for a clear differentiation between the individual mass deacidification techniques and allows a definite assessment of the respective deacidification efficiencies.

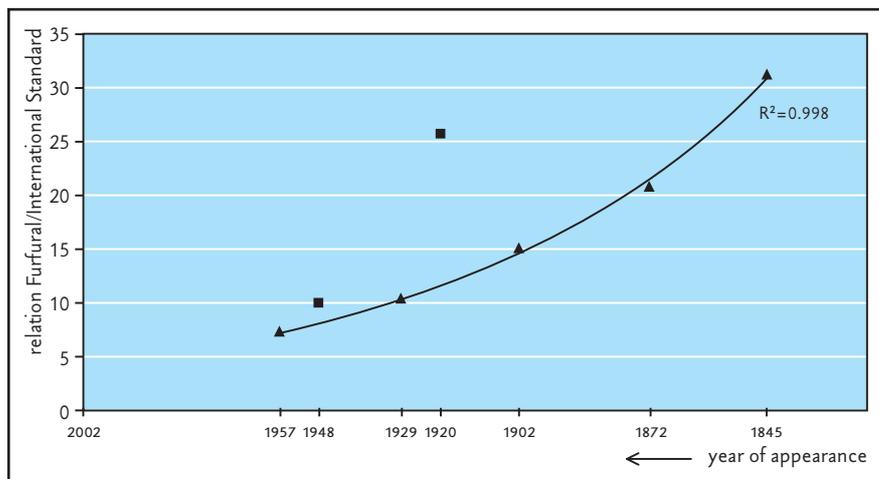


Fig. 4: Correlation of the standardized peak area for furfural with the year of publication of *Das Chemische Zentralblatt* for the years 1957, 1929, 1902, 1872 and 1845. Two additional volumes from after World War II (1948) and World War I (1920) were sampled.

▲ Regular volumes of *Das Chemische Zentralblatt*
■ Volumes after World War I and II, respectively

Conclusion

Sampling and analysis of volatile compounds formed in the course of the ageing of paper permitted the identification of marker substances indicative for acid hydrolysis and oxidative degradation of groundwood paper. Sampling volatile degradation products by SPME and their subsequent analyses by GC/MS permits a direct insight into the process of degradation of various papers. The newly conceived dynamic artificial aging of paper in a closed system can also simulate the natural aging process more realistically than is possible with the previously established static aging protocol. The analytical procedure could successfully be applied to evaluate and monitor the efficacy of five commercially available mass deacidification processes.

References

- Banik, G. *Kriterien zur Entscheidung über die Anwendbarkeit von Massenkonservierungsverfahren, Teil 1–3, Abschlussberichte zum DFG-Forschungsvorhaben III N2-55722/98 Stuttgart BIB 22 Stsab01–01, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart (September 2002).*
- Bansa, H., Hofer, H. *Die Beschreibung der Benutzbarkeitsqualität gealterter Papiere in Bibliotheken und Archiven, Das Papier 34 (1980): 348–355.*
- Buchbauer, G., Jirovetz, L., Wasicky, M., Nikiforov, A. *On the odour of old books, Journal of Pulp and Paper Science 21 (1995): J398–J400.*
- Doering, Th., Fischer, P., Binder, U., Liers, J., Banik G. *An approach to evaluate the condition of paper by a non-destructive analytical method, in: Proceedings of the 27th Research Conference of IARIGAI, Graz (Austria) 10–13th September 2000, Advances in Printing Science and Technology, J. A. Bristow (ed.), Pira International, Leatherhead, (2001): 27–39.*
- Doering, Th. *Altes Papier – neue Techniken, Zerstörungsfreie Untersuchungen mit Festphasenmikroextraktion, in: Konservierung – Forschung und Praxis, Vol. 3, Gerhard Banik, Irene Brückle, Wolfgang Wächter (Hrsg.), BWV-Berliner Wissenschafts-Verlag, Berlin (2007).*
- Hendriks, K. B. *Permanence of paper in light of six centuries of paper-making in Europe, Actes des deuxièmes journées internationales d'études de l'ARSAG, Paris, (1994): 131–137.*

This research was funded by the Deutsche Forschungsgemeinschaft contract No. III N2-55722/98 Stuttgart BIB 22 Stsab01–01



Introduction

Between 2000 and 2002, work was carried out on the DFG research project “Kriterien zur Entscheidung über die Anwendbarkeit von Massenkonservierungsverfahren” (Banik 2002). In order to evaluate the success of physico-chemical mass deacidification treatment, new methodology has been developed (Doering 2007). The results of the project gave considerable impetus to formulating a recommendation for testing the treatment success of physico-chemical mass deacidification (Hofmann and Wiesner 2007).

As well as the effectiveness of various liquid-phase and fine-powder processes, the objective of the DFG project was also to visually assess the resulting qualities after treatment and to compare them with one another. Besides the desired endogenous changes, every mass deacidification process also involves optical or sensory changes to the treated material, and these must be kept to a minimum. The changes can concern all materials, can occur at different frequencies and intensities, and can be perceived differently according to the object or person. As a consequence of this, the control and assessment of side effects includes both objective as well as subjective components. Within the framework of the DFG project, every effort was made to make objective interpretations and so-called risk indices were developed^[1]. In the field of protection of cultural heritage, risk assessments have been employed since the 1980s (Jeberien and Jehle 2009).

Risk indices and their use in process comparisons

A selection of 40 comparable documents was given to each of seven different European mass-deacidification providers for treatment^[2]. Together with students, the books and single sheets were examined before and after treatment. The result gave 25 different material changes in total. The individual changes were subsequently assessed according to internal guidelines for collections, where they were classified according to a value scale (appraisal value, V) from 1 (low = can be disregarded) to 3 (cannot be disregarded under any circumstances). This value scale is variable, i.e. it can be changed according to the holdings and/or the institutes own guidelines and it can also be extended. In order to compare process performances as objectively as possible, the frequency of the incidence (F) and the actual extent (I) of each change had to be taken into consideration. The frequency or the number of damaged volumes was determined as a percentage and divided by a factor of 10, so that the calculated values would be more manageable later on. The assessment of extent (I) was carried out by an optical test, where at least two people had to agree on a result. There were 4 levels for classification, from 0 (no change) to 3 (significant change).

The values determined were multiplied together: frequency (F) × extent (I) × appraisal value (V), so that for any change, the maximum achievable value can be 90 (10 × 3 × 3). The sum total of the 25 individual results gives the

risk index (Banik et al. 2005). In theory this index can be between $0 \times 25 = 0$ (no damage risk) and $90 \times 25 = 2250$ (risk of total damage). The final result gave risk indices for the individual companies of between 21.34 (best result) and 191.81 (worst result). The process with the worst results thus produced an almost 9-times higher risk. The risk is closely tied to the deacidification method and to what changes can be tolerated by the institution. Thanks to the tabular chart of individual changes, the frequency of their occurrence and their extent, the performance of the different processes became transparent and each individual detail comparable.

The determined risk indices are thus a convenient decision aid for an institution on which mass process should be considered or excluded under given circumstances.

Moreover, an example of how risk indices can be used for safeguarding and improving quality in the routine use of mass treatment is provided by the Swiss National Library (NL).

The use of risk indices for quality assurance at the Swiss National Library

Since 2000, the Swiss National Library (NL) has treated 35–40 tonnes of its collections every year. The treatment is carried out by Nitrochemie Wimmis AG using the papersave swiss process. In this liquid-phase process, the documents (books, brochures or documents in archive boxes) are packed into baskets and grouped into treatment batches of 600–700 kg – a real mass-deacidification process (Fig.1). In 1998, even before the papersave swiss plant

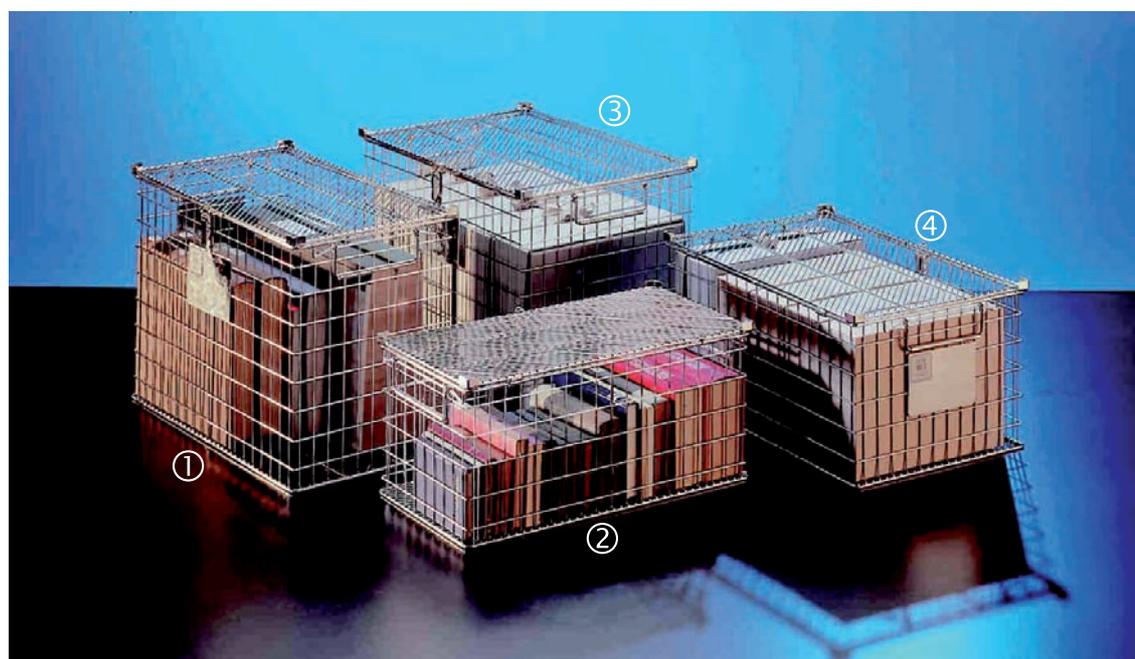


Fig. 1: Treatment baskets in different formats for books (1, 2) and archival documents placed in their storage boxes (3, 4).

Risk indices – a quality control instrument in mass deacidification

came into operation, requirements concerning treatment quality were formulated and set out contractually in a “Quality standards” document. The “Quality standards” were further refined and are now available in a 2004 revised edition^[3]. Responsibility for the physico-chemical tests lies with the deacidification company, Nitrochemie Wimmis AG (Andres et al. 2008), while that for the optical and sensory tests lies with the NL (Blüher 2003). The latter is done by visual examination (Figs. 2 and 3). After treatment, around 30% of each treatment batch (200 to 500 documents) is controlled.

According to the “Quality standards”, optical and sensory changes should only occur in a maximum of 5% of the treated documents but, however, there are no details concerning the extent or assessment of the changes. With library material especially, changes can have a completely different importance. While for some, changes can be tolerated, for others, even a 5% rate is not acceptable. Over time, this situation became increasingly unsatisfactory.

In 2003, therefore, the NL introduced risk indices into its quality assurance. The concept of the DFG project was adopted, but with the following adaptation:

- the appraisal value increments were increased from three to 12. A further scale expansion may be considered for the deacidification of special collections.
- in total, there are 14 categories of material changes for papersave swiss treatment and for each of them, an appraisal value was defined dependently of the actual holding.
- with the aid of an Excel program, statistics were prepared that automatically calculate the percentage of changed documents as well as the risk indices (Table 1).

During the past 6 years, the risk indices of all treated holdings averaged 7.5, with material-dependent fluctuations of between 0.1 and 20 occurring for individual holdings. A risk index up to 10 signifies good treatment quality, between 10 and 20, acceptable, between 20 and 30, critical, and with a value of over 30, the use of mass deacidification for the particular holding, questionable. Risk indices reflect the effective treatment quality better than percentages. For the NL, they represent a valuable aid for the selection and preparation of collections, as well as, in cooperation with Nitrochemie Wimmis AG, for the control and optimization of the treatment process.



Fig. 2: Staff member checking books after treatment for optical and sensory changes.

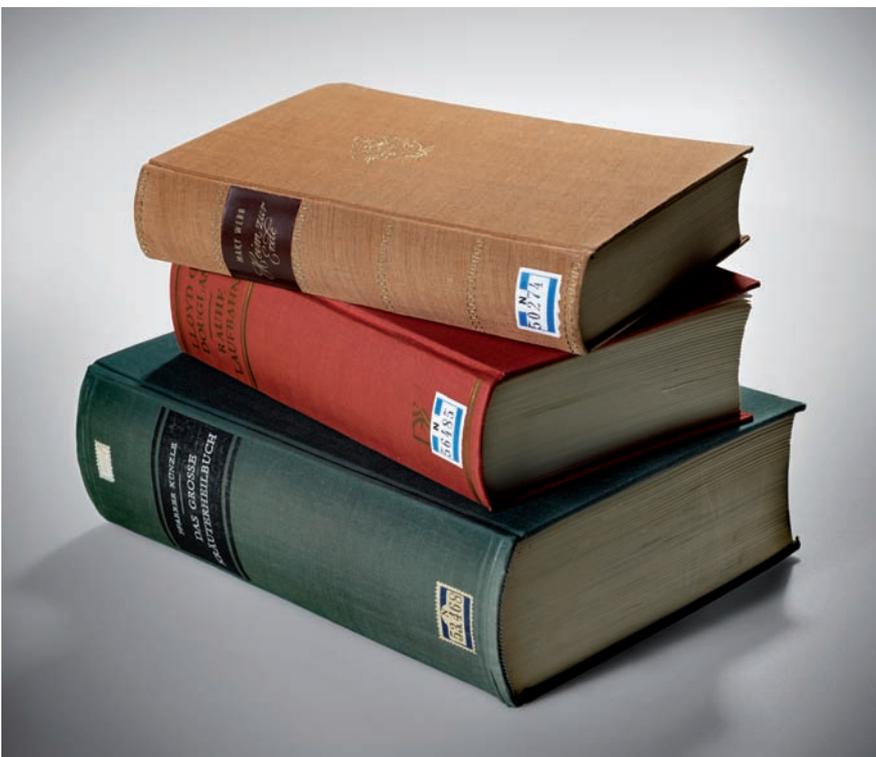


Fig. 3: Books after treatment showing no visible side effects.

Quality control SNL: Risk indices Sample batch, items tested: 550	changed items	weighting			intensity (I)	frequency (F)	appraisal value (V)	risk indices
		1	2	3				
Changes / Faults								
Cover changed: surface, stains, residues	6	6			1.00	0.11	1	0.11
Staining on the pastedown	5	3	2		1.40	0.09	1	0.13
Deposits on laminated documents	2	2			1.00	0.04	5	0.20
Bleeding of bindings and covers	0						10	
Colour transfer to adjacent documents	0						8	
Bleeding of title, printing inks	2		2		2.00	0.04	12	0.96
Bleeding of stamping/writing inks, crayons	0						11	
Bleeding of copying inks, spiritcopies	0						12	
Newton rings	0						10	
Blocking of pages	0						3	
Stickiness of binding materials	8	2	5	1	1.88	0.15	10	2.82
Unacceptable odour	0						2	
Deformations	0						12	
Adhesive failure (photographs, mounted papers etc.)	0						10	
Total	23							4.22

Table 1:

The NL registration sheet for the determination of risk indices. Weighting: 1 slight, 2 medium, 3 severe changes.

Conclusion

As well as the desired endogenous effects, every mass-deacidification process also causes optical or sensory changes to the treated material. Minimization of the undesirable changes is brought about by the choice of a suitable deacidification process on the one hand, and by continual quality control during its execution on the other. The use of risk indices is an appropriate aid for accomplishing both tasks. In order to calculate these, every observed material change is given an appraisal value. As a result, risk indices differ from purely statistically calculated percentages of changed documents. Risk indices permit an objective and comprehensive description of the optical-tactile treatment quality for mass deacidification by taking both the perception and practical consequences of material changes into consideration.

In particular, risk indices allow a standardized and simple control when treating large quantities of inhomogeneous treated material. With their help, limits, within which responsibility for the mass deacidification of a given holding can be taken, can be clearly defined and recognized. Based on the exact recording and assessment of material changes, risk indices furthermore contribute to the control and improvement of treatment quality.

Notes

- [1] Final report of the DFG research project, part 3: The use of mass conservation processes for library goods, planning and logistics. Carried out on holdings of the Marburg University library with the collaboration of Ute Henniges, Gesa Kolbe, Bettina Hagemann, Katrin Schröter, Nanett Wöithe, Anna Zablocka and Ulrike Hähner.
- [2] Processes evaluated: three variants of the papersave™ process ("papersave™" process of Battelle Ingenieurtechnik, Eschborn; "the Deutsche Bibliothek process" of the centre for book preservation, Leipzig; the "papersave swiss" process of Nitrochemie Wimmis AG, Wimmis), the "Bookkeeper™" process of Archimacso B.V, Heerhugowaard, the Netherlands; the "Libertec™" process of the Libertec library service, Nuremberg, "Bückerberg conservation process for modern archive goods" of Neschen AG, Berlin, and the "CSC Book Saver™" process of the Preservation Academy GmbH, Leipzig.
- [3] Quality standards for the papersave swiss process used for the deacidification of the collections of the Swiss Federal Archives and the Swiss Federal Office of Culture - Swiss National Library, 1998. Revised version, May 18th, 2004. Online on (in en, de and fr): http://www.nb.admin.ch/slb/slb_professionnel/erhalten/00699/01491/01492/index.html?lang=en

Bibliography

- Andres, H., Blüher, A., Grossenbacher, G., Reist, M., Vogelsanger, B., Wälchli, M.
The Papersave Swiss-Process: Quality control and efficacy, Restaurator 28 (2008): 3–28.
- Banik, G.
Kriterien zur Entscheidung über die Anwendbarkeit von Massenkonservierungsverfahren, Teil 1–3, Abschlussberichte zum DFG-Forschungsvorhaben III N2-55722/98 Stuttgart BIB 22 Ssab01–01, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart (September 2002).
- Banik, G., Doering, Th., Kolbe, G., Hähner, U.
Quality control of mass deacidification of library and archival holdings, in: ICOM Committee for Conservation, Preprints to the 14th Triennial Meeting, The Hague 2005, Vol. I, James & James, London (2005): 157–165.
- Blüher, A.
Experience in paper deacidification, PapierRestaurierung 4 (2003): 126–161.
- Doering, Th.
Altes Papier – neue Techniken, Zerstörungsfreie Untersuchungen mit Festphasenmikroextraktion, BWV-Berliner Wissenschafts-Verlag 3, Berlin (2007).
- Hofmann, R. Wiesner H.-J. (eds)
Empfehlung zur Prüfung des Behandlungserfolgs von Entsäuerungsverfahren für säurehaltige Druck- und Schreibpapiere, in: Bestands-erhaltung in Archiven und Bibliotheken, Deutsches Institut für Normung, Beuth, Berlin (2007): 9–32.
- Jeberien, A., Jele, H.
Risikomanagement im Kulturgüterschutz, Restauro 115 (2009): 165–171.

Aerosol consolidation and influences of appearance

Introduction

Friable and powdery pigments need consolidation to reattach individual pigment particles to the support, which is made of either paper or parchment. Due to consolidation, adhesive bonds between the individual pigment particles will also be formed. After consolidation, the colour of the pigment layer should not be altered by the application of the consolidant. The application of aqueous adhesive solutions in aerosol form (Michalski, Dignard 1997) keeps the risk of changes to the pigment's appearance after the consolidation process low. However, the thicker the pigment layer and the less of the original binding medium is present, the greater the risk of a colour change is.

To find possible reasons for a change of colour, the consolidants and the surface structure of the pigment layer were investigated. A consolidant can be described, among other characteristics, according to its colour, its particle volume after misting, its viscosity, its refractive index and its surface characteristics.

For the experimental set-up, three different pigments were selected, which represent common pigments in artworks with a variety of colours (red, blue and brown) and characteristics. The three pigments selected were vermilion, a mixture of lead white and ultramarine, and brown ochre. To create homogeneous and reproducible pigment layers, the pigments, together with a binding medium (i.e. gum Arabic), were spin-coated on either glass or perspex plates with a diameter of 2.5 cm. The liquid suspension of pigment and binding medium was placed on the plate, before the support was turned at approximately 1200 rotations per minute. The binding medium is needed to produce an opaque and homogeneous pigment layer.

The consolidation adhesives that were selected are also ones commonly used for misting. The selection includes gelatine, methylcellulose, isinglass, Funori, JunFunori™ (dissolved in water), and Klucel™ G (dissolved in ethanol.) Film sheet samples made out of the liquid adhesives were prepared by pouring the liquid adhesives into polystyrene Petri dishes. These film sheet samples were analyzed by UV-Vis spectroscopy to determine their colour, and by microscopy to measure the thickness of the film sheet samples.

Colour stability

When a pigment is consolidated, the colour of the adhesive applied as a consolidant could be important. The film sheet samples were measured with a UV-Vis spectrometer at wavelengths from 380 to 800 nm, which showed that all adhesive film sheet samples are colourless except Funori. The film sheet samples have an aver-

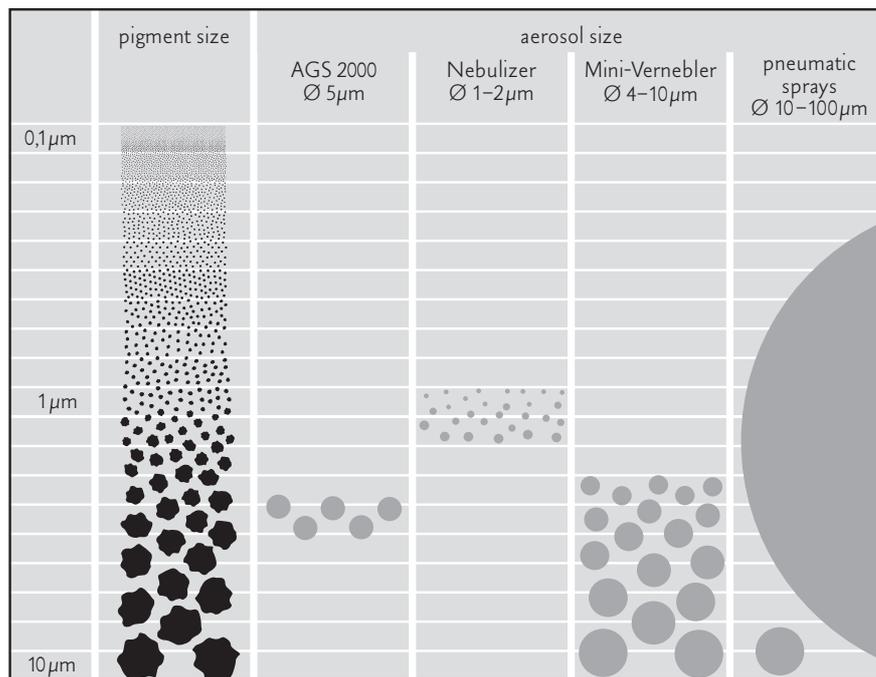


Fig. 1: Aerosol sizes from the AGS 2000, the Nebulizer, and the Mini-Vernebler, in comparison to a range of pigment sizes from 0.1 μm to 10 μm.

age thickness of approximately 21–36 μm. The adhesive film sheet samples do not really represent the actual situation on a pigmented surface, because a coating on pigments would never be as thick as a prepared adhesive film sample. It can be estimated that the films created by several applications of aerosol streams would have a thickness of only several hundred nanometers, which is one hundredth of the film's thickness. Aerosols of different adhesives were misted several times on silicon plates used to make wafers, and after the aqueous solvent had evaporated, the films showed the effect of interference. Constructive and destructive interference of incident light waves is caused by that are only several hundred nanometres thick known as thin-film interference. Because the film sheet samples (except Funori) are colourless, the influence of the colour of the consolidant on the overall pigment colour is negligible. However, because an aerosol coating is too thin to give any additional visible colour, this is also the case for Funori.

Particle volume of aerosols

In total, three aerosol generators (AGS 2000, Nebulizer, Mini-Vernebler) were tested with all the adhesives. The volume of the aerosol particles was measured with a light-scattering spectrometer (Palas GmbH, PCS 2000), which showed that the volume of aerosol particles is determined by the aerosol generator, regardless of the type of adhesive. The concentration of

the adhesives that were misted showed no influence on the aerosol particle volume. Only the type of generator determined the volume of particles. The results are given in a schematic table, showing the aerosol volumes for the different generators (Fig. 1). The size of all particles ranges between 1 and 5 μm, although one generator shows a deviation between 2 and 10 μm.

The air pressure device (Nebulizer) creates smaller aerosol particles in comparison to ultrasonic devices (AGS 2000, Mini-Vernebler). A significant difference between the two types of aerosol generators is the velocity of the aerosol production. Measurements determined that the velocity of the ultrasonic generators is about seven times lower than the velocity of the air pressure devices. This information influences the choice of generator type for pigment consolidation.

Viscosity

The viscosity of all adhesives was measured and it became clear that all adhesives exhibit non-Newtonian characteristics, which means that the rheology – described as viscosity – is not in a linear relationship to the force applied. This behaviour is typical of protein- and polysaccharide-based adhesives and cellulose ethers. When considering the influence of the viscosity on misting ability, the concentration of an adhesive at which it can be misted is relevant. That means that the appropriate concentration for each adhesive must be chosen (for example, 1.5% w/v

for gelatine and 0.1% w/v for JunFunori™, for ultrasound devices). As soon as an adhesive can be misted, the viscosity characteristics are overcome. After this point, only the generator influences the volume of the aerosol particles, without taking the viscosity into account.

Refractive index

The refractive index of the adhesives, which was measured with an Abbé-Refractometer, plays only a minor role, because the differences between the adhesives are minor ($n=1.433$ (Funori) to $n=1.533$ (JunFunori™), (Pataki et al. 2004). The greater the difference in refractive index between two connected layers, the greater is the change of appearance. If the differences in refractive index are small, then there will be no influence on the reflection behaviour, based on the Fresnel equation (Feller 1957).

Surface characteristics

When considering surface texture it can be stated that, on rough surfaces, all adhesives have a diffuse reflection (i.e. a matte appearance). However, when gelatine and methylcellulose are applied on a smooth surface such as glass, they will create gloss, because the film sheet samples themselves are glossy. Funori and JunFunori™ will have a matte appearance on all substrates – both smooth and rough – because the film sheet samples themselves have a rough and uneven surface that scatters the reflected light, which is described, in visual terms, as a matte texture (Fig. 2).

However, a coloured pigment layer might have a darker appearance after consolidation. The reason for this is an agglomeration of the pigments after consolidation. The pigment grains are linked together by the applied adhesive in form of bridges. A minor agglomeration of the pigment layer occurs when the adhesive dries (Fig. 3). This agglomeration leads to a reduction of the diffuse reflection and a reduction of the pigment’s brightness. White pigments appear even whiter after agglomeration, because their hiding capacity is increased in this case.

Coloured pigments, on the other hand, lose their brightness, which means that they appear darker. The agglomeration is accompanied by a smoothing of the pigment surface, and a more dense packing of the pigments. This increase in density (d_1 to d_2 in Fig. 3) should not be confused with the presence of gloss. The more loosely the pigments are arranged initially, the higher is the risk of a change in appearance after consolidation, because the smallest amount of consolidant might result in an agglomeration of the loosely arranged pigment particles.

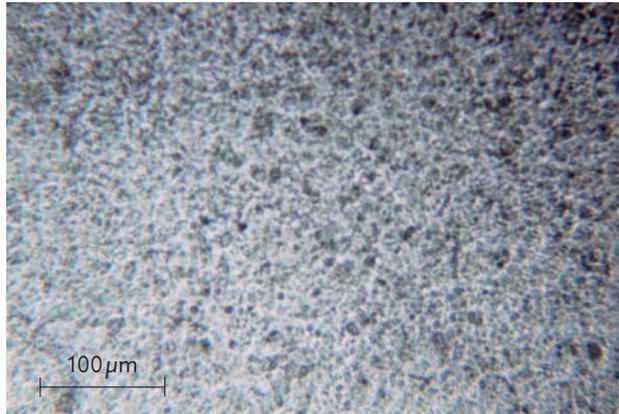


Fig. 2: Transmitted light of a film sheet sample of Funori, which shows a rough, uneven and cloudy texture. Visually, it is described as matte.

Pigment volume concentration (PVC) is also a factor in the discussion, and a separate graphic model was developed. After further investigation, it was possible to show that an aerosol treatment does not lead to the critical pigment volume concentration (CPVC). Reaching the CPVC would mean that a complete embedding of the pigment after consolidation does occur, which will not happen when consolidating with aerosols (Fig. 4). This might happen if the consolidant was applied with a brush, and if the viscosity of the consolidant is too high.

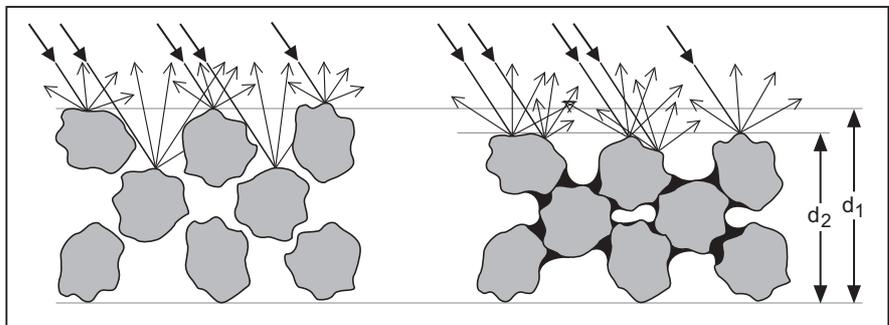


Fig. 3: The bold arrows represent the incident light on a pigment layer; the lighter arrows represent the reflected light. After consolidation (right), adhesive bonds will be formed, as well as a diffuse reflection and a minor agglomeration (expressed as an decrease of thickness from d_1 to d_2).

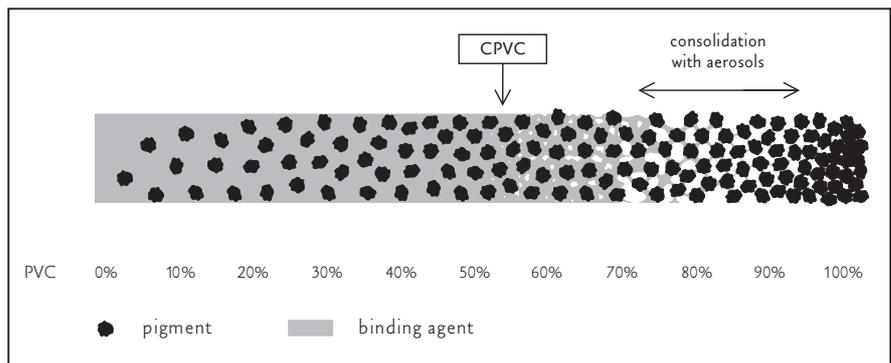


Fig. 4: Aerosol consolidation always occurs above the critical pigment volume concentration (CPVC).



Fig 5: Watercolour on tracing paper by Erich Mendelsohn, 1915, Projekt Haus Becker, Chemnitz (Invent. No. E. M. 231, Kunstbibliothek Berlin), the red part (arrow) was consolidated with aerosols (1% gelatine w/v). © Kunstbibliothek Berlin, Staatliche Museen zu Berlin.



Fig. 6: Wax pastel drawing on paper by Uli Peter, 1987, "ohne Titel" (Regierungspräsidium Stuttgart), the lower part with mold attack was consolidated with *Funori* (0.3%, w/v) (arrows) after mechanically removing the mycel and before the subsequent wet treatment (washing and bleaching). © Uli Peter.

Final remarks

To support the scientific investigations and to put the results into practice, three case studies were treated (Pataki 2006), namely two watercolours on transparent paper by Erich Mendelsohn (Fig. 5) at the Staatliche Museen zu Berlin, Kunstbibliothek, and a drawing by Uli Peter in black charcoal from the collection of the Staatsministerium Stuttgart (Fig. 6).

Further discussion should not only address the purely technical possibilities, but also the intention and the concept behind the work of art. An interdisciplinary approach and a broad communication should take place between the artist, art historians, conservators and scientists.

This research was supported by a PhD grant provided by



References

- Feller, R.
Factors affecting the appearance of picture varnish,
Science 125 (1957): 1143–1144.
- Michalski, S., Dignard, C.
Ultrasonic misting. Part 1, Experiments on appearance, change and improvement in bonding, *JAIC* 36 (1997): 109–126.
- Pataki, A., Elias, M., Faubel, W., Banik, G.
Influence on appearance during pigment consolidation, in Proceedings of the Interim Meeting of the ICOM-CC Working Group Graphic Documents Meeting, March 11–12, 2004 Ljubljana, Jan Wouters, Jana Kolar, Matija Strlič, (eds.) University of Ljubljana, Ljubljana (2004): 61–62.
- Pataki, A.
Einflussgrößen auf den Farbeindruck von pudermalen Malerschichten beim Konsolidieren mit Aerosolen, PhD Thesis, State Academy of Art & Design Stuttgart, published as *Wissenschaftlicher Bericht des Forschungszentrums Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft, FZKA 7168 (2006).*

Introduction

Iron gall ink has been the most important writing and drawing medium for several centuries. Central parts of the written European cultural heritage are laid down using this ink. Its main ingredients are iron sulphate and aqueous extractives from plant galls. These extractives contain tannins, which will form a deeply coloured complex with iron(III)-ions. Aided by gum Arabic these complexes form an aqueous dispersion, so called iron gall inks. Inherently, these inks have an acid pH. One explanation is that minor amounts of sulphuric acid are released upon formation of the ink complex (Krekel 1999). Another cause is the extraction process that was often performed with mildly acid components such as wine or vinegar (Stijnman 2006). Regardless its broad application this ink has a considerable degrading influence on cellulose that has been known for a long time. In the long run, this degradation process leads to cracks and tears in the paper with ink application bearing the risk of material loss (Fig. 1). It was suggested that iron gall ink corrosion was a system with two contributing effects: acid hydrolysis due to the inherent acidity of the iron gall ink, and transition metal ion catalyzed autoxidation triggered by iron and other transition metal ions, such as copper (Neevel 1995). The synergistic effects of iron gall ink corrosion were analyzed by the detection of volatile organic compounds (VOC), namely furfural, acetic and formic acid, of different iron gall ink ingredients, separate and combined. Most VOCs are detected when iron gall ink containing all ingredients was analyzed (Penders et al. 2000).

Analytical Procedure

In 2006, a highly sensitive method for the determination of carbonyl and carboxyl groups was introduced in the context of paper conservation (Henniges et al.). Two fluorescence labels were synthesised: Carbazol-carbonyl-oxyamine (CCOA) for carbonyl group determination and Fluorenyldiazomethane (FDAM) for carboxyl group determination (Röhring et al. 2002, Bohrn et al. 2006). The fluorescence labelling of oxidized cellulose functionalities permits a detailed study of oxidized structures in different types of paper. Both labels react selectively and quantitatively. They are stable under the conditions of further analysis. This subsequent analysis consists of gel permeation chromatography (GPC) with multiple detection (Multi Angle Laser Light Scattering MALLS, refractive index RI and fluorescence detector). The principle of GPC measurements is shown in fig. 2. The result of this set up is the molecular weight

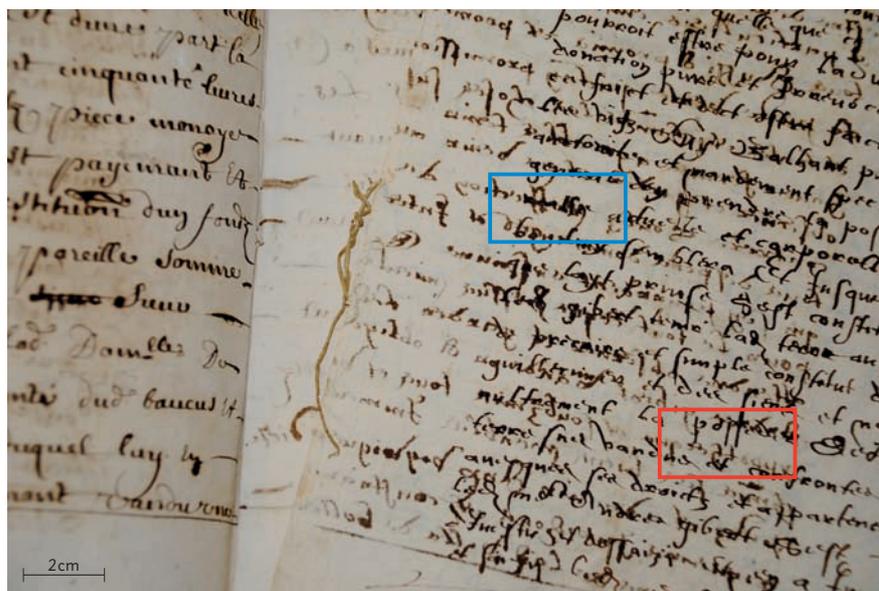


Fig. 1: Historic rag paper from 1678 with iron gall ink writing and several signs for iron gall ink corrosion. Writing from the recto of the letter is shining through (red rectangle), and some of the inked lines have already become brittle (blue rectangle).

distribution that can additionally be used to calculate molecular weight averages, and the profiles of functional groups in relation to the molecular weight distribution. The total amount of the respective functional group is also obtained. In order to assess the contribution of oxidation or hydrolysis to the degradation observed, reducing end groups (REG) can be calculated as well. The total amount of carbonyls is a sum of reducing end groups (REG) and carbonyls introduced by oxidation. The former contribution can be calculated from the number average molecular weight (M_n) and is indicative for cellulose hydrolysis. Glycosidic bond cleavage by hydrolysis will shorten the

cellulose chain and concomitantly generate a “new” reducing end. Contrary to that, oxidation causes generation of carbonyls along the cellulose chain, which is not necessarily accompanied by simultaneous chain breakage. This estimation assumes that all reducing end groups are present as such and not further oxidized, e.g. to the corresponding acid, and that the absolute value of Mn is correctly determined. This approach is very favourable for the analysis of iron gall ink corrosion, as the three key parameters of cellulose, molecular weight, carbonyl and carboxyl groups content, are quantified. Both fluorescence labelling methods, CCOA and FDAM, are able to record already very small changes;

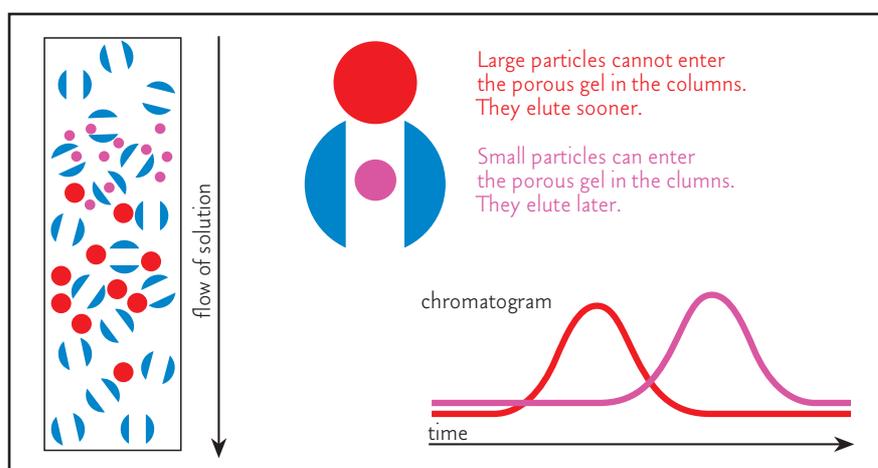


Fig. 2: Schematic view of the separation principle in size exclusion chromatography columns. The SECC-columns are filled with porous gel particles (blue). Small molecules (pink) may enter the cavities and pores in the gel. Therefore, these particles need more time to pass the column than large particles (red) that cannot enter the gel. Consequently, large particles elute first and small particles elute last (image from wikipedia, made by Isaac Yonemoto using Inkscape).

Basic principles of iron gall ink corrosion

hence investigations of the early stages of degradation concerning oxidation and chain scission in model papers become feasible, even after few days of aging at comparatively low temperatures (e.g. 55 °C) when changes are still minute.

Early stages of iron gall ink corrosion

In order to quantify the apparent synergistic degradation effect on cellulose induced by iron gall inks, model papers with different ink modifications (Table 1, Fig. 3) have been used. Due to its composition, an instant degradation of

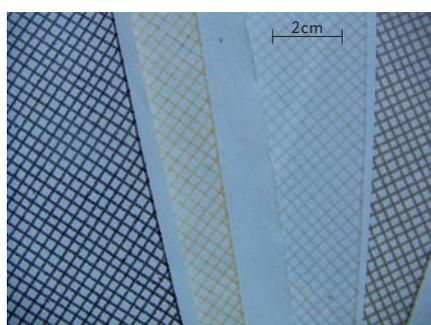


Fig. 3: Model rag paper with different ink modifications. From left to right: unbalanced iron gall ink (OU-ink), iron(II) sulphate after accelerated ageing (OE-ink), tannic acid before ageing (OT-ink), tannic acid after ageing (OT-ink).

No.	Ink-Type	Composition
1	Balanced ink	OA Iron(II)sulphate (1.05g), tannic acid (1.7g), gum Arabic (0.79g)
2	Unbalanced ink	OU Iron(II)sulphate (1.05g), tannic acid (1.24g), gum Arabic (0.79g)
3	“Copper ink”	OK Iron(II)sulphate (0.998g), copper sulphate (0.053g), tannic acid (1.23g), gum Arabic (0.79g)
4	Tannic acid	OT tannic acid (1.23g), gum Arabic (0.79g)
5	Iron(II)sulphate	OE Iron(II)sulphate (1.05g), gum Arabic (0.79g)

Table 1: Ink modifications: single ingredients and inks with different molar ratios between iron ions and tannic acid (amount of substances needed to produce 25mL aqueous solution)

the cellulose directly after the application of the ink on the paper has to be expected. It was shown that especially model inks that represent historic recipes exhibit this effect in a very pronounced way, when comparing them to pure cellulose samples without any applied substance as a reference material. The observed degradation is reflected by a decrease in molecular weight (Fig. 4): the reference has a Mw of 305 kg/mol (corresponding to a DPw of 1890), while all ink modifications (with the exception of tannic acid) have a Mw of about 265 kg/mol (corresponding to a DPw of 1640). This spontaneous degradation is explained by the presence of “weak links” within the cellulose chain that are easily attacked by acids and have undergone an instant degradation.

Regarding the carbonyl group development, all three inks cause more oxidation of cellulose than single ingredients, while pure model paper is not affected by any significant oxidation at all.

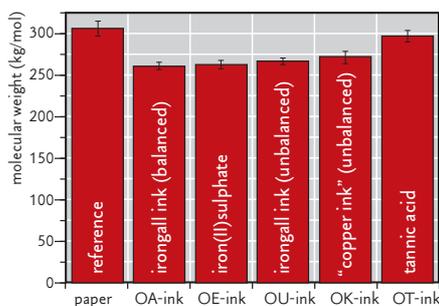


Fig. 4: Data of several ink modifications directly after their application on model paper without any additional accelerated aging. There is a significant loss of molecular weight (roughly 15%) induced by the application of most of the ink modifications. The only exception is observed for tannic acid: the molecular weight remains principally unchanged. It should be noted, however, that tannic acid leads to yellowing of the paper

However, even when ink modifications have been plotted on model rag paper the overall effect on carbonyl group development was still small at relatively low temperatures (55 °C).

A detailed look at all data available reveals that most increase in oxidation obviously occurred during static aging at high temperature (80 °C and 65% humidity). Especially inks, balanced, unbalanced, and unbalanced containing copper ions, cause an increase of the carbonyl group content, while single ingredients, i.e. tannic acid and iron(II)sulphate, again do not lead to significant changes. Within the relatively short period of 48 hours, both unbalanced inks – with a non-equilibrated molar ratio between iron ions and tannic acid – have almost doubled their carbonyl group content (Fig. 5). Concerning the development of carboxyl groups (uronic acids), neither temperature nor humidity seems to have an important impact in the early stages of degradation.

There is a significant decrease in the Mw of the samples with the two unbalanced inks, while samples with single ink ingredients, i.e. iron sulphate and tannic acid, and samples with balanced iron gall ink – with an equilibrated molar ratio between iron ions and tannic acid of 3.6:1 – do not cause more decrease of molecular weight in the course of aging than the paper itself without added ink modifications experiences.

This observation proves unambiguously that iron gall inks with an unbalanced ratio between iron ions and tannic acid lead to a synergistic degradation process. It was experimentally shown that more degradation occurs in unbalanced inks than in balanced inks or single ink ingredients. It is also important to note that

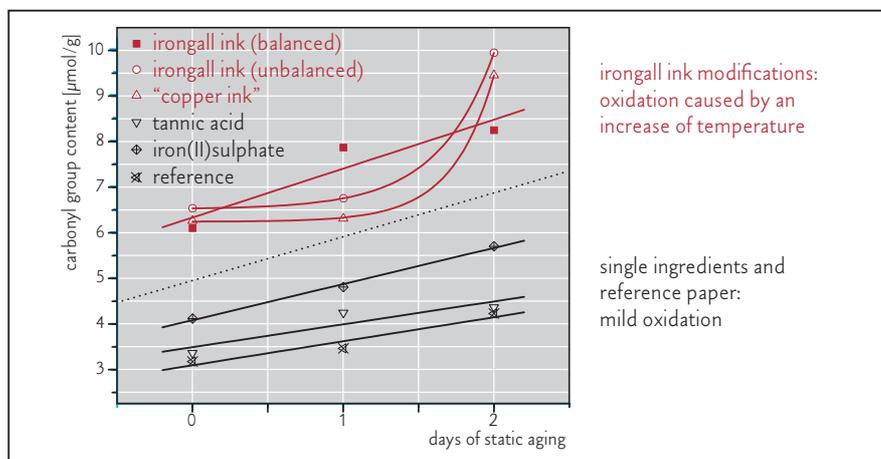


Fig. 5: Kinetics of carbonyl group development covering static aging only. Reference paper shows the effects of accelerated aging without the influence of the ink ingredients or inks ($n = 5$). Especially for unbalanced ink (OU-ink) and unbalanced ink containing additional copper ions (OK-ink) there is an exponential increase of carbonyl group content.

typical aging conditions (80 °C and 65% rh) used for the analysis of the efficiency of treatments to inhibit iron gall ink corrosion encourage the formation of carbonyl groups. When a conservation treatment is able to proof its efficiency in these oxidation promoting conditions it may safely be assumed that it will also protect cellulose at room temperature against ongoing oxidation.

Iron gall ink corrosion on historic papers

Studies on model papers allow for a detailed insight into an artificially induced degradation mechanism. However, how is this mechanism reflected in original samples? In historic papers all kinds of additives, such as gelatine used for sizing, calcium and magnesium compounds introduced during the fibre processing, will most probably slow down degradation. Some historic papers carrying iron gall ink were chosen to show in what different ways historic iron gall ink may change the condition of paper during natural aging. Differences in composition of ink and in historical storage conditions translate into significant differences of the way how the cellulose will degrade. These differences can be observed between the different samples, but also between different locations on one individual sample paper, depending on the spatial relation to the writing medium. The spatial resolution within one paper was achieved by taking three different sub samples, one directly within the inked area ("ink line"), a second adjacent to the ink application ("next to ink line") and a third one on a position that is as far away from the ink application as possible ("edge"). Even though the different historic samples showed diverse degradation patterns, the chosen example is thought to be very illustrative (Fig. 6). The molecular weight distributions of all three sub samples differ from each other: the "edge" sub sample is best preserved, has the longest cellulose chains in average and is therefore situated at the right hand side. The sub sample "next to ink line" is situated directly in between "ink line" and "edge" sub sample. As expected, the "ink line" sub sample is most degraded with the shortest cellulose chains in average and therefore situated at the left hand side. The low

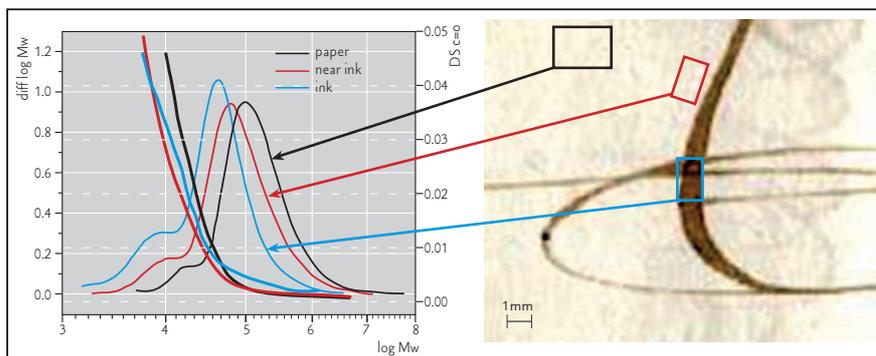


Fig. 6: Results for a historic rag paper sample. The degree of substitution $C=O$ describes the amount of native hydroxyl groups (OH) in cellulose replaced by oxidized carbonyl functionalities ($C=O$). The blue line shows the sub sample taken from the ink line, the red line shows the sub sample taken next to the ink line and the black line shows the sub sample taken from paper without any contact to the iron gall ink writing. The molecular weight distributions (MWD) shifts left to lower molecular weight region, indicating a clear shortening of the cellulose molecule. The closer the sub sample was taken from the ink line, the more damaged can be observed.

molecular weight shoulder is increasing in the same order like the molecular weight distribution is shifting left, indicating that more and more degradation products, consisting of shorter cellulose chains, are formed and detected in this region. Next to an overall oxidation, sub sample "ink line" shows a clear increase in oxidation rate that is due to the iron gall ink. Some of this oxidative influence is still detectable in the "next to ink line" sub sample, either by quantification via CCOA-labelling or by visualization experiments (Fig. 7). In this historic sample it was demonstrated that iron gall ink strongly influences and degrades the paper adjacent to an ink line.

Conclusion

The unique advantage of the CCOA and FDAM method is its ability to monitor the development of any cellulose damage caused by either acid hydrolysis or oxidation on a molecular level. The two methods describe the crucial cellulose parameters, molecular weight, carbonyl and carboxyl group content. Additional information may be obtained regarding the molecular weight distribution and the location of the oxidative attack, i.e. if high or low molecular weight sections are concerned mostly. Other generally used methods, such as pH and SPME have the advantage of being completely non-de-

structive, however, they do not allow any statements on the cause of damage. They cannot tell on the success of a treatment, because their results are to general. In contrast to that, CCOA and FDAM method help to clarify the cause of the damage, oxidation and/ or hydrolysis, and also allow evaluating different treatments in their success to suppress the identified mechanism of damage. The decision for or against certain conservation treatments can be made more transparent on the basis of significant data.

References

- Bohm, R., Potthast, A., Schiebser, S., Rosenau, T., Sixta, H., Kosma, P.
 The FDAM method: Determination of carboxyl profiles in cellulosic materials by combining group-selective fluorescence labeling with GPC, *Biomacromolecules* 7 (2006): 1743–1750.
- Henniges, U., Prohaska, T., Banik, G., Potthast, A.
 A fluorescence labelling approach to assess the deterioration state of aged papers, *Cellulose* 13 (2006): 421–428.
- Krekel, C.
Chemische Struktur historischer Eisengallustinten, in: Tintenfraßschäden und ihre Behandlungsmöglichkeiten, G. Banik, H. Weber (eds), Verlag Kohlhammer, Stuttgart (1999): 25–36.
- Neevel, H.
 Phytate: A potential conservation agent for the treatment of ink corrosion caused by iron gall inks, *Restaurator* 16 (1995): 143–160.
- Penders, N.J.M.C., Havermans, J.B.G.A., Genuit, W.J.L.
 Emission of volatile organic compounds from objects affected by Iron Gall ink and ink components after accelerated ageing, in: *The iron gall ink meeting*, Newcastle Upon Tyne, A.J.E. Brown (ed.), University of Northumbria, Newcastle Upon Tyne (2000): 53–58.
- Röhring, J., Potthast, A., Rosenau, T., Lange, T., Borgards, A., Sixta, H., Kosma, P.
 A novel method for the determination of carbonyl groups in celluloses by fluorescence labelling, 2. Validation and applications, *Biomacromolecules* 3 (2002): 969–975.
- Stijnman, A.
 Iron gall inks in history: Ingredients and production, In: *Iron gall inks: On manufacture, characterisation, degradation and stabilisation*, J. Kolar, M. Strlc (eds), National and University Library Ljubljana, Ljubljana (2006): 25–68.

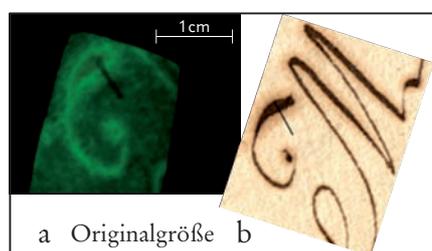


Fig. 7: Visualisation of cellulose oxidation caused by iron gall ink with the aid of fluorescence labelling. After removal of the iron gall ink inscription from a historic sample (a) carbonyl groups were labelled with a selective fluorescence label to monitor their distribution. A green fluorescence is visible (b), mostly in the area of the ink stroke but also, to a minor extent, in the halo.

Boxen für die Langzeitverwahrung von Archiv- und Bibliotheksgut

Einleitung

In europäischen und nordamerikanischen Sammlungen ist es allgemein üblich, Sammlungsgegenstände in einem Schutzbehältnis zu verwahren. Die Behältnisse sollen die Objekte vor mechanischen Einwirkungen schützen und Staubablagerungen verhindern. Außerdem sollen sie externe Temperatur- und Feuchteschwankungen zumindest dämpfen.

Die Verwendung von Schutzbehältnissen geht bis in die Antike zurück. Quellen erwähnen, dass bereits Ägypter, Griechen und Römer Schriftrollen in zylindrischen Boxen aus Holz und Elfenbein verwahrten (Albrecht-Kunzseri et al. 2001). Auch im ostasiatischen Raum ist die Verwendung von Schutzbehältnissen lange bekannt. Bemerkenswert ist, dass in Japan Schachteln aus Paulownia-Holz verwendet wurden (Inro), die aufgrund der Hygroskopizität dieses Holzes einen besonders guten Schutz gegen Schwankungen der externen relativen Feuchte gewährleisten (Abb. 1, Miura 1977). Zusätzlich wurden Techniken angewandt, das Mikroklima innerhalb der Behältnisse durch Einbringen hygroskopischer Materialien, z. B. von Stroh, zu stabilisieren (Wills 1977). Wills berichtet, dass diese hölzernen Boxen sogar Überflutungen standhalten können. Sie schließen sich unter Wassereinfluss durch Quellung dicht ab und schwimmen im Wasser auf. Die eingeschlossenen Objekte bleiben unbeschädigt (Wills 1977).

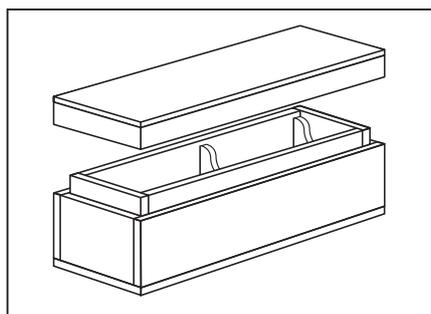


Abb. 1: Innere Schachtel aus Paulownia-Holz (Inro-Box) zur Verwahrung von Hängerollbildern, sie wird in Japan durch eine meist lackierte äußere Schachtel (Daisabi-Box) ergänzt, dieses Boxensystem bietet weitgehenden Schutz gegenüber Wasser (Nach Miura 1977).

Heute werden Schutzbehältnisse meist aus alterungsbeständigen Voll- oder Wellpappen gefertigt, deren Zusammensetzung den Standards ISO 16245-2009 bzw. DIN/ISO 9706 genügen muss. Boxen aus Wellpappe sind nicht dafür ausgelegt Katastrophen durch Feuer, Wasser oder Gebäudeeinstürzen standzuhalten. Bei entsprechender Konstruktion und entsprechenden Materialeigenschaften (wasserfeste



Abb. 2: Durch einen lokalen Wassereintrich geschädigte Wellkartonkassette ohne wasserfeste Verleimung und Kartondecke. Die Box erlitt durch Wasseraufnahme einen erheblichen Festigkeitsverlust. Das von der Box umhüllte Sammlungsgut wurde nicht durchfeuchtet.

Verleimung der Lagen, verstärkte Außendecke mit mindestens 300g/m²) bieten sie bei jedoch begrenzten Wassereintrüben in Depots Schutz, indem sie flüssiges Wasser aufnehmen, dabei zwar an Festigkeit verlieren aber trotzdem Durchfeuchtung des Sammlungsguts verhindern (Abb. 2).

Einfluss von Klimaschwankungen auf Papier

Die Übertragung von externen Klimaschwankungen in Schutzbehältnisse wurde bisher kaum untersucht; das gilt sowohl für Temperatur- als auch für Feuchtigkeitsschwankungen.

Mit dem Einfluss von Klimaschwankungen auf den Erhaltungszustand von Papier befassten sich Bogaard und Whitmore (2002). Sie setzten über einen Zeitraum von 42 Wochen Testpapiere einer zwischen 25% und 75% zyklisch schwankenden relativen Feuchte bei konstanter Temperatur (23°C) aus. Dies führte zu einer Reduktion des Polymerisationsgrads der Cellulose bereits nach 10 Wochen um ein Drittel und nach 30 Wochen auf die Hälfte, verbunden mit einer erheblichen Abnahme der Papierfestigkeit. Der durch Feuchtigkeitsschwankungen induzierte Celluloseabbau ließ sich auf die hydrolytische Spaltung der Cellulosemoleküle

zurückführen. Obwohl die Untersuchungen aufgrund der gewählten Bedingungen die Formulierung von Grenzwerten für Klimaschwankungen in Sammlungsdepots nicht zulassen, wird deutlich, dass durch permanente Absorptions- und Desorptionsvorgänge von Feuchtigkeit die stabile Cellulose abgebaut wird.

Hofenk de Graaf (1994) befasste sich mit Verbräunungen, die bei passepartoutierten Graphiken beobachtet wurden. Die Autorin konnte die Veränderungen auf die thermisch induzierte Absorption und Desorption von Wasser an den Papieren der Graphiken in den Passepartoutfenstern während deren Lagerung zurückführen.

Beide Beispiele zeigen, welche Bedeutung den Eigenschaften von Schutzbehältnissen in Bezug auf die Dämpfung externer Klimaschwankungen zugemessen werden muss; die besondere Bedeutung der Temperaturkonstanz für die Langzeitbeständigkeit des in Schutzverpackungen gelagerten Sammlungsguts wird aus der Arbeit von Hofenk de Graaf (1997) deutlich.

Versuchsaufbau – Boxenwerkstoffe

Das Mikroklima in aus verschiedenen Werkstoffen gefertigten Boxen wurde unter Einfluss von

Wellpappen	Andere Werkstoffe	Gewicht (g/m ²)	Stärke (mm)	Kaschierung (einseitig)
Mikrowelle®		560	1,7	Keine
Mikrowelle®		690	1,7	Archivpapier 047® (130 g/m ²)
Mikrowelle®		810	1,8	Englisch Buckram (220 g/m ²)
Mikrowelle®		840	1,9	Durabel (240 g/m ²)
Feinwelle®		570	3,0	
Feinwelle®		700	3,0	Archivpapier 047® (130 g/m ²)
	Passepartoutkarton 019®	940	1,5	Archivpapier 047® (130 g/mm ²)
	Graupappe		1,5	Keine
	Graupappe		2,0	Keine
	Polypropylen-Stegmaterial	450	3,0	

Tabelle 1: Untersuchte Boxenwerkstoffe, Produktnamen, Materialstärke und Flächengewicht.

externen Schwankungen der Temperatur und der relativen Feuchte gemessen. Dafür wurden aus den in Tabelle 1 zusammengestellten Materialien Stülpboxen hergestellt. Das Innenformat der Boxen von $\sim 360 \times 220 \times 85$ mm entspricht einem Volumen von ~ 6730 cm³. Es handelte sich um zweiteilige Stülpboxen mit einfacher Boden- und Deckelstärke. Boden und Deckel haben an jeweils zwei Seiten eine doppelte Wandstärke, so dass sich im geschlossenen Zustand an allen Seiten eine dreifache Wandstärke ergibt. Alle Materialien wurden von KLUG-CONSERVATION beigestellt. Dort erfolgte auch die Fertigung der Boxen.

Mikrowelle und Feinwelle sind dreilagige Werkstoffe, bei denen ein Wellkarton beidseitig auf Deckkartons kaschiert ist. Die Materialien entsprechen bezüglich der Stoffzusammensetzung der Norm für beständige Papiere DIN/ISO 9706-2009. Beide Wellpappen unterscheiden sich durch unterschiedliche Wellenhöhe, die bei der Feinwelle mit 3 mm fast doppelt so groß ist, wie bei der Mikrowelle mit 1,7 mm (Abb. 3a, 3b, 3c).



Abb. 3a: Anschnitt eines Wellkartons, KLUG-CONSERVATION, Feinwelle®.

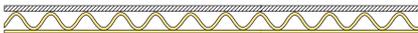


Abb. 3b: Aufbau eines Wellkartons Typ Mikrowelle® (1,7 mm) kaschiert mit Deckkarton 300 g/m² (oben) und Deckkarton 190 g/m² (unten).



Abb. 3c: Aufbau eines Wellkartons Typ Feinwelle® (3,0 mm) beidseitig kaschiert mit Deckkarton 190 g/m².

Als Graupappe wird ein Kartonmaterial bezeichnet, das aus Recyclingmaterial hergestellt wird und den Stoffnormen für alterungsbeständige Werkstoffe nicht entspricht. Polypropylen-Stegmaterial ist als nicht cellulosebasierter Boxenwerkstoff nicht durch die geltenden Normen ISO 16245-2009 bzw. DIN/ISO 9706-2009 erfasst.

Alle Messungen wurden in einem Klimaschrank von Heraeus-Vötsch, Typ HC 0020 (Abb. 4), durchgeführt, der über eine programmierbare Steuerung für die Anwendung zyklischer Temperatur- und Feuchtigkeitsprogramme geeignet ist. Die Messung von Temperatur und relativer Feuchte in den Boxen erfolgte kontinuierlich mit Mikrosensoren, Typ Sensmitter SHT75 von Driesen und Kern (Abb. 5),

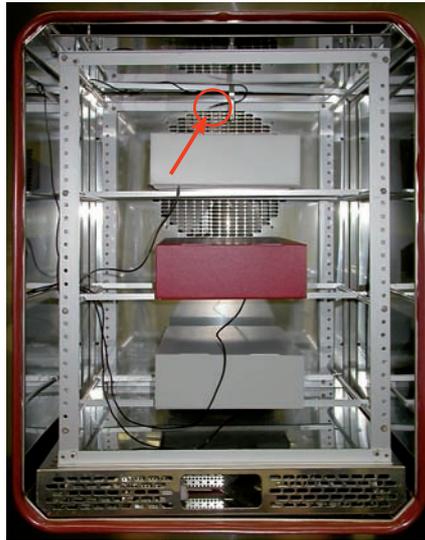


Abb. 4: Der Klimaschrank bot Platz für die gleichzeitige Konditionierung und anschließende Klimabehandlung von drei Boxen. Die mit der Messeinrichtung ausgerüsteten Boxen wurden auf einem offenen Aluminiumgestell mit einem Abstand von jeweils 17 cm der Behandlung unterzogen. Im Prüfraum des Klimaschranks wurden über einen zusätzlichen Feuchte- und Temperatursensor die Referenzdaten erfasst (Pfeil).

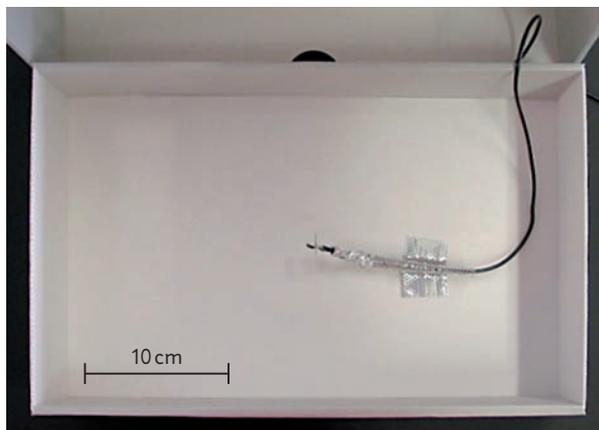


Abb. 5: Montage des Feuchte- und Temperatursensors in einer leeren Stülpbox aus unkaschiertem Mikrowelle®. Seine Positionierung im Zentrum des Schachtel-Innenraums erfolgte mit einem gebogenen Aluminiumlochblech, das mit Filmoplast® P90 (Neschen) auf dem Schachtelboden fixiert wurde.

die Datenspeicherung in zweiminütigen Intervallen mit Datenloggern. Die Messgenauigkeit lag bei $\pm 2\%$ rF und $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

Für Klimamessungen in befüllten Schachteln wurden Stapel aus NOVO®-Papier 90 g/m² im Format $200 \times 350 \times 80$ mm zugeschnitten (5600 cm³). NOVO®-Papier besteht aus 50–65% Holzschliff, 25–35% gebleichtem Sulfatzellstoff und 12–15% China Clay als Füllstoff. Das Papier ist sauer gefertigt. Der pH im Stoffauflauf liegt bei 4,5 und ist mit Aluminiumsulfat eingestellt.

Zur berührungsfreien Positionierung des Mikrosensors im Zentrum des Papierstapels wurde ein passgenauer Hohlraum von ca. $0,7$ cm³ und

zusätzlicher Ausschnitt für die Kabelzuführung und Sensorhalterung hergestellt. Ober- und unterhalb des Sensors wurde der Stapel jeweils mit der gleichen Anzahl intakter Papierbögen vervollständigt.

Alle Boxen wurden vor der Behandlung im Klimaschrank geöffnet entweder leer oder mit dem eingelegten Stapel NOVO®-Papier gemäß DIN/ISO EN 20 187 bei 50% rF und 23°C für 24 Stunden vorkonditioniert.

Ergebnisse – leere Boxen

Die im Prüfraum im 12 Stunden Zyklus schwankende rF (50% – 77% – 52%) stellt sich zeitlich verzögert und in Abhängigkeit von den für die Boxen verwendeten Werkstoffen in den Innenräumen der Boxen ein. In den aus Wellpappen ohne oder mit Papierkaschierung, Passepartoutkarton bzw. aus den Graupappen gefertigten Schachteln stellte sich ein Mittelwert von 65% rF bei ansteigender relativer Feuchte im Prüfraum bereits nach weniger als 20 Minuten ein. Bei abnehmender relativer Feuchte im Prüfraum verläuft die Anpassung langsamer; 65% rF im Innenraum der Boxen wurden erst nach einer bis eineinhalb Stunden unterschritten. Die

Messdaten liegen so nahe beieinander, dass sie repräsentativ in einer Kurve (2) in Abb. 6 dargestellt sind.

Bei den mit Gewebe (Englisch Buckram oder Durabel) kaschierten Schachteln ist die Dämpfung der externen Schwankungen der Feuchte deutlich höher, wie aus dem flacheren Anstieg der Kurven und der um 3%–5% geringeren Gleichgewichtsfeuchte hervorgeht (Abb. 6, Kurven 3, 4). Ursache dafür ist die geringere Wasserdampfdurchlässigkeit der Kaschiermaterialien – in beiden Fällen handelt es sich um stark appetrierte, relativ dichte Buchbinderewebe.

Boxen für die Langzeitverwahrung von Archiv- und Bibliotheksgut

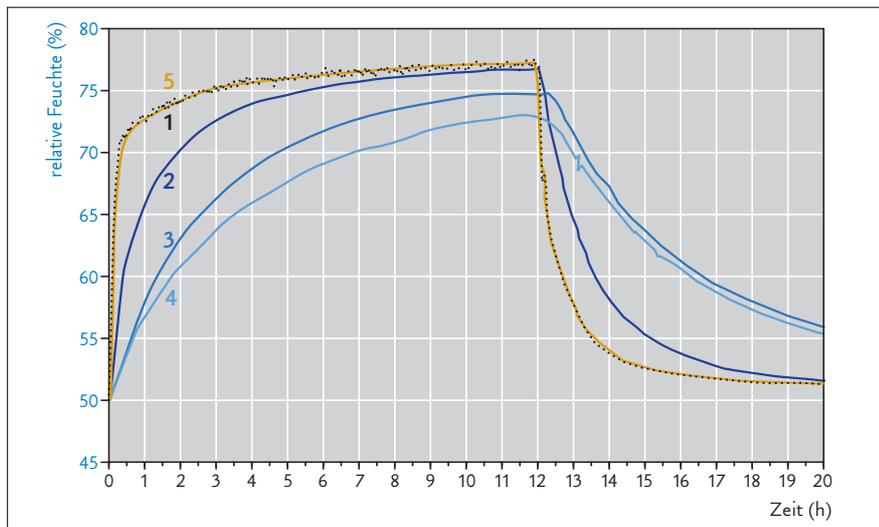


Abb. 6: Übertragung der relativen Feuchte im 12 Stunden Zyklus schwankend zwischen 50% – 77% – 52% rF bei 23 °C konstant:
 1 (schwarz gepunktet) rF im Prüfraum
 2 (dunkelblau) rF in Box aus Mikrowelle unkaschiert,
 3 (mittelblau) rF in Box aus Mikrowelle kaschiert mit Gewebe „Englisch Buckram“
 4 (hellblau) rF in Box aus Mikrowelle kaschiert mit Gewebe „Durabel“,
 5 (gelb) rF in Box aus Polypropylen Stegmaterial.

Nicht den Erwartungen entspricht das Verhalten der Polypropylenbox, deren Innenraum über die gesamte Messdauer im Feuchtegleichgewicht mit dem Prüfraum steht (Abb. 6, Kurve 5). Eine plausible Erklärung wäre, dass die Konstruktion der Polypropylenschachtel einen Feuchtigkeitsausgleich über Öffnungen an den Steckverbindungen ermöglicht.

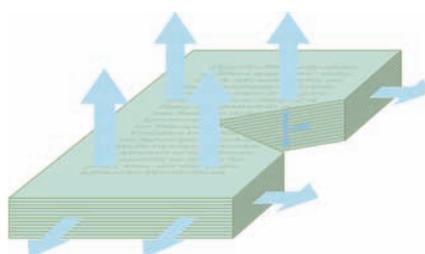


Abb. 8: Ein feuchter Papierstapel gibt absorbiertes Wasser an die trockenere umgebende Atmosphäre über das Deckblatt und die Seitenflächen ab bis das Gleichgewicht zwischen der relativen Feuchte der Luft und dem Wassergehalt des Papiers erreicht ist. Die Abgabe an den Grenzflächen Papier – Luft erfolgt schnell (große Pfeile), die Wanderung des Wassers im Inneren des Stapels erfolgt durch Diffusion und ist langsam (kleine Pfeile).

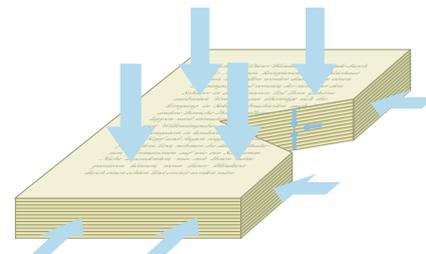


Abb. 9: Einer feuchten Atmosphäre ausgesetzt absorbiert ein Papierstapel Wasser über die Grenzflächen Papier – Luft bis das Gleichgewicht zwischen der relativen Feuchte der Luft und dem Wassergehalt des Papierstapels erreicht ist. Die Sorption des Wassers an den Grenzflächen Luft – Papier erfolgt schnell (große Pfeile), die Migration des sorbierten Wassers in das Zentrum des Stapels erfolgt durch Diffusion und ist langsam (kleine Pfeile).

Wasserbewegung im Papierstapel

Für die Betrachtung des Innenklimas in Schutzbehältnissen ist es wichtig, das Verhalten von



Abb. 7: Isothermen der Adsorption und Desorption von Wasserdampf an Baumwollcellulose für 24,6 °C (nach Nimz 1988).

Papier in einer Stapellagerung zu betrachten. Papier ist hygroskopisch und absorbiert bzw. desorbiert Wasser in Abhängigkeit von der relativen Feuchte in seiner Umgebung Atmosphäre (Abb. 7). Bei einem Papierstapel finden diese Absorptions- und Desorptionsvorgänge

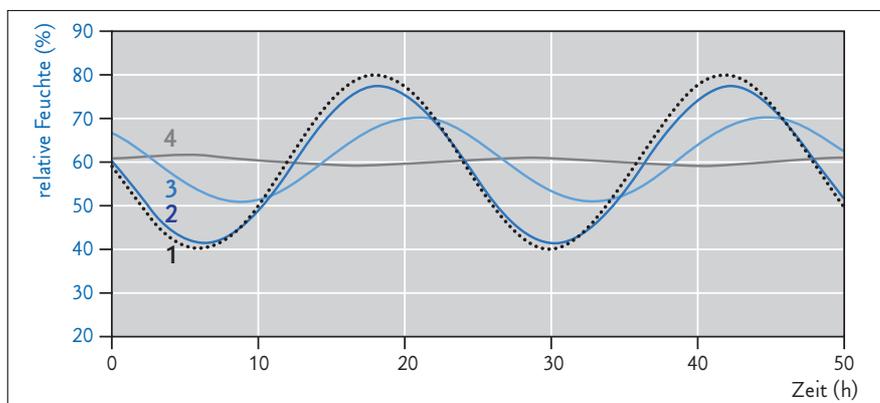


Abb. 10: Einfluss einer externen Schwankung der relativen Feuchte (rF) von 40% bis 80% in einem Zyklus von 24 Stunden (1) auf die rF im Porenvolumen eines Papierstapels. Das Deckblatt zeigt einen Verlauf der fast der Feuchteschwankung in der Umgebungsluft gleich (2), in einer Tiefe von 1 mm ist die zyklische Schwankung der rF bereits auf 20% reduziert (3). Das ist etwa die Hälfte der rF Schwankung in den Poren des Deckblatts. Die graue Linie (4) zeigt die rF im Porenvolumen des Papiers 3 mm unter dem Deckblatt als fast konstant (nach Patfield 2009).

spontan nur an den Blattkanten bzw. an dem der Atmosphäre direkt ausgesetzten obersten Blatt statt (Abb. 8, 9). Der Feuchtigkeitsausgleich im Stapelinneren verläuft über langsame Diffusionsvorgänge. Die Gleichgewichtsfeuchte im Stapel kann sich je nach Dampfdurchlässigkeit des Papiers und der Größe des Stapels erst nach Tagen bis Wochen einstellen. Sie wird bei kurzfristigen zyklischen Schwankungen nicht erreicht (Abb. 10).

Man muss sich vorstellen, dass ein Papierstapel von 800mm Höhe im Format A4 bei einem Papier von $80\text{g/m}^2 \sim 4\text{kg}$ wiegt. Papier enthält bei 20°C und 50% relativer Luftfeuchtigkeit im Durchschnitt etwa 6% Wasser. Bei Lagerung eines Papierstapels dieser Dimension werden daher auch 240g Wasser mitgelagert. Davon muss bei einem Absinken der relativen Feuchte in seiner Umgebung soviel Wasser abgegeben werden bis das Gleichgewicht zwischen der Umgebungfeuchte und dem vom Papier absorbierten Wasser wiederhergestellt ist. Steigt die Umgebungfeuchte, wird die entsprechende Menge Wasserdampf über die Außenkanten des Stapels bzw. das Deckblatt aufgenommen.

Auch durch Temperaturschwankungen können Änderungen des Wassergehalts im Papier induziert werden, weil das absorbierte Wasser bei erhöhter Temperatur nicht mehr im gleichen Ausmaß gebunden werden kann und daher abdampft. Obwohl die Temperaturabhängigkeit des Wassergehalts von Papier nicht groß ist, kann man annehmen, dass bei einer Temperaturerhöhung um 10°C die Masse des vom Papier absorbierbaren Wassers spontan um etwa 1% absinkt. Das bedeutet, dass aus dem genannten Stapel 2,4 g Wasser als Wasserdampf über das Deckblatt bzw. die seitlichen Schnittkanten an die Umgebungsluft abgegeben werden müssen. Der gesamte „Stress“ dieser Wassermigration lastet also auf dem Deckblatt und den Schnittkanten. Das ist der Grund, warum bei einer offenen Lagerung die Deckblätter und Schnittkanten von Dokumenten bzw. Büchern deutlichere Alterungserscheinungen aufweisen, die sich durch Verbräunung, Versprödung und zum Teil auch durch die Migration von Eisengallustinten manifestieren (Abb. 11a und 11b).

Bei Einzelblättern verlaufen die Absorptions- und Desorptionsvorgänge schnell. Das Gleichgewicht mit der Atmosphäre stellt sich in Minuten ein, weil die der Atmosphäre ausgesetzten Flächen der Blätter groß im Verhältnis zur Blattstärke sind, und daher der Anteil von langsamen Diffusionsvorgängen gering ist. Externe Feuchtigkeitsschwankungen bzw. Temperaturänderungen führen daher zu einer spontanen Wasseraufnahme oder -abgabe und der Gleichgewichtszustand des Papiers mit seiner

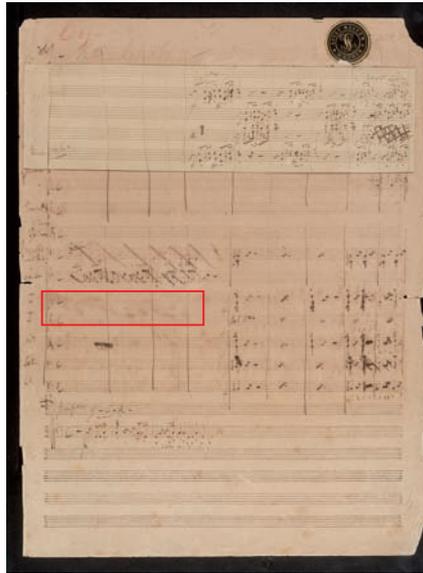


Abb. 11a: Blatt 1 aus der symphonischen Dichtung „Festklänge“ von Franz Liszt, ca. 1854, $363 \times 271\text{mm}$, recto. Die Musikhandschrift war lange Zeit ohne Schutzbehältnis gelagert. Das erste Blatt der Handschrift war der Atmosphäre direkt ausgesetzt. Es weist starke flächige Verbräunungen und Verluste an den Rändern auf, Eisengallustinte ist von der Verso-Seite durch das Papier migriert (roter Rahmen).

Klassik Stiftung Weimar, Goethe- und Schiller-Archiv, Inv. Nr. GSA 60/A 7a.
© Klassik Stiftung Weimar.



Abb. 11b: Verso-Seite des in Abb. 8a dargestellten Blattes; es lassen sich Verbräunungen nicht erkennen, die Migration der Eisengallustinte auf die Vorderseite ist u. a. durch die Notation im roten Rahmen verursacht. Klassik Stiftung Weimar, Goethe- und Schiller-Archiv, Inv. Nr. GSA 60/A 7a. © Klassik Stiftung Weimar.

Umgebungsluft erreicht.

Ergebnisse – gefüllte Boxen

Ein Schutzbehältnis schließt einen Papierstapel und den ihn direkt umgebenden Raum von seiner Umgebung ab. So wird in der Box ein Mikroklima geschaffen, das vom umgebenden Makroklima deutlich abweichen kann. Bei einer Temperaturerhöhung muss das Papier einen Teil des absorbierten Wassers an seine unmittelbare Umgebung abgeben, einerseits, weil Wasser nicht mehr in gleicher Menge vom Papier gehalten werden kann, andererseits, weil die relative Feuchte im Luftraum in der Box durch die Temperaturerhöhung absinkt, damit das Gleichgewicht von relativer Feuchte in der Luft und dem Wassergehalt im Papier gestört ist. Das Wasser dampft über das Deckblatt und die Seitenflächen des Papierstapels ab, bleibt aber im Luftraum innerhalb der Box eingeschlossen (Abb. 12). Im Papierstapel verdampft Wasser in die sehr kleinen Luftvolumina zwischen den Blättern, so dass die relative Feuchte dort kurzfristig sehr stark ansteigen kann. Eine Einstel-

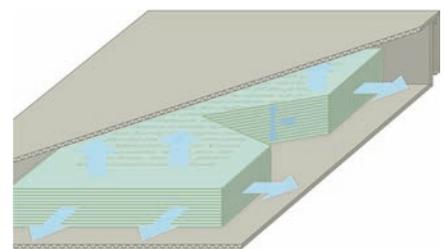


Abb. 12: Papierstapel in Wellkarton-Stülppbox bei ansteigender externer Temperatur. Die Box dämmt den Temperaturanstieg kaum, die Wärme wird nahezu unverzüglich in den Innenraum der Box übertragen. Bei Temperaturerhöhung gibt der Papierstapel absorbiertes Wasser ab. Es dampft über das Deckblatt und die Seitenflächen in das Luftvolumen der Box ab (große Pfeile), bleibt aber in der Box eingeschlossen. Die relative Feuchte im Luftraum der Box steigt daher an. Die Migration von Wasser aus dem Zentrum des Stapels an die Oberflächen erfolgt durch Diffusion und ist langsam (kleine Pfeile).

Boxen für die Langzeitverwahrung von Archiv- und Bibliotheksgut

lung des Gleichgewichts innerhalb des Stapels ist diffusionsgesteuert und daher langsam.

Verkompliziert wird die Interpretation von Messungen im Innenraum der mit Papier gefüllten Boxen aufgrund der Tatsache, dass bei Desorption von Wasser aus Papier Wärme verbraucht wird, während bei Wasserabsorption Wärme frei wird. Dies ist der Wirkung des außen auf den Stapel einwirkenden Temperaturzyklus entgegengesetzt – Wasser wurde bei einem Temperaturanstieg vom Papier desorbiert und bei Abkühlung wieder absorbiert, so dass ihm eine stabilisierende Wirkung gegenüber Temperaturschwankungen zukommt. In Abb. 13 ist die Temperaturübertragung in einen Papierstapel dargestellt, der in einer aus Mikrowelle gefertigten Box einer Temperaturschwankung zwischen 23 °C und 58 °C im vier Stunden Zyklus ausgesetzt war. Die Temperaturübertragung im Stapelmittelpunkt erfolgt deutlich zeitverzögert. Die extern angelegte Temperatur wird nicht erreicht. Sie liegt im Durchschnitt um 5 °C niedriger (Kurve 3). Nur in der Randzone des Stapels (Kurve 2) ist die Tempe-

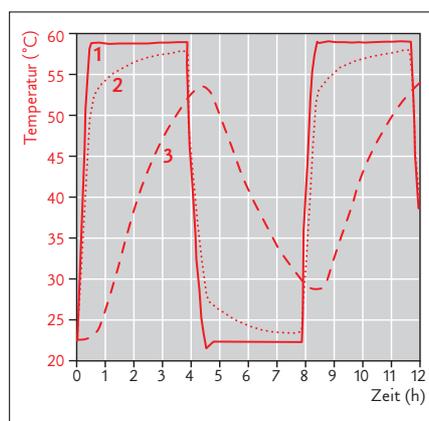


Abb. 13: Temperaturübertragung unter dem Einfluss von zyklischen Temperaturschwankungen zwischen 23 °C und 58 °C, vier Stunden Zyklus:

- 1 (rot) Temperatur im Prüfraum
- 2 (rot gepunktet) befüllte Schachteln, Sensorposition Stapelrand
- 3 (gestrichelt rot) befüllte Schachteln, Sensorposition Stapelzentrum

Die Daten sind für die verschiedenen Boxenmaterialien vergleichbar, daher ist jeweils nur eine Linie dargestellt.

raturübertragung deutlich schneller und vergleichbar den Daten, die für leere Behältnisse gemessen wurden. Offensichtlich müssen Box und der eingelagerte Stapel in diesem Zusammenhang als Gesamtsystem betrachtet werden. Die Temperaturdämmung wird auch deutlich, wenn man die Entwicklung der relativen Feuchte im Zentrum des Papierstapels mit und ohne Schutzbehältnis betrachtet, denn sie liegt bei Vorhandensein einer Box deutlich niedriger (Abb. 14). Die temperaturinduzierten Veränderungen der relativen Feuchte im Zentrum eines Papierstapels in Schutzbehältnissen gehen aus Abb. 15 hervor. Hier wurden die befüllte Boxen aus Mikrowelle und Polypropylen-Stegmaterial Temperaturschwankungen zwischen 23 °C und 58 °C in einem Zyklus von vier Stunden unterworfen (siehe auch Beitrag Damm und Banik). Aus technischen Gründen ließ sich die relative Feuchte im Klimaschrank dabei nicht konstant halten. Sie sinkt mit steigender Temperatur deutlich ab und steigt mit fallender Temperatur wieder an, wie die gepunktete schwarze Linie zeigt. Die Entwicklung der relativen Feuchte im Zentrum des eingelagerten Papierstapels ist invers, weil das Papier mit steigender Temperatur Wasserdampf abgibt und mit fallender Temperatur wieder Wasserdampf aus der Atmosphäre aufnimmt. Der Verlauf der Feuchtigkeitskurven lässt Schlussfolgerungen auf die Feuchtigkeitsdämmung des Materials zu. Ins-

besondere der Anstieg der Kurve 5 (gelb) in der Abkühlungsphase – in diesem Fall handelt es sich um eine Box aus Polypropylen-Stegmaterial – weist darauf hin, dass dieses Material keine Feuchtigkeitsdämmung gegenüber der Umgebungsatmosphäre des Prüfraums aufweist, anders ist der deutliche Anstieg der relativen Feuchte im Innenraum während der Abkühlungsphase nicht erklärbar.

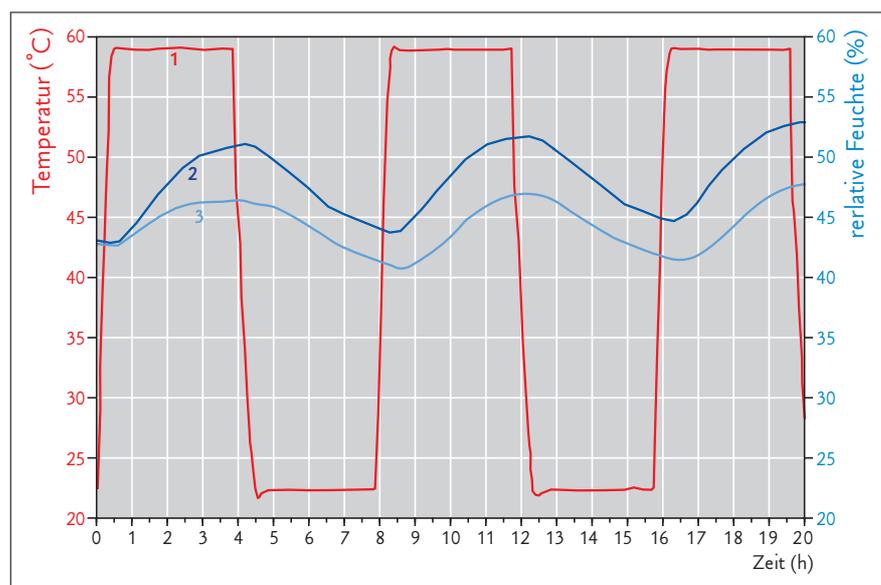


Abb. 14: Änderung der relativen Feuchte (rF), in einer leeren (2) und einer gefüllten Schachtel (3) unter dem Einfluss von zyklischen Temperaturschwankungen zwischen 23 °C und 58 °C, vier Stunden Zyklus:

- 1 (rot) Temperatur im Prüfraum
 - 2 (dunkelblau) leere Schachtel, Mikrowelle
 - 3 (hellblau) befüllte Schachtel, Mikrowelle
- Sensorposition leere Schachtel: Schachtelmitte, befüllte Schachtel: Zentrum des Stapels.

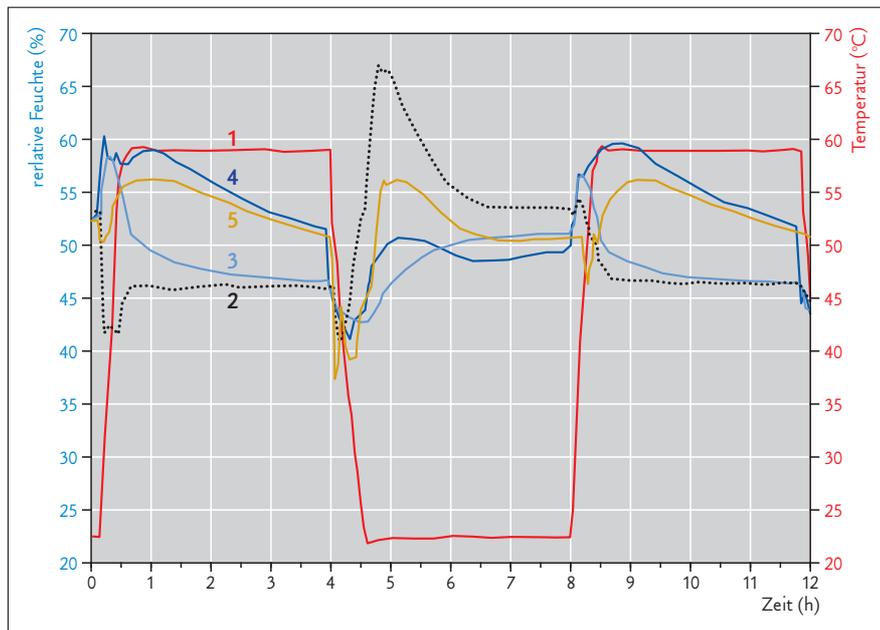


Abb. 15: Veränderungen der relativen Feuchte durch externe zyklische Temperaturschwankungen zwischen 23 °C und 58 °C, vier Stunden Zyklus:

- 1 (rot) Temperatur im Prüfraum
- 2 (schwarz gepunktet) rF im Prüfraum
- 3 (hellblau) Schachtel aus Mikrowelle / „Englisch Bukram“, leer
- 4 (dunkelblau) Schachtel aus Mikrowelle / „Englisch Bukram“, befüllt
- 5 (gelb) Schachtel aus Polypropylen-Stegmaterial, befüllt

Sensorposition:
leere Schachtel: Schachtelmitte,
befüllte Schachtel: zwischen Schachtelwand und Stapelrand.

Zusammenfassung

Aus den Untersuchungen geht hervor, dass Boxen aus Wellpappen und Vollmaterialien externe Schwankungen der relativen Feuchte dämpfen. Die einzige Ausnahme stellen Schutzbehältnisse aus Polypropylen-Stegmaterial dar, bei denen Schwankungen der relativen Feuchte ohne Zeitverzögerung in den Innenraum übertragen werden. Zyklische Temperaturschwankung zwischen 23 °C und 58 °C werden durch keinen der Boxenwerkstoffe signifikant beeinflusst. Bei mit Papier befüllten Boxen verzögert der eingelagerte Papierstapel die Temperaturübertragung.

Werkstoffe auf Cellulosebasis scheinen demnach bezüglich der Klimastabilität gegenüber Polypropylen-Stegmaterial für die Herstellung von Boxen vorteilhafter. Für die klimatischen Anforderungen in Sammlungsdepots lässt sich schlussfolgern, dass der Temperaturkonstanz größere Bedeutung als der Stabilität der relativen Feuchte in der Raumluft zuzumessen ist.

Literatur

Albrecht-Kunszeri, G., de Bruin, G., Loescher, M.H., Teygeler, R., Wassing, B.H., van Zanen, B. Preservation of archives in tropical climates, *Comma* No. 3–4 (2001): 95–106.

Bogaard, J. Whitmore, P. M. Explorations of the role of humidity fluctuations in the deterioration of paper, in: *Works of Art on Paper, Books, Documents and Photographs: Techniques and Conservation*, V. Daniels, A. Donnithorne, P. Smith (Hrsg.), *The International Institute for Conservation, London* (2002): 11–15.

Deutsches Institut für Normung (DIN) DIN ISO 9706: 2009, *Papier für Schriftgut und Druckerzeugnisse, Voraussetzungen für die Alterungsbeständigkeit*, in: R. Hofmann, H. J. Wiesner (Hrsg.) *Bestandserhaltung in Archiven und Bibliotheken*, Beuth, Berlin (2007): 33–39.

Glück, E. *Die Verpackung von Sammlungsobjekten als Bestandteil des Klimatisierungskonzeptes in Archiven, Bibliotheken und Museen*, unpublizierte Semesterarbeit, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart (2005).

Hofenk de Graaf, J. H. Research into the cause of browning of paper mounted in mats, in: *Contributions of the Central Research Laboratory to the Field of Conservation and Restoration*, H. Verschoor, J. Mosk (eds), *Centraal Laboratorium voor Onderzoek van Voorwerpen van Kunst en Wetenschap*, Amsterdam (1994): 21–43.

International Standard Organization (ISO) ISO 16245-2009, *Information and documentation: Boxes, file covers and other enclosures, made from cellulosic materials for storage of paper and parchment documents*, ISO, Genf (2009).

Miura, S. Characters of the wooden box for conserving picture scrolls with regard temperature and humidity, in: *Proceedings of the 1st International Symposium on the Conservation and Restoration of Cultural Property, Tokyo* (1977): 166–174.

Nimz, H. H. *Grundlagen der Holzchemie, Institut für Holzchemie und chemische Technologie des Holzes an der Bundesanstalt für Holz- und Forstwirtschaft, Hamburg* (1988).

Padfield, T. (2009) *Conservation physics: The interaction of water vapour with paper in small spaces*. <http://www.padfield.org/tim/cfys/vapap/vapap.php>, assessed 14.01.2010.

Schönbohm, D. *Klimastabilisierende Eigenschaften von Schutzverpackungen: Vergleichende Messungen der Klimastabilität von zehn Stülpschachteln*, unpublizierter Projektbericht, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart (2004).

Wills, P. *New directions of the ancient kind: Conservation traditions in the Far East*, *The Paper Conservator* 11 (1987): 36–38.

Dieses Projekt wurde großzügig gefördert durch die

LANDESSSTIFTUNG
Baden - Württemberg



Kunst auf Papier

Art on paper

Drei frühe Sepien von Caspar David Friedrich – Kunsttechnologische Untersuchung und Retusche

Im Herbst 2005 erwarb das Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin, drei frühe Zeichnungen Caspar David Friedrichs. Sie gehören zu einem ehemals vierteiligen, 1803 geschaffenen Jahreszeiten-Zyklus, der die für Friedrichs späteres Werk bestimmende Thematik erstmals voll entwickelt (Schulze Altcapenberg 2006) (Abb. 1–3). In diesem Beitrag werden die Aspekte des Projekts vorgestellt, die im Zentrum einer Kooperation des Kupferstichkabinetts Berlin mit der SABK standen. Neben der Beschreibung der Zeichentechnik Friedrichs anlässlich der Erwerbungsausstellung wurde ein Restaurierungskonzept für die stark geschädigten Blätter entwickelt. Von den behandelten Schäden greifen wir die Retusche von Fehlstellen in der Sepialavierung auf.

Um 1798 begann Caspar David Friedrich, in Sepia zu zeichnen. Diese im späten 18. Jahrhundert entstandene Zeichenmethode erfreute sich im 19. Jahrhundert großer Beliebtheit. Die brauntonige, oft detailreich ausgeführte Pinselavierung eignete sich nach Hebenstreits *Encyclopädie der Ästhetik* von 1843 „besonders zur Darstellung von Landschaften und düsteren Naturszenen“. Sie wurde derart zu einer Mode, dass braune Pinselzeichnungen generell als „Sepien“ gehandelt wurden, ohne auf den Ursprung der Sepia, das Tintenfischsekret, Bezug zu nehmen, ein Umstand, der die Identifizierung heute erschwert.

Die Farbigkeit der echten Sepia, die aus dem Sekret des Tintenfischs gewonnen wird, beschreibt die kunsttechnologische Literatur allgemein als ein dunkles, im Vergleich zu Bister kühleres Braun. Allerdings werden – bei einem Naturprodukt durchaus erklärlich – unterschiedlichste Nuancen genannt: eine Tendenz zu einem warmen Schwarz unmittelbar nach dem Auftrag, das während der Alterung ins Rötlichbraune umschlagen mag; ein unter Umständen blaugraues, grünlichbraunes oder aber violettbraunes Erscheinungsbild. Von Künstlern wurden die Farbnuancen durch eine Mischung mit gelblichen, rötlichen und braunen Farbmitteln wie Bister, Krapplack und Kasseler Erde erweitert. Seit Beginn ihrer künstlerischen Verwendung wurde Sepia durch preisgünstigere Imitate ersetzt, so durch Extrakte gerbstoffhaltiger Pflanzenteile wie Rosskastanienbaumrinde oder Galläpfel in verschiedener Aufbereitung. Die Einführung der Teerfarbstoffe zu Beginn des 20. Jahrhunderts ermöglichte es schließlich, eine Farbe vom Erscheinungsbild der echten Sepia industriell zu erzeugen.

Die verschiedenen Zusammensetzungen der reinen oder gemischten Sepia oder ihrer Imitate, sowie die nicht immer technisch genaue Anwendung des Begriffs machen eine allein auf die visuelle Betrachtung gestützte Identifizierung



Abb. 1: Caspar David Friedrich. *Der Frühling – Der Morgen – Die Kindheit*, 1803. Sepiatusche, 192 × 275 mm, Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin, Inv. 134-2006 (KdZ 29941). Erworben 2006 mit freundlicher Unterstützung der Hermann Reemtsma Stiftung, der Ernst von Siemens Kunststiftung und der Kulturstiftung der Länder. Nach der Restaurierung. © Kupferstichkabinett. Staatliche Museen zu Berlin.

der echten Sepia unmöglich. Zudem gibt es zur Alterung des Sepiamelaninpigments keine gesicherten naturwissenschaftlichen Erkenntnisse. Jedoch geht man davon aus, dass es eine gute Lichtstabilität aufweist und zudem wenig empfindlich gegenüber Feuchtigkeit ist (Radis 2000).

Die Farbaufträge der Zeichnungen wurden mittels UV-Vis-Absorptionsspektroskopie analysiert (Schwarz und Piening 2001) und mit eigens angefertigten Sepia-Referenzproben verglichen (s. Beitrag Hummert et al.). Bei dieser zerstörungsfreien Untersuchungsmethode wird das Objekt an einem Messpunkt von ca. 1,5 mm Durchmesser mit Strahlung im Wellenlängen-



Abb. 2: Caspar David Friedrich. *Der Herbst – Der Abend – Die Reife*, 1803. Braune Tusche, 191 × 273 mm, Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin, Inv. FV 79; Dauerleihgabe der Ernst von Siemens Kunststiftung. Nach der Restaurierung. © Kupferstichkabinett. Staatliche Museen zu Berlin.



bereich von 300–1150 nm für die Dauer weniger Millisekunden bestrahlt. Die vom Untersuchungsgegenstand reflektierte Strahlung wird durch einen Diodenarraydetektor aufgezeichnet und dann als charakteristisches Absorptionsspektrum graphisch dargestellt. Hieraus ergibt sich ein „optischer Fingerabdruck“ eines Farbmittels, der mit Referenzdaten verglichen werden kann (Abb. 4). Die Untersuchung zeigte, dass es sich beim *Winter* wie auch beim *Frühling* eindeutig um echte Sepia handelt. Die braune Lavierung des *Herbsts* hingegen enthielt hohe Anteile anderer Farbmittel. Beim *Winter* wurde in der besonders dunklen Darstellung des ausgehobenen Grabs eine Beimischung von Beinschwarz, eines durch die Verkohlung von Knochenmaterial gewonnenen Pigments, festgestellt.

In Kenntnis der unterschiedlichen Zusammensetzung der braunen Tuschen erklären sich manche Unterschiede im Erscheinungsbild der Zeichnungen: *Frühling* und *Winter* weisen eine leicht kühle, schwarz-braune Farbigkeit auf, eine hohe Deckkraft bei konzentriertem Auftrag, bei 25facher Vergrößerung erkennbare Pigmentkörner, eine ausgeprägte Ablagerung der Pigmente an den Trocknungsrandern und eine leicht matte Qualität (Abb. 5). Beim *Herbst* ergeben sich andere Merkmale: ein vergleichsweise wärmerer Branton, eine etwas höhere Transparenz, eine kleinere Pigmentkorngroße, und ein stärkerer Glanz.

Die mögliche Umsetzung der Retusche wurde unter Berücksichtigung ästhetischer Frage-

stellungen und materialtechnischer Forderungen abgewogen und eine vertretbare Konzeption folgendermaßen entwickelt:

Die kritische Frage der Rekonstruktion fehlender Bildinhalte erübrigte sich, da die Fehlstellen zwar zahlreich aber jeweils sehr klein waren, und daher keines der Motive zerstört war. Ob nun eine Retusche der Fehlstellen ästhetisch wünschenswert sei, wurde im Rahmen eines interdisziplinären, internationalen Symposiums am Kupferstichkabinett diskutiert, wobei das mögliche Ergebnis einer solchen Maßnahme mithilfe digital bearbeiteter Bilder visualisiert wurde. In der Bestimmung des Ausführungsgrads möglicher Retuschen wurde festgehalten, dass leichte Spuren der Schäden durchaus erkennbar bleiben dürften, solange nur deren Wirkung bei der Bildbetrachtung zurücktrete. Die kontinuierliche Begutachtung der während der Arbeit erzielten Interimsergebnisse durch Restaurator und Kunsthistoriker seien hierfür eine essentielle Voraussetzung.

Die Maßnahme musste wissenschaftlich fundiert und praktisch umsetzbar sein, woraus sich drei Anforderungen ergaben. Die Retusche sollte eine gute Lichtstabilität aufweisen, sich in ihrer Farbigkeit, Transparenz und in ihrem Glanz dem Original anpassen, jedoch bei künftiger restauratorischer Untersuchung eindeutig von ihm zu unterscheiden sein. Des Weiteren sollte sie soweit wie möglich rückführbar sein. Als Maßstab für diese Forderung gilt heute nicht mehr das sogenannte Prinzip der Reversibilität, das die vollständige Aufhebung einer Maßnah-

me vorsieht. Stattdessen wird eine dem jeweiligen Fall angemessene künftige Rückführbarkeit angestrebt, durch die die Möglichkeit einer Wiederbehandlung gewährleistet bleibt.

Für die Retusche wurden Aquarellfarben ausgewählt, da sie sich hinsichtlich Farbe, Transparenz und Glanz gut auf das Original abstimmen ließen. Zudem ermöglichten sie während der Arbeit unter dem Mikroskop beim Auftrag mit einem feinen Pinsel die nötige Präzision. Ferner bescheinigt der Hersteller diesen Aquarellfarben auf der Basis von kohlenstoffhaltigen Pigmenten und organischen Tonerkomponenten eine exzellente Lichtstabilität (Schminke Nr. 663 und Nr. 662). Dies erlaubt die Voraussage, dass die Retusche und die Zeichnung bei museumsgerechter Aufbewahrung gleichermaßen farbstabil sein werden, womit die farbliche Übereinstimmung der beiden Zeichnungsmittel auch in Zukunft gewährleistet bleibt.

Direkt auf Papier aufgebrachte Retuschen lassen sich zumeist nicht rückstandsfrei entfernen. Pigmente setzen sich leicht in die Vertiefungen der Papieroberfläche. Dort werden sie mechanisch gehalten und zusätzlich durch physikalische Wechselwirkungen fixiert. Bindemittel wie z. B. Gummiarabikum in den zur Retusche eingesetzten Aquarellfarben erzeugen ebenfalls eine Haftung der Pigmente auf dem Papier. Wenn die Retusche auf dem Original unumgänglich ist, wird deshalb oft eine Isolierschicht aufgebracht. Diese erleichtert eine spätere Abnahme des Retuschemediums. Die Isolierschicht muss alterungsbeständig sein, einen dünnen Film auf der Originaloberfläche ausbilden und darf makroskopisch nicht wahrnehmbar sein. Sie darf das Erscheinungsbild des Retuscheauftrags nicht beeinträchtigen. Dieser restauratorische Zwischenschritt wurde zunächst genauer überprüft, um die Effektivität einer solchen Maßnahme in Zusammenhang mit der geplanten Retusche der Zeichnungen Friedrichs zu gewährleisten. An der SABK wurden eigens hierfür Muster hergestellt (s. Beitrag Hummert et al.). Eine nach historischen Rezepten hergestellte Sepiatusche wurde auf ein nach historischem Vorbild hergestelltes, gelatinegeleimtes Velinpapier aufgestrichen. Mit einem Skalpell wurden an der Papieroberfläche Fehlstellen erzeugt, die den durch Glasbruch und Abrieb entstandenen Schäden am Original glichen. Als kompatible Materialien für die Isolierschicht wurden Methylcellulose und Gelatine gewählt. Der Vergleich zeigte, dass eine Aquarellretusche, die über einer Isolierschicht aus Methylcellulose (Methocel® A4M, 1,5%) aufgetragen wurde, sich weitgehend wieder entfernen lässt (Abb. 6). Die Abnahme der Aquarellfarbe wurde getestet, indem die retuschierte Stelle mithilfe eines feinen Pinsels befeuchtet wurde und auf die



Abb. 3: *Der Winter – Die Nacht – Alter und Tod*, 1803. Sepiatusche, 193 × 276 mm, Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin, Inv. 135–2006 (KdZ 29942). Erworben 2006 mit freundlicher Unterstützung der Hermann Reemtsma Stiftung, der Ernst von Siemens Kunststiftung und der Kulturstiftung der Länder. Nach der Restaurierung. © Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin.

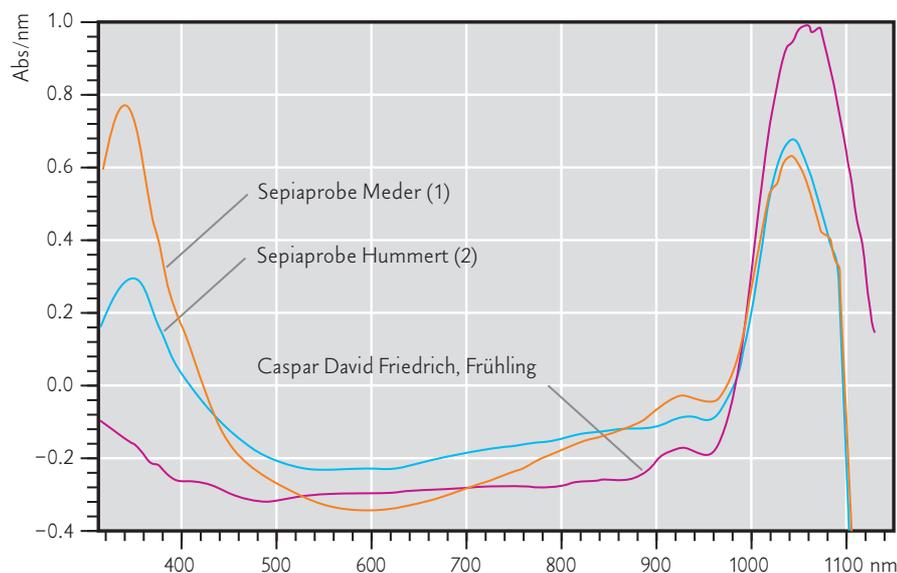


Abb. 4: Ergebnis der UV-VIS Spektroskopie. Vergleich einer Messung am Frühling mit zwei Referenzproben.

- 1: Aufstrich in Joseph Meder, *Die Kunst der Handzeichnung*, 1919, S. o. p., f. 144.
- 2: Probe nach historischem Rezept (s. Beitrag Hummert et al.).

befeuchtete Stelle ein Filterpapier leicht ange-drückt wurde. Es wurde mit derselben Präzision wie bei der Retusche selbst gearbeitet, indem passend geformte Stücke Filterpapier mithilfe eines feinen Spatels unter dem Mikroskop in Kontakt mit der zu behandelnden Stelle ge-bracht wurden. Dieser Vorgang wurde mit ei-nem jeweils neuen Filterpapier mehrere Male wiederholt, bis sich auf ihm keine Spuren abge-nommenen Farbmittels mehr abzeichneten.

Die Retusche wurde in entsprechender Weise umgesetzt (Abb. 7). Innerhalb des gesamten

Projekts zeigte vor allem die Realisierung der Retusche, dass die restauratorische Forderung nach der größtmöglichen Rückführbarkeit einer Behandlung gegebenenfalls einer dem speziellen Fall angepassten Prüfung bedarf. Die Identifizie-rung des Zeichenmaterials schuf die Basis für die Optimierung der Behandlung. Es zeigte sich, dass eine um die Integrität des Kunstwerks bemühte Arbeit angemessen erfolgen kann, wenn die konservierungswissenschaftliche Ent-scheidungsfindung des Restaurators in den mu-sealen Dialog eingebettet ist.

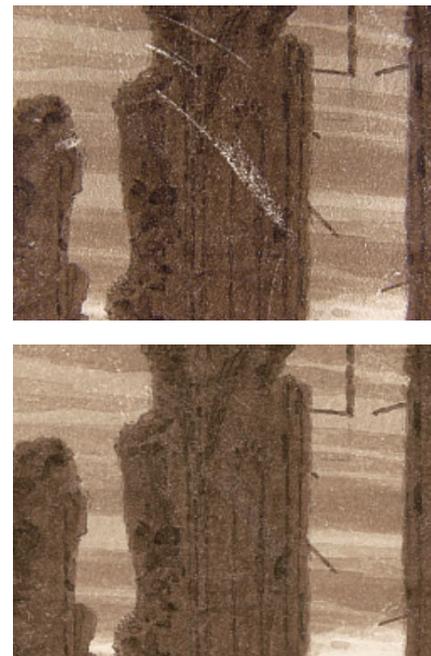


Abb. 7: Winter (Ausschnitt), vor der Retusche (oben), nach der Retusche (unten).
© Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin.



Abb. 5: Winter (Ausschnitt), Trocknungs-ränder der Sepialavierung. Die Vorzeichnung mit Graphitstift ist ebenfalls sichtbar.
© Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin.

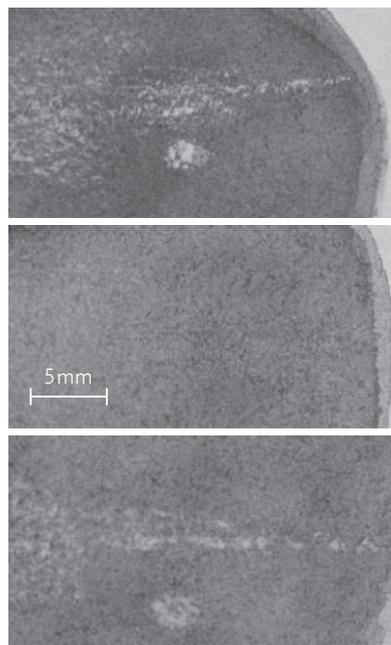


Abb. 6: Test zur Entfernbarkeit der Retusche an Mustern. (a) Fehlstelle vor Retusche, (b) Retusche direkt auf Papier nach Abnahme-versuch, (c) Retusche über Isolierungsschicht nach Reduzierung durch Abnahme.

Literatur

Brückle, I.
Die Restaurierung von Caspar David Friedrichs Sepia-Jahreszeitenzyklus von 1803. In: An der Wiege der Romantik – Caspar David Friedrichs Jahreszeiten von 1803, H.-Th. Schulze Altcapenberg (Hrsg.), Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin (2006): 47–57.

Glück, E., Brückle, I.
Caspar David Friedrichs künstlerische Technik im Sepia-Jahreszeitenzyklus von 1803. In: An der Wiege der Ro-mantik, op. cit.: 39–46.

Radis, B.
Kunstgeschichtliche und naturwissenschaftliche Untersu-chungen zur Sepia – Restaurierung und Konservierung zweier Sepiazeichnungen von Jakob Crescentius Seydel-mann, unpublizierte Diplomarbeit Fachhochschule Köln (2000).

Schulze Altcapenberg, H.-Th.
An der Wiege der Romantik – Caspar David Friedrichs Jahreszeiten von 1803. In: An der Wiege der Romantik, op. cit.: 15–24.

Schwarz, R., Piening, H.
VIS-Spektroskopie zur Farbanalyse, Restauro 107 (2001): 538–541.

Three Early Sepia Drawings by Caspar David Friedrich – Art-technological Investigation and Retouching

Irene Brückle
Eva Glück
in co-operation with
Heinrich Piening

In the fall of 2005, the Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin, acquired three early drawings by Caspar David Friedrich. They are three of what used to be a four-part cycle of drawings depicting the four seasons, completed in 1803. The drawing cycle represents the first fully developed instance of themes important for Friedrich's mature work (Schulze Altcapenberg 2006) (Figs 1–3). The aspects of the project presented in this article are those that were the focus of the collaboration between the Kupferstichkabinett, Berlin, and the SABK. On the occasion of the exhibition celebrating the acquisition of the works, the drawing methods were to be investigated and the damages were to be treated. This also required retouching losses in the image areas.

Around 1798, Caspar David Friedrich began to draw in sepia. This drawing technique, which originated in the late 18th century, enjoyed great popularity in the 19th century. The brown-coloured wash, often executed in great detail, was suited, according to Hebenstreit's *Enzyklopädie der Ästhetik* from 1843, "particularly to the representation of landscapes and bleak nature scenes". Sepia drawing became such a fashion that brown brush drawings in general were treated as "sepias", without reference to the source of genuine sepia ink (cuttlefish secretions), a circumstance that complicates modern identification.

The colour of true sepia, which is produced from cuttlefish ink, is generally described in the art-technological literature as a dark and slightly cooler brown than bistre. Of course, various shades are possible due to variations in the natural product: a colour verging on a warm black immediately after application, which in the course of aging might change to a reddish brown; a blue-grey, greenish-brown or a purple-brown appearance. Artists increased the range of shades by mixing sepia with yellow, red and brown pigments such as bistre, rose madder and Cassel earth. As soon as sepia began to be used in art, it was replaced with less expensive imitations, often extracts of plant components containing tannin, such as horse chestnut bark or oak gall in various preparations. The spread of coal tar dyes in paint manufacture at the beginning of the 20th century finally allowed the production of a synthetic colour that resembled real sepia.

The various compositions of pure or mixed sepia or imitation sepia, as well as a use of the term "sepia" which is not always technically accurate, mean that it is not possible to identify real sepia by visual inspection alone. In addition, there is no proven scientific knowledge about the aging of sepia melanin pigments. However, it is assumed that sepia has a high light stability,



Fig. 1: Caspar David Friedrich, *Spring – Morning – Childhood*, 1803.

Sepia ink, 192×273 mm, Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin, Inv. 134-2006 (KdZ 29941). Acquired in 2006 with kind support from the Hermann Reemtsma Stiftung, the Ernst von Siemens Kunststiftung and the Kulturstiftung der Länder. After conservation treatment. © Kupferstichkabinett. Staatliche Museen zu Berlin.

and, moreover, is not susceptible to moisture (Radis 2000). The original colourant was analyzed using UV-Vis absorption spectroscopy (Schwarz and Piening 2001), and was compared to a newly prepared sepia reference sample (see article by Hummert et al.). Using this instru-

mental analysis method, a target area with a diameter of approximately 1.5 mm was selected for each reading and was irradiated for a few milliseconds with a wavelength range of 300–1150 nm. The radiation reflected back from the object is recorded by a diode array



Fig. 2: Caspar David Friedrich, *Autumn – Evening – Maturity*, 1803.

Brown ink, 191×275 mm, Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin, Inv. FV 79. Permanent loan from the Ernst von Siemens Kunststiftung. After conservation treatment. © Kupferstichkabinett. Staatliche Museen zu Berlin.

Three Early Sepia Drawings by Caspar David Friedrich – Art-technological Investigation and Retouching

detector and is represented graphically as a characteristic absorption spectrum. This produces the “optical fingerprint” of a pigment, which can then be compared with reference data (Fig. 4). This analysis showed that *Spring* as well as *Winter* featured real sepia. The brown wash of *Autumn*, however, contained a high proportion of other pigments. For *Winter*, the particularly dark representation of the dug-up grave as well as other dark accentuated areas of the drawing were shown to contain bone black, a pigment produced by charring bone material.

Knowing that the composition of brown inks varied explained some of the differences in the appearance of the drawings: *Spring* and *Winter* present a slightly cool, black-brown tonality, a high opacity in areas of concentrated application, visible pigment particles at 25-fold magnification, a marked deposit of pigments along drying edges, and a slightly matte quality (Fig. 5). *Autumn* presents different characteristics: a comparatively warmer shade of brown, a somewhat higher transparency, smaller pigment particles, and a glossier surface.

The discussion concerning retouching took into account aesthetic issues as well as material and technical requirements, and an appropriate plan was thus developed:

The critical question of reconstructing missing image content was not an issue in this case, since the surface abrasions, though numerous, were very small, and therefore none of the motifs were compromised. Whether retouching

the losses in the image areas was aesthetically desirable was discussed at an interdisciplinary, international symposium at the Kupferstichkabinett, at which the possible outcome of such an invasive treatment was visualized using digital reconstructions. In determining the degree of a potential retouching, we decided that fine traces of the damages should definitely remain, so long as they do not interfere in viewing the image. The continual appraisal of the interim results of the treatment by conservators and art historians were essential to achieving this.

The measures taken had to be scientifically supported and realizable on a practical basis. Three requirements are typically identified: retouching must exhibit excellent light fastness, must blend with the tone, transparency and gloss of the original, but must nevertheless be distinguishable from the original under inspection by conservators. The so-called “principle of reversibility”, which requires that a conservation measure be completely undoable, is not valid as a requirement in this treatment context. Instead, what is aimed for is that the treatment remain undoable to such an extent that the possibility of subsequent treatment is ensured.

Watercolours were chosen for the retouching, since they match the original’s colour, transparency and gloss. Moreover, watercolours provide the requisite precision during work under the microscope when applying them with a fine brush. Lastly, the watercolour paints, made from carbon-containing pigments and a small

proportion of organic toner components (Schminke numbers 663 and 662) were identified to have an excellent light stability. This allows the prognosis that the colour of the retouched areas will be stable under museum-quality preservation, so that they will not undergo a colour shift in the long term.

Retouching directly on paper cannot usually be removed entirely without residue for the following reasons: The watercolour binding media gum Arabic causes the pigments to adhere to the paper. Also, pigment particles settle in the recesses of the paper surface where they are trapped mechanically and are fixed by weak physical interaction forces between the contacting surfaces of paper fiber and pigment particles. Because of this, when retouching on the original is inevitable in paper conservation, an isolating layer is advised. It is to facilitate the subsequent removal of the retouching material. This isolating layer must be chemically and physically stable, must form a thin film on the surface of the original, should not be visually distracting, and should not interfere in the application and the appearance of the retouching material. To check whether the requirements of retouching with regard to the isolating layer could be realized in this particular treatment case, a test was conducted. A test sample was prepared for this purpose at the SABK (see article by Hummert et al.). Sepia ink, prepared according to a historical recipe, was applied to a gelatin-sized wove paper, manufactured according to historical models. The paper surface was abraded with the aid of a scalpel to create an abrasion similar to that observed on the original drawings. It had been caused by glass breakage while the drawings had been housed in frames. Gelatin and methylcellulose, two materials possible as isolating layers, were chosen. Comparison showed that a watercolour wash applied over a methylcellulose isolating layer (Methocel™ A4M, 1.5%) could be far more easily removed than one applied over a gelatin layer (Fig. 6). Removal of the watercolour paint was tested by minimally wetting the retouched spot with a fine paintbrush and by applying suitably shaped pieces of filter paper on the spot being treated to realize highly localized contact with the retouching medium, working with the same precision as in the retouching itself. A fine spatula tip was used to guide the process, which was observed under a microscope. This procedure was repeated using a new filter paper each time, until no more colour transfer to the filter paper occurred.

The retouching treatment was carried out with watercolour over a methylcellulose isolating layer (Fig. 7). It was the final step of the conservation project before the drawings were re-



Fig. 3: Caspar David Friedrich, *Winter – Night – Old Age and Death*, 1803. Sepia ink, 193×276 mm, Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin, Inv. 135-2006 (KdZ 29942). Acquired in 2006 with kind support from the Hermann Reemtsma Stiftung, the Ernst von Siemens Kunststiftung and the Kulturstiftung der Länder. After conservation treatment. © Kupferstichkabinett. Staatliche Museen zu Berlin.

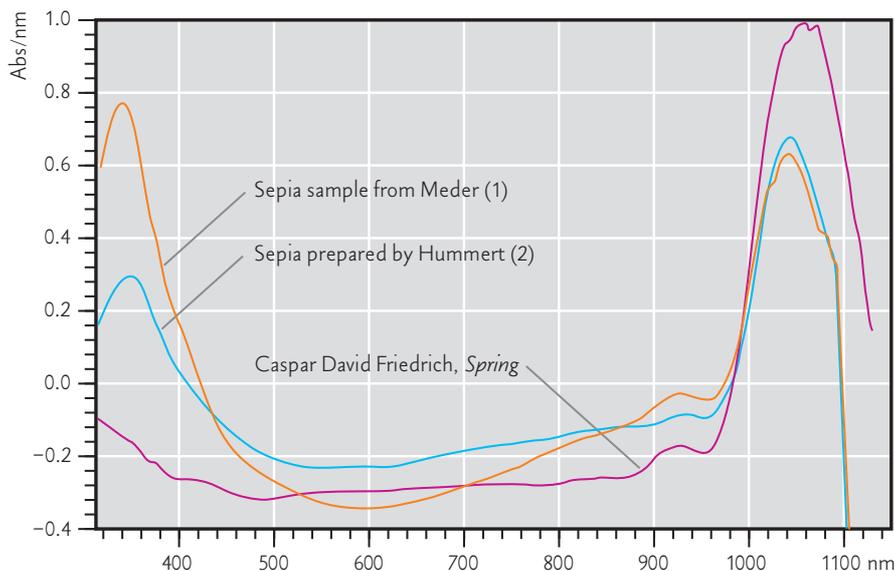


Fig. 4: Results of UV-Vis spectroscopy. Comparison of data from “Spring” with two reference samples.

1. Application from Joseph Meder, *Die Kunst der Handzeichnung*, 1919, n. p., fol. 144.
2. Sample using a historical recipe (see article by Hummert et al.).



Fig. 7: *Winter* (detail), before retouching (left), and after retouching (right).
© Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin.

united with the historic mounts from which they had been separated previous to their acquisition by the museum. Within the project, the retouching treatment demonstrated that, in treatment planning, a need may arise to carry out testing even when already established materials and known methods are suggested. These may have to be adapted to a particular case, so that the technical requirements of treatment,

such as they are based on ethical principles, can be realized.



Fig. 5: *Winter* (detail), dried edges of the sepia wash. The graphite underdrawing outlining the figure is also visible.
© Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin.

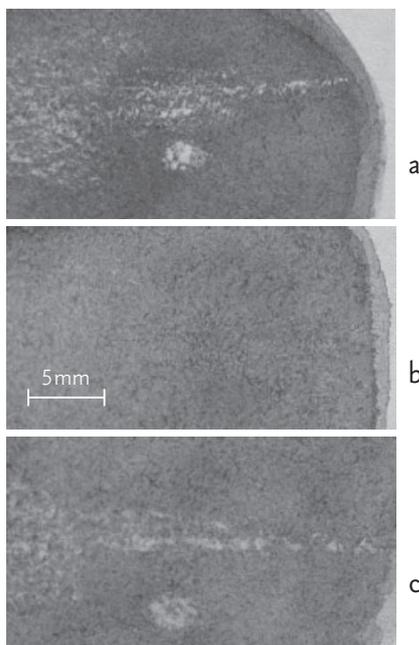


Fig. 6: Results of testing the removal of the water-colour retouching on sepia wash samples:
(a) Abraded areas before retouching,
(b) retouching directly on paper, after attempt at removal,
(c) retouching on top of isolating layer, after successful diminishment.

References

- Brückle, I.
Die Restaurierung von Caspar David Friedrichs Sepia-Jahreszeitenzyklus von 1803. In: An der Wiege der Romantik – Caspar David Friedrichs Jahreszeiten von 1803, H.-Th. Schulze Altcapenberg (Hrsg.), Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin (2006): 47–57.
- Glück, E., Brückle, I.
Caspar David Friedrichs künstlerische Technik im Sepia-Jahreszeitenzyklus von 1803. In: An der Wiege der Romantik, op. cit.: 39–46.
- Radis, B.
Kunstgeschichtliche und naturwissenschaftliche Untersuchungen zur Sepia – Restaurierung und Konservierung zweier Sepiazeichnungen von Jakob Crescentius Seydelmann. Unpublished thesis, University of Applied Arts, Cologne (2000).
- Schulze Altcapenberg, H.-Th.
An der Wiege der Romantik – Caspar David Friedrichs Jahreszeiten von 1803. In: An der Wiege der Romantik, op. cit.: 15–24.
- Schwarz, R., Piening, H.
VIS-Spektroskopie zur Farbanalyse, Restauro 107 (2001): 538–541.

Rekonstruktion einer Sepiatusche nach historischem Rezept

In Vorbereitung der restauratorischen Behandlung dreier, durch das Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin, im Jahr 2006 erworbener Tuschezeichnungen Caspar David Friedrichs war die Frage zu klären, welches Zeichenmittel der Künstler verwendet hatte. Im Oeuvre Friedrichs finden sich zahlreiche brauntonige Lavierungen, die bis zu diesem Zeitpunkt ohne technischen Befund als „Sepien“ bezeichnet worden waren. Somit war die Frage nach der Bestimmung des Zeichenmittels auch für eine präzisiertere kunsttechnologische Beschreibung der Zeichnungen im Zuge ihrer kunsthistorischen Erschließung relevant. Zu diesem Zweck wurden UV-Vis spektroskopische Untersuchungen von Heinrich Piening, Bayerische Schlösserverwaltung, München, zerstörungsfrei direkt am Kunstwerk durchgeführt. Da jede instrumentell gestützte Identifizierung eines unbekanntes Materials der Heranziehung einer Referenzprobe bekannter Zusammensetzung zu Vergleichszwecken bedarf, wurde eine standardisierte Sepiatusche nach historischem Rezept rekonstruiert. Eine UV-Vis spektroskopische Messung dieser Probe ergab ein Referenzspektrum, anhand dessen die an den originalen Zeichnungen gewonnenen Analyseergebnisse ausgewertet werden konnten. Zusätzlich dienten die Aufstriche der Tusche als Materialmuster, um die Umsetzung und Rückführbarkeit der für die Restaurierung notwendigen Retuschen prüfen zu können (s. Beitrag Brückle et al.).

Historische Sepia: Rohstoff und Aufbereitung

Brauntonig monochrome Zeichnungen waren im frühen 19. Jahrhundert sehr beliebt. Neben echter Sepiatusche bedienten sich die Künstler auch anderer brauner Farbmittel, die ein farblich ähnliches Erscheinungsbild aufweisen. Dennoch wurden die vollendeten Zeichnungen oftmals generalisierend als Sepien bezeichnet.

Die echte Sepiatusche wurde aus dem braunschwarzen Sekret des im Mittelmeer und an der atlantischen Küste heimischen *Sepia officinalis*

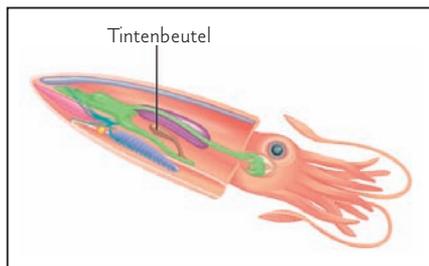


Abb. 1: Anatomische Skizze eines Tintenfisches. Nach: Anon., www.encyarta.msn.com/media/461553803/Generalizd_Anatomy_of_a_Squid.html; 15. 04. 2009.

L. (Gemeiner Tintenfisch) gewonnen, das der Fisch bei Bedrohung ausstößt. Tintenfische dieser speziellen Art bilden in einer birnenförmigen Drüse, dem so genannten Tintenbeutel (Abb. 1), eine besonders große Menge des begehrteten Sekrets. Es besteht zu 78% aus Sepiomelanin, einem komplexen Eiweißkörper, der unter Einwirkung von Enzymen im Inneren des Tintenbeutels gebildet wird. Nach dem Fang der Tiere werden die Beutel entnommen und rasch getrocknet, um einer Verwesung vorzubeugen. Anschließend werden die Beutel als Ganzes oder gemahlen zur weiteren Verarbeitung verkauft. Die getrocknete Drüse ist üblicherweise von grauschwarzer Farbe, lässt sich leicht zu Stücken von muschelartigem Bruch zerteilen und weist einen deutlichen Fischgeruch auf. Neben den getrockneten Tintenbeuteln wurde, wohl vornehmlich entlang der tintenfischreichen südeuropäischen Küsten, auch das frische Tintensekret zum Zeichnen und Schreiben verwendet, da die begrenzte Haltbarkeit des frischen Sekrets dort kein Problem darstellte.

In der historischen Quellenliteratur werden zahlreiche Rezepte zur Herstellung von Sepia genannt, die sich in ihren Grundzügen ähneln. Drei Zubereitungsmethoden lassen sich unterscheiden: die Verwendung des unbearbeiteten Rohstoffes, die Aufschlammung des Rohstoffes mit heißem Wasser, oder die Aufbereitung mit Ätzalkalien. Die letztgenannte Methode ist wohl die aufwändigste, lässt sich anhand historischer Quellen aber als die gängigste belegen.

Rekonstruktion einer Sepiatusche nach historischem Rezept

Die Aufbereitung des getrockneten Tintensekretes durch Kochen in starken Alkalien und anschließendes Ausfällen eines farbigen Niederschlages durch Zugabe einer verdünnten Säurelösung wird 1809 im ersten Band der *Neuesten chemischen Farben-Lehre* von Carl F. A. Hochheimer erwähnt (Abb. 2). Laut Rezept soll ein feinkörniges, braunes bis braunschwarzes Pigment gewonnen werden. Hochheimers Publikation liegt zeitnah zur Entstehung der in das Jahr 1803 datierten Zeichnungen Friedrichs und wurde daher für die Rekonstruktion der Sepiatusche herangezogen. Zur Umsetzung des Rezepts bedurfte es einer inhaltlichen Aufarbeitung (Abb. 3). So waren zum Beispiel Mengenangaben in Pfund und Loth zu dieser Zeit regional verschieden. Da Hochheimers Werk in Leipzig publiziert wurde, muss man die im 19. Jahrhundert in Sachsen gültigen Mengenangaben für Pfund und Loth zu Grunde legen: ein Pfund steht für 350g, welches 24 Lot enthält (Apothekerpfund). Folglich entspricht ein Lot ca. 14,6g.

„Um die Sepia als ein brauns Pigment darzustellen, welches an Feinheit alle anderen weit übertrifft, reibt man eine gewisse Menge in einem Glas-Mörser zum feinsten Pulver, macht dieses mit starker Aetzlaug zu einem dicken Muße, und setzt das Reiben unter successiven Zutropfeln von Lauge so lange fort, bis man die Sepia auf das feinste zertheilt hat. Hierauf setzt man allmählig stärkere Portionen von Lauge zu, und macht die Sepia ganz dünnflüssig, so dass auf ein Loth Sepia wenigstens ein Pfund Lauge kommt. Hierauf gießt man die Flüssigkeit in einen Topf und lässt eine halbe Stunde lang anhaltend kochen, wobey man sie aber fleißig umrühren, oder zuweilen ein paar Minuten vom Feuer entfernen muß, weil sie sonst leicht überläuft. Nach dem Kochen bringt man sie noch warm auf ein Filtrum von doppeltem Druckpapier. Das gemeine graue Löschpapier ist hier nicht zu gebrauchen, weil es von dem Laugensalze angegriffen wird. Wenn das Klare durchgelaufen ist, gießt man auf den Rückstand im Filtrum nach und nach viel warmes Wasser, bis es nicht mehr gefärbt durchgeht. Die sämtliche klare Flüssigkeit gießt man sofort in ein geräumiges Zuckerglas, verdünnt sie mit zwey- bis drey mal so viel kaltem Wasser – je mehr Wasser desto besser – und tröpfelt nun von irgend einer Säure z.B. Schwefel- oder Salzsäure so lange zu, bis man merkt, dass kein brauner Niederschlag mehr erfolgt. Ist dieser Punkt getroffen, so deckt man das Gefäß zu, lässt es vier und zwanzig Stunden an einem kühlen Orte stehen. Dies darf darum nicht übersehen werden, weil der farbige Niederschlag so leicht und empfindlich ist, dass er bey der mindesten Erwärmung der Flüssigkeit sich in Flocken gestaltet, und ganz auf die Oberfläche empor tritt, wodurch die Scheidung desselben beynahe unmöglich gemacht wird. Ein Filtrum ist wegen des Verlustes nicht anzurathen, welchen man dadurch erleidet, dass immer ein Theil des Pigmentes an dem Papier kleben bleibt, der sich nicht anders, als durch das Auswaschen mit Wasser gewinnen lässt. Nach Verlauf der bestimmten Zeit gießt man die helle Flüssigkeit durch behutsames Neigen des Gefäßes von dem Niederschlage soviel als möglich ab, bringt ihn in ein flaches Gefäß von Porzellain, und dampft ihn in gelinder Wärme bis zu Trockenheit ab. Das erhaltene braune Pigment mit mehr oder weniger Gummiwasser versetzt, [...]“

Zusätzlich wird in anderen Quellen (Karmarsch, 1844) nach dem Ausfällen des Niederschlages und der 24stündigen Wartezeit ein Auswaschen des Niederschlages angegeben.

Abb.2: Historisches Rezept nach dem die Sepiatusche rekonstruiert wurde. Entnommen aus: Carl F.A. Hochheimer „Neuste Chemische Farben-Lehre“, Band 1, 1809, (zitiert nach Radis 2000: 142–144).

Für die Rekonstruktion wurde über die Firma Kremer Pigmente ein getrocknetes Tintenfischsekret aus Italien bezogen. Um dieses Sekret zu gewinnen, werden die Tintenbeutel entnommen und entleert, anschließend wird das Sekret tiefgefroren und zur weiteren Verarbeitung versandt. Das getrocknete und gemahlene Sekret ist von tiefschwarzer Farbe, sehr feinkörnig ($<120\mu\text{m}$) und weist einen leichten Fischgeruch auf. Der in der historischen Quelle erwähnte Begriff „Ätzlauge“ gibt nicht an, welche Base verwendet werden soll. Für die Rezeptrekonstruktion wurde Kaliumhydroxid gewählt, das in wässriger Lösung stark alkalisch reagiert. Da das historische Rezept im Hinblick auf die zu verwendende Säure die Wahl zwischen Salzsäure und Schwefelsäure lässt, wurde in der Rekonstruktion Salzsäure verwendet. Die Gewinnung des Pigments beruht auf der Ausfällung eines Niederschlags. Daher wurden die Konzentrationen von Salzsäure und Kaliumhydroxid so abgestimmt, dass eine vollständige Neutralisation der Lösung erreicht werden konnte. Folglich wurde eine 1molare Lösung von Kaliumhydroxid in demineralisiertem Wasser für den alkalischen Aufschluss und eine 10%ige Lösung von Salzsäure in demineralisiertem Wasser zur Fällung des Niederschlags verwendet. Um die im Ausfällungsprozess gewonnenen Pigmentpartikel in einer Dispersion aufstreichen zu können, wurden diese mit einer 15%igen Gummiarabikumlösung versetzt. Das Gummiarabikum erfüllt die Funktion eines Schutzkolloids, da es die im wässrigen Medium suspendierten Partikel umhüllt, deren Agglomeration verhindert und die Tuschedispersion somit stabilisiert. Die Konzentration der Lösung wurde experimentell gewählt, da sich aus den historischen Quellen keine Angaben zur Konzentration ableiten ließen.

Herstellungsschritte

1. Die benötigte Menge Sepiapigment wurde abgewogen. Auf das beschriebene Mörsern des Pigmentes wurde verzichtet, da sich der feinkörnige, schmierige Feststoff in der rauen Oberfläche des Mörsers abgesetzt hätte und kaum wieder zu entnehmen gewesen wäre.
2. Das Pigment wurde in eine Glasschale gegeben und mit wenigen Tropfen Kaliumhydroxid unter Zuhilfenahme eines Spatels zu einer dicken Masse vermischt. Diese war tiefschwarz und glänzend (Abb. 4).
3. Das Gemisch wurde mit der restlichen Menge Kalilauge in einen Glaskolben mit einem Fassungsvermögen von 1000ml eingefüllt. Die

Quellenschrift sieht ein Kochen der Flüssigkeit auf offenem Feuer vor. Da jedoch ein schnelles Erhitzen starker Basen eine heftige exotherme Reaktion und damit ein unerwartetes Spritzen der Flüssigkeit zur Folge haben kann, wurde die Lösung in einem Wasserbad erhitzt (Abb. 5). Mit Hilfe eines Magnetrührers wurde jede der beiden Flüssigkeiten kontinuierlich durchmischt. Die Lösung wurde für 30 Minuten bei maximaler Wärmezufuhr auf ca. 90°C erhitzt, wodurch sich eine deutliche Farbverschiebung von tiefschwarz nach rotbraun einstellte. Unter anhaltendem Rühren wurde die Lösung auf etwa 38°C abgekühlt. Ihr pH-Wert lag bei 12,9.

4. Die lauwarmer Lösung wurde unter Verwendung von Glasfaserwolle an der Wasserstrahlpumpe gefiltert. Im Filter verblieb ein tiefschwarzer, verdickter Rückstand. Da das Pigment sehr feinkörnig war, wurden keine Papierfilter verwendet, da sonst ein Großteil des Pigments im Filter verblieben wäre. Anschließend wurde warmes demineralisiertes Wasser (40°C) auf den Filtrerrückstand gegeben und mittels der Wasserstrahlpumpe abgesaugt. Dieser Vorgang wurde wiederholt, bis die Flüssigkeit aus dem Filter nur noch eine hellbraune Färbung zeigte. Insgesamt wurden etwa 800ml warmes demineralisiertes Wasser zugegeben. Der pH-Wert blieb unverändert.

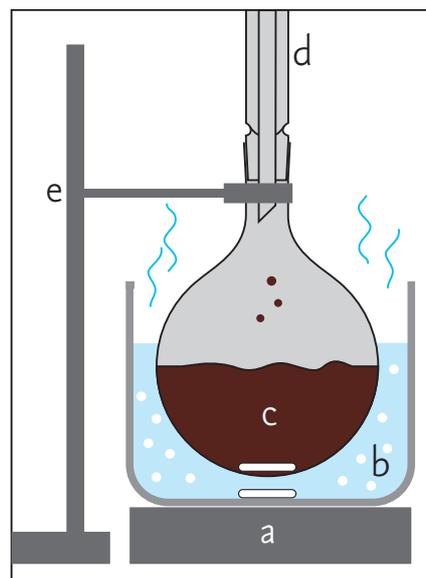


Abb. 5: Erhitzen der Mischung aus Kaliumhydroxid und Sepiapigment für 30 Minuten im Wasserbad: (a) Magnetrührer, (b) Wasserbad, (c) Glaskolben mit Sepia-Lösung, (d) Rückflusskühler, (e) Stativ.

5. Auf die Zugabe der im Rezept angegebenen zwei- bis dreifachen Wassermenge wurde verzichtet, da bereits während der Filtration die ursprüngliche Wassermenge auf ihr zweifaches Volumen erhöht worden war.

Hochheimers Angaben und deren moderne Entsprechung:

1 Loth Sepia	14,6 g Sepiapigment (getrocknetes Tintensekret)
1 Pfund Ätzlauge	350 ml einer 1-molaren Kaliumhydroxidlösung in demineralisiertem Wasser
Schwefel- oder Salzsäure	10%ige Salzsäurelösung in demineralisiertem Wasser
Gummiwasser	15%ige Gummiarabikumlösung in demineralisiertem Wasser

Abb. 3: Für die Rezeptrekonstruktion verwendete Materialien.



Abb. 4: Vermischen des Sepia-Pigments mit einem Teil der Kaliumhydroxid-Lösung.

6. Der Niederschlag wurde mit 10%iger Salzsäure ausgefällt, die Schritt für Schritt aus einer Pipette zugegeben wurde. Bei einem pH-Wert von 2,4 fiel ein dunkelbrauner bis schwarzer Niederschlag aus. Es wurden zu 800ml alkalischer Lösung mit einem anfänglichen pH-Wert von 12,5 insgesamt 113 ml 10%ige Salzsäure zugegeben. Die Senkung des pH-Werts hatte eine Farbverschiebung der Lösung von rotbraun nach schwarz zur Folge, die ab einem pH-Wert von 6,5 zu beobachten war.

7. Die Lösung mit dem Niederschlag ruhte für 24 Stunden bei Raumtemperatur.

8. Anschließend erfolgte ein Auswaschen des Niederschlages. Dieser Schritt, der ergänzend zum Rezept von Hochheimer in vielen weiteren Quellen beschrieben ist, sollte wahrscheinlich den pH-Wert der Suspension anheben, um sie gebrauchsfähig zu machen. In der Rekonstruktion wurde dies durch eine wiederholte Zugabe von demineralisiertem Wasser und anschließendem Dekantieren umgesetzt. Da jedoch eine visuelle Trennung der Suspension in zwei verschiedene Phasen auch nach 24 Stunden nicht vollständig erfolgte, wurde die schwarzbraune Flüssigkeit sowie einige feine schwarze Feststoffpartikel bei der Dekantierung abgossen; der dunkelbraune Niederschlag verblieb im Becherglas. Das Auswaschen des Niederschlags wurde wie beschrieben wiederholt, bis die Lösung einen pH-Wert von 4,5 aufwies. Die Trennung der Dispersion in zwei Phasen, einen dunklen Niederschlag und eine hellere Flüssigkeit, wurde dabei immer deutlicher. Dennoch war ein Auswaschen des Niederschlags oberhalb eines pH-Wertes von 4,5 nicht möglich: je mehr demineralisiertes Wasser zugegeben wurde, desto feiner dispergierte der Niederschlag und desto langsamer setzte er sich ab. Eine interessante Beobachtung war die erneute Farbveränderung des Niederschlags, der sich während des Auswaschens von dunkelbraun zu schwarz verfärbte.

9. Der Niederschlag, der noch eine geringe Menge an Wasser enthielt, wurde in zwei Glasschalen ausgegossen und für 24 Stunden bei Raumtemperatur getrocknet. Mit einem Spatel wurde das tiefschwarze, matte Pigment aus den Schalen entfernt.

10. Das gewonnene Pigment, das mit 0,8 g Gesamtgewicht nur ca. 0,5% des ursprünglichen Rohmaterials erreichte, wurde auf einer Glasplatte unter Zugabe von Gummiarabikum mit einem Glasläufer verrieben, bis eine homogene Masse entstand (Abb. 6). Die zugegebene Menge an Gummiarabikum (1,5 ml) wurde experi-



Abb. 6: Anreiben des aufgeschlossenen Sepiapigments mit Gummiarabikum.

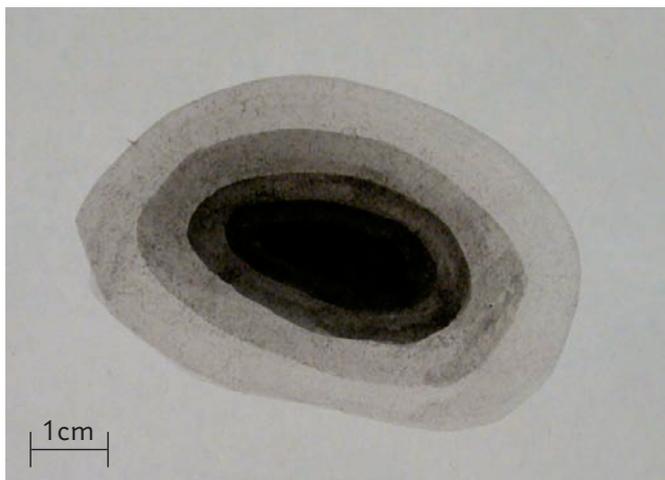


Abb. 7: Aufstriche der rekonstruierten Sepiatusche auf Velinpapier.

mentell so gewählt, dass sich die Mischung gut verarbeiten ließ. Die zähflüssige, schwarze Farbe trocknete in einer Glasschale bei Raumtemperatur.

11. Die Sepiatusche wurde als wässriger Aufstrich auf ein gelatinegeleimtes Hadernpapier aufgebracht, das dem von Caspar David Friedrich verwendeten Papier in der Materialzusammensetzung entsprach (Abb. 7). Der Aufstrich diente als Referenz bei der Untersuchung der Farbaufträge der originalen Zeichnungen, die von Heinrich Piening mittels UV-Vis-Absorptionsspektroskopie durchgeführt wurde.

Bewertung

Die Farbigkeit von Sepia wird in der hier verwendeten historischen Quelle sowie nach Versuchen von Radis (2000) als ein warmes Braun beschrieben. Bei der Rekonstruktion des historischen Rezepts zeigte sich, dass die Farbigkeit des Niederschlags auch durch den pH-Wert bestimmt wird. So hatte das Auswaschen mit Wasser, das eine Verschiebung des pH-Werts von 2,4 nach 4,5 bewirkte, eine Farbveränderung des Niederschlags von dunkelbraun nach schwarz zur Folge. Wurde der Niederschlag dagegen nicht ausgewaschen, d. h. im sauren pH-Bereich belassen, blieb dessen brauner Farbton erhalten. Die als Referenz verwendete rekonstruierte Sepiatusche zeigte einen schwarzbraunen Farbton. Da nicht der visuelle Farbeindruck, sondern die Anregung molekularer Bestandteile des Farbmittels deren UV-Vis spektroskopische Identifizierung leitet, behinderte dies die Untersuchung nicht. An zwei Zeichnungen konnte echte Sepiatusche identifiziert werden, während die dritte Zeichnung Beimischungen weiterer Farbmittel aufwies (s. Beitrag Brückle et al.).

Abschließend lässt sich bemerken, dass die Rekonstruktion von Malmaterialien nach historischen Rezepten häufig nur eine Annäherung

darstellt. So werden aufgrund einer variierenden Zusammensetzung der natürlichen Rohstoffe unterschiedliche Ergebnisse erzielt. Auch können sich Abweichungen durch heute ungebrauchliche, regional unterschiedliche oder ungenaue Materialbezeichnungen und Mengenangaben ergeben. Weiterhin wurde Bekanntes häufig verkürzt dargestellt und gewisse Schritte mögen auch absichtlich verschwiegen worden sein. Faktoren wie diese müssen bei der Interpretation einer Rekonstruktion historischer Tuschen berücksichtigt werden, und können auch die Variation in der Farbigkeit rekonstruierter Sepiatuschen erklären.

Literatur

- Anon., www.encyclopedia.msn.com/media_461553803/Generalized_Anatomy_of_a_Squid.html accessed 15.04.2009.
- Glück E., Brückle, I. Caspar David Friedrichs künstlerische Technik im Sepia-Jahreszeitenzyklus von 1803, in: *An der Wiege der Romantik – Caspar David Friedrichs Jahreszeiten von 1803, H.-Th. Schulze Altcappenberg (Hrsg.), Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin (2006): 39–46.*
- Hummert, E. *Sepia – Historische Herstellung und Verwendung, unpublizierte Semesterarbeit, Staatliche Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart (2006).*
- Karmarsch, K. *Technisches Wörterbuch oder Handbuch der Gewerbetunde, Vol. 3, Haase, Prag, 1844: 270.*
- Mitchell, C. A., Hepworth, T. C. *Inks – their composition and manufacture, Charles Griffin & Company Ltd., London, 1916: 12–19.*
- Radis, B. *Kunstgeschichtliche und naturwissenschaftliche Untersuchungen zur Sepia – Restaurierung und Konservierung zweier Sepiazeichnungen von Jakob Crecentius Seydelmann, unpublizierte Diplomarbeit, Fachhochschule Köln (2000).*
- Schwahn, W. *Braune Tinte – Lavierungstechniken, Restauro 93 (1987): 24–31.*

Introduction

In planning the treatment of three ink drawings by Caspar David Friedrich acquired in 2006 by the Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin, clarification was sought concerning the artist's drawing media. Friedrich's oeuvre includes many brown-coloured wash drawings that to date have been only generically described as "sepias". Identification of the drawing material not only was to support treatment but also the technological description of the drawings for the museum exhibition catalogue. To this end, non-destructive UV-Vis spectroscopy analysis was performed on the artworks by Heinrich Piening, Bayerische Schlösserverwaltung, Munich. Since every instrumentally supported identification of an unknown material requires comparison with a sample of known composition as reference, a sepia ink was prepared according to a 19th-century recipe. A UV-Vis spectroscopic measurement of this sample served as a reference for the analysis of the drawings. With regard to treatment optimization, the sepia samples also served as models to test the removability of the watercolour retouching medium (see article by Brückle et al.).

Historical sepia:

Raw materials and preparation

Monochrome brown-coloured drawings were popular in the early 19th century. In addition to true sepia, artists also employed other brown pigments of a similar colour all of which came to be subsumed under the term sepia. Real sepia ink is produced from the brown-black secretions released, when threatened, by the *Sepia officinalis* L. (common cuttlefish), native to the Mediterranean ocean and the Atlantic coast.

This *Sepia officinalis* generates a particularly

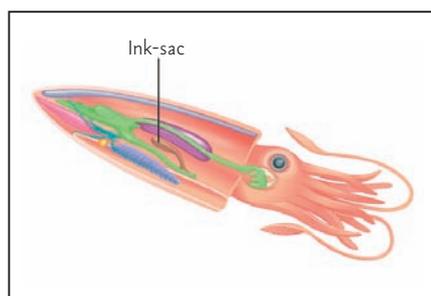


Fig. 1: Anatomical sketch of a cuttlefish.

According to: Anon.

www.encyarta.msn.com/media_461553803/Generalized_Anatomy_of_a_Squid.html, accessed 15.04.2009.

large quantity of the secretion in a pear-shaped gland, the so-called ink sac (Fig. 1). The ink is composed of up to 78% sepia melanin, a complex protein produced by enzymes inside the ink sac. It is removed from the freshly caught creature and quickly dried to prevent putrefaction. It is then sold in pieces or powder for further processing. The dried gland usually has a grey-black colour, can easily be broken into smaller pieces and has a distinctive fishy smell. Raw fresh ink could be used for drawing and writing only along the southern European coastal habitat of the cuttlefish where its short shelf life did not pose a problem.

Three principal methods of ink preparation can be identified in the many historical sources: using the unprocessed raw material; making a slurry from the dried ink in hot water; or creating a precipitate using caustic alkali. Although the last method is the most elaborate one, it is documented most prevalently.

The 19th-century sepia ink recipe

The first volume of Carl F.A. Hochheimer's *Neueste chemische Farben-Lehre* (Newest chemical theory of colour) published 1809, reports an ink preparation (Fig. 2) that is contemporaneous with the creation of Friedrich's drawings in 1803 and was therefore used to replicate the drawing material. According to the recipe, the dry cuttlefish secretion is cooked in strong alkali and then is precipitated from the solution through addition of a dilute acid solution. The recipe indicates that a fine-grained, brown or brown-black precipitate should result. In order to use this recipe, its specifications required translation into workable directions (Fig. 3). For instance, the pound and the lot as units of weight varied regionally at that time. Since Hochheimer's book was published in Leipzig, the units for pound and lot had to be based on those current in Saxony in the 19th century: one pound is equivalent to 350 g, which is equivalent to 24 lots (the "apothecaries' pound"). Thus, one lot is approximately 14.6 g.

For the reconstruction, Italian dried cuttlefish secretions were obtained through Kremer Pigmente. The company had already removed the secretion from the ink sacs and had shipped it in frozen condition. After the ground precipitate was thawed and dried, it showed a deep black colour and fine-grained (<120 µm) consistency. The material was to be ground in a "caustic potash" solution [Ätzlauge], but Hochheimer does not indicate which base should be used. We chose potassium hydroxide, which is strong-

"In order to prepare sepia as a brown pigment, which in its refinement far surpasses all others, one grinds a certain amount in a glass mortar to the finest powder, makes this into a thick paste with strong caustic potash [Ätzlauge] and continues grinding while continuously adding drops of lye until the sepia is ground as fine as possible. At this point, one adds increasingly large portions of lye, making the sepia very thin-bodied, so that to one lot of sepia at least one pound of lye is added. At this point, one pours the liquid into a pot and lets it boil steadily for a half an hour while stirring industriously, or occasionally taking it off the heat for a few minutes, since otherwise it boils over easily. After boiling, one pours it, while still warm, over a filter of a double layer of printing paper. Ordinary grey blotting paper is not to be used here, since the lye will corrode it. When the clear liquid has filtered through, one pours warm water over the residue in the filter bit by bit, until no more color seeps through. One pours all of the clear liquid immediately into a suitably large preserving jar, diluting it with two to three times as much cold water – the more water the better – and adds drops of any kind of acid, for example sulfuric acid or hydrochloric acid, until one notices that no more brown precipitate comes out. When this point is reached, one covers the container, and lets it stand for twenty hours in a cool place. This should not be exceeded, since the coloured precipitate is so light and sensitive that it turns into flakes at even the slightest warming of the fluid, and floats to the top, which makes separating it out almost impossible. A filter is not advisable because of potential losses which occur because a portion of the pigment always sticks to the paper, which cannot be removed other than by washing with water. When the specified time has elapsed, one pours off the light-colored liquid by carefully tipping the container away from the precipitate as much as possible, one puts it in a porcelain jar and dries it in a gentle heat until it is dry. The resulting brown pigment can be mixed with more or less gum Arabic [...]"

In addition, other sources (Karmarsch 1844) indicate that the precipitate should be rinsed after letting it settle out and after the 24-hour waiting period.

Fig. 2: Historical recipe used for reconstructing sepia ink, from "Neueste Chemische Farben-Lehre" (Newest chemical theory of colour), volume 1, 1809, Carl F. A. Hochheimer (quoted in Radis 2000).

Replicating 19th-century sepia ink

ly basic in aqueous solution. Concerning the acid, the recipe suggests both sulphuric and hydrochloric acid; the latter was selected. Obtaining the pigment requires precipitating a solid from the alkaline solution. Therefore, the concentrations of hydrochloric acid and potassium hydroxide were calculated so that the solution would be completely neutralized. A 1-molar potassium hydroxide solution in demineralized water was used for the alkaline digestion, and a 10% hydrochloric acid solution in demineralized water was used to produce the precipitate. To create a workable drawing fluid from the precipitated pigment, a 15% gum Arabic solution was added to the dried pigment. Gum Arabic serves as a protective colloid that coats the particles suspended in an aqueous medium, which prevents their agglomeration and stabilizes their aqueous dispersion. The concentration of the gum solution was determined empirically because the sources did not provide any related information.

Ink preparation

1. The required amount of sepia pigment was weighed out. Grinding the pigment with a pestle as advised in the recipe was skipped, since the fine-grained solid would have settled in the rough surface of the mortar and could have barely been removed from it.
2. The pigment was transferred to a glass container where it was mixed with a spatula into a sludgy, deep black paste under addition of a few drops of the potassium hydroxide solution (Fig. 4).
3. The mixture was poured into a glass flask with a capacity of 1000 ml. The remaining potassium hydroxide solution was added. The recipe stipulates boiling the liquid over an open flame. Since rapidly heating strong bases produces an intensive exothermic reaction that could result in unexpected spattering, the solution was heated in a water bath instead. Using a magnetic stirrer, both liquids were mixed continually (Fig. 5). The solution was heated for 30 minutes at maximally 90°C, during which a noticeable colour change from deep black to red-brown occurred. While continuing to stir, the solution was cooled to about 38°C. Its pH was 12.9.
4. The lukewarm solution was filtered through fibre glass wool under light suction enforcement (a paper filter could not have been used due to the finely grained particles, a large proportion of which would have been absorbed by the filter). A deep black, thickened residue re-

mained in the glass wool filter. Demineralized water warmed to 40°C was drawn through the residue in the filter by slight suction. This process was repeated until the fluid released from the filter displayed only a light brown colour. In total, 800 ml of water were added while the pH remained almost constant at 12.5. After most of the usable material had been flushed out, the residue in the filter was discarded.

5. The recipe called for the addition of 2 and 3 times the amount of water to the slurry, but this step was skipped, since the initial quantity of water had already doubled during the filtration process.
6. The ink material was precipitated out with a 10% hydrochloric acid solution that was added gradually from a pipette. When the pH had dropped from the initial 12.5 to 2.4, a dark brown and black precipitate was settled out. Overall, 113 ml of the hydrochloric acid solution were added to the 800 ml of alkaline solution. Lowering the pH of the solution resulted in a colour change from red-brown to black, which started to become more noticeable below a pH of 6.5.
7. The alkaline solution with the precipitate suspension was allowed to settle at room temperature for 24 hours.

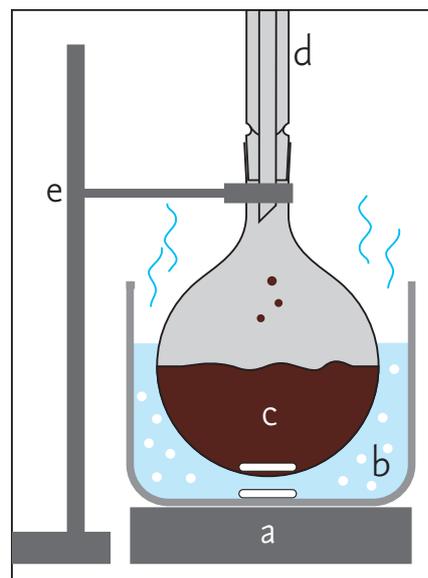


Fig. 5: Heating of the potassium hydroxide and sepia pigment mixture for 30 minutes in a water bath:

- (a) magnetic stirrer, (b) water bath, (c) glass flask with sepia solution, (d) return condenser, (e) laboratory stand.

Hochheimer's measurements and their modern equivalents

1 loth sepia	14.6 g sepia pigment (dried cuttlefish ink)
1 pound "caustic potash" [Ätzlaug]	350 mL of 1-molar potassium hydroxide solution in demineralized water
sulphuric acid or hydrochloric acid	10% hydrochloric acid in demineralized water
gum Arabic	15% gum Arabic solution in demineralized water

Fig. 3: The materials used in replicating the recipe.

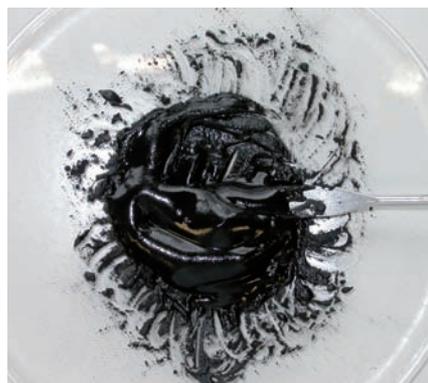


Fig. 4: Mixing the sepia pigment with part of the potassium hydroxide solution.

8. The alkaline solution was decanted to separate the settled pigments for rinsing. This step is described in many sources, one of which was chosen to supplement Hochheimer's recipe which did not include the washing step. Rinsing was likely meant to increase the pH of the suspension and make the pigment better usable. We accomplished this step by adding demineralized water to the pigment slurry and then decanting it after a period of rest. However, even after 24 hours, only the coarser pigment particles had settled at the bottom of the beaker while the liquid still contained a suspension of fine particles; these were lost during decanting. The rinsing was repeated as described until the solution

had a pH of 4.5. Rinsing the precipitate above a pH of 4.5 was not possible: as more demineralized water was added, the precipitate became more finely dispersed and therefore settled ever more slowly. Interestingly, the precipitate underwent another colour change from dark brown to black during rinsing.

9. The precipitate, which still contained a small amount of water, was poured into two glass dishes and dried at room temperature for 24 hours. The deep black, matte pigment was removed from the dishes with a spatula.

10. The pigment had a total weight of 0.8 grams, which was only 0.5% of the initial raw material. It was ground on a glass plate and dispersed in gum Arabic using a glass muller until a homogenous paste was attained (Fig. 6). The 1.5 ml quantity of gum Arabic added was determined empirically so as to make the mixture easily workable. The viscous dark pigment was dried in a glass dish at room temperature.

11. The sepia ink was applied as a dilute aqueous wash to gelatin-sized rag paper of a similar quality as the paper used by Caspar David Friedrich (Fig. 7). This concluded the preparation of the sepia ink drawing samples used as reference in the instrumental analysis.



Fig. 6: Grinding the prepared sepia pigment with gum Arabic.

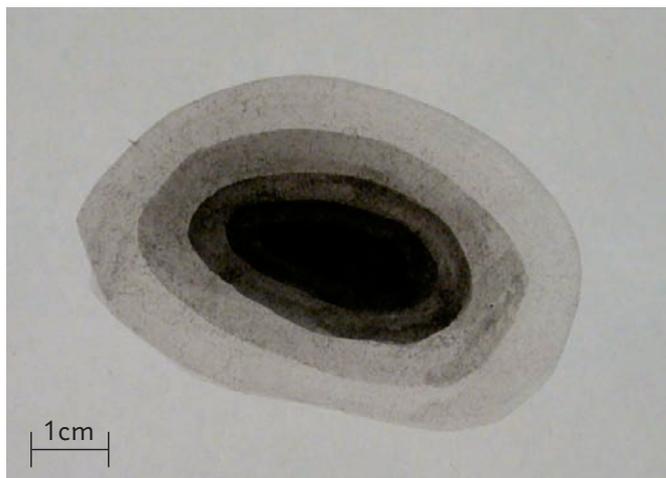


Fig. 7: Replicated sepia ink applied to wove paper.

Conclusion

The colour of sepia has been usually described as a warm brown both in historical sources and in a recent study (Radis 2000). In replicating the ink according to a historic recipe, it became apparent that the colour of the precipitate is affected by pH. This was indicated by the colour change from dark brown to black when the pH was increased 2.4 to 4.5 during the rinsing process. Had the precipitate not been rinsed, that is, left at an acidic pH, the colour would have remained brown. The sepia pigment used as a reference had a black-brown colour. Since it is not the visually perceptible colour, but the effect of the molecular pigment components that is identified by UV-Vis spectroscopy, this did not affect the analysis. With the aid of the instrumental analysis, sepia ink was identified in two of the drawings (see article by Brückle et al.).

Replicating artists' media using historic sources achieves often only their approximation for several reasons: variations occur in the natural raw materials across geographic regions and across time; divergences may result from outdated or archaic ingredient names and regional differences in measurement units; information assumed to be common knowledge was given less attention in descriptions; and certain steps were possibly left out to be kept confidential. The unusual black colour of the replicated sepia ink may very well be explained by these variables.

References

- Anon.,
www.encyclopedia.msn.com/media_461553803/Generalized_Anatomy_of_a_Squid.html, accessed 15.04.2009.
- Glück, E., Brückle, I.
Caspar David Friedrichs künstlerische Technik im Sepia-Jahreszeitenzyklus von 1803. In: *An der Wiege der Romantik – Caspar David Friedrichs Jahreszeiten von 1803, H.-Th. Schulze Altcapenberg (Hrsg.), Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin (2006): 39–46.*
- Hummert, E.
Sepia – Historische Herstellung und Verwendung, unpublished undergraduate thesis, State Academy of Art and Design Stuttgart (2006).
- Karmarsch, K.
Technisches Wörterbuch oder Handbuch der Gewerkekunde, Vol. 3, Haase, Prag, (1844): 270.
- Mitchell, C. A., Hepworth, T. C.
Inks – their composition and manufacture, Charles Griffin & Company Ltd., London (1916): 12–19.
- Radis, B.
Kunstgeschichtliche und naturwissenschaftliche Untersuchungen zur Sepia – Restaurierung und Konservierung zweier Sepiazeichnungen von Jakob Crecentius Seydelmann, unpublished graduate thesis, University of Applied Sciences, Cologne (2000): 66, 142–144.
- Schwahn, W.
Braune Tinte – Lavierungstechniken, *Restaurro* 93 (1987): 24–31.

Fixing charcoal drawings – reconstructing Matthias Grünewald’s drawing technique

The German artist Matthias Grünewald (ca. 1475–1528) is considered one of the most important painters and draughtsmen of the 16th century. However, only 36 drawings by his hand have been preserved. Half of them are owned by the Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin. In preparation for the exhibition “Matthias Grünewald – Zeichnungen und Gemälde” (13.03. – 1.06.2008) they were analysed in a cooperative project of the Kupferstichkabinett Berlin and the State Academy of Art and Design Stuttgart, Paper Conservation Programme, focusing art-technological aspects. The drawings were examined with the aid of common non-destructive, mostly visual examination methods like raking light, UV radiation and a reflected-light microscope. Results were interpreted in the light of historical technological sources.

The drawings form, in terms of their media, a closely related group, as all of them are executed with charcoal (see Dietz, Brückle in this volume). Although this medium adheres to paper only lightly, Grünewald’s charcoal drawings are preserved in excellent condition. This could be explained with the detection of a fixative application on several drawings (Roth, Brückle, Smith 2007). A further analysis was launched to clarify the specific application technique and to reconstruct the artist’s working process with greater detail. Evidence could be gained by the close examination of the drawings, several of which showed related features. In some drawings, a translucent greyish film lies below the charcoal. A closer look at the drawing “Studie eines knienden Königs mit zwei Engeln” reveals evidence substantiating the recent findings (Fig. 1): In this case, a yellowish drop of fixative lies below the charcoal (Fig. 1a). It must have been already dried when the artist created the drawing as the charcoal was deflected by its crusty and hard surface. This fact, as well as details visible in other drawings, indicates that the paper was prepared with a binding medium before or in an early stage of drawing. In the same drawing, a small area at the bottom, just beneath the stone in the foreground, accidentally remained unprepared. There, the edge of the fixative application can be easily observed (Fig. 1b). In the unfixed zone, the charcoal was diminished over the course of time, leaving a less deeply coloured drawing behind. This area allows the viewer to appreciate the significance of the fixative application, as in unfixed conditions the drawing would look much less striking today. These observations raise the question



Fig. 1: Matthias Grünewald, “Studie eines knienden Königs mit zwei Engeln”, ca. 1516–19, fixed charcoal drawing heightened with lead white, 288 × 367 mm, © Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin (KdZ 2040).

a) Droplet of the fixative. b) Accidentally unfixed area at the bottom edge.

how a binding medium applied in the beginning could realize the fixation of a subsequent charcoal drawing.

The earliest sources dealing with the use of fixatives date from the 17th century and derive from the manuscript of Théodore Turquet de Mayerne (Berger 1901). Here we find instructions to prepare papers with water-soluble binding media before drawing on them with

tally remained unprepared. There, the edge of the fixative application can be easily observed (Fig. 1b). In the unfixed zone, the charcoal was diminished over the course of time, leaving a less deeply coloured drawing behind. This area allows the viewer to appreciate the significance of the fixative application, as in unfixed conditions the drawing would look much less striking today. These observations raise the question



Step 1: Application of the aqueous fixative.



Step 2: Outlining the shadow areas.



Step 3: Modulation by smudging.

friable media. Afterwards, the finished drawing should be fixed by reactivating the binding medium by introduction of water or, like Meder (1923) states, by water steam.

From these findings, Grünewald's most probable drawing technique was reconstructed with the intention of testing its viability. For



Fig. 2: The finished and fixed model drawing.



Fig. 3: The model drawing remained pristine in the areas that had been prepared with fixative. Areas accidentally left unfixed smudged and the drawing was diminished. This revealed the edge of the fixative application as seen in Grünewald's drawing (Fig. 1b).

replication, the detail with the stone in the foreground was chosen. A rag paper (Glaser 2067) and charcoal (Faber-Castell, Art.-Nr. 129116) resembling the original materials were used. The technique turned out to be rather sophisticated, befitting the detailed quality of the drawings. At an early stage, the artist prepared

the drawing paper by applying an aqueous solution of a binding medium such as gum Arabic or animal glue with a brush (step 1). Not all of the paper was covered completely. After it was dry, he drew on the paper now carrying a thin layer of binding medium (step 2). Step by step, he accomplished his drawing, modulating it by smudging as well as intensifying the lines (steps 3, 4). At the end, he often heightened his drawings with lead white applied with a brush (step 5). Once the drawing was completed, he reactivated the medium, probably by holding the drawing into the steam rising from a container with hot water (step 6). The steam caused the hygroscopic fixative film to swell and become tacky which in turn caused charcoal particles to adhere to it without any considerable visual alteration of the drawing (Fig. 2). Judging by the richness of Grünewald's drawings, this technique must have been successful in adhering a significant proportion of the particles to the paper surface. Any cockling would have been avoided by mounting the paper or would have been subsequently reduced by laying the treated drawing between some kind of boards. To evaluate the fixing effect in the model, a dry brush was drawn across the reconstructed drawing which caused loose charcoal particles to be removed. The drawing remained pristine in the areas that had been prepared with the binding medium. Areas accidentally left unfixed smudged and the drawing was diminished. This revealed the edge of the fixative application (Fig. 3) as seen in Grünewald's drawing (Fig. 1b). The fixing technique proved to be effective as well as userfriendly.

In summary, Grünewald protected his delicate charcoal drawings from smudging by fixing them with a careful method that appears to have been an essential part of his drawing technique. As no original sources before the 17th century describe the use of a fixative, Grünewald's drawings demonstrate a sophisticated use of charcoal at a time when this drawing medium was becoming an independent artistic medium, broadening its appeal beyond its use for preliminary sketching.

References

- Berger, E.
Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Maltechnik, 4. Folge, Georg D. W. Callwey, München (1901): 347–352.
- Dietz, G.J.
Die Zeichentechnik Matthias Grünewalds. Untersuchung am Bestand des Kupferstichkabinetts Berlin, Weiße Reihe des Instituts für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, vol. 24, Gerhard Banik, Volker Schaible (eds), Anton Siegl, München (2008).
- Dietz, G.J., Brückle, I., Banik, G.
Grünewalds Zeichentechnik, in: *Matthias Grünewald. Zeichnungen und Gemälde*, Michael Roth (ed.), Hatje Cantz, Ostfildern (2008): 62–69.
- Meder, J.
Die Handzeichnung, 2nd edition, Kunstverlag Anton Schroll, Wien (1923): 191–193.
- Roth, M., Brückle, I., Smith, Th.
Zu den Zeichnungen Matthias Grünewalds, in: *La technique picturale de Grünewald et de ses contemporains, Colloque international, 24–26 Janvier 2006, Musée d'Unterlinden, Colmar, Pantxika Béguerie-De Paepe, Michel Menu (eds), Euro Media Duplication, Lassay-les-Châteaux (2007): 101–108.*



Step 4: Intensifying shading and contours with charcoal.



Step 5: Heightening with lead white.



Step 6: Activating the fixative over steam.

Distinguishing between charcoal and natural black chalk in old master drawings

At the turn of the 15th to the 16th century, a new attitude arose among artists towards drawing: black broad-line drawing tools like charcoal and natural black chalk became more important as they met the desire for larger formats. Distinguishing between these materials is often difficult because their lines look very similar to the naked eye (Fig. 1). This fact often causes confusion. Therefore, a suitable method to differentiate between charcoal and natural black chalk without sampling and without high instrumental effort was selected. It will be presented in connection with a technological study of the drawings of Matthias Grünewald (ca. 1475–1528) at the Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin. Samples drawn with modern materials were used to identify the corresponding historical media. In preparation for the exhibition “Matthias Grünewald – Zeichnungen und Gemälde” (13. 3. – 1. 6. 2008) more than half of the extant 36 drawings by Grünewald were analysed in a cooperative project of the Kupferstichkabinett Berlin and the State Academy of Art and Design Stuttgart, Paper Conservation Programme, focusing on art-technological aspects, particularly on the identification of the artist’s drawing tool and technique.

Natural black chalk

In the 16th century, the term black chalk usually refers to the so called natural black chalk (Fig. 2). Synthetic black chalk was scarcely known at this time. Natural black chalk is the drawing material obtained by mining shale. The coloring component consists of up to 30% elemental carbon which is finely embedded in the mineral matrix. Characteristic is a high content of aluminium silicate besides other components. From this black mineral, rectangular sticks were cut that could be used for drawing. Only the softer types of shale, such as they occur in Upper Franconia, Thuringia, Piedmont, Andalusia, France, Portugal or the Netherlands could be used for drawing on the account of their high carbon content. They can be of grey to black color, depending on the shale’s pigmentation. The firmness of the material requires some pressure when drawing with natural black chalk. Embedded hard particles can possibly cause scratches in the paper surface. The lines of natural black chalk, in contrast to charcoal, cannot be corrected easily even though they are prone to smudging. This limited the use for preliminary drawings. Cennini’s handbook “Il libro dell’arte” is deemed to be an early source for the use of natural black chalk. In Germany, drawings by Albrecht Dürer are



Fig. 1: Strokes of natural black chalk (left) and charcoal (right).

considered to be the earliest preserved examples of this technique. Well-defined, clear lines are associated with natural black chalk.

Charcoal

To prepare charcoal (Fig. 3), different sorts of wood or thin branches, depending on region and era, were used. In 16th-century Germany, artists chose willow stakes, wood of linden, box

or fruit trees. The material was dried, cut into the desired length and enclosed in an air-tight container that was heated in the fireplace. The goal was to carbonise, not to burn the wood. Apart from the chosen kind of wood, the heat and the burning time influenced the properties of the charcoal. Too much heat, for example, would cause charcoal to become brittle, tending to break and not to adhere very well to the paper. However, charcoal was also considered a cheap material that could be easily prepared by the artists themselves. The composition corre-



Fig. 2: Three pieces of natural black chalk.

sponds with carbon black. It consists of about 95% carbon and contains inorganic constituents like potassium, phosphor, calcium, silicium and sulphur. It adheres to paper only lightly, and therefore can be easily corrected, which made it an ideal tool for preparatory drawings. Cennini (ed. Ilg 1970: 20) describes that corrections should be done with the barb of a feather. Completed charcoal drawings should be drawn over with an indelible medium. Often the charcoal lines were removed afterwards. For an autonomous use of charcoal, fixing techniques were required to protect drawings from smudging and preserve them permanently. Unfixed drawings characteristically show fragmentary and smudged lines of light grey appearance. Intensive applications can only be preserved when fixed immediately. Further, charcoal tends to splinter, which is why lines can only be drawn with light pressure, leaving no impression in the paper.



Fig. 3: Charcoal (front) made of willow shoots (back).

How to distinguish?

Except for the preference of charcoal for preparatory drawings, the use of chalk and charcoal does not differ significantly. This is supported by records and drawings of Albrecht Dürer who used charcoal as well as black chalk for portrait drawings (Ullmann 1993: 47). Generally, charcoal is said to adhere less strongly to paper than chalk and this is assumed to cause more easily a smudged greyish appearance. But several factors complicate the differentiation of the two media. If the completed drawing was fixed immediately, the lines would be preserved crisp and dark. Further, it is often mentioned that charcoal creates less continuous, broader lines than chalk. This differentiation is, however, not very reliable because the quality of the charcoal line is strongly influenced by the consistency of the selected wood, the carbonisation process as well as the texture of the drawing paper. Aging, especially physical wear and abrasion, even if slight, may even out distinctive features of these drawing media. For this reason, a visual identification with the naked eye and without any instrumental support is often not very reliable.

A more secure and easily accessible identification method involves the morphological examination of charcoal and natural black chalk with the aid of a microscope. This method was already discussed by Kühn (1982: 152), who for this purpose still took samples from original drawings, but stated, as is shown here, that a distinction between charcoal and natural black chalk is also possible without sampling. The process of identification is aided by comparing

samples drawn with modern media corresponding to those expected to be present in the original drawing or common in use at that time. For an examination of the morphology and agglomeration scheme of the respective particles on paper, a reflected-light microscope with 30–50× magnification is most suitable. For lighting, a cold light source with fiber optic light guide is recommended.

A sample of a charcoal stroke (Faber-Castell, Art.-Nr. 129114) on rag paper, seen under 50× magnification, shows the following characteris-

tics (Fig. 4a): the particles are quite irregular in size, sometimes splintery shaped and, in reflected light, show a typical sparkle on their fractured surface. They do not cover the paper surface, but tend to distribute and accumulate in the recessed parts.

A sample of a natural black chalk (Kremer Pigmente, Art.-Nr. 12450) stroke on rag paper, made under the same conditions, shows a different appearance (Fig. 4b): the particles are very fine and homogeneously round-shaped. It is not easy to visually separate them because of their

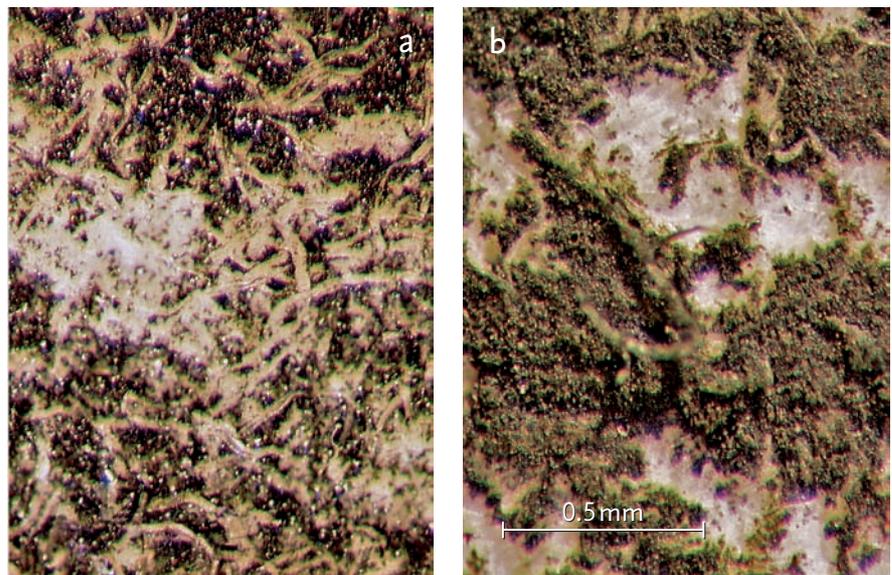


Fig. 4: The angular charcoal particles sparkle in reflected light. They are caught primarily in the depths of the fibrous paper surface (a). The natural black chalk consists of round grains that cover the paper evenly (b).

Distinguishing between charcoal and natural black chalk in old master drawings

Georg Josef Dietz
Irene Brückle

strong cohesion. The particles cover the paper surface and hide its fibrous texture. This causes a much more even appearance. The application seems matte. Light reflections occur only isolated and can be ascribed to small, round and colorless particles that resemble grains of sand.

Matthias Grünewald's drawings

The examination of Matthias Grünewald's drawings shows that it is possible to transfer the characteristics observed by studying modern media samples to historical drawings. On this basis, it was possible to reconstruct the artist's drawing technique. For a long time it was believed that Grünewald used natural black chalk for drawing. The examination of the drawings under 50× magnification revealed conspicuous similarities with the modern charcoal samples (Figs 5 and 4a) which confirmed that Grünewald used charcoal in all of his drawings: the particles are of different size and show the typical sparkle; they are caught in the depth of the fibrous paper texture; occasional large fragments even show the structure of the carbonized wood (Fig. 6).

One reason why Grünewald's charcoals were sometimes confused with chalk drawings lies in the fact that they feature an extraordinary breadth of shading spanning a gamut of grey tonalities, and include many passages of extraordinary fine detail such as is usually not associated with the very broad lines common in later charcoal drawings. Presumably, Grünewald achieved this effect by drawing with dif-

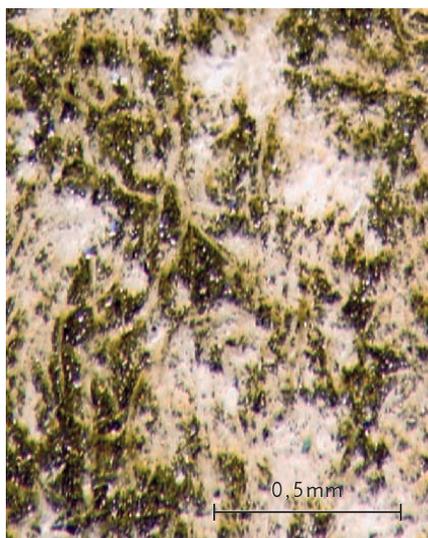


Fig. 5: Grünewald's drawing medium shows the characteristic appearance of charcoal. Detail of "Studie eines knienden Königs mit zwei Engeln", (see page 52, Fig. 1) Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin (KdZ 2040).

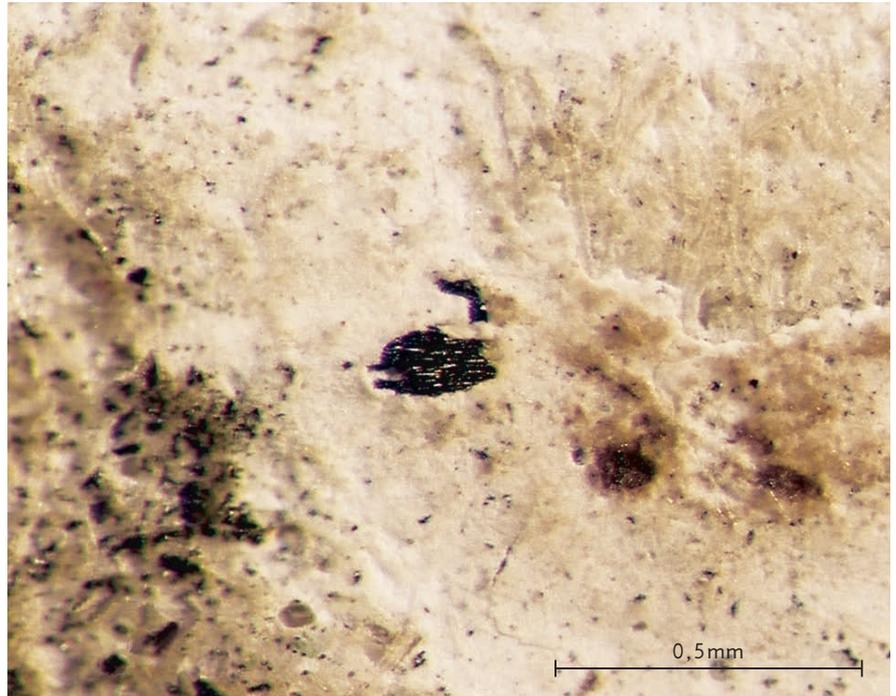


Fig. 6: Occasional large fragments reveal the structure of the carbonized wood. Detail of "Studie zum heiligen Antonius der Isenheimer Eremitendisputation", Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin (KdZ 17659).

ferent, soft as well as hard charcoal qualities. An additional factor that contributes to the rich appearance of the drawings today lies in the fact that they are remarkably well preserved which was discovered to be the result of a fixative application that was an integrative feature of the drawing process (see Dietz, Brückle in this volume).

This study demonstrates that a clear differentiation of charcoal and chalk is possible with the aid of a reflected-light microscope especially aided by comparison with material samples of known composition. This is especially useful for early drawings made with broad-line black media. With the later production of increasingly complex fabricated chalks and charcoals, particularly from the 19th century on, their identification gets more and more difficult.

References

- Cennino Cennini
Das Buch von der Kunst oder Tractat der Malerei, Quellenschriften für Kunstgeschichte und Kunsttechnik des Mittelalters und der Renaissance, Vol. 1, Rudolf Eitelberger von Edelberg, (ed.), Wilhelm Braumüller, Wien (1871), Reprint: Albert Ilg (ed.), Otto Zeller Verlag, Osnabrück (1970).
- Dietz, G. J.
Die Zeichentechnik Matthias Grünewalds. Untersuchung am Bestand des Kupferstichkabinetts Berlin, Weiße Reihe des Instituts für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, vol. 24, Gerhard Banik, Volker Schaible (eds), Anton Siegl, München (2008).
- Dietz, G. J., Brückle, I., Banik, G.
Grünewalds Zeichentechnik, in: Matthias Grünewald. *Zeichnungen und Gemälde*, Michael Roth (ed.), Hatje Cantz, Ostfildern (2008): 62–69.
- Guicharnaud, H., Duval, A.
Du laboratoire au musée, vers une identification des matériaux graphiques: les matériaux noirs, in: ICCOM Committee for Conservation, *Preprints to the 14th Triennial Meeting, The Hague 2005*, Vol. 1, James & James, London (2005): 174–179.
- Kühn, H.
Die Zeichenmaterialien des Niklaus Manuel, Restauro 88 (1982): 151–176.
- Meder, J.
Die Handzeichnung, 2nd ed., Kunstverlag Anton Schroll, Wien (1923).
- Ullmann, E.
Albrecht Dürer: Schriften und Briefe, 6th edition, Reclam Verlag, Leipzig (1993).

The consolidation of white chalk on black acrylic paint

Andrea Pataki
STAATLICHE
AKADEMIE DER
BILDENDEN KÜNSTE
STUTTGART

Barbara Sommermeyer
HAMBURGER
KUNSTHALLE

Introduction

In 1999, Ross Sinclair (*1966) created the installation “Journey to the Edge of the World – The New Republic of St. Kilda” (Fig. 1). It consists of several hundred cardboard boxes, of which 54 are particularly interesting from a conservator’s point of view. The front of each of these boxes is covered with a fairly glossy black acrylic paint, which is the background for a white chalk drawing of a reversed map of the world. Additionally, large letters spelling the word geography are painted with acrylic paint in light pink on some of the boxes. Each cardboard box measures 49.5×49.5×49.5 cm. The installation was originally created for a gallery space in Edinburgh, and then travelled to three other venues before arriving at the Hamburger Kunsthalle – Galerie der Gegenwart.

Ross Sinclair executed the white chalk drawing without any binder. There is thus little adhesion between the white chalk particles and the black acrylic paint layer. As a result, parts of the white chalk drawing have been abraded during packing and transport, and the lower parts in particular were smeared by visitors when the work was exhibited. In 2002, Ross Sinclair himself repainted parts of the drawing to preserve the image. The area shown in Figure 2 was completely repainted by the artist. However, when he first created the drawing, he also smudged parts of the image he felt were too sharp, which makes it difficult to differentiate the damaged areas from the artists’ own modifications.

Due to the vertical position of the drawing, loose chalk particles fell off and dust particles settled on the sensitive surface over the years. Consolidating the chalk was considered necessary to prevent any further damages and abrasion during future exhibitions and handling. Wet chemical analysis demonstrated that the white chalk was made of calcium sulphate. Calcium sulphate is somewhat soluble in aqueous systems, and is at risk of dissolving during a consolidation treatment that uses aqueous consolidants. Therefore, in order to keep the risk of the chalk dissolving as low as possible, only a minimum of adhesive coatings should be applied. The treatment should not alter the contrast between the black underpaint and the white drawing. After consolidation, the chalk should be able to withstand a light rubbing with a finger without any damage, thus ensuring that the work is well protected during handling and storage. The artist, the curator and the conservator of the Hamburger Kunsthalle – Galerie der Gegenwart were all involved in the decision-making process, which focused in particular on whether to consolidate the white chalk, since it was not originally fixed by the artist. An interview with the artist in his studio helped to confirm



Fig. 1:
Ross Sinclair “Journey to the Edge of the World – The New Republic of St. Kilda” (1999/2002), part of the installation: 54 cardboard boxes, white chalk on black paint, 297×445 cm, Gallery of Contemporary Art, Hamburger Kunsthalle, © Ross Sinclair, Hamburger Kunsthalle.



Fig. 2: Detail of the white chalk drawing in a smudged area that has been repainted by the artist in 2002. © Ross Sinclair, Hamburger Kunsthalle.

that the fragility of the chalk is not part of the intention of the artwork; therefore, consolidation was regarded as a legitimate treatment and, in the end, the treatment was performed.

Consolidation

Ross Sinclair used three techniques to apply the white chalk to the black underpaint. Therefore, three different approaches consolidating the white chalk were necessary. Some parts are drawn with strong lines, especially words and contours. In these parts, a relatively high amount of white pigment is present. Other parts are drawn in a lighter manner. Here, the chalk was shaded, covering the black paint with a thin, even layer of white pigment. The third type of drawing technique was not done with the stick of chalk, but rather the chalk was applied directly by the hands of the artist. Hands and fingers were used to correct the line that indicates the equator, for instance, or to show strong currents or wind directions between two islands. Here, only an extremely thin layer of chalk that is nearly invisible to the naked eye is present on the support (Fig. 3). The third drawing style was particularly challenging to treat, because only small quantities of white pigment particles were present, and there was therefore a danger of oversaturating the chalk layer with consolidant.

The consolidation of white chalk on different objects in an installation by Joseph Beuys (Sommermeyer 1999) was successfully performed by means of an ultrasonic misting of dilute aqueous solutions of methylcellulose. An ultrasonic aerosol generator was chosen to apply the solution. With this tool, the particle and air stream velocity can be adjusted gradually, and the velocity is low in comparison to that of air pressure devices available on the market, such as the Nebulizer. The AGS 2000, an ultrasonic mister supplied by Becker Preservotec, has a particle/air stream velocity between 1050 and 1192 ml/min, whereas the Nebulizer, which is powered by air pressure, generates a particle/air stream velocity of 7100 ml/min at 1 bar air pressure. The low air stream velocity is an important criterion, because the adhesion of the white chalk is extremely low. If the velocity of the aerosol stream is too high, chalk particles can easily be dislodged and blown off. Furthermore, the AGS 2000 allows the ultrasonic power and the air stream velocity to be regulated. A 1% aqueous solution of gelatin was selected as consolidant. A sufficient adhesive strength developed after just a single application. Other adhesives such as methylcellulose would have needed several applications of consolidant to achieve the same result. This would increase the risk of overwetting the layer of chalk and dissolving the pigment.

A measurement using a light-scattering spectrometer, which also specifies the volume distribution, was performed. Measurements were taken from a 1% aqueous gelatin solution misted with the AGS 2000 (Pataki 2005). The volume distribution shows the total volumes of the aerosolized particles per μm (in diameter). It seems reasonable to measure the volume distribution of the particles, because this can give an idea about the average size of the aerosols that will be applied. It seems that the maximum volume distribution is approximately $5\mu\text{m}$ (Fig. 4)

The consolidation of white chalk on black acrylic paint

Andrea Pataki
STAATLICHE
AKADEMIE DER
BILDENDEN KÜNSTE
STUTTGART

Barbara Sommermeyer
HAMBURGER
KUNSTHALLE

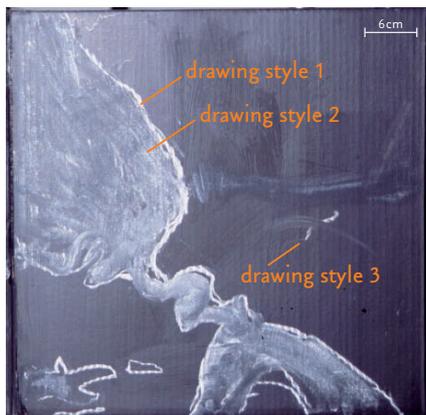


Fig. 3: Detail of the white chalk drawing showing the three drawing styles: single line (1), shaded area (2) and light application (3).
© Ross Sinclair, Hamburger Kunsthalle.

in the solution that was tested. It is therefore expected that the aerosol particles will be able to penetrate easily into the coarse white pigment layer, even though the grain size of the pigment was not analysed. There is currently no suitable tool to measure grain size in situ.

For the aerosol application, the nozzle from a Nebulizer was used instead (Fig. 5), because it creates a regular and round-shaped aerosol stream. Other nozzles seem to create a horseshoe-shaped aerosol stream that might deposit the consolidant unevenly onto the pigment. The gelatin solution was poured directly into the glass vessel of the mister (Fig. 6) that originally serves to transfer the ultrasound form the source to a small container, which can only hold approximately 20ml of the treatment solution to be misted. By filling the glass vessel with adhesive, approximately 300ml of consolidant are available to mist, and conservators can therefore work continuously. Interruptions of the workflow to refill the container with treatment solution can be avoided. The consolidation was performed in two eight-hour working days, with the two conservators in charge working simultaneously with two aerosol generators.

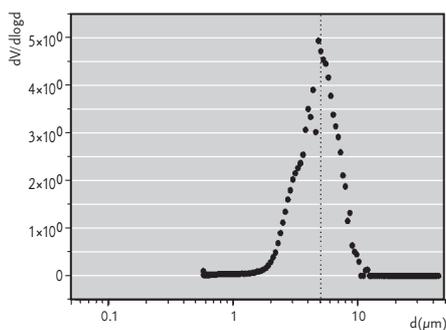


Fig. 4: Volume distribution of misted gelatin (1% w/v) with a maximum of 5µm. The diameter of the aerosol particles are given on a logarithmic scale ($d[\mu\text{m}]$) against defined measuring space ($dV/d\log d$).



Fig. 5: On the left: the Nozzle of a Nebulizer that creates a regular aerosol stream; right: the nozzle of AGS 2000 ultrasonic mister that creates an aerosol stream shaped like a horseshoe.

Conclusion

The treatment was successful, with hardly any visible shift of contrast between the white drawing and the black support. The strong lines of the chalk drawing were consolidated by saturating the drawing until the white chalk became transparent. After drying, the white colour reappeared, and a sufficient degree of adhesion was achieved. The lighter, large-scale areas of the drawing are more delicate to consolidate



Fig. 6: The water container of the AGS 2000 intended to transfer the ultrasound to a container filled with 1% gelatine solution to facilitate a smooth workflow.

(Fig. 3), which is why the aerosol stream was applied to these areas without a nozzle, in order to avoid overwetting the thin chalk layer. Nevertheless, the contrast between the white drawing and the black support increased slightly. The application was even, but presumably the amount of consolidant that was applied was too high. It is assumed that a process of agglomeration takes place, in which the finest chalk particles move between larger ones during consolidation, and thereby create a denser and whiter layer. The hiding capacity of the white pigment increases (Burell 1971), and leads to a higher amount of reflected light. Moreover, surface cleaning usually brings out colour contrasts. After the consolidation was finished, the dust was carefully brushed off the surface and the black background then appeared much darker than before treatment.

Consolidating the areas of chalk applied by hand (drawing style 3) was the most delicate part of the operation, because of the danger that this thinnest layer of chalk would visually disappear. This would occur because the refractive index (n) of gelatin and calcium sulphate is identical ($n = 1.52$). By covering or embedding the fine single particles of white chalk inside the gelatin, light passes through the gelatin and white chalk layer without being scattered as it does when the refractive indices differ. The refractive index, which is specific for each optical medium, describes the penetration of light through translucent layers. To avoid this, the air stream was not projected directly onto the surface. Instead, a mist of aerosols was created above the drawing like a cloud, which then slowly settled on the surface. This modification of the aerosol application technique allowed for the consolidation of the finest pigment layers of white chalk on the black support.

References

- Burell, H.
Hiding without pigment, *Journal of Paint Technology* 43 (1971): 48–53.
- Pataki, A.
Consolidation of white chalk with aerosol, in: *ICOM Committee for Conservation, Preprints to the 14th Triennial Meeting, The Hague 2005, Vol. I, James & James, London (2005): 223–230.*
- Sommermeyer, B.
Consolidation of matte, powdery paint in modern art with the ultrasonic mister, in: *ICOM Committee for Conservation, Preprints to the 12th Triennial Meeting, Lyon 1999, Poster Abstract, Vol. II, James & James, London (1999): 901.*

Überschwemmungen und Hochwasser sind unvorhersehbare und wiederkehrende Katastrophen, die graphische Sammlungen oder Archive und Bibliotheken gravierend schädigen können. Zu den Schadensbildern zählen unter anderem Schlammverkrustungen, die auf der Papieroberfläche und im Inneren des Papiervlieses zurückbleiben sowie Verfärbungen unterschiedlicher Intensität. Eine trockene Abnahme der Schlammkrusten kann die Papieroberfläche beschädigen, während Wässerungsbäder oft nur ihre partielle Entfernung ermöglichen. Um die wässrige Reinigung von stark mit Schlamm verschmutzten Graphiken zu optimieren, wurde eine Methode entwickelt, die ihre Behandlung im Ultraschallbad und die anschließende Nachreinigung der Papieroberfläche kombiniert. Die Nachreinigung erfolgt mit einem Blitz-Fix-Schwamm, der mit einer wässrigen Lösung eines nichtionischen Tensids getränkt ist (Hummert und Pataki-Hundt 2010).

Problemstellung

Im Jahr 2002 wurden dem Studiengang 32 stark mit Schlamm verschmutzte Graphiken übergeben (Abb. 1). Das Konvolut besteht vorwiegend aus Lithographien und Holzschnitten, die monochrom schwarz oder farbig ausgeführt sind. Die Arbeiten stammen unter anderem von Hans Hartung (1904–1989) und Günther Uecker (*1930). Die Schlammverschmutzungen der vorliegenden Graphiken sind auf ein Hochwas-

ser zurückzuführen, von dem der Lagerort des Konvoluts, ein Luftschutzkeller, betroffen war. Aufgrund erschwelter Evakuierungsarbeiten konnten die Graphiken erst nach vier Wochen geborgen werden. Alle Graphiken weisen recto wie verso ganzflächig fest haftende Schlammkrusten von unterschiedlicher Intensität auf. Diese liegen oberflächlich in unterschiedlich dicken Schichten auf und platzen bei Bewegungen des Papiers ab. Partiiell ist der feinteilige Schlamm auch tief in das Papiervlies eingedrungen.

Ultraschallreinigung

Als Ultraschall bezeichnet man den Frequenzbereich von 20 kHz bis 1 GHz, der über dem menschlichen Hörvermögen (16 Hz bis 20 kHz) liegt. Die Einheit Hertz (Hz) ist als Schwingung pro Sekunde definiert ($1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$). Die Einheiten kHz ($1 \text{ kHz} = 1 \text{ s}^{-3}$) und GHz ($1 \text{ GHz} = 1 \text{ s}^{-9}$) beschreiben tausend Schwingungen sowie eine Milliarde Schwingungen pro Sekunde.

Die Ultraschallreinigung erfolgt im Bad, wobei eine Flüssigkeit, zumeist Wasser, die Übertragung der Ultraschallwellen ermöglicht. Diese werden entweder im Bad selbst erzeugt oder durch fest montierte Ultraschallgeber über die Wand des Behandlungsgefäßes übertragen. Das Prinzip der Ultraschallreinigung beruht auf dem Effekt der Kavitation. Unter Kavitation versteht man eine durch das Einwirken der Ultraschallwellen bedingte Bildung von Hohlräumen in der

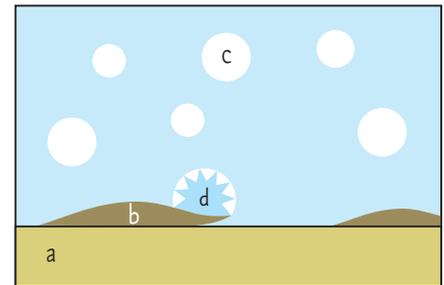


Abb. 2: Prinzip der Kavitation. (a) Papier, (b) Verschmutzungen, (c) Kavitationsblase, (d) implodierende Kavitationsblase.

Reinigungsflüssigkeit, die anschließend kollabieren. Beim Einstürzen dieser Hohlräume, die ein Vakuum darstellen, wird die Flüssigkeit beschleunigt und trifft mit hoher Geschwindigkeit (500 m/s) auf die Objektoberfläche auf, wodurch Verschmutzungen abgesprengt werden (Abb. 2). Die Kavitation tritt bevorzugt an den Schmutzpartikeln auf, da diese als Kavitationskeime wirken. Daher kommt es an den stärker verschmutzten Stellen zu einer erhöhten Reinigungswirkung (Kuttruff 1988).

Um ein effektives Reinigungskonzept für das verschmutzte Konvolut zu entwickeln, wurde Probenmaterial benötigt, das den Originalen sowohl hinsichtlich der Papierqualität als auch hinsichtlich des Schadensbildes möglichst ähnlich sein sollte. Da ein Nachahmen der Verschmutzungen nicht realisierbar war, wurde eine schwer geschädigte Graphik, deren Restaurierung aussichtslos erschien, für Versuchszwecke herangezogen und hierzu in gleichgroße Probenstücke zerschnitten. Die Verwendung eines Originals für Versuchszwecke erfolgte nach gründlicher und kritischer Abwägung. Die Durchführung von Reinigungsversuchen am originalen Material erlaubte es auch, die Empfindlichkeiten von Papier und Druckfarben genauer einzuschätzen.

Für die Reinigungsversuche der Proben wurde ein handelsübliches, ursprünglich für die Brillenreinigung konzipiertes Ultraschallgerät (Bandelin, Sonorex Super TK 100) eingesetzt. Es zeigte sich, dass die Einwirkung des Ultraschalls das Absprennen der verkrusteten Verschmutzungen, im Vergleich zu konventionellen Nassbehandlungen, deutlich begünstigte. Je nach Verschmutzungsgrad der Probe, verblieben bräunlich bis gelbliche Verfärbungen, die durch eine anschließende Nachreinigung mit einem Tensid getränkten Schwamm weiter reduziert werden konnten. Eine vollständige Entfernung der Verfärbungen des Papiers konnte auch durch eine anschließende oxidierende Bleiche mit 3%iger Wasserstoffperoxid-Lösung nicht erreicht werden.



Abb. 1: Schlammverschmutztes Graphikkonvolut vor der Reinigung.

Ultraschallreinigung von schlammverkrusteten Graphiken

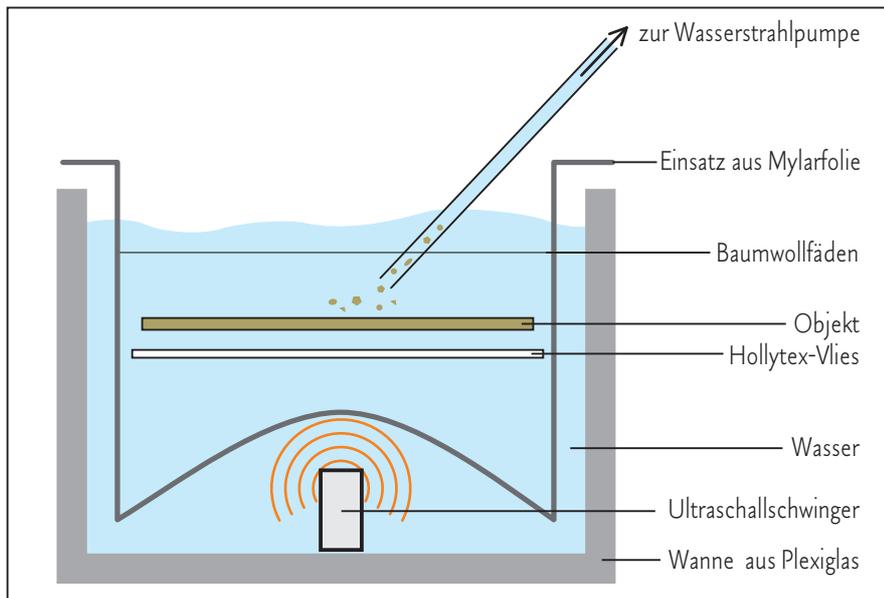


Abb. 3: Schematischer Aufbau des Ultraschallbades.



Abb. 4a und 4b: Kombinierte Reinigungstechnik. Probenpapier vor (a) und nach (b) einer 20 min. Ultraschallreinigung in demineralisiertem Wasser und anschließender Nachreinigung mit einem in Triton X-100® getränkten Schwamm.

Demnach ließ sich das beste Reinigungsergebnis durch Kombination einer 20 min. Ultraschallbehandlung in demineralisiertem Wasser und der anschließenden Nachreinigung mit einem Blitz-Fix-Schwamm® erzielen, der mit einer 2%igen, wässrigen Triton X-100®-Lösung getränkt war (Abb. 4a und b).

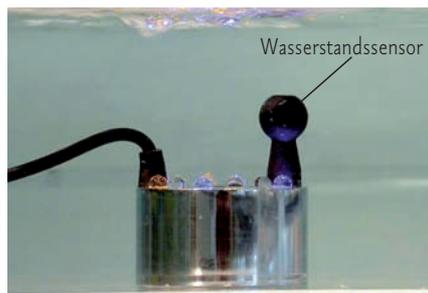


Abb. 5: Verwendeter Ultraschallschwinger mit Wasserstandssensor.

Dies wurde durch REM-Untersuchungen der Probenpapiere an der Universität für Angewandte Kunst Wien bestätigt. Wie die Aufnahmen zeigen, konnten die Schlammverschmutzungen, die als kristalline Ablagerungen in der Papierstruktur zu erkennen sind, abgesehen von einigen Rückständen, deutlich reduziert werden (Abb. 6).

Mit Hilfe des Schwamms wurde die Anwendung des Tensids auf unbedruckte Bereiche begrenzt, da an einigen Proben eine leichte Farbverschiebung der schwarzen Druckfarbe zu schwarz-violett beobachtet werden konnte, wenn Triton X-100® im Bad verwendet wurde. Triton X-100® ist ein nichtionisches Tensid, dessen polarer Teil, ein Polyether, aus Octylphenol und Ethylenoxid aufgebaut ist. Als nichtionisches Tensid verursacht es keine unerwünschten Verschiebungen des pH aus dem Neutralbereich.

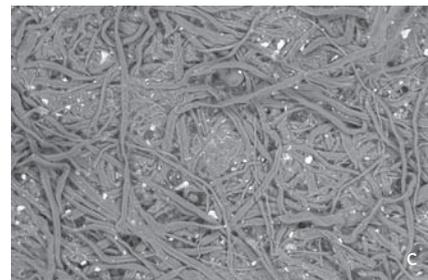
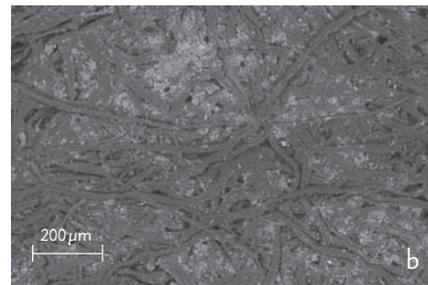
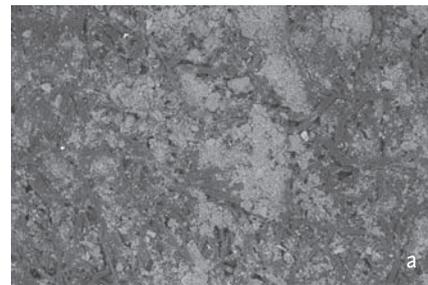


Abb. 6: REM-Aufnahme eines Probenpapiers vor (a), nach einer 20 min. Ultraschallreinigung (b), sowie nach der Reinigung mit Triton X-100® (c). Die mineralischen Schlammverschmutzungen (helle Bereiche) konnten stufenweise reduziert werden.

Reinigung eines Farbholzschnittes

Das für die Vorversuche eingesetzte Ultraschallreinigungsggerät mit einer Beckengröße von 13,5 × 23,5 cm war für die Behandlung eines Farbholzschnittes von Hans Hartung („H-7-1973“, 1973) mit den Maßen 50,5 × 64,0 cm zu klein. Daher wurde aus verschiedenen Komponenten ein einfaches Ultraschallbad zusammengestellt (Abb. 3). Zur Ultraschallerzeugung wurde ein wasserdichter Schwinger mit einer Arbeitsfrequenz von 1,7 MHz verwendet, der in eine mit demineralisiertem Wasser gefüllte Plexiglaswanne gegeben wurde. Der Ultraschallschwinger besitzt einen Sensor, der seinen Betrieb erst ab einem Wasserstand von ca. 6 cm ermöglicht (Abb. 5). Dies soll verhindern, dass sich der Tauchschwinger aufgrund einer zu geringen Menge an Reinigungsflüssigkeit überhitzt und dadurch beschädigt wird. Da die Graphik die Ultraschallquelle nicht direkt berühren sollte, wurde sie in einen Einsatz aus Mylarfolie eingelegt, der in das Plexiglasbecken abgesenkt wurde.

Durch an den Seitenwänden des Einsatzes befestigte Bauwollfäden wurde die Graphik während der Behandlung unter der Wasseroberfläche gehalten und somit eine gleichmäßige Einwirkung des Ultraschalls begünstigt. Der Einsatz aus Mylarfolie wurde mit Metallgewichten in Position gehalten.

Ultraschallbehandlung

Die Graphik wurde durch Besprühen befeuchtet und für insgesamt 20 Minuten in das Ultraschallbad gegeben. Um ein gleichmäßiges Einwirken des Schalls zu erreichen, wurde der Holzschnitt während der Behandlung über der Ultraschallquelle manuell bewegt. Da die Gefahr bestand, dass sich abgelöste Verschmutzungen erneut an der Objekt Oberfläche oder im Inneren des Papiervlieses ablagern, wurden abschwimmende Verschmutzungen mit einem an eine Wasserstrahlpumpe angeschlossenen Glasröhrchen abgesaugt (Abb. 3). Um Verletzungen der empfindlichen Objekt Oberfläche zu vermeiden, wurde die Leistung der Wasserstrahlpumpe stark reduziert. Verkrustete Schlammschmutzungen, die sich durch das Einwirken des Ultraschalls nicht vollständig absprennen ließen, wurden zusätzlich mit einem weichen Pinsel abgelöst und anschließend ebenfalls abgesaugt.

Nachreinigung durch Triton X-100®

Die lokale Nachreinigung mit Triton X-100® wurde mit einem Blitz-Fix-Schwamm® vorgenommen, der zur Entfernung werkseitig enthaltener Farbstoffe in demineralisiertem Wasser ausgekocht wurde. Der Schwamm wurde mit einer 2%igen Lösung von Triton X-100® in demineralisiertem Wasser getränkt. Die feinporige Struktur des Schwammes ermöglicht die Aufnahme großer Flüssigkeitsmengen, wodurch das weitere Herauslösen von Verschmutzungen aus dem gequollenen Papiervlies begünstigt wurde. Der Holzschnitt wurde in eine Wanne gegeben, die mit einer geringen Menge an Wasser gefüllt war. Somit war die Oberfläche der Graphik nur knapp mit einem Wasserfilm bedeckt. Die Reinigung erfolgte mit tupfenden, pumpenden Bewegungen, wobei der Schwamm mehrmals in klarem Wasser ausgewaschen und erneut mit der schwach schäumenden Tensidlösung getränkt wurde (Abb. 7). Um eventuelle Rückstände des Tensids aus dem Papier zu entfernen, wurde ein 30minütiges Bad mit mehrmaligem Wasserwechsel angeschlossen.



Abb. 7: Nachreinigung mit einem in 2%iger Triton X-100® getränktem Schwamm.

Zusammenfassung

Im Vergleich zu einer konventionellen Wäscherbehandlung konnte die Reinigung der stark verschmutzten Graphik durch eine Behandlung mit Ultraschall deutlich optimiert werden. Ein Großteil der Schlammschmutzungen wurde durch die zweistufige Behandlung, bestehend aus einer 20min. Ultraschallreinigung und einer anschließenden Nachrei-

nung durch einen mit 2%iger Triton X-100®-Lösung getränkten Schwamm weitestgehend entfernt (Abb. 8). Geringe Rückstände des feinteiligen Schlamms, die fest im Papiervlies verankert sind, ließen sich jedoch mit dieser Reinigungstechnik nicht entfernen und verbleiben als schwach gelbliche Verfärbungen. Betrachtet man die erzielten Resultate, scheint die Reinigungswirkung des zusammengestellten Ultraschallbads im Vergleich zu kommerziellen Ultraschallreinigungsgeräten unterlegen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Effizienz der Reinigung durch ein Zusammenwirken verschiedener Variablen, wie z. B. Wannengröße und -form bedingt ist. So ist beispielsweise die Kavitation, die für den Reinigungseffekt entscheidend ist, vom Frequenzbereich des verwendeten Ultraschalls abhängig. Eine optimierte Reinigung von schlammverkrusteten Papieren, lässt sich daher bei einem Einsatz kommerzieller Ultraschallreinigungsgeräte erwarten, da hier die genannten Parameter exakt aufeinander abgestimmt werden können.

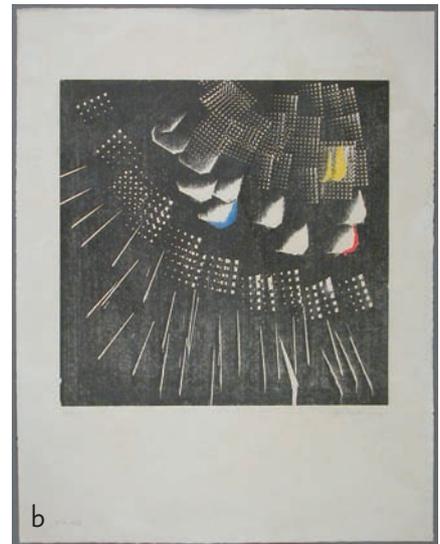


Abb. 8: Hans Hartung, „H-7-1973“, 1973, Farbholzschnitt (50,5 × 64,0 cm)
Vor der Behandlung (a) und nach der Nachreinigung mit Triton X-100® (b).

Literatur

Hummert, E.
Reinigung von schlammverkrusteten Graphiken,
Unpublizierte Semesterarbeit, Staatliche Akademie der
Bildenden Künste Stuttgart (2006).

Hummert, E., Hundt-Pataki, A.
*Ultrasonic cleaning of mud encrustations from flood
damaged woodcuts,* *Restaurator* 31 (2010): 65-74.

Kuttruff, H.
Physik und Technik des Ultraschalls,
Hirzel Verlag, Stuttgart (1988): 365–366.

Löhr, T.
Reinigen von Grafiken im Ultraschallbad,
unpublizierte Diplomarbeit, Fachhochschule Köln (2003).

Ultrasonic cleaning of mud encrustations from flood damaged woodcuts

Introduction

In 2002, 32 works of art on paper that had been severely soiled by mud were given to the degree programme (Fig. 1). This collection consists mainly of lithographs and woodcuts that are either monochrome (black) or in colour. Among others, the works are by Hans Hartung (1904–1989) and Günther Uecker (*1930). The mud damage to these works results from a flood that affected the place where the documents were stored, namely an air raid shelter. Because of complications during the evacuations, the prints could only be retrieved four weeks later. All of the works have firmly adhering mud encrustations both recto and verso that cover the entire surface. These are deposited on the surface of the paper in layers of varying thickness, and flake off when the papers are moved. Fine-textured mud has also partially penetrated deep into the paper web (Hummert und Pataki-Hundt 2010).

Ultrasonic cleaning

Ultrasound designates the frequency range between 20 kHz and 1 GHz, which is above human hearing capacity (16 Hz to 20 kHz). The unit “Hertz” (Hz) is defined as oscillations per second ($1\text{ Hz} = 1\text{ s}^{-1}$). The units kHz ($1\text{ kHz} = 1\text{ s}^{-3}$) and GHz ($1\text{ GHz} = 1\text{ s}^{-9}$) designate, respectively, one thousand and one billion oscillations per second.

Ultrasonic cleaning is carried out in a bath where a liquid – normally water – allows the transmission of the ultrasonic waves. These are either produced in the bath itself, or are transmitted from an ultrasonic oscillator mounted on the wall of the treatment container. The principle behind ultrasonic cleaning relies on the effect of cavitation. Cavitation refers to the voids created in the cleaning solution by the effect of the ultrasonic waves, which then collapse. When these voids (that create a vacuum) collapse, the fluid is accelerated and strikes the surface of the object at a high velocity (500m/s), which pushes dirt particles off (Fig. 2). Cavitation mainly affects the dirt particles, since they act as “seeds” for cavitation. This means that dirtier spots display a higher cleaning effect (Kuttruff 1988).



Fig. 1: Mud-soiled works of art on paper before cleaning.

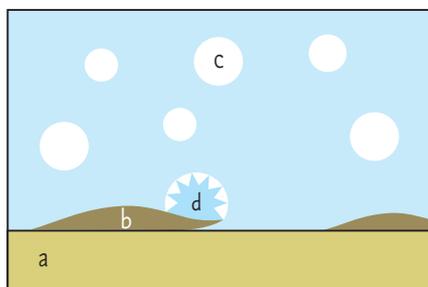


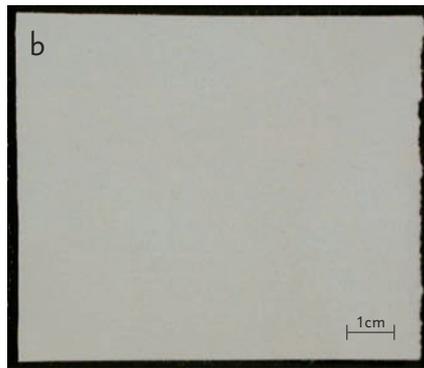
Fig. 2: Principle of cavitation. (a) paper, (b) dirt, (c) cavitation bubble, (d) imploding cavitation bubble.

To develop an effective cleaning plan for the soiled prints, sample material that was as similar as possible to the original materials’ paper quality and damage profile was needed. Since it was not possible to replicate the layering of mud, an artist’s work so badly damaged that its restoration seemed impossible was chosen for test purposes, and was cut into sample pieces of identical size. The use of one original print for test purposes was decided upon after thorough and critical consideration. Performing a trial cleaning on original material also allowed the sensitivity of the paper and the printing ink to be assessed

more precisely.

For the trial cleaning of the test material, a commercial ultrasonic device (Bandelin, Sonorex Super TK 100), originally intended for cleaning eyeglasses, was used. It became clear that the action of the ultrasonic waves definitely improved the removal of the encrusted dirt, compared to conventional aqueous treatments. Depending on the degree of dirtiness of the test material, brownish to yellowish stains did remain, which could be reduced by a subsequent cleaning with a surfactant-soaked sponge. The staining on the paper could not be removed completely, even with a final oxidizing bleach treatment using a 3% hydrogen peroxide solution.

Thus, the best cleaning result was achieved by combining a 20-minute ultrasonic treatment in demineralized water with a subsequent cleaning using a Blitz-Fix sponge™ soaked in a 2% aqueous Triton X-100™ solution (Figs. 3a and b).



*Fig. 3a and 3b:
 Combined cleaning technique.
 Sample paper before (a)
 and after (b) a 20-minute
 ultrasonic cleaning in
 demineralized water and
 subsequent cleaning
 with a sponge soaked in
 Triton X-100™.*

This was confirmed by an SEM-analysis of the sample paper at the University of Applied Arts in Vienna. As the illustrations show, the mud stains, which appear as crystalline deposits in the paper's structure, could definitely be reduced, apart from a few traces (Fig. 4).

Using the sponge, the surfactant was only applied to areas that had not been printed on, since in some test cases a slight change in the

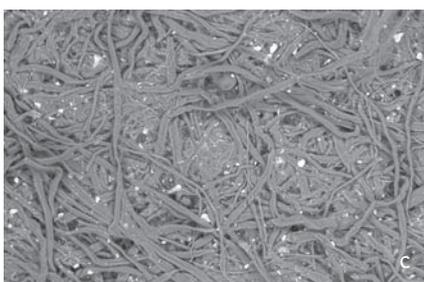
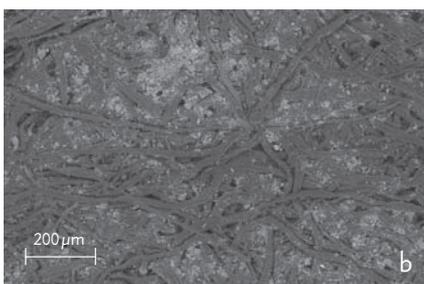


Fig. 4: SEM image of a sample paper before (a) and after a 20-minute ultrasonic cleaning (b), as well as after cleaning with Triton X-100™ (c). The mineral mud stains (light areas) were reduced gradually.

colour of the print (from black to black-violet) was observed when Triton X-100™ was used in the bath. Triton X-100™ is a nonionic surfactant, whose polar part, a polyether, is composed of octylphenol and ethylene oxide. As a nonionic surfactant, it does not cause any undesired changes of the pH value out of the neutral range.

Cleaning a colour woodcut

The ultrasonic device used for the preliminary tests had a basin of 13.5 by 23.5 cm – too small for cleaning a colour woodcut by Hans Hartung ("H-7-1973", 1973), which was 50.5 by 64.0 cm. Therefore, a simple ultrasonic bath was assembled from various components (Fig. 5). To generate the ultrasonic waves, a waterproof oscillator generating a frequency of 1.7 MHz was used, which was placed in a Perspex™ basin filled with demineralized water. The ultrasound oscillator had a sensor that only allowed it to work when the water level was approximately

6 cm (Fig. 6). This was meant to prevent the immersed oscillator from overheating and being damaged due to low water levels. Since the print should not come in contact with the ultrasound oscillator, it was placed in an insert made of a Mylar™ sheet, which was then lowered into the Perspex™ basin. The woodcut was held under the water's surface during the procedure with cotton threads affixed to the sides of the insert, in order to ensure an even effect of the ultrasound (Löhr 2003). The Mylar™ insert was held in place by metal weights.

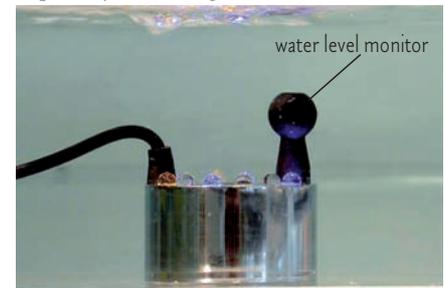


Fig. 6: The ultrasonic oscillator with water level monitor.

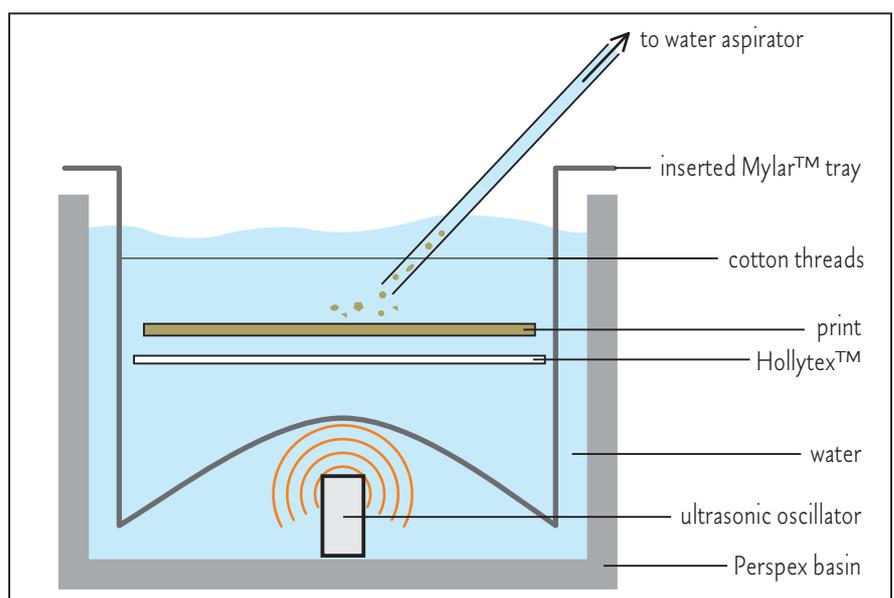


Fig. 5: Schematic representation of the bath equipped for the ultrasonic cleaning.

Ultrasonic cleaning operation

The woodcut was sprayed to moisten it, and was placed in the ultrasonic bath for a total of 20 minutes. To ensure an even effect of the ultrasound, the woodcut was manually moved over the source of the ultrasonic waves and during the treatment. Since dirt particles that had been removed might settle on the object's surface again, or inside the paper web, the floating dirt particles were suctioned off with a glass tube attached to a suction pump (Fig. 5). To avoid damaging the delicate surface of the print, the performance of the pump was greatly reduced. Encrusted dirt deposits that would not flake off completely with the ultrasound were also removed with a soft brush, and were likewise suctioned off.

Subsequent cleaning with Triton X-100™

Local subsequent cleaning with Triton X-100™ was carried out with a Blitz-Fix sponge™, which was boiled in demineralized water to remove any colourants remaining in the sponge from its manufacture. The sponge was soaked in a 2% solution of Triton X-100™ in demineralized water. The fine-pored structure of the sponge allows it to absorb a large quantity of fluid, which promotes the further dissolving and removal of dirt from the swollen paper web. The woodcut was placed in a basin with a very small quantity of water. Thus, the surface of the print was only just covered with a thin film of water. Cleaning was carried out with dabbing, blotting motions, and the sponge was washed in clean water several times and once again soaked in the low-foam surfactant solution (Fig. 7). To remove all traces of surfactant from the paper, the treatment concluded with a 30-minute bath with multiple changes of water.



Fig. 7: Subsequent cleaning with a sponge soaked in a 2% Triton X-100™ solution.

Conclusion

Compared to a conventional immersion treatment, cleaning the heavily damaged prints was clearly optimized by a treatment using ultrasound. The majority of the dirt deposits were removed in a two-step treatment composed of a 20-minute ultrasound cleaning and a subsequent cleaning using a fine-pored sponge soaked in a 2% Triton X-100™ solution (Fig. 8).

Minor traces of the fine-particle dirt, which were firmly fixed to the paper web, could not be removed with this cleaning technique, and remained as light yellowish stains. When consid-

ering the results, the cleaning action of the specially built ultrasound cleaning device seems inferior compared to commercial ultrasound cleaning devices. This is because the efficiency of the cleaning is determined by the coordination of several variables, such as the size and shape of the basin. Cavitation, for instance, which is the key factor that determines the effectiveness of the cleaning, is determined by the frequency range of the ultrasound that is used. An optimal cleaning of dirt-encrusted paper will thus be achieved when commercial ultrasonic cleaning devices can be employed, since the parameters named above will be precisely coordinated with each other.

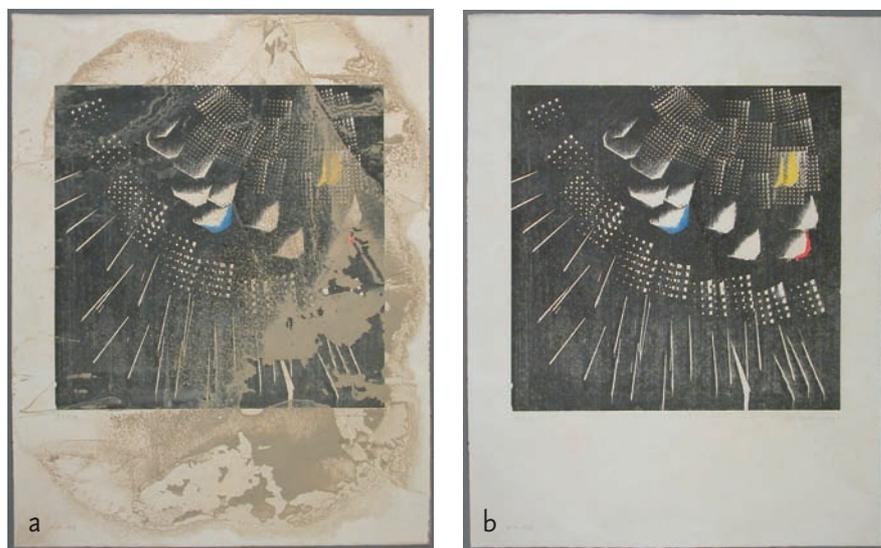


Fig. 8: Hans Hartung, "H-7-1973", 1973, colour woodcut (50.5 by 64.0 cm)
Before treatment (a) and after the subsequent cleaning with Triton X-100™ (b).

References

- Hummert, E.
Reinigung von schlammverkrusteten Graphiken, unpublished undergraduate thesis, State Academy of Art and Design Stuttgart, 2006.
- Hummert, E., Hundt-Pataki, A.
Ultrasonic cleaning of mud encrustations from flood damaged woodcuts, *Restaurator* 31 (2010): 65-74.
- Kuttruff, H.
Physik und Technik des Ultraschalls, S. Hirzel Verlag, Stuttgart, 1988, 365-366.
- Löbr, T.
Reinigen von Grafiken im Ultraschallbad, unpublished graduate thesis, University of Applied Sciences Cologne, 2003.

Kältekompressen zum Entfernen von Fremdmaterial von einer nicht trocknenden Malschicht

Ingeborg Fries
Regina Schneller

in Zusammenarbeit mit
Angela Zieger
Staatliche Akademie der
Bildenden Künste Stuttgart, Archiv

STAATLICHE
AKADEMIE DER
BILDENDEN KÜNSTE
STUTT GART

Einleitung

Die Kunstsammlung der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart sammelt und verwahrt seit 1975 Werke von Künstlerinnen und Künstlern, die mit der Akademie in Verbindung standen oder stehen. Dabei stellen einige Werke junger Künstler besondere Herausforderungen an die objektgerechte Lagerung. Ein Beispiel dafür ist eine 1995 entstandene Arbeit (ohne Titel) der Künstlerin Isa Dahl. Es handelt sich um eine Öl/Acryl-Malerei auf Papier, die eine klebrige und stark glänzende Oberfläche aufweist.

In der Absicht, die klebrige und wegen ihres nicht ausgehärteten Zustands äußerst empfindliche Malschicht vor Staub und mechanischer Beschädigung zu schützen, war die Arbeit mit Pergaminpapier abgedeckt worden. Beim Versuch, das Schutzpapier zu einem späteren Zeitpunkt wieder abzuheben, haftete dieses bereits in einigen Bereichen fest auf der Oberfläche der Malschicht (Abb.: 1,4,6). Diese Papierfragmente konnten nicht mit traditionellen Methoden abgenommen werden, ohne dabei erhebliche Beschädigungen der Bildoberfläche zu verursachen.

Problemstellung

Ziel der Restaurierung war die zerstörungsfreie Abnahme dieser ästhetisch stark störenden Reste des Schutzpapiers. Die zentrale Problematik bei der Entfernung der Papierfragmente war die nicht trocknende und anhaltend stark haftfähige Malschicht, die zudem einen sehr gleichmäßigen Glanz aufwies. Versuche, kleine Papierstücke mechanisch bzw. mit Hilfe von Feuchtigkeit oder Lösemitteldämpfen abzulösen, führten zu nicht akzeptablen Verletzungen der Bildoberfläche. Der Einsatz von Wärme verstärkte die Klebrigkeit der Oberfläche weiter und machte sie noch empfindlicher gegenüber mechanischen Einwirkungen.

Daher verblieb als einzige Möglichkeit, die Malschicht mit einem Kältemittel unter die Glasumwandlungstemperatur [T_g °C] der klebrigen polymeren Masse abzukühlen. Die Haftung – oder besser Verankerung – der Papierstücke beruht auf der in die Poren der Papieroberfläche eingedrungenen viskosen Masse der Malschicht. Im glasartigen Zustand ist die Malschicht fest, also nicht mehr fließfähig. Da Pergaminpapier mit einer glatten und porenarmen Oberfläche ausgestattet ist, kann bei ausreichend niedriger Temperatur nur mit einer geringen Haftung auf der Bildoberfläche gerechnet werden. Eine mechanische Abtrennung ohne weitere Beschädigungen der Malschichtoberfläche sollte möglich sein. Allerdings sind als Folge der Behandlung in diesen Bereichen größere Rauigkeit der Malschicht zu erwarten, einerseits durch das „Einfrieren“ der Papiertextur auf der Malschicht-



Abb. 1: Isa Dahl, ohne Titel 1990, Acryl/Öl auf Karton (100 × 70cm), Gesamtansicht vor der Restaurierung



Abb. 2: Gesamtansicht nach der Restaurierung. Die weißlichen Stellen sind Lichtreflexionen.

oberfläche, andererseits durch den Bruch der in die kleinen Poren des Papiers eingedrungenen Masse, der mit der mechanischen Abtrennung einhergeht. Diese Rauigkeiten wiederum müssen mit einer Reduzierung des Oberflächen-glances einhergehen.

Um die Bereiche der Malerei, auf denen die Papierfragmente hafteten, gezielt und ausreichend abzukühlen, bieten sich zwei Methoden an:

- Der Einsatz von Trockeneis (festes Kohlendioxid).
- Die Verwendung von Kältegelkompressen (cold packs).

Trockeneis ist die gängige Bezeichnung für festes Kohlendioxid (CO_2). Trockeneis ist ein weißer Feststoff mit einem dem Wassereis ähnlichen Erscheinungsbild aber mit völlig anderen physikalischen Eigenschaften. Festes Kohlendioxid hat eine Temperatur von unter $-78,4^\circ\text{C}$ und geht bei höheren Temperaturen unter Normaldruck ($1013\text{ mbar} = 1\text{ atm}$) direkt in gasförmiges Kohlendioxid über. Es wird als feines Granulat zu Reinigungszwecken eingesetzt unter anderem, um organische Verschmutzungen von Oberflächen abzusprengen. Bei Beachtung der Sicherheitsrichtlinien lässt sich Trockeneis in einer Restaurierungswerkstatt relativ unproblematisch handhaben.

Kältekompressen zum Entfernen von Fremdmaterial von einer nicht trocknenden Malschicht

Ingeborg Fries
Regina Schneller

in Zusammenarbeit mit
Angela Zieger
Staatliche Akademie der
Bildenden Künste Stuttgart, Archiv

STAATLICHE
AKADEMIE DER
BILDENDEN KÜNSTE
STUTT GART

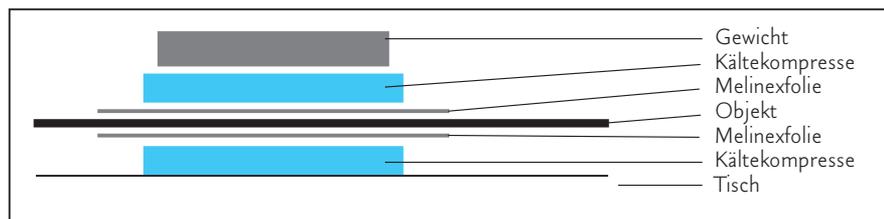


Abb. 3: Aufbau des Kälte-Sandwiches im Querschnitt.

Kältegelkompressen – sogenannte cold packs oder Kältekissen – stammen aus dem medizinischen Bereich. Es handelt sich um in Kunststoffhüllen eingeschweißte Gele, die aus etwa 70% Wasser, 25% Propylenglycol und 5% Methylcellulose bestehen. Die wieder verwendbaren Kältekissen können in einem Gefrierfach in ca. einer Stunde auf Temperaturen von unter -18°C gekühlt werden und bleiben auch bei dieser Temperatur noch weich und formbar.

Für die Entfernung der verklebten Papierfragmente von der Bildoberfläche unter Anwendung von Kälte bieten Kältekompressen gegenüber Trockeneis mehrere Vorteile:

- Es handelt sich um eingeschlossene verformbare Gele.
- Sie weisen eine ausreichende Kühlkapazität auf.
- Die kühlende Substanz wird nicht verbraucht
- Sie können beliebig häufig wieder verwendet werden.
- Sie lassen sich der jeweiligen Objektoberfläche anpassen, womit eine gute Kälteübertragung gewährleistet ist.
- Sie können in einem herkömmlichen 3-Sterne-Kühlfach eines Kühlschranks in ca. einer Stunde auf Temperaturen unter -18°C gekühlt werden.
- Die mit einem herkömmlichen 3-Sterne-Kühlfach erreichbare Temperatur der Kältekomresse ist häufig ausreichend niedrig, um die Glasumwandlungstemperatur $[\text{Tg}^{\circ}\text{C}]$ bei Raumtemperatur klebriger polymerer Massen zu unterschreiten.

Restauratorische Bearbeitung

Die auf unter -18°C gekühlten Kältekompressen wurden unter und über dem zu bearbeitenden Bereich platziert. Der direkte Kontakt der Oberflächen mit der Komresse wurde mit einer Polyesterfolie unterbunden, wodurch das Niederschlagen von Feuchtigkeit aus der Raumluft verhindert werden konnte. Dieses Sandwich wurde mit einem flexiblen Gewicht leicht beschwert (Abb. 3). Die Kühlzeit betrug etwa 20 Minuten. Nach dieser Zeit wurde das Sandwich geöffnet, das untere Kissen jedoch für den Zeitraum der weiteren Behandlung unter dem Objekt belassen, um ein Erwärmen und somit ein erneutes Klebrigwerden der Malschicht zu verzögern. Die darauf haftenden Papierfragmente

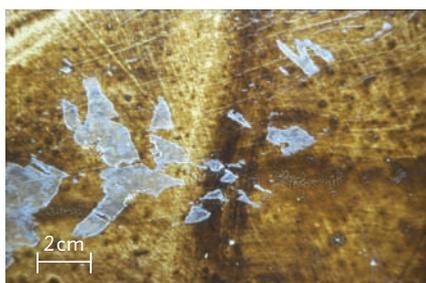


Abb. 4: Detail 1 vor der Restaurierung

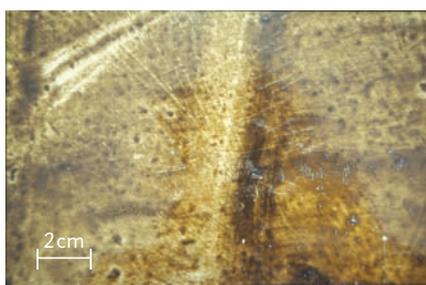


Abb. 5: Detail 1 nach der Restaurierung

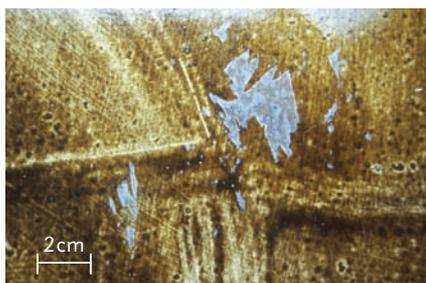


Abb. 6: Detail 2 vor der Restaurierung

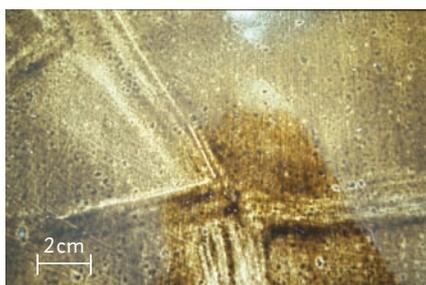


Abb. 7: Detail 2 nach der Restaurierung

konnten angefeuchtet und mit Hilfe eines Metallspatels problemlos abgenommen werden (Abb. 2, 5, 7).

Wie erwartet waren die Bereiche der Bildoberfläche nach der Abnahme der Papierfragmente etwas matter und aufgerauter als die angrenzenden Bereiche. Zur Wiederherstellung des Oberflächenglanzes wurden mehrere Methoden angewandt u. a.:

- Anreiben der Bereiche mit einem Teflonfalzbein mit einer nicht haftenden Hostafanfolie als Zwischenlagematerial
- Erwärmen der Malschicht mit Warmluft und anschließendes Anreiben
- Anquellen der Malschicht mit Aceton, Ethylacetat und Testbenzin

Keine dieser Techniken ermöglichte die Wiederherstellung der ursprünglichen Oberflächencharakteristik. Es ist daher festzuhalten, dass diese – wenn auch geringfügige – Veränderung der Bildoberfläche als Folge der erfolgreichen Abnahme der Papierfragmente in Kauf genommen werden muss.

Aufbewahrung

Um die empfindliche Malschicht nachhaltig vor Staub und mechanischer Beschädigung zu schützen, muss das Objekt im Archiv der Staatlichen Akademie gerahmt gelagert werden. Es weist mehrere horizontale Wellen und leichte Knicke auf. Wegen der weichen und klebrigen Malschicht ließ sich die Welligkeit des Objekt weder durch Beschweren reduzieren noch konnten rückseitig Streifen an den Rändern befestigt werden, um es zu spannen. Eine Verbesserung der Planlage war daher nicht möglich. Aufgrund der Welligkeit soll bei der Rahmung ein entsprechender Abstand zum Deckglas eingehalten werden, um ein Haften an der Glasscheibe sicher zu verhindern. Weiterhin ist aus konservatorischer Sicht ein Rahmen, der von vorne bestückt werden kann, zu empfehlen. Ein solcher Rahmen bietet mehr Sicherheit, denn er muss zum Schließen und Öffnen nicht gewendet werden. In Absprache mit der Archivarin der Kunstsammlung der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart wurde das Kunstwerk schließlich mit einem Magnetrahmen gerahmt. Der Abstand der Bildoberfläche zum Deckglas beträgt 30 mm.

Literatur

Wikipedia, *Trockeneis*, 30.11.2008.

US Patent 4462224, *Instant hot or cold reusable cold pack*, issued July 31, 1984.

Fries, I.

Unpublizierte Restaurierungsdokumentation DN 409, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart (2005).

Introduction

The Japanese woodblock print, the so-called Ukiyo-e, is a much-collected type of artwork, dating back from the end of the 17th century till the middle of the 19th century.

Often these prints were lined with Japanese or western papers by means of starch paste. Mostly the printing media of Japanese woodblock prints are of organic origin and often are very sensitive to water (Figs. 1, 2). With regard to conservation interventions this means that humidification and aqueous treatment techniques may present problems.



Fig. 1: Verso of a fully lined Japanese woodblock print. The water sensitive violet colour has migrated through the lining – most probably as result of too moist working conditions. (Kunisada, Actors Scene, early 19th c. Staatsgalerie Stuttgart – Graphische Sammlung.)
© Staatsgalerie, Stuttgart.

Treatment

A possible technique to detach linings is the application of a prefabricated amylase poultice, the so-called Albertina Poultice. This enzyme poultice allows effective dissolution of starch-based adhesives at low levels of humidification. The advantage of an enzymatic treatment in this context lies in the fact that a starch-based adhesive is digested to low molecular water-soluble products of low viscosity. These decomposition products are much more easily removable in comparison to a humidified and swollen but still viscous paste.

Starch was mainly used for the Japanese woodblock print as an adhesive for lining, as binding medium for printing inks, but also as filler in

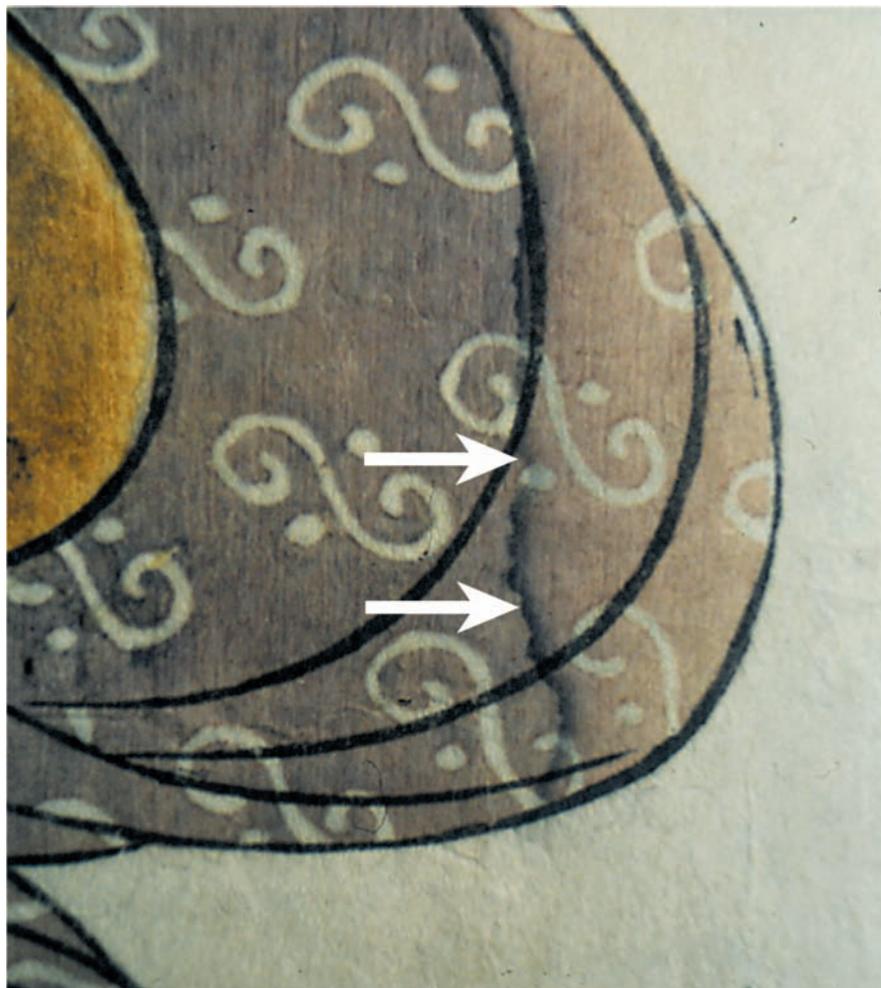


Fig. 2: Detail from Fig. 1, recto, the violet colour is water sensitive and has been migrated through local wetting by water. (Kunisada, Actors Scene, early 19th c. Staatsgalerie Stuttgart – Graphische Sammlung,) ca. 10x magnification.
© Staatsgalerie, Stuttgart.

traditional Japanese paper prepared for woodblock printing (Fig. 3). The raw starch was added as powder during the paper making process in order to improve the opacity of the paper. It is evident that the starch filler should be retained because of its originality to the artwork, and so should not be attacked or decomposed by enzymatic action as a result of the removal of the lining.

The effectiveness of the enzyme poultice has been tested with regard to the possible presence of starch as filler material in the original papers and also the sensitivity of the colour media being present.

The complete area of the relined print could be treated with one operation. The poultice was assembled according to Schwarz (1999).

The most crucial part of the procedure is the degree of humidification of the poultice materials. Mainly this is the case because many print-

ing media of Japanese woodblock prints are extremely sensitive to moisture. The application of enzymes requires a minimum of moisture in order to make enzymatic action possible. A suitable moistening procedure is to first soak the interleaving paper and the blotter which serves as a humidity reservoir during the treatment in water and subsequently to remove excess water by slightly pressing both between dry blotters. The poultice itself must be slightly humidified by means of spraying. The technique necessitates



Fig. 3: Positive starch test on a paper sample taken from an original Japanese woodblock print. Starch is present as loading shown by dark staining of the grains on the right side of the sample, where the KJ/J_2 indicator solution was applied.

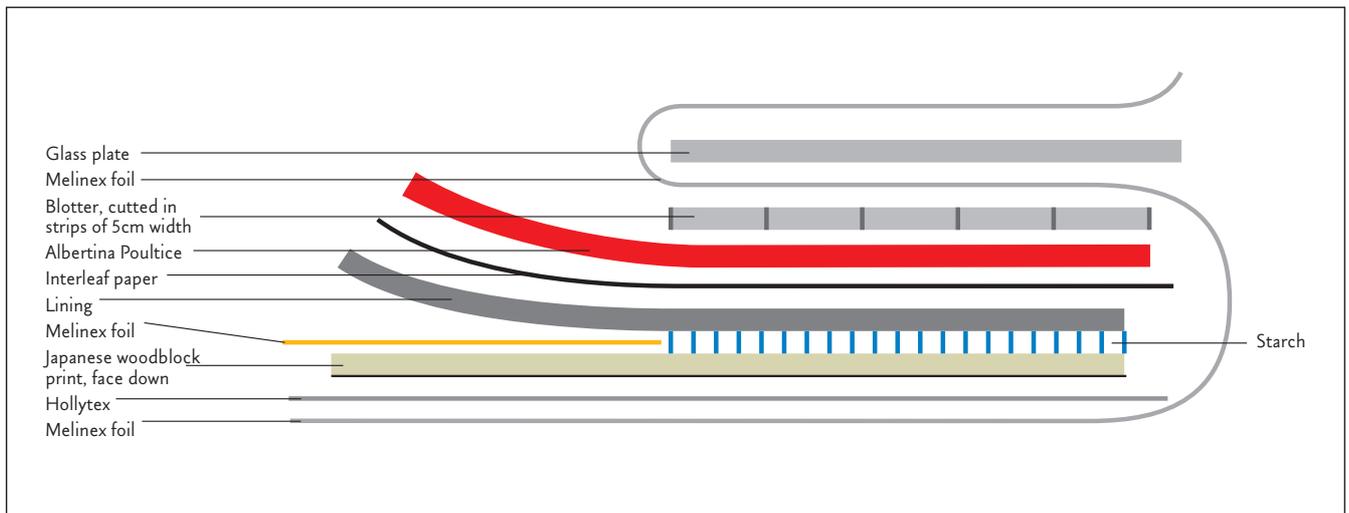


Fig. 4: Schematic set up of the Albertina Poultrice during the working process. The Melinex foil prevents the drying of the poultrice and the object during the working process.

quick assembling of the poultice to avoid that the poultice materials dry out. This would cause uneven migration of the enzyme to the adhesive layer and would prevent complete detachment of the lining.

Due to the dimensions of the working space a system was created to keep the poultice moist over the working time. For easier handling the blotter is cut in narrow strips of 5 cm width. It allowed to work in sections avoiding the risk of drying out. During enzymatic action both the item and the poultice should be always covered completely with a polyester film to keep the area under treatment sufficiently and evenly humidified (Fig. 4).

Under these conditions detachment of linings from Japanese woodblock prints was possible after twenty to thirty minutes of enzymatic action (Figs. 5 and 6).

The full size detachment of a lining paper in only one working step is advantageous for three reasons:

- Tensions in the object by uneven moistening can be avoided.
- No wet-dry interfaces are formed, thus reducing the danger of tide line formation.
- An enzymatic intervention technique reduces the danger of tensions and stiffness caused by residual paste in the original item.



Fig. 5: Verso of a print with a full size lining before its removal; red lines indicate the area of the first step of lining removal with the Albertina Poultrice, Kuniyoshi, Inv.Nr. N.F.7278, © Albertina, Vienna.

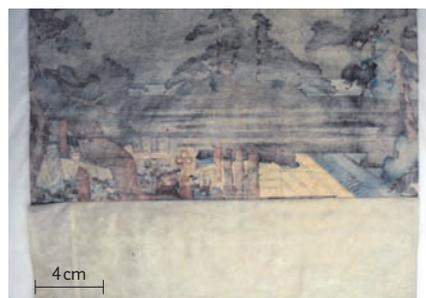


Fig. 6: Detail of the area indicated in Fig. 5 after removal of the lined paper through 25 min. application of the Albertina Poultrice. © Albertina, Vienna.

Conclusion

The successful removal of linings from original Japanese woodblock prints with the Albertina Poultrice could be demonstrated on several items owned by the Albertina in Vienna.

References

- Barrett, T.
Japanese papermaking – traditions, tools and techniques, Weatherhill, New York, Tokyo (1983).
- Feller, R., Curran, M., Bailie, C.
Identification of traditional organic colorants employed in Japanese prints and determination of their rates of fading, in: *Japanese woodblock prints: A catalogue of the Mary A. Ainsworth Collection*, Allen Memorial Art Museum Oberlin, Ohio (1984): 253–266.
- Lidle-Fürst, M., Blüher, A., Banik, G., Thobois, E.
Amylasegele zur lokalen Lösung von Stärkeverklebungen, *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung* 13 (1999): 5–18.
- Nishio, Y.
Pigments used in Japanese paintings, *The Paper Conservator* 11 (1987): 39–45.
- Schneller, R.
Der Japanische Farbholzschnitt, Weiße Reihe des Institut für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Band 19, Gerhard Banik, Volker Schaible (eds) Stuttgart 2002.
- Schwarz, I., Blüher, A., Banik, G., Thobois, E., Maurer, K.-H.
The development of a ready-for-use poultice for local removal of starch paste by enzymatic action, *Restaurator* 20 (1999): 225–244.

Restaurierung einer großformatigen Farblithographie von Eberhard Emminger: „Rom in der Nähe von Monte Mario gesehen.“

Viola Jablonská
Gast/Guest student

STAATLICHE
AKADEMIE DER
BILDENDEN KÜNSTE
STUTT GART

Neben der Verbesserung der chemischen und mechanischen Stabilität des Papiers stellt das optische Erscheinungsbild bei Objekten grafischer Kunst ein wesentliches Kriterium bei restauratorischen Eingriffen dar.

Bei dem präsentierten Beispiel handelt es sich um eine Farblithographie mit einer Ansicht Roms (um 1851) des Württembergischen Künstlers Eberhard Emminger (* 1808 in Biberach, † 1885 ebenda). Diese Farblithographie wurde mit 15 anderen gleichen Darstellungen in den vergangenen 30 Jahren unter klimatisch ungünstigen Verwahrungsbedingungen gerollt gelagert (Abb. 1).

Die Darstellung weist neben einer starken Oberflächenverschmutzung durch Staub und Ruß Stockflecken sowie intensive Wasserränder aufgrund einer während der Lagerung eingetretenen Durchfeuchtung auf (Abb. 2). Zusätzlich sind zahlreiche Einrisse des Papiers außerhalb der Darstellung sowie Verluste in den Randzonen festzustellen. Das Objekt weist zudem aufgehellte Bereiche auf, die das Resultat lokaler oxidativer Veränderungen der Cellulose sind, was sich aus der intensiven Fluoreszenz unter UV-Licht schließen lässt (Abb. 3).



Abb. 1:
16 Farblithographien von ursprünglichen 37 Drucken von Eberhard Emminger (um 1851) wurden gerollt gelagert.

Das Ziel der Behandlung war die Verbesserung des ästhetischen Erscheinungsbildes, insbesondere durch weitgehende Reduzierung der Stockflecken und der stark entstellenden Wasserränder. Gleichzeitig sollte das durch den Wasserschaden lappig gewordene Papier wieder verfestigt werden.

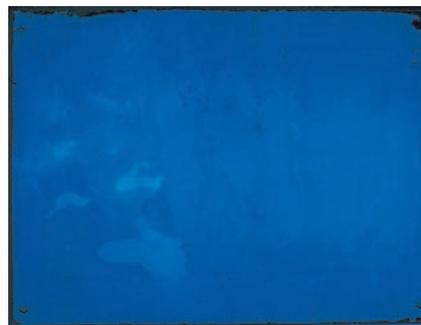
Die Grafik wurde zunächst mit Radierpulver, im Druckbereich mit Radierschwamm oberflächlich vom aufliegenden Staub befreit.

Abb. 4:
Schematische Darstellung der Bildung von kristallinen Ablagerungen (gritting) beim Trocknungsvorgang einer Druckgraphik.

- Calciumhydrogencarbonat im feuchten Papier
- Wanderung und Umwandlung des Calciumhydrogencarbonats während der Trocknung
- Graphik nach der Trocknung mit kristallinen Ablagerungen auf der Papieroberfläche, besonders sichtbar in dunklen Druckbereichen

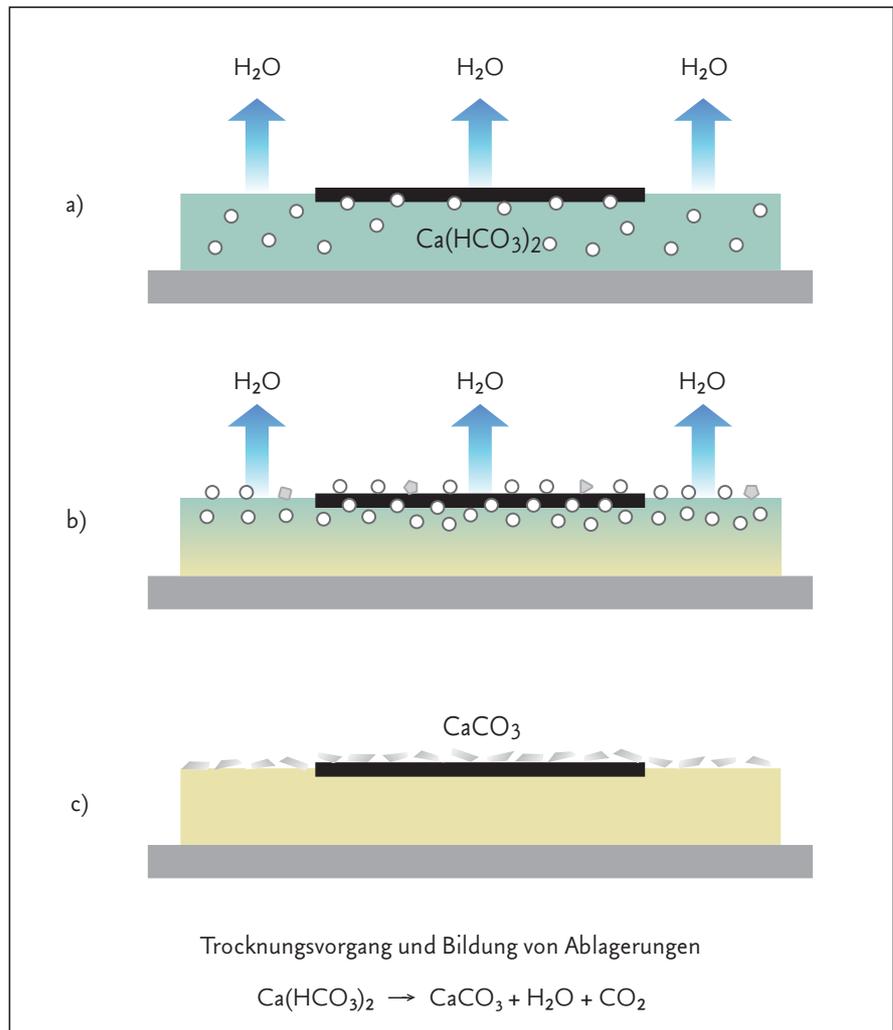


Abb. 2:
Detailaufnahme eines stark verbräunten Wasserrands.



Im Anschluss daran wurde das Blatt in einer stark verdünnten Calciumhydroxid-Lösung bei pH 8,5 zur Reduzierung der Verfärbungen im Bad behandelt. Calciumhydroxid lässt sich in einem moderaten alkalischen Milieu anwenden und ermöglicht eine Quellung der Papierfasern in einem Ausmaß, dass es in vielen Fällen gelingt, gefärbte Abbauprodukte, bzw. durch Oxidationsprozesse an Nass-Trocken-Grenzen entstandene Wasserränder sowie Stockflecken deutlich zu reduzieren.

Abb. 3:
Intensive Fluoreszenzerscheinungen im UV-Licht (Rückseite des Objektes) als Folge lokaler oxidativer Veränderungen der Cellulose; Aufnahme während der Restaurierung.



Die Behandlung führte zu keinem ästhetisch befriedigenden Ergebnis, so dass eine weitere Behandlung nötig ist. Zur Vorbereitung für die Lichtbleiche wurde das Blatt mit einer alkalischen Reserve durch Badbehandlung in einem mit Calcium- und Magnesiumhydrogencarbonat angereicherten Wasser von ca. 1850 S/pH 6,3 ausgestattet. Der Einsatz konzentrierter Ca/Mg-Hydrogencarbonatlösungen umfasst die Gefahr einer ungleichmäßigen Verteilung der eingebrachten alkalischen Reserve und das Entstehen kristalliner Ablagerungen von Calciumcarbonat auf der Oberfläche (Abb. 4). Dieses Risiko ist besonders groß, wenn das Objekt mit der Vorderseite nach oben getrocknet wird. Im gegebenen Fall ist die Ablagerung bei der Behandlung vor allem im Bereich der Papierverwellungen und Wasserschäden eingetreten (Abb. 5–6).

Die geringe Löslichkeit von Calciumcarbonat in Wasser macht die Behandlung des Objekts in einer stark verdünnten Essigsäure (2%) zur Entfernung der kristallinen Ablagerungen erforderlich und eine daran anschließende Wiederholung der wässrigen Entsäuerungsmaßnahme. Eine schonendere Möglichkeit wäre eine Behandlung mit Kohlendioxid übersättigtem destilliertem Wasser, die aus technischen Gründen schwerer durchführbar war.

Zur Entfernung der optisch störenden Verfärbungen wurde die Grafik in einer doppelseitigen Lichtbleichbank (Typ „Helios“, Becker Preservotec, L 36/12-950, 30 Röhren von Osram, 36 W) mit einer Beleuchtungsstärke von 50000 Lux behandelt. Die Behandlung wurde in einem Bad von 25 °C bei pH 8,7 vorgenommen, die Behandlungszeit betrug 4½ Stunden (Abb. 7).

Nach Trocknung der Graphik war eine weitgehende Beruhigung der grafischen Darstellung erreicht (Abb. 8a, b). Bei dem Betrachten des Blattes unter UV-Strahlung sind nur noch schwache fluoreszierende Flecken zu erkennen.

Das Papier wurde zur Wiederherstellung der mechanischen Festigkeit abschließend mit einer 0,5%igen Gelatinelösung in der Oberfläche verfestigt.



Abb. 5: Weiße kristalline Ablagerungen besonders im Bereich der Papierverwellungen und der Wasserschäden als Folge der Badbehandlung mit einer konzentrierten Magnesium-/Calciumhydrogencarbonatlösung.

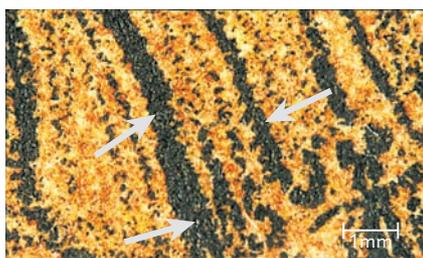


Abb. 6: Auf der Druckfarbe auskristallisierte Calciumcarbonatkristalle (Pfeile).



Abb. 7: Die Lithographie während des Lichtbleichverfahrens. In der kleinen Wanne ist eine deutliche Verfärbung der Calciumhydroxidlösung nach der Behandlung zu beobachten.



Abb. 8a: Die Lithographie vor der Restaurierung.



Abb. 8b: Die Lithographie nach der Restaurierung.

Literatur:

Eusman, E.
Tideline formation in paper objects: cellulose degradation at the wet-dry boundary, in: *Conservation Research*, F. P. Smyth (Hrsg.), 1st ed., National Gallery of Art, Washington, DC (1995): 11–27.

Hey, M.
The washing and aqueous deacidification of paper, *The Paper Conservator* 4 (1979): 66–80.

Saur-Aull, B.
Konstruktion und Einsatz einer Lichtbleichanlage, unpublizierte Diplomarbeit, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart (1996).

Restaurování velkoformátové barevné litografie od Eberharda Emmingera: „Pohled na Řím od Monte Mario.“ („Rom in der Nähe von Monte Mario gesehen.“)

Velice důležitým kritériem při restaurování objektů grafického umění je vedle zvýšení chemické a mechanické stability papíru i celkové optické působení.

Uvedené tvrzení lze prezentovat na příkladě barevné litografie s pohledem na Řím od württemberského umělce Eberharda Emmingera (* 1808 Biberach, † 1885 tamtéž). Tato litografie byla v průběhu předchozích třiceti let spolu s patnácti dalšími identickými tisky uchovávána v roli za klimaticky nepříznivých podmínek (Obr. 1). Grafika je silně povrchově znečištěna prachem a kromě známek po napadení plísní vykazuje intenzivní poškození od vztlínající vlhkosti (Obr. 2). V okrajových partiích k tomu přistupují ještě četné trhliny a další mechanická poškození. Mimoto jsou zejména na zadní straně listu patrné světlejší plochy, jež jsou výsledkem lokálních oxidativních změn v celulóze, jak lze usoudit z intenzivní fluorescence při pozorování objektu v UV-záření (Obr. 3).



Obr. 2: Detail nápadně zbarvené skvrny způsobené oxidativními změnami v celulóze při vztlínání vlhkosti.



Pro zmírnění intenzity skvrn byl objekt v následující fázi ošetřen v silně zředěném roztoku hydroxidu vápennatého o hodnotě pH 8,5. Mírně alkalické prostředí způsobuje bobtnání papíru a tím otevření jeho struktury v takové míře, že se v mnoha případech podaří doslova vyplavit velké množství zbarvených produktů oxidativních změn celulózy. K nim se řadí i zahnědlé linie, tvořící se na rozhraní suché a provlhnuté oblasti papíru.

Obr. 3: Intenzivní fluorescence při UV-záření (rubová strana objektu) je následkem lokálních oxidativních změn v celulóze; stav během restaurování.



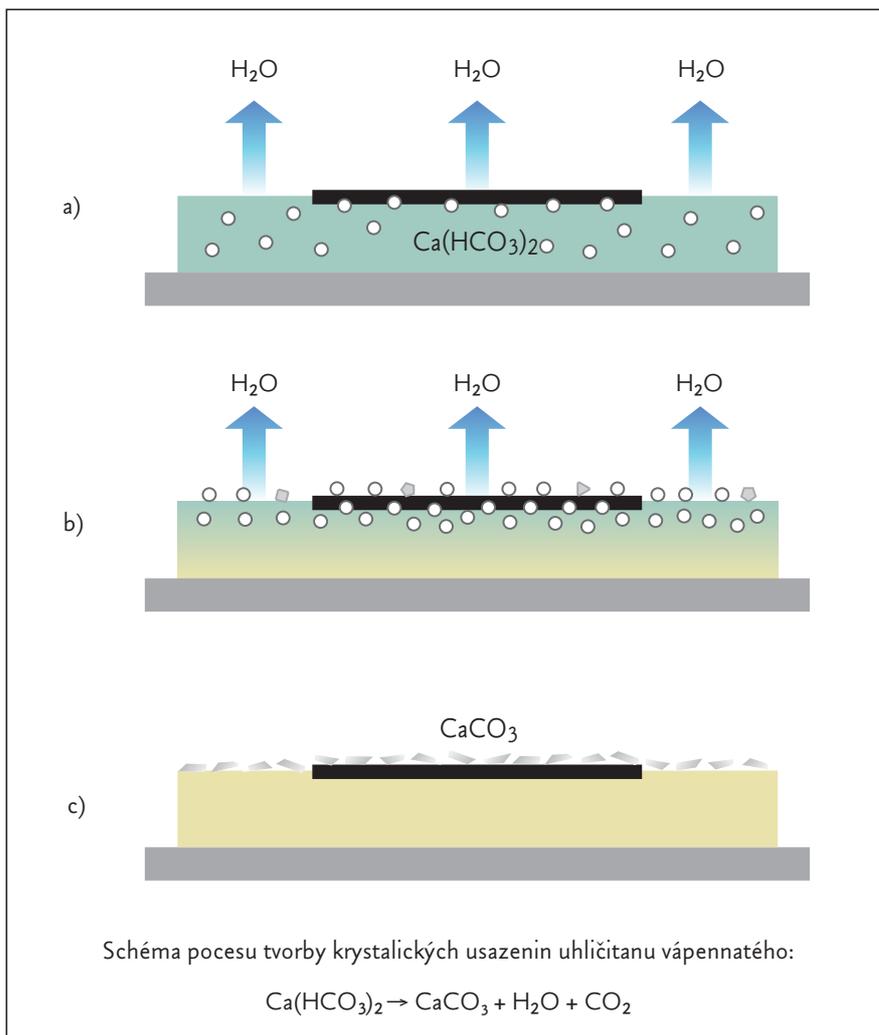
Obr. 1: Z původních 37 litografií od Eberharda Emmingera s pohledem na Řím (kolem roku 1851) se dochovalo 16 tisků.

Cílem restaurátorského zásahu bylo zmírnit intenzitu nápadných skvrn a zlepšit tak celkové estetické působení grafiky. Současně mělo dojít i ke zpevnění papíru, jehož mechanické vlastnosti byly vlivem vlhkosti výrazně zhoršené.

Grafika byla nejdříve pomocí strouhané pryže mechanicky zbavena prachu, v místech vyobrazení byl k čištění použit blokový pěnový latex.

Obr. 4: Schéma procesu tvorby krystalických usazenin uhličitanu vápennatého:

- Objekt bezprostředně po vyjmutí z neutralizačního roztoku. Hydrogenuhlíčan vápennatý je v papíru rovnoměrně rozložen.
- V průběhu schnutí objektu se koncentrace uhličitanů (alkalická rezerva) na povrchu papíru zvyšuje.
- Bílá krystalická usazenina CaCO_3 vzniká na povrchu objektu po odpaření vody a CO_2 .



Zákrok však nevedl k očekávanému výsledku. Na základě toho bylo rozhodnuto o použití jiného způsobu odstranění skvrn pomocí bělení světlem. Předem byl papír vybaven alkalickou rezervou ve vodní lázni obohacené hydrogenuhličitanem vápenatým a hořečnatým (1850 μ S/pH 6,3). Aplikace vysoce koncentrovaných roztoků hydrogenuhličitanů v sobě zahrnuje riziko nerovnoměrného rozložení alkalické rezervy a vznik krystalických usazenin uhličitanů vápenatého a hořečnatého na povrchu papíru (Obr. 4). Nebezpečí je obzvláště velké, pokud byl objekt ponechán schnout obrazovou, t. j. přední stranou vzhůru. V daném případě se krystalické depozity vytvořily zejména v místech zvlhnutí papíru a na plochách poškozených vodou (Obr. 5 a 6).

Na papír navázané uhličitany, především uhličitán vápenatý, který je pouze minimálně rozpustný ve vodě, je možné odstranit pomocí silně zředěného roztoku kyseliny octové (2%). Bezprostředně po tomto zákroku je nutné papír opět odkyselit.

Grafika byla poté bělena pomocí světelné energie v oboustranném bělicím zařízení (Typ „Helios“, L36/12-950, Fa Becker Preservotec, 30 zářivek Osram, 36 W) při intenzitě osvětlení 50 000 Lux. Pro bělení použitý roztok hydroxidu vápenatého o teplotě 25°C při pH 8,7 byl pravidelně obnovován. Celková doba bělení nepřesáhla 4,5 hodiny (Obr. 7).

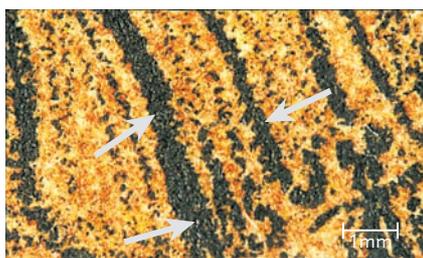
Potlačáním všech rušivých prvků se po zaschnutí a vyrovnání podařilo dosáhnout celkově příjemného a vyváženého působení grafického listu (Obr. 8a, b).

Při pozorování objektu v UV-záření jsou rozeznatelné jen velice slabé fluorescenční skvrny. Z toho lze usoudit, že bělení světlem představuje jednu z účinných alternativních metod k odstranění zbarvených produktů degradace celulósy.

Pro obnovení mechanické pevnosti byl grafický list na závěr povrchově doklídžen 0,5% roztokem želatiny. Konečnou úpravou objektu bylo správné trhlín a doplnění chybějících fragmentů.



Obr. 5: Vodní lázeň v koncentrovaném roztoku uhličitanů vápenatého a hořečnatého měla za následek vytvoření bílé krystalické usazeniny v oblasti zvlhnutí papíru a v místech poškozených vlhkostí.



Obr. 6: Usazené uhličitany v podobě bílých krystalů (šipky) na mikroskopickém snímku tiskových barev.



Obr. 7: Grafický list v průběhu bělení světlem. V menší nádobě si lze povšimnout zbarvení použitého roztoku hydroxidu vápenatého.



Obr. 8 a, b: Litografie před (vlevo) a po restaurování.

Literatura:

Eusman, E.
Tideline formation in paper objects: cellulose degradation at the wet-dry boundary, in: *Conservation Research*, F. P. Smyth (Hrsg.), 1st ed., National Gallery of Art, Washington, DC (1995): 11–27.

Hey, M.
The washing and aqueous deacidification of paper, *The Paper Conservator* 4 (1979): 66–80.

Saur-Aull, B.
Konstruktion und Einsatz einer Lichtbleichanlage, unpublizierte Diplomarbeit, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart (1996).

In den 1930er Jahren wurden fernöstliche Techniken und Materialien zur Restaurierung von Papier in den westlichen Kulturkreis eingeführt. Darunter fiel vor allem die Verwendung von Japanpapier zur Herstellung von Kaschierungen. Für die Durchführung von Kaschieretechniken nach japanischem Vorbild spielt die traditionelle asiatische Trocknungstechnik unter Verwendung des Karibari-Trocknungspaneels eine entscheidende Rolle.

(Kari = „temporär“, Bari = „fixieren“)

Bei dem Karibari-Trocknungspaneel handelt es sich um einen leichten Wandschirm, bestehend aus einem mit mehreren Papierschichten beklebten Holzleistengerüst. In seinem Aufbau gleicht das Trocknungspaneel japanischen Schiebetüren (*Fusuma*) und japanischen Faltschirmen (*Byōbu*).



Abb. 1: Aufkleben der ersten Papierschicht auf das Holzleistengerüst.



Abb. 2: Aufkleben der zweiten Papierschicht.

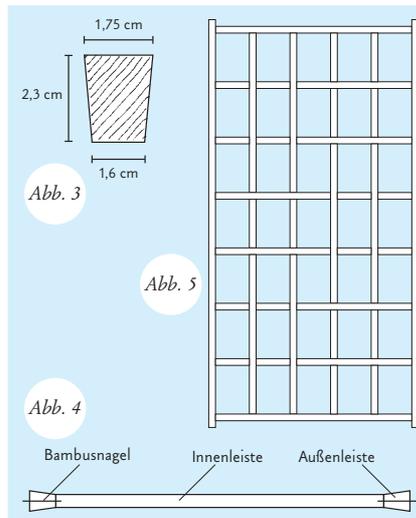


Abb. 3: Querschnitt durch eine Außenleiste.

Abb. 4: Querschnitt durch das zusammen gesteckte Holzgerüst.

Abb. 5: Aufsicht auf das zusammen gesteckte Holzgerüst.



Abb. 6: Einschlagen der Bambusnägel beim Zusammenfügen des Holzgerüsts.

Die Konstruktion des Holzgerüsts (Abb. 3–6) und mehrere Lufttaschen, die während des Auftrages der Papierschichten in die Bespannung eingebracht werden (Abb. 7–9), sorgen dafür, dass das Trocknungspaneel sich unter Einwirkung von Feuchtigkeit und Zugspannungen nicht deformiert.

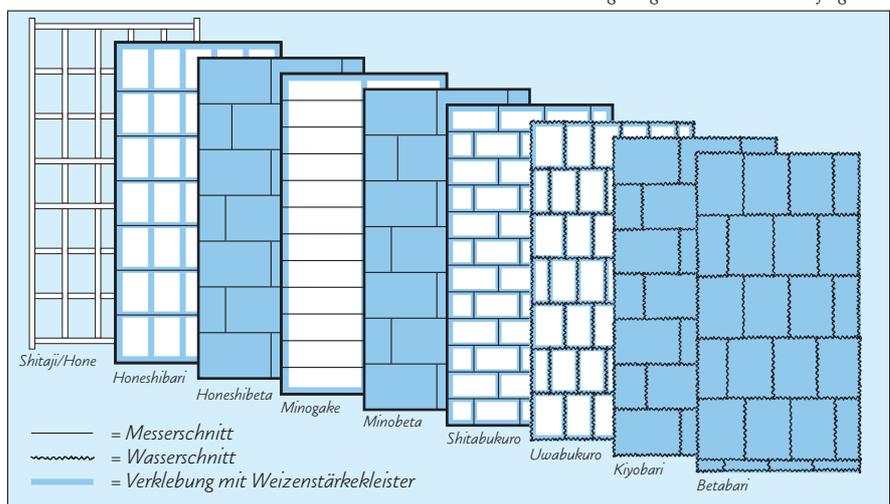


Abb. 7: Aufkleben der dritten Papierschicht, die aus schuppenförmig angeordneten Papierbahnen besteht. Weil die Papierbahnen nur im Bereich der Außenleisten an einem Streifen in der Mitte festgeklebt werden, kommt es zur Bildung von Lufttaschen.



Abb. 8: Aufkleben der sechsten Papierschicht. Die Verklebung erfolgt lediglich an den Blatträndern, wodurch sich Lufttaschen ausbilden. Beim Aufkleben werden die Blätter mit dem japanischen Wasserpinsel Mizubake befeuchtet.

Abb. 9: Darstellung der gesamten Schichtenabfolge.



Die japanische Terminologie ist in Zusammenhang mit dem *Karibari*-Trocknungspaneel nicht ganz einheitlich. Je nach Region, in der eine Werkstatt liegt, je nach individueller Geschichte und Tradition der Werkstatt und je nach persönlicher Erfahrung des Montierers gibt es Unterschiede in der Bezeichnung der Papierschichten, in der Anzahl und Reihenfolge der Papierschichten, in der Arbeitstechnik und in der Bezeichnung der Werkzeuge, mit denen gearbeitet wird.

Die äußere Papierschicht wird mit dem fermentierten Saft unreifer Kaki-Früchte teilhydrophobiert, um das Ablösen aufgespannter Papierobjekte zu erleichtern (Abb. 10–11). Der im Laufe der Alterung nachdunkelnde Kakisaft ist für die braune Farbe der *Karibari*-Oberfläche verantwortlich. Je nach Intensität der Imprägnierung reicht der Farbton von Bernsteinbraun bis Mahagonirot.



Abb. 10: Auftrag des Kakisaftes.



Abb. 11: Fertigstellung des Karibari-Trocknungspaneel nach dreifachem Kakisaft-Auftrag.

Papierschicht	Aufgabe	Papier	Papierformat	Klebstoff	Verklebung	Anordnung	Laufrichtung
Nr. 1 (<i>Honeshibari</i>)	Herstellen einer direkten Verbindung zwischen Gerüst und Papierschichten	relativ dick, stabil Mino-gami Sekishu-shi	¼-Bogen (Messerschnitt): zu einer Papierbahn verklebt	dicker Weizenstärkekleister Konsistenz: wie Gel	auf den Holzleisten	Papierbahnen mit 3-4cm Überlappung	parallel zu den langen Außenleisten
Nr. 2 (<i>Honeshibeta</i>)	Fixierung und Stabilisierung der 1. Papierschicht Kyoto-Stil: Barrierschicht gegen Migration von Harzbestandteilen des Gerüsts in die	mitteldick Mino-gami Hosokawa-shi Kyoto-Stil: Manai-shi	¼-Bogen (Messerschnitt)	mitteldicker Weizenstärkekleister Konsistenz: wie Joghurt	vollflächig	Papierblätter mit 3-4cm Überlappung wobei keine Überlappung doppelt liegen darf (Mauerwerk)	parallel zu den langen Außenleisten
Nr. 3 (<i>Minogake</i>)	Herstellung eines Luftraumes zwischen Gerüst und Papierschichten, damit sich die Leisten nicht auf der Oberfläche abzeichnen	dünn Mino-gami Makulaturpapier	¼-Bogen (Messerschnitt), zu einer Papierbahn verklebt	mitteldicker Weizenstärkekleister Konsistenz: wie Joghurt	auf den Außenleisten und auf einem Streifen in der Mitte der Papierbahn	schuppenförmige Nihemino oder Sanbenmino- Anordnung der Papierbahnen	spielt keine Rolle
Nr. 4 (<i>Minobeta</i>)	Fixierung und Abklebung der 3. Papierschicht	mitteldick (wie 2. Schicht) Mino-gami Hosokawa-shi	¼-Bogen (Messerschnitt)	mitteldicker Weizenstärkekleister Konsistenz: wie Joghurt	vollflächig	Papierblätter mit 3-4cm Überlappung (Mauerwerk)	parallel zu den kurzen Außenleisten
Nr. 5 (<i>Shitabukuro</i>)	Bildung von Lufttaschen, die die Flexibilität der Karibarioberfläche ermöglichen	dünn (wie 3. Schicht oder dünner) Mino-gami Sekishu-shi	½-Bogen (Messerschnitt)	dünnere Weizenstärkekleister Konsistenz: wie Milch	an den Rändern; bei Verklebung mit Mizubake befeuchtet	Papierblätter mit 3-4cm Überlappung (Mauerwerk)	parallel zu den langen Außenleisten
Nr. 6 (<i>Uwabukuro</i>)	Bildung von Lufttaschen, die die Flexibilität der Karibarioberfläche ermöglichen	dünn (wie 3. Schicht oder dünner) Mino-gami Sekishu-shi	½-Bogen (Wasserschnitt)	dünnere Weizenstärkekleister Konsistenz: wie Milch	an den Rändern; bei Verklebung mit Mizubake befeuchtet	Papierblätter mit 3-4cm Überlappung (Mauerwerk)	parallel zu den langen Außenleisten
Nr. 7+8 (<i>Kiyobari</i> + <i>Betabari</i>)	Ablebung der 6. Papierschicht und Herstellung einer Abschluss-Schicht	mitteldick, glatt (wie 2. und 4. Schicht) Mino-gami Hosokawa-shi	¼-Bogen (Wasserschnitt)	mitteldicker Weizenstärkekleister Konsistenz: wie Joghurt	vollflächig	Papierblätter mit 3-4cm Überlappung (Mauerwerk); Umlegen um die Außenleisten	7. Schicht: parallel zu den langen Außenleisten 8. Schicht: parallel zu den kurzen Außenleisten

Tabelle 1: Übersicht über die Aufgaben, Eigenschaften und Herstellungstechniken der verschiedenen Papierschichten eines Karibari-Trocknungspaneels.

Traditionell wird das *Karibari*-Trocknungspaneel in Japan als Unterlage benutzt, um mehrfach kaschierte, mit einer Montierung versehene Handrollen oder Hängerollbilder zu glätten, wobei der Vorgang des Glättens am *Karibari*-Trocknungspaneel ebenfalls *Karibari* genannt wird.

Die Trocknungstechnik ist aber nicht auf die Behandlung von Hängerollbildern oder Handrollen beschränkt. Sie kann auf jede Art kaschierter oder unkaschierter Papierobjekte übertragen werden. Die einzelnen Arbeitsschritte sind dabei je nach Vorlieben des Restaurators und nach Anforderungen des Papierobjektes unterschiedlich variierbar. Prinzipiell geht es immer darum, ein zuvor befeuchtetes Papierobjekt an seiner Außenkante mit Kleister auf dem *Karibari*-Trocknungspaneel zu befestigen und dort trocknen zu lassen, so dass sich das Papier spannt und glättet (Abb. 12).

Um das Papierobjekt nicht direkt auf das Paneel kleben zu müssen, wird bei unkaschierten Papierobjekten zumeist ein Rändelstreifen aus Japanpapier an die Objektränder angesetzt, während bei kaschierten

Papierobjekten der Überstand der Kaschierung zur Befestigung dient.

Auf einer Seite wird in die Verklebung ein Papierstreifen eingelegt, der es ermöglicht, nach der Trocknung bei der Abnahme des Papierobjektes ein Falzbein einzuschieben (Abb. 13).

Während einer Spanntrocknung können erhebliche Spannungen in Papierobjekten wirken, die zu einer Rissbildung oder zum Einrollen der Objekte führen. Um die Spannungen möglichst gering zu halten, sollte darauf geachtet werden, die Objekte nicht zu feucht aufzuspannen und die Trocknung sehr langsam und gleichmäßig ablaufen zu lassen.

In Japan werden empfindliche Objekte zumeist in waage-rechter Lage getrocknet und zur Verlangsamung der Trocknung ein befeuchtetes Japanpapier oder eine Plastiktüte locker auf das Papierobjekt gelegt.

Bei der Entwicklung allzu großer Spannungen wird das Objekt nach Verdunsten des größten Wasseranteils einmal vom Trocknungspaneel gelöst und sogleich wieder befestigt, ohne erneut befeuchtet worden zu sein.



Abb. 12: Aufgespanntes Papierobjekt am Karibari-Trocknungspaneel



Abb. 13: Abnahme eines am Karibari-Trocknungspaneel gespannten Papierobjektes mit dem Falzbein.

Literatur

Koga, A.
Handout zum Seminar Bau eines Karibari und Anwendung von Spanntechniken, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, September 2002.

Koyano, M.
Japanese scroll paintings, Merkle Press, Glenn Dale (1979).

Mentjes, M.
Untersuchungen zur Papier-trocknung unter besonderer Berücksichtigung der Konstruktion und Verwendung des japanischen Karibari-Trocknungspaneels, Weiße Reihe des Instituts für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Band 22, Gerbard Banik, Volker Schaible (Hrsg.), Anton Siegl, München, 2006.

“Rome, as seen from near Monte Mario”: Oxidative bleaching of a coloured lithograph with potassium permanganate

Jan Šíblo
Gast/Guest student

STAATLICHE
AKADEMIE DER
BILDENDEN KÜNSTE
STUTT GART

Object

The object handled was a nineteenth century lithography by Eberhard Emminger (1808–1885). The support, measuring 763 × 987 mm was a relatively thick paper most probably made of rags. Despite being clogged with surface dirt, the colour of the paper was an overall light cream. This varied considerably where water staining had occurred. In those places the colour ranged from light to dark brown, depending on the extent of damage (Fig.1). In addition to tide lines, the spots of past microbiological attack could be found in completely different colours, namely red and black. While the removal of surface dirt by means of dry cleaning had little to almost no effect on the discoloured areas, subsequent immersion in calcium hydroxide baths at pH 8 – 10 minutes each – reduced the water stains to a much greater extent (Fig.2).



Fig. 1: Object, before treatment, recto, general view, raking light.

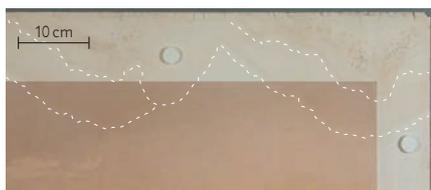


Fig. 2: After washing, recto, detail tidelines indicated by white lines.

However, it did not improve the colour of the mould spots, and the overall discolouration was still too obtrusive (Fig.3).

Therefore, bleaching was considered necessary to harmonize the appearance of the supports surface. Subsequently, several characteristics of the object lead to the choice of potassium permanganate (KMnO_4), a strong oxidizing bleaching agent. The object was locally bleached first (Fig.4), and subsequently treated in an immersion afterwards (Fig. 5b).



Fig. 3: Water and mould stains after washing.

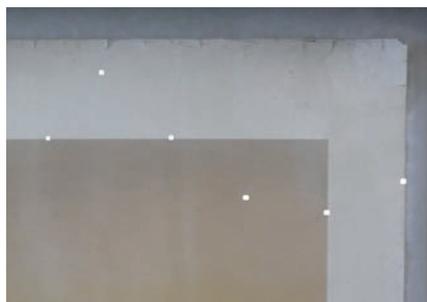


Fig. 4: Water and mould stains after spot bleaching.



Fig. 5: Local application of potassium permanganate (0.5%) by brush for treatment of mould stain.



Fig. 6: After potassium permanganate bath.

Working procedure

- pre-wetting of the paper in a cedar wood humidification chamber (RH 85%, 1 hour)
- local application of 0.1–0.5% solution of potassium permanganate (KMnO_4) at pH 8, immediately, or after a short reaction time (10–20 seconds), followed by the reduction with 1% potassium metabisulfite $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$ at pH 5 (Fig.5)
- thorough rinsing with water
- immersion of the object in a bath of 0.1% potassium permanganate pH 8 (Fig.6)
- immersion time: 3 minutes
- after removal from bleach, object is violet stained and slowly turning into brown
- immediate after treatment immersion in 1% potassium metabisulfite at pH 5 for 3 minutes
- thorough rinsing in water for two hours
- subsequent immersion in calcium hydroxide at pH 9 for 30 minutes



Fig. 7: Potassium metabisulfite bath.



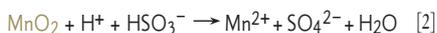
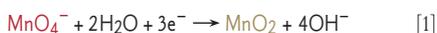
Fig. 8a: Before restoration, recto, overall view.



Fig. 8b: After bleaching, recto, overall view.

Bleaching chemistry

As a result of the bleaching reaction, manganese dioxide (MnO_2) precipitates within the paper web [1], causing overall brown staining. Only after reducing manganese dioxide to a soluble manganese (II) salt [2] the result of the bleaching process becomes visible.



Potassium permanganate creates a deep purple solution when dissolved in water. Therefore, the bleaching process cannot be controlled visually. This can result in over-bleaching. Experience has shown that this unintended effect can be prevented by the use of highly diluted solutions of potassium permanganate (0.1–0.5% for local and 0.1% for overall bleaching).

Additionally, the dark colour of the bleaching bath can prove to be treacherous as such. If small parts of the object are detached due to handling and float away, they are completely indiscernible in the purple solution. Therefore, even if, fortunately, this is immediately noticed, the whole content of the bath must be filtered in order to find the missing piece (Fig. 10).

Another aspect of the difficulties arising by bleaching with potassium permanganate are the long washing periods conducted to wash all the chemical residue out of the paper. Even if the object is handled with appropriate care, a slight abrasion of the fiber is almost inevitable. As a consequence, decreased print intensity is very likely, especially where thin lines of ink, as in lettering, are involved. To prevent this, the print should be fixed with a temporary consolidant (e.g. cyclododekan) before any water treatment is undertaken.



Fig. 9a:
Late 18th cent. paper,
original state.



Fig. 9b:
Treated with potassium
permanganate.



Fig. 9c:
Manganese dioxide
deposited in the paper web.



Fig. 9d: After treatment with
potassium metabisulfite the
brown deposit is removed,
manganese dioxide converted
to a soluble manganese (II)
salt which got dissolved from
paper by washing.

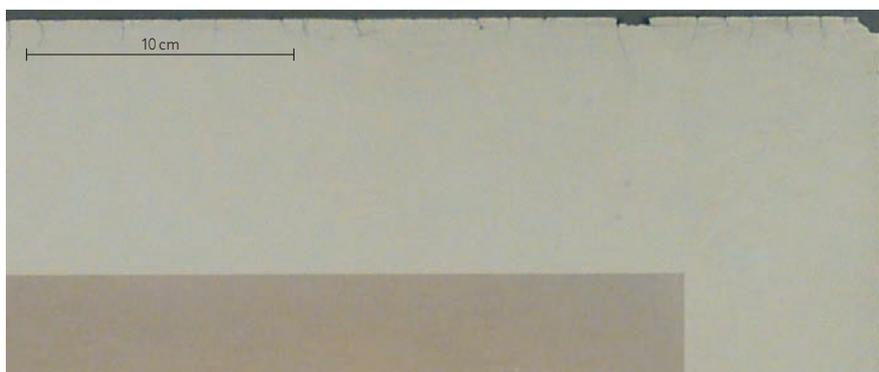


Fig. 10: After bleaching, recto, detail, partial loss of paper support.

References

Feller, R. L.
Notes on the chemistry of bleaching, *Bulletin of the International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works* Vol. 11, No. 2 (1971): 38–57.

Lienhardy, A., Van Damme, P.
A bibliographical survey of the bleaching of paper, *Restaurator* 9 (1988): 178–198.

Hofmann, C., Flamm, V., Banik, G., Messner, K.
Bleaching of foxing stains in art nouveau prints, in: *ICOM Committee for Conservation, Preprints to the 9th Triennial Meeting, Dresden 1990, ICOM-CC Los Angeles (1990): 472–477.*

„ROM in der Nähe von Monte Mario gesehen“: Oxidační bělení manganistanem draselným

Jan Šíblo
Gast/Guest student

STAATLICHE
AKADEMIE DER
BILDENDEN KÜNSTE
STUTT GART

Objekt

Jedná se o grafický list, litografii, z druhé poloviny devatenáctého století, jejímž autorem byl Eberhard Emminger (1808–1885). Podložkou o rozměrech 763 × 987 mm je poměrně silný, s největší pravděpodobností hadrový papír.

Barva papíru je i přes povrchové znečištění lehce krémová, což ale neplatí pro místa zateklín. V závislosti na závažnosti tohoto poškození došlo k barevné změně podložky až do místy tmavého odstínu hnědé. (Obr. 1).

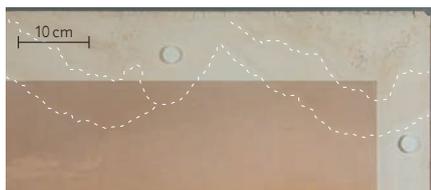
Místa poškozená vztlínající vlhkostí byla v minulosti též napadena mikrobiologicky, což se projevilo vznikem růžových a černých skvrn.

Zatímco povrchové čištění nemělo na barevné odlišnosti jakýkoliv vliv, podařilo se nám intenzitu zateklín značně zeslabit následnou koupelí ve vodní lázni, jejíž pH jsme přidáním hydroxidu vápenatého zvýšili na 8 jednotek (Obr. 2).

Nicméně barevnost plísňových metabolitů zůstala takřka beze změny, což vedle stále dosti výrazných oblastí zateklín působilo rušivě.



Obr. 1: Před restaurováním; líc; celkový pohled; boční osvětlení.



Obr. 2: Po vodném čištění; líc; detail; zatekliny.

Proto bylo dalším krokem bělení, které mělo barevně sjednotit celkový vzhled objektu. Stav a vlastnosti grafického listu vedly k tomu, že jsme pro tento účel použili silný oxidační bělicí prostředek, manganistan draselný.

Objekt jsme nejdříve bělili lokálně (Obr. 4) a následně i celoplošně v lázni (Obr. 5b).



Obr. 4: Po lokálním bělení; zatekliny a skvrny po plísni.



Obr. 5: Lokální bělení.



Obr. 3: Po vodném čištění; zatekliny a skvrny po plísni.



Obr. 6: Po lázni manganistanu drselného.

Pracovní postup

- předvlhčení objektu v komoře z cedrových ráků (RH 95%, 1 h)
- lokální použití 0,1–0,5% roztoku manganistanu draselného pH 8, ihned, nebo po krátké době následované aplikací 1% pyrosiřičitanu draselného pH 5 na stejná místa (Obr. 5)
- důkladné promytí objektu vodou
- lázeň 0,1% roztoku manganistanu draselného pH 8 (Obr. 6)
- délka lázně: 3 minuty
- barva objektu se po vyjmutí z lázně začíná pomalu měnit z tmavě fialové na světle hnědou.
- okamžité přesunutí objektu do redukční lázně 1% pyrosiřičitanu draselného pH 5 (Obr. 7)
- délka lázně: 3 minuty
- dvouhodinové promývání objektu vodou ukončené třicetiminutovou lázní (pH 9) s přídatkem hydroxidu vápenatého



Obr. 7: Lázeň potassia metabisulfite.



Obr. 8a: Před restaurováním; líc; celkový pohled.

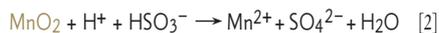


Obr. 8b: Po bělení; líc; celkový pohled.

Chemická reakce

Po vyjmutí z lázně tmavě fialového manganistanu draselného se barva objektu mění se vznikem oxid manganicitého na světle hnědou. (Obr. 9c).

Výsledek bělení je patrný až po redukcí pyrosiřičitanem draselným, kdy vzniká vodorozpuštěná bezbarvá dvoumocná manganatá sůl (Obr. 9d).



Manganistan draselný tvoří ve vodě tmavě fialový roztok a proto nemůže být proces bělení kontrolován vizuálně. To může mít za následek i případné přebělení papíru.

Jak se ukázalo, tomuto nežádoucímu důsledku se dá předejít použitím velmi slabých roztoků manganistanu draselného (0,1–0,5% roztok pro lokální, 0,1% roztok pro celkové bělení).

Na druhou stranu může samotná tmavá barva bělicího roztoku skrývat nebezpečí. Pokud dojde během manipulace s objektem k oddělení jeho malé částci, stává se tato ve fialovém roztoku absolutně nerozpoznatelnou. A proto i přesto, že je taková ztráta zpozorována, musí se pro nalezení chybějící části přefiltrovat celý obsah lázně (Obr. 10).

Dalším problematickým aspektem bělení s manganistanem draselným je značně dlouhá doba, po kterou je nutné objekt vypírat ve vodě aby se z něj vyplavily všechny zbylé chemické látky. I když je s objektem nakládáno s nejvyšší opatrností, dojde pravděpodobně ke ztrátě vláken papíru a jistému opotřebení intenzity tisku, zvláště pak v místech velmi drobných nápisových řádků. Tomu se dá ale předejít přechodnou fixací ještě před tím, než je objekt podroben jakémukoliv vodnému zákroku.



Obr. 9a:
Papír z druhé poloviny
18. století, původní stav.



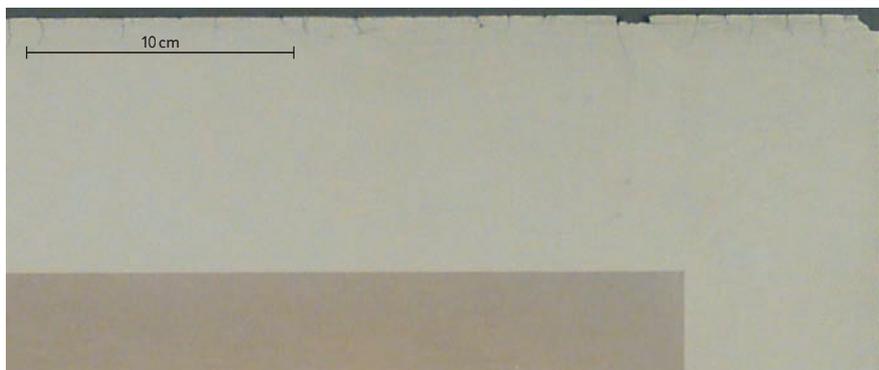
Obr. 9b:
Po lázni v manganistanu
draselném.



Obr. 9c:
Papír vyschl, v jeho
strukturu se usadil oxid
manganicitý.



Obr. 9d:
Po lázni v pyrosiřičitanu
draselném.



Obr. 10: Po bělení; líc; detail; ztráta podložky při bělení.

Použitá literatura:

Feller, R. L.
Notes on the chemistry of bleaching, *Bulletin of the International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works* Vol. 11, No. 2 (1971): 38–57.

Lienhardy, A., Van Damme, P.
A bibliographical survey of the bleaching of paper, *Restaurator* 9 (1988): 178–198.

Hofmann, C., Flamm, V., Banik, G., Messner, K.
Bleaching of foxing stains in art nouveau prints, in: *ICOM Committee for Conservation, Preprints to the 9th Triennial Meeting, Dresden 1990, ICOM-CC Los Angeles (1990): 472–477.*

Ablösen eines gelatinebeschichteten Klebestreifens – Restaurierung einer tibetischen Gebetsmühlenrolle

Regina Schneller

STAATLICHE
AKADEMIE DER
BILDENDEN KÜNSTE
STUTTGART

Der Gebrauch der Gebetsmühle stammt aus dem Gebiet des Himalaya und ist verbunden mit dem lamaistischen Glauben.

In einem aus Messing, Kupfer oder Silber gefertigten Zylinder ist eine Papierrolle um die durch den Boden und Deckel verlaufende Achse der Gebetsmühle gewickelt.

Sie stehen der Allgemeinheit an öffentlichen Plätzen und an Klostermauern zur Verfügung und werden von Vorübergehenden in Bewegung gesetzt. Nach lamaistischem Glauben entspricht jede Umdrehung einer Rezitation der Gebetsformel *om mani padme hum*. Dieser mystische Satz ist auf die im Inneren der Gebetsmühle gewickelten langen Papierstreifen gedruckt.

Tibetische Gebetsmühlenrollen sind größtenteils Druckerzeugnisse. Auch bei den aus dem Lindenmuseum Stuttgart stammenden und zu restaurierenden Objekten der Sammlung Umlauf handelt es sich um Holzschnitte, die mit rotem Farbstoff auf sehr dünnes kurzfasriges unregelmäßig geschöpftes chinesisches Papier gedruckt wurden.

Die Objekte waren im Lindenmuseum in Schachteln aus Graupappe gelagert, die meist 12 Röllchen nebeneinander liegend enthielten. Die Papierröllchen selbst sind um einen flachen, ca. 2,5 cm breiten Kern gewickelt. Die meisten sind zusätzlich mit einer säurehaltigen Papierbanderole durch einen Haushaltsgummi gehalten. (Abb. 1)



Abb.1: Aufbewahrung der Mantra-Rollen im Lindenmuseum Stuttgart.
© Lindenmuseum Stuttgart.

Die Rollen sind jeweils unterschiedlich lang. Die hier vorgestellte Rolle besteht aus drei gleich langen Teilen. Die Gesamtlänge beträgt 164,5cm und variiert in der Höhe zwischen 13 und 14cm.

Auffallend an allen Rollen dieser Sammlung ist, dass keine Verbindung in Form einer originalen Verklebung der Einzelteile vorhanden ist. Später wurde im Zuge einer Sicherung der Objekte bei allen Rollen eine großzügige Verklebung mit Pergaminpapier-Klebestreifen recto und verso vorgenommen, sowie auch Risse und Fehlstellen beidseitig flächig gesichert. Es wurden durchgehend Klebestreifen in einer Breite von 17mm verwendet, was ein vorgefertigtes Klebeband vermuten lässt. Das Klebemittel ist quellbar und nachweislich auf Proteinbasis (Abb. 2).

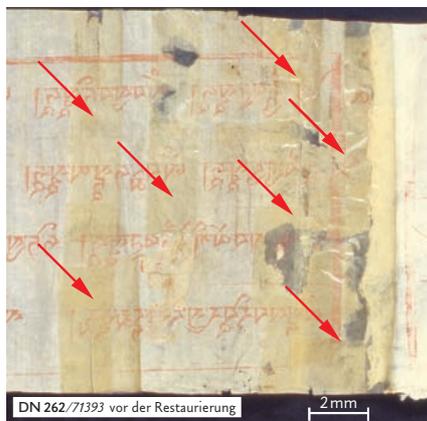


Abb.2: Beidseitige Verklebung mit Pergaminpapier-Klebestreifen vor der Restaurierung, verso.
© Lindenmuseum Stuttgart.

Ablösen der Klebestreifen

Da es sich hier um einen Klebstoff auf Proteinbasis handelt, werden die Klebestreifen mit Feuchtigkeit und Wärme behandelt.

Mit einem Pinsel wird von oben eine geringe Menge demineralisiertes Wasser auf den Klebestreifen aufgebracht und mit einem be-

heizbaren feinen Spatel bei einer Temperatur zwischen 50–60°C das Trägerpapier vom Objekt getrennt (Abb. 3).

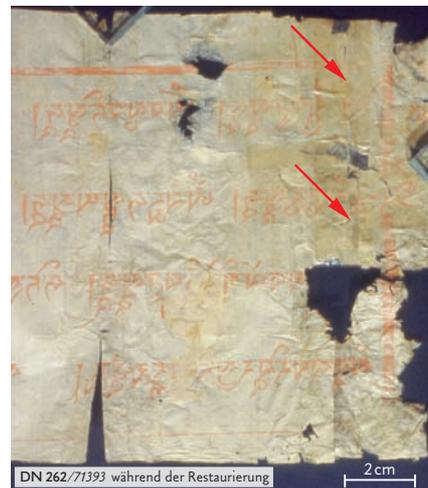


Abb.3: Teilweise abgenommene Klebestreifen mit Feuchtigkeit und beheizbarem Spatel, verso.
© Lindenmuseum Stuttgart.

Eine optimale Trennung ohne Faserverlust ist möglich, wenn der Spatel ohne Druck zwischen Original und Träger bei der richtigen Temperatur und Feuchtigkeit geführt werden kann. Da das Papier sehr dünn ist und einen nur geringen Zusammenhalt des Faserverbundes aufweist, darf keine mechanische Belastung auftreten. Nach Abnahme des Klebebandes bleibt der Proteinklebstoff zurück (Abb. 4).

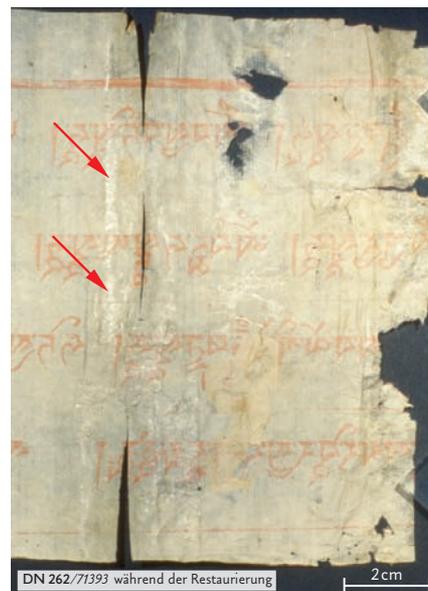


Abb. 4: Nach Abnahme des Klebestreifens bleiben glänzende Kleberückstände zurück, verso.
© Lindenmuseum Stuttgart.

Reduzieren der Klebstoffrückstände im Papiervlies

Durch Anquellen der Klebstoffschicht mit Feuchtigkeitskompressen (MC- / Laponite®-Kompressen) ist eine Reduzierung ohne Faserverlust nicht durchführbar.

Ein besseres Ergebnis liefert die Abnahme mit einem mit Methylcellulose benetzten Watetstäbchen, das durch kreisende Bewegung die Klebstoffreste optisch zufriedenstellend reduzieren lässt. Nach wie vor sind starke Spannungen durch verbleibende Rückstände im Papiervlies vorhanden. Da das Objekt zur Aufbewahrung gerollt werden sollte, ist dieser Zustand nicht vertretbar.

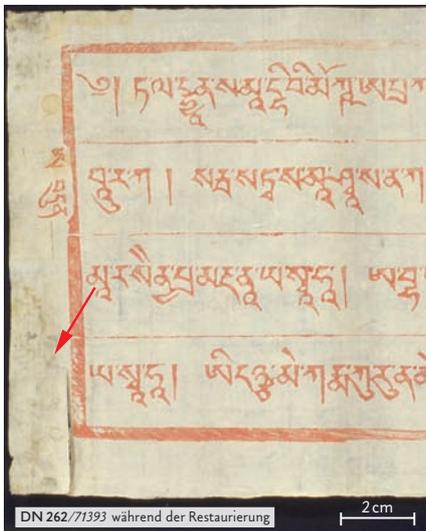


Abb. 5: Transparent erscheinende Stellen durch Kleberückstände im Papiervlies, recto.
© Lindenmuseum Stuttgart.

Eine Behandlung auf dem Saugtisch mit erwärmtem demineralisiertem Wasser kann den restlichen Klebstoff im Papiervlies anquellen und beidseitig reduziert werden. Da die Klebestreifen von beiden Seiten aufgebracht wurden, wird durch die Sogwirkung zwangsläufig ein Teil des Klebstoffes durch das Papier nach hinten gezogen, was nach der Trocknung transparente Stellen hinterlässt (Abb. 5).

Reduzieren der transparenten Klebstoffreste mit Enzymen

Durch enzymatischen Abbau des im Papiervlies verbliebenen Proteinklebstoffes soll dessen Wasserlöslichkeit soweit gesteigert werden, dass eine Reduzierung möglich wird. Eine Einwirkzeit der Enzymkomresse – Trypsin auf dem Träger der Albertina-Komresse® – von drei Stunden erzielt einen Rückgang der Transparenz (Abb. 6). Eine Nachbehandlung auf dem Saug-

tisch mit einem Ethanol-Wasser-Gemisch (40:60) garantiert ein vollständiges Herauslösen der Abbauprodukte und die Denaturierung des Enzyms. Das Ergebnis ist schließlich optisch und in Bezug auf die Spannungen zufriedenstellend.

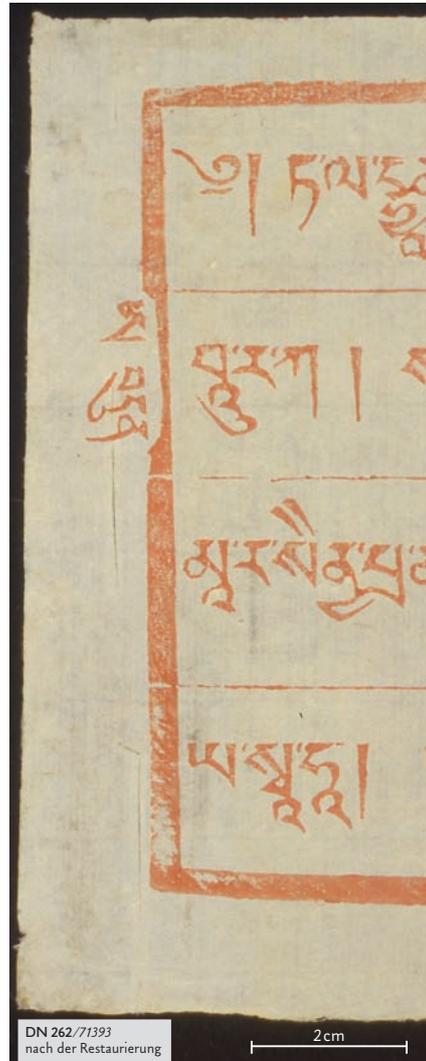


Abb. 6: Nach enzymatischer Behandlung der transparenten Stellen, recto.
© Lindenmuseum Stuttgart.

Zum Schließen der Risse und Ergänzen der Fehlstellen wird wie üblich in der Papierrestaurierung verfahren (Abb. 7).

Durch die unsachgemäße Lagerung der Objekte entstanden ungleiche Verwerfungen, die nicht durch eine Konditionierung bei 95% RF in einer Zedernholzkammer mit anschließendem Beschweren zwischen Filzen plan gelegt werden konnten.

Ein Spannen auf dem Karibari (japanisches Trocknungspaneel) – eine traditionelle japanische Technik zum Planlegen von Papierobjekten – ermöglichte eine Planlage der Objekte ohne Faltenbildung (siehe Beitrag Mentjes).



Abb. 7: Nach der Fehlstellenergänzung und Schließung der Risse, verso.
© Lindenmuseum Stuttgart.

Zur Lagerung werden Rollen aus säurefreiem Papier im Durchmesser von 5 cm hergestellt, um die Objekte gewickelt und abschließend mit einem säurefreien Seidenpapier eingeschlagen werden (Abb. 8).



Abb. 8:
Links: Auf den neuen Kern gewickelte Mantra-Rolle nach der Restaurierung;
Rechts: Mit Seidenpapier eingeschlagene Rolle für die Lagerung.
© Lindenmuseum Stuttgart.

Literatur

Baker, C.
Enzymes: Description and use in paper conservation, in: Handout of the ICCROM Paper Conservation Course 1995, Vol. 4,
Gerhard Banik, Gabriela Krist, (Hrsg.), ICCROM, Rome (1995): 79–88.

Materialien in der modernen Kunst

Materials in modern art

Consolidation of matte, powdery paint in modern art by ultrasonic misting

Project

The consolidation of matte, powdery paint in modern or contemporary art, by means of an ultrasonic mister, has been investigated in this project. First it is important to mention that there is a difference in approach for the treatment of contemporary art. In contrast to treatments on traditional artworks the conservation of modern and contemporary art first focuses on the intention of the artwork in terms of longevity. If deterioration is part of the intention, consolidation should then not be carried out. Close examination of materials and the artist's technique, collaboration with curators and scientists and, where possible, an interview with the artist can help the conservator to establish the appropriate course for treatment.

At the beginning of the project several modern and contemporary artworks in museum collections in Germany were investigated and different types of matte, powdery paints were identified. In most cases the artists have deliberately chosen unbound or loosely bound paint techniques. With some of the artworks the paint was found to be of a powdery consistency due to the deterioration of the binding medium as in the gouache paintings. Dividing the types of powdery paints into certain categories helps to investigate and evaluate the potential success of a consolidation treatment (Figs. 1–3).

Consolidation of matte, powdery paint

The main problem with the consolidation of matte, powdery paint is the change of colour or brightness and the formation of tide lines as result of the treatment. These effects are based on a shift of the physical properties of the paint layer. The main explanation model is the change of the pigment volume concentration during consolidation to its critical point (CPVC), at which the interstices are filled up with binding medium and any further addition will exceed the critical pigment volume concentration and cause changes in colour or appearance. Change of position of the pigment particles leads to an increase of density of the pigment layer and can also cause a different colour rendering. Influences are the characteristics of the pigment e.g. its morphology, its size and the surface tension of the consolidant, as well as the characteristics of the ground layer e.g. a closed film or an open surface like wood. The influences on colour change in paint layers have closely been examined by Pataki (2006).



Fig. 1: Jannis Kounellis, o.T., 1996, *Gallery of Contemporary Art, Hamburger Kunsthalle* (detail). Tiny insects crossed the pigmented area of soot. © Hamburger Kunsthalle.



Fig. 2: Elisabeth Mehrl, 'Resumée', 1991, *Bayerische Staatsgemäldesammlungen*, (detail). *Fingerwipes across orange pigmented area.* © Pinakothek der Moderne, München.



Fig. 3: Joseph Beuys, 'Richtkräfte', 1975, *Installation at the Hamburger Bahnhof, Berlin*, (detail). *Chalk drawing was wiped off prominently in areas along the edges.* © Nationalgalerie im Hamburger Bahnhof, SMB, © VG BILD-KUNST, Bonn 2009.

Deposit of soot

Extremely fine and loose carbon particles are deposited as agglomeration together with hydrophobic components on a white painted wall (Fig. 1).

Unbound pigments

Pigments of various types and sizes, which have been applied without any binding media (Fig. 2).

Pastel, charcoal or chalk

The pigment particles have been processed and formed to a stick, which can be rubbed off on different painting supports (Fig. 3).

Ultrasonic misting

Ultrasonic misting provides several advantages which help to successfully consolidate matte, powdery paint. It was introduced to conservation in 1990 by Stefan Michalski (CCI) in Ottawa and was initially developed for the consolidation of sensitive paint surfaces of ethnographic and paper objects. It provides the application of aerosols generated by ultrasonic misting consolidants as a stream of mist. The ultrasonic waves initiate movements at the surface of the solution where finally small droplets split off. These droplets form a dispersion of an aqueous consolidant in air. Aerosols can be applied without touching the surface of the paint layer using a tube and different nozzles for various kinds of application (Fig. 4).

The size of the aerosols ranges between 0.1 – 10 μm depending on the system generating the mist. Aerosols deliver good penetration and distribution in porous or powdery paint layers during consolidation. Pre and post humidification of the object can improve penetration and distribution and avoid tide lines (Dierks-Staiger 1996). Using very low concentrations of consolidants – e.g. 0.25% – helps to evaluate changes in appearance between each application and provides a careful approach to the critical pigment volume concentration (CPVC).

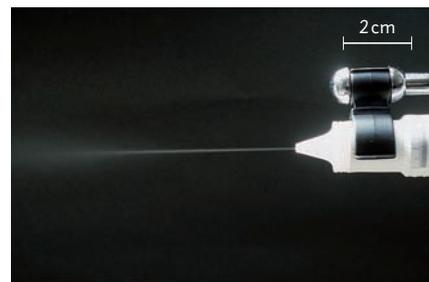


Fig. 4: stream of misted deionised water created by a 3mm-nozzle.

Samples and consolidants

For consolidation tests the following samples were made:

1. deposit of soot on wall paint,
2. four types of unbound pigments on oil paint layers,
3. coatings made with turpentine resin oil and traces of linseed oil with Ultramarine Blue or Furnace Black and
4. chalk drawing on wood and on black board paint.

A choice of consolidants was artificially aged: methyl cellulose, funori, sturgeon glue and gelatin were light aged and a temperature ageing at 50% rh/30–80°C was carried out. The consolidants were tested as pure transparent films (0.03–0.05 µm thickness) and coated on paper. During artificial ageing methyl cellulose performed best. Funori showed little change in colour while sturgeon glue and gelatin degraded most related to their film forming characteristics.

For consolidation methyl cellulose and funori (each in a 0.25% aqueous solution) were used because of their opposite matte (funori) and glossy (methyl cellulose) characteristics when prepared as film.

The parameters of application were:

- Two kinds of applications: a saturated application – all open voids are filled up – and a non-saturated application – only a slight coating of the particles with consolidant takes place.
- Either 3 times or 6 times application.
- The addition of 20% ethanol.

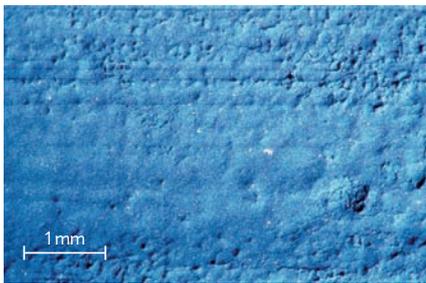


Fig. 5: When ethanol was added, the unbound coatings of ultramarine blue showed minor craters after consolidation (six applications of methyl cellulose 0.25% with 20% ethanol)

Results

The consolidation of soot was impossible. The layer was extremely sensitive to any treatment. The black colour very easily changes its appearance. The water-based consolidants do not penetrate because of the very small voids/interstices between the agglomerated pigment particles and also because of the presence of residual hydrophobic components within the pigment layer.

Unbound pigments in general can be consolidated successfully depending on the pigments' morphology, its chemical structure and the thickness or density of the paint layer. Factors that help the penetration of consolidants will generally improve consolidation. The penetration of water-based consolidants on oil-based paint samples worked surprisingly very well. The addition of ethanol not always improved the consolidation results. The unbound coating of ultramarine blue was so sensitive that it showed minor craters after consolidation when ethanol was added (Fig. 5).

The consolidation of white chalk drawings was most successful. The conservation treatment focused on chalk drawn objects of an installation by Joseph Beuys, which had to be prepared for exhibition. Therefore the research mainly concentrated on this material. The morphology of the chalk pigment and the interstices between the particles provide good penetration for water-based consolidants. In general the consolidation of chalk drawings involves a transparency of the chalk during application (saturated) of the consolidant, which vanishes after drying. Two applications of methyl cellulose (0.25%) can already be sufficient for a stabilisation. Six applications provided sufficient strength against rubbing, (Fig. 6).

After consolidation minor changes are visible only under high magnification. In thin coated areas the density of the white layer slightly increased, visible to the eye. But observations on chalk drawings on black board by Tacita Dean have shown that presumably also during the

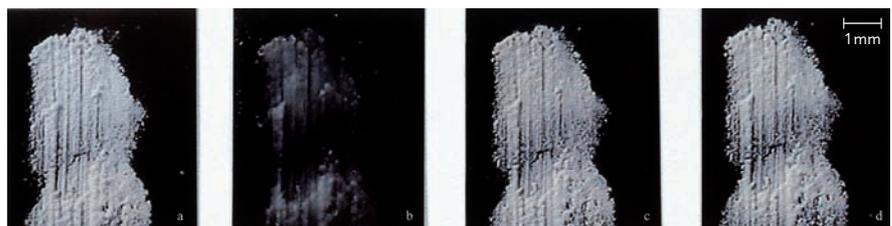


Fig. 6: During its consolidation the chalk becomes transparent (a before, b during consolidation). After the consolidant dries, the original appearance returns (c, two applications). After six applications an increased transparency was noted in thin coated areas (d).

areas of thin white chalk drawing became more transparent in the course of time because of high humidity and air flow (Freemantle 2002).

Examinations using scanning electron microscopy show that methyl cellulose forms bridges binding individual pigment particles together. (Fig. 7) Surplus consolidant gathers at the bottom of the pigment layer. Glossy consolidants produced a smoother surface.

Special care is demanded when consolidating chalk on wood or other support material with strong absorptive capacity. A transparency develops much earlier – after fewer applications – because the consolidants stronger penetrate into the support.

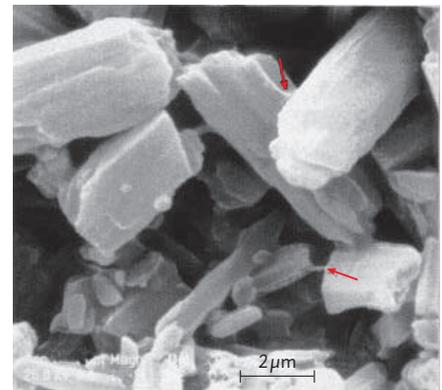


Fig. 7: Methyl cellulose connects the pigment particles through thin bridge-like threads (arrows) according to results gained by Kessler 1997 (here: methyl cellulose 0.25%, six applications).

Consolidation of chalk drawings from an installation by Joseph Beuys

The installation 'voglie vedere I miei montagne' by Joseph Beuys, 1971, from the collection of the Stedelijk Van Abbemuseum in Eindhoven provides chalk drawings on different types of objects: e.g. a wooden bed, a painted cupboard or the back of a mirror were each marked with one word. (Fig. 8)

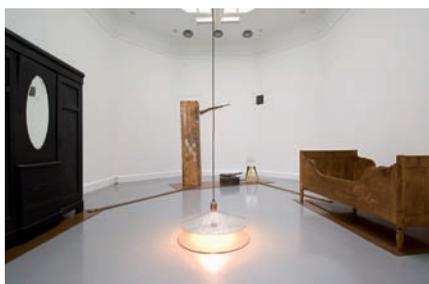


Fig. 8: 'Voglie vedere I miei montagne' by Joseph Beuys, 1971 © VG BILD-KUNST, Bonn 2009 © Collection Van Abbemuseum Eindhoven, The Netherlands, Photo: Peter Cox.

Documents were found showing Beuys himself fixing his own chalk drawings. Consolidation was therefore legitimated and as an act of preventive conservation necessary because of the accessibility of the installation by visitors.

Consolidation was carried out using a 0.25% for light chalk layers and a 0.4% solution of methyl cellulose for stronger chalk layers. Usually consolidation of 3 or 4 applications was sufficient. In order to avoid changes, chalk drawings on absorbent supports were consolidated with as less consolidant as possible. (Figs. 9–12) The consolidation was carried out in cooperation with Lydia Beerkens, freelance conservator at the Stedelijk Van Abbemuseum.



Fig. 9: Application of the misted consolidant during consolidation of the chalk drawing on the cupboard.



Fig. 10: For the chalk drawing on a wooden support a consolidation with two applications of 0.25% methyl cellulose was chosen, because the support is very absorbent. The last letter has not yet dried (detail from Fig. 8).

© VG BILD-KUNST, Bonn 2009.



Fig. 11: Chalk drawing on a small black wooden case before treatment (detail from Fig. 8).

© VG BILD-KUNST, Bonn 2009.



Fig. 12: Chalk drawing after treatment. In this case a treatment of three applications of 0.4% methyl cellulose was chosen, because the support is not very absorbent (detail from Fig. 8).

© VG BILD-KUNST, Bonn 2009.

Conclusion

Ultrasonic misting can be a helpful tool for consolidating matte, powdery paint, especially white chalk drawings. The more friable the painting technique, the more difficult is the treatment. Ultrasonic misting provides high concentration of aerosols at low airstream at the same time. Variations of the application are useful relating to the type of paint layer and its support. Usually several saturated applications of lower concentrated solutions provide best penetration and distribution into thick paint layers. While thin paint layers profit especially from one application with a higher concentration of consolidant. To avoid mechanical stress and indifferent gathering of the consolidant within the paint layer no more applications than necessary should be carried out. The consolidation mainly depends on the characteristics of the paint layer. A thorough investigation of the layers' structure is therefore necessary and tests need to be conducted on similar samples first.

References

Dierks-Staiger, R., Hassel, B., Becker, E., Banik, G. Konsolidierung von Gouachemalerei auf Papier mit Hilfe von Aerosolen, Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung 11 (1997): 276–285.

Freemantle, R. Who's looking after this thing? Unusual items for a paper conservator, AICCM Symposium, State Library of Victoria, Melbourne (2002).

Kessler, A. Anwendung von Aerosolen zur Konsolidierung matter Farbschichten unterschiedlicher Schadensbilder unter Berücksichtigung des Eindringverhaltens des Konsolidierungsmittels, unpublished thesis, State Academy of Art and Design Stuttgart (1997).

Michalski, S., Dignard, C. Ultrasonic misting. Part I: Experiments on appearance, change and improvement in bonding, JAIC 36 (1997): 109–26.

Pataki, A. Einflussgrößen auf den Farbeindruck von pudrigen Malschichten beim Konsolidieren mit Aerosolen, PhD Thesis, State Academy of Art and Design Stuttgart (2006). <http://bibliothek.fzk.de/zb/berichte/FZKA7168.pdf>

Sommermeyer, B. Konsolidierung matter, pudriger Malschichten aus dem Bereich der modernen Kunst. Anwendung ultraschallvernebelter Konsolidierungsmittel, unpublished Thesis, State Academy of Art and Design Stuttgart (1998).

Introduction

In the 1950s, the production of polyurethane-based (PU) products began to become important to private households, replacing latex foam. This previously unknown material with its new, and – at the time – exciting, qualities was also discovered by numerous artists in Europe and the U.S., who used its unique characteristics to create works of art. The range of usage was wide, and still is today: Claes Oldenburg, Gotthard Graubner and Thomas Grünfeld used foam as a filling material for three dimensional pieces. Lynda Benglis (Fig. 1) and César poured pigmented liquid polyurethane foam into moulds, whereas others, e.g. Garry Kuhn and Günther Weseler, left the material exposed in blocks or shaped and coloured it, as John Chamberlain did (Fig. 2).



Fig. 1: L. Benglis “Köln I”, 1970, *Collection Erich Hauser Rottweil*.
© VG BILD-KUNST, Bonn 2010.

Many of the works have either disappeared or are in a condition that makes it impossible to present them to the public in museums. The more I investigated the subject, the more questions arose:

- Why do these materials change their material characteristics and deteriorate through ageing?
- Are there differences in ageing mechanisms?
- Is it possible to slow down these processes?
- Can these works be restored?
- Which materials can be applied?
- Does it make sense to preserve ephemeral art?

“Funburn”

In order to ensure a systematic investigation, numerous artworks were traced, investigated and documented. To investigate the different aspects of conservation, the work “Funburn”



Fig. 2: J. Chamberlain’s “Funburn”, 1969, *black and white photograph taken in the Karl Ströber collection, today: Museum für Moderne Kunst Frankfurt/Main, Inv. No. 1981/7*.
© VG BILD-KUNST, Bonn 2010.

by John Chamberlain, now belonging to the Museum of Modern Art in Frankfurt, was generously offered for investigation by the museum. Chamberlain, who is predominantly associated with his anti-minimal sculptures made from scrap automobile parts, also experimented with polyurethane foam materials in the late 1960s. He was attracted to the “speed” of the material and made a range of coloured and crude sculptures. “Funburn” was made out of two large polyurethane mats twisted together with a strong rope. The original appearance of “Funburn” can be seen in a contemporary photograph (Fig. 2). In 1998, the sculpture was put into storage for a number of years due to its poor condition: The surface had been vandalized by visitors, and surface dirt made the object look unattractive (Fig. 3). The material itself, analyzed by Thea van Oosten at the Instituut Collectie Nederland (ICN), was identified by FTIR as a polyether-based polyurethane (PUR-ET) soft foam. Apart from being less resilient than a newer foam, it was generally in fairly good condition. Consequently, considering conservation treatment for this work seemed reasonable.

Concept and Treatment

The purpose of the conservation treatment was to make it possible for “Funburn” to be presented to the public. The main issues were:

- Cleaning.
- Restoring vandalized areas.
- Long term storage.

Further questions that arose, such as consolidation, were also dealt with to round off the conservation options.

Cleaning

The surface had an aged, yellow-brown to orange shade with a greyish tinge. In some areas, the grey colour – the result of dust and dirt – had penetrated deeper than in others. The discoloration was worse along the edges than on the surface. Triton X-100™, a nonionic detergent, was turned into a foamy cream, using a 1% solution in deionised (DI) water. After spraying the surface with DI-water to facilitate the penetration of the cleaning foam, the latter was applied with a paint roller, working it into the surface with careful motions. After a few minutes the foam was extracted with highly absorbent cardboard, sprayed again, and extracted several more times until the cardboard was clean. The same results were achieved by working on large areas simultaneously.

Consolidation

In the case of “Funburn”, consolidation of the foam did not seem to be necessary. However, numerous other artworks showed crumbling areas, raising the question of how to consolidate the material. The application of a number of aqueous consolidants by ultrasonic misting – such as sturgeon glue, methylcellulose and a polyurethane dispersion – was tested on crumbling foams. A polyurethane-based aqueous dispersion (Impranil™ Bayer) which is used commercially to waterproof leather, was selected for its elasticity, resistance to light and excellent adhesion. It can be applied by ultrasonic misting, diluted to a 10–20% solid. The penetration depth of the consolidant into the PU foam can be made visible by dyeing the dispersion with a black leather dye (Irgaderm™, Figs. 4a and 4b). The increase of elasticity of the aged, crumbling PU-samples was surprisingly good.

Inlaying

Following the successful cleaning tests, restoring the missing parts along the edges and in a few other areas became a greater challenge. A naturally aged polyurethane soft foam (PUR-ET) – yellowed, but chemically identical – was chosen, since the new material would be far too resilient. The outline of the damaged areas was transferred using transparencies, then marked on the foam. Manual training in cutting with fine scissors showed equally satisfactory results. Once the shape was cut and adapted, the question of colouring came up. Retouching in the traditional sense seemed impossible; even spraying created a surface structure that ap-

peared to be too solid. Dying with leather dye offered a possible solution, as polyurethane foams have some similarity to leather in their molecular structure. Leather dye is available in a range of colours from brown to yellow and red – exactly the colours required for “Funburn”. To obtain reproducible results, standard solutions were defined and each inlay was dyed as close to the original colour as possible (Fig. 5).

Storage

Temperature, light and humidity are the most important factors affecting chain scission of polyurethane molecules. Pollutants, both environmental and volatile (low molecular volatile organic components, VOCs), which are released by the PU-foam, must be considered when developing solutions for long term storage. Foam objects must not be stored close to other objects. During their ageing process, derivatives of substances present such as softeners, antioxidants and stabilizers are released as VOCs that could react with materials of objects nearby. It is known that PUR-objects stored in airtight containers, such as Perspex boxes over longer periods of time are in worse condition than those not stored in airtight containers.

An ideal environment would be a nitrogen-filled, airtight and translucent tent or box, with a combination VOC absorbers and Ageless™ oxygen absorbers enclosed in the box (Winkelmeier 2000).

Conclusion

An Artwork made with polyurethane soft foams is ephemeral by nature, but many pieces have survived longer than expected. Thorough documentation and good storage conditions can prolong their life span. Almost ten years after the publication of this thesis, more scientific research has been done on foams, and aspects of my thesis have been critically investigated and advanced. With sufficient funding, available, technology today would probably allow an exact copy of “Funburn” to be produced using 3-D scanning and laser technology, an approach that was impossible at the time.

The conservation of “Funburn” as described was carried out in the Spring of 2000 (Fig. 6). The Museum für Moderne Kunst Frankfurt temporarily displayed the work in its permanent collection. The Chinati Foundation in Marfa, Texas, assembled an exhibition of Chamberlain’s foam works in 2005, followed by a catalogue raisonné of his foam sculptures in 2007.



Fig. 3: “Funburn”, 1998 before treatment, Museum für Moderne Kunst, Frankfurt/Main, Inv. No. 1981/7.
© VG BILD-KUNST, Bonn 2010.



Fig. 6: “Funburn” after treatment in 2000. Museum für Moderne Kunst, Frankfurt/Main, Inv. No.1981/7.
© VG BILD-KUNST, Bonn 2010.

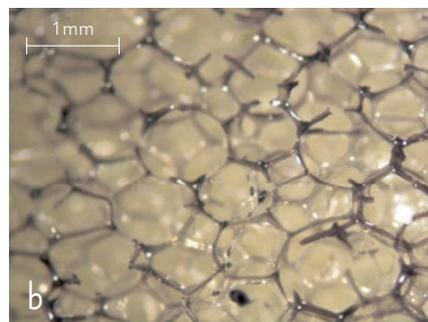
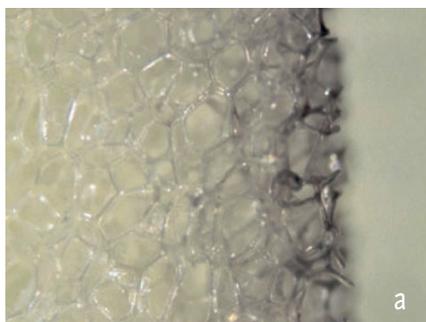


Fig. 4: Polyurethane (ET) foam consolidated with dyed polyurethane dispersion (Imprnail™, Bayer) by ultrasonic misting. The cross section shows that the consolidant penetrates ~2 mm into the structure of the foam, which is exactly the depth to which the material is deteriorated and brittle due to oxidation and light irradiation. By reflected light it becomes apparent that the applied consolidant envelops or coats the cell-bars forming the foam thus providing strength and elasticity.



Fig. 5: Test inlays dyed with Irgaderm™.

References

- Althöfer, H.
Kunst und Kunststoff – Synthetische Materialien in der Restaurierung, Kunststoffe in der Konservierung und Restaurierung von Kulturgütern, Teil III, Seminarunterlagen, 19. – 21. Nov. 1987, SKR, Interlaken (1987): 87–100.
- Dierks-Staiger, R., Hassel, B., Becker, E., Banik, G.
Konsolidierung einer Gouachemalerei mit Hilfe von Aerosolen, Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung 11 (1997): 276–285.
- Kerr, N., Batcheller, J.
Degradation of polyurethanes in 20th century museum textiles, in: Saving the Twentieth Century, Proceedings of a Conference Symposium, Ottawa (1991): 189–206.
- Sommermeier, B.
Konsolidierung pudernder Farbschichten aus dem Bereich der modernen Kunst, unpublished thesis, State Academy of Art and Design, Stuttgart (1998). (see contribution of Barbara Sommermeier).
- Winkelmeier, I.
Zeitgenössische Kunst aus Polyurethanweichschaum: Entstehung – Alterung – Restaurierung – Lagerung, Weiße Reihe des Instituts für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Karl-Werner Bachmann (ed.), Vol. 17, Stuttgart (2000).

Archiv- und Bibliotheksgut

Archive and library materials

Conservation treatment of the Erfurt Bible – State Library Berlin Ms or fol 1210/1211: Investigation on the influence of urea on parchment

Parchment is a leaf like material manufactured from the skin of various mammals, mainly sheep, goat and calf. The manufacturing process includes flaying, rinsing, bathing in an alkaline solution, degreasing, stretching and drying of the skin. This standardised manufacturing process is considered to be traceable since the second century BC. Parchment has mainly been used for writing, since its extreme durability and its many positive characteristics, such as opacity, light colour, high affinity to inks and dyes and a smooth surface on both sides, makes it perfectly suitable for this purpose.

In a first step the freshly flayed skin will be rinsed in clear, usually running water, whilst frequently being moved to either re-hydrate the skin or to remove conserving salts. A subsequent alkaline bath in a constantly rotating tun for a period of 8 to 16 days will then remove hairs and fats, before all remaining muscular and fat tissue can be easily removed mechanically by means of a scraper knife. In a last and crucial step the skin will be stretched onto a wooden frame and is allowed to air dry slowly. Scraping the stretched skin with a sickle causes densification of the skin structure and non-collagen substances are finally removed. The main constituent of parchment is collagen, a complex, fibrous protein that forms the main component of skin, bones, sinews, cartilages, blood vessels and teeth of all mammals.

Parchment is sensitive to some external influences. Warm and very dry storage conditions, extreme heat and sunlight and UV can cause permanent damage to parchment, such as distortion, brittleness and discoloration. Water, without allowing the parchment to dry under tension, can cause similar damage. In addition water might cause gelatination.

The Erfurt Bible Ms or fol 1210/1211 of the State Library Berlin shows such damage caused by extreme heat and water. The two volumes of the 1348 parchment manuscript, with a total of 1126 leaves and a format of 629×470 mm is heavily distorted and discolored and pages are stuck together due to heat and water damage by fire during World War II (Fig. 1).

A potential conservation treatment to soften and separate hardened and brittle parchments would be the application of water or alcohol based solutions of urea in concentrations of c. 3–10% (% w/w). This method, although frequently criticized, has been in use since the early 1960s. In principal urea is able to cause structural alterations to collagen. It can break down hydrophobic as well as hydrogen bonds that stabilise the tertiary structure of collagen. Using available free valence electrons, urea can then

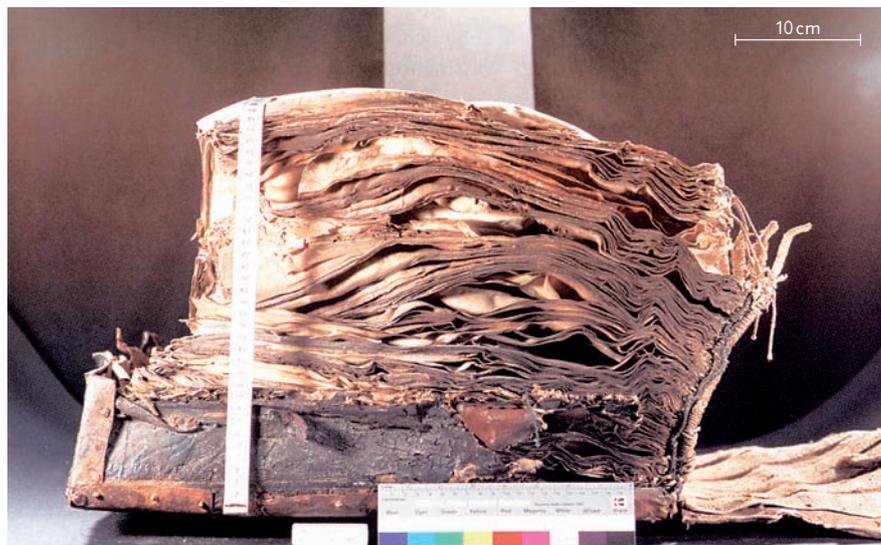


Fig. 1: Ms or fol 1211 before conservation treatment. © Staatsbibliothek zu Berlin, Orientabteilung.

build hydrogen bonds within the collagen structure. Depending on concentration, temperature and treatment duration, urea finally is able to break down covalent bonds and to denaturise the collagen structure completely. This can be seen in a significant reduction of the shrinkage temperature (T_s) (Gustavson 1956).

However, shrinkage temperature measurements using the micro hot table method (Vest, Larsen 1999), immediately after treatment and following artificial ageing, demonstrated that moderate treatment conditions do not alter the parchment structure if the urea solution is not warmer than 20°C and the concentration is not higher than 10% (% w/w). With respect to these findings it can therefore be said that a lasting damage is not expected for documents treated in such a way.

To understand the penetration properties of urea solutions applied on parchment and the homogeneity of the urea application, Raman spectroscopic analysis and photo thermal investigations have been carried out.

Raman spectroscopy is a spectroscopic technique used to study vibrational, rotational, and other low-frequency modes in a chemical system. Very often combined with other examination methods such as infra red spectroscopy, Raman spectroscopy is able to create a “fingerprint” of chemical bonds. The Raman effect occurs when light, usually a monochromatic laser beam, impinges upon a molecule and interacts with the electron cloud of the bonds of that molecule. The incident photon excites one of the phonons into a virtual state. For the spontaneous Raman effect, the molecule will be excited from the ground state to a virtual energy state, and relax into a vibrational excited state, which generates Stokes Raman scattering. If the molecule was already in an elevated vibrational energy state, the Raman scattering is then called anti-Stokes Raman scattering.

Comparing the spectra of both sides of a parchment treated with a urea solution on one side only, it becomes obvious from the Amid 1 peak that the solution was not able to penetrate the parchment (Fig. 2).

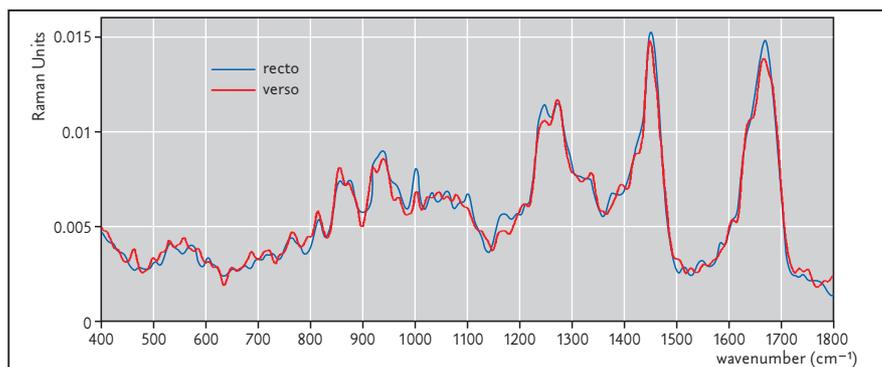


Fig. 2: Raman spectra of front and back of a parchment sample treated with urea on one side only.

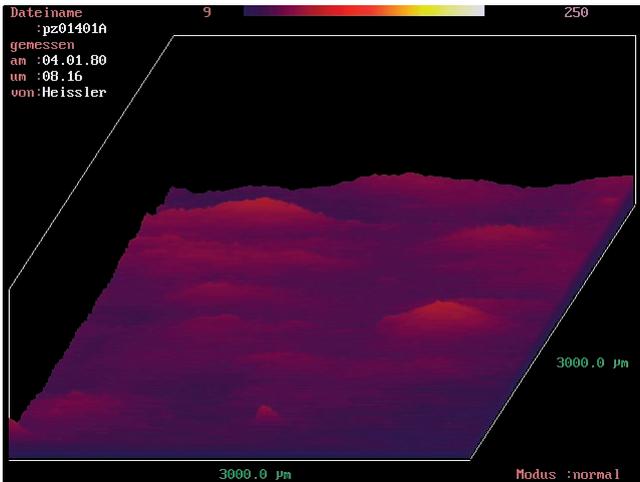


Fig. 3: Photo thermal photograph of an untreated sample.

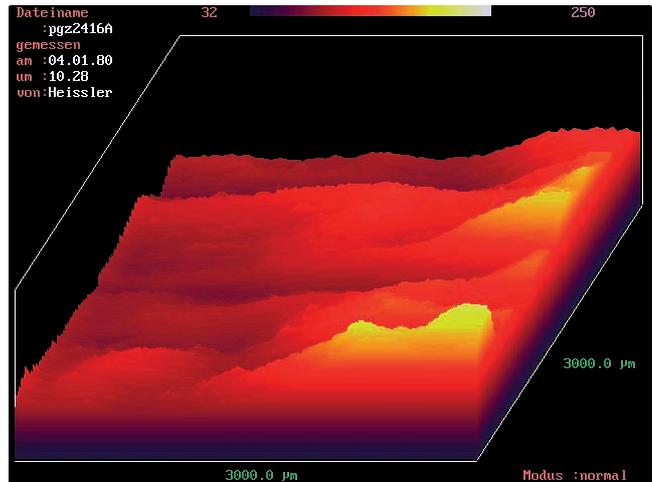


Fig. 4: Photo thermal photograph of a treated sample.



Fig. 5: Ms or fol 1211, 1A/8B before treatment; note the heavy discolourations and losses through gelatination. © Staatsbibliothek zu Berlin, Orientabteilung.



Fig. 6: Ms or fol 1211, 1A after treatment. © Staatsbibliothek zu Berlin, Orientabteilung.

In addition photo thermal analysis demonstrated that the urea appearance on the surface is not homogeneous (Figs. 3 and 4). Apart from uneven application this phenomenon could be explained through irregular crystallization processes during evaporation of the solvent. Crystal nuclei can emerge due to the asperity of the parchment surface, where further crystallization can be amplified. This phenomenon is even more apparent, when drying takes place between blotters. Microscopic examinations with translucent light clearly showed the crystallization on the surface. Positive results of urea treatments on brittle parchment are therefore more likely to be ascribed to the effect of the solvent, water or water/ethanol solution, extremely high concentrations or very long treatment duration, e. g. in a bath, rather than to the effect of urea.

Hence, for the conservation treatment of the Erfurt Bible MS or. Fol. 1210–11 urea or any other softening agents have not been used. It became apparent that controlled humidification in a Gore-Tex™- sandwich was efficient enough to humidify even hornlike areas of the damaged parchment and to separate heavily blocked parts of the book block. A satisfying increase in flexibility could be achieved through a controlled humidification, tensioning and extensive drying process. Deformations could be successfully removed and even a decrease of the discolouration is noticeable (Figs. 5 and 6) (Vervoort et al. 2001).

References

- Gustavson, K. H. *The chemistry and reactivity of collagen*, Academic Press, New York (1956).
- Vervoort, J., Bartelt, E., Faubel, W., Heißler, S., Willin, E., Pataki, A., Banik, G. *Möglichkeiten zum Weichen brand- und wassergeschädigter Pergamente – Untersuchungen zum Einfluss von Harnstoff und die Restaurierung der Erfurter Bibel Ms or fol. 1210/11 der Staatsbibliothek zu Berlin – Preussischer Kulturbesitz, Forschungszentrum Karlsruhe, Technik und Umwelt – Wissenschaftliche Berichte FZKA 6521, Karlsruhe (2001).*
- Vest, M., Larsen, R. *Studies of changes in the shrinkage activities of leathers and parchments by micro hot table method (MHT), in: methods on the analysis of the deterioration of collagen based historical materials in relation to conservation and storage – Advanced Study Course, July 1999, School of Conservation, Royal Danish Academy of Fine Arts; Preprints; European Commission. Directorate-General XII. Environment and Climate Programme (ed.), Copenhagen (1999): 143–150.*

Holzdeckel- Konservierungseinband nach J. A. Szirmai

Das Ziel der Buchrestaurierung ist ein Instandhalten und -setzen des Buchblocks und Einbands, unter Erhaltung der Originalsubstanz, soweit es möglich ist. Bei abgebautem, geschwächtem oder minderwertigem Material kann dies problematisch werden, da ein Buch primär ein Gebrauchsgegenstand ist. Es gibt auch Bände deren Schäden auf eine fehlerhafte Konstruktion zurückzuführen sind. So müssen in speziellen Fällen bestimmte Bestandteile erneuert, oder aber das Buch völlig neu gebunden werden.

Bünde und Rückenbearbeitung

Bünde und Heftung sind die zentralen Elemente des Buchmechanismus', da auf ihnen die Hauptlast der mechanischen Manipulation liegt. Mit dem Lagenrücken und dem Überzugsmaterial bilden sie eine Biegeschicht, die beim Öffnen des Buches mit rundem Rücken starken Kräften ausgesetzt wird. Diese Biegeschicht sollte so dünn wie möglich gehalten werden. Durch das traditionelle Ableimen des Rückens mit Kleister oder Tierleim wird eine zusätzliche Schicht aufgebracht, die versprödet und besonders bei Pergamentbänden zu starken Schäden führt.

Rückenform

Die Rundung des Buchrückens kommt während der Entwicklung des mittelalterlichen gotischen Einbands auf. Zuvor war der Rücken gerade, was ein Öffnen des Buches im Winkel von 180° ermöglicht (Abb. 5). Beim gerundeten Rücken ist das Öffnen von einer Vielzahl von Faktoren abhängig (Abb. 4).

Die Rückenform trägt maßgebend zur Stabilität der Buchform bei. Die Stärke der Rundung wird auch durch die Steigung bestimmt, die durch das Heften entsteht (Abb. 6).

Ausgehend von der Rückenform und der Anbringung der Deckel, lässt sich der Buchblock leicht oder schwer öffnen (Abb. 7).



Abb. 2: Holzdeckel-Konservierungseinband mit hohlem Rücken (Mustereinband).



Abb. 3: Holzdeckel-Konservierungseinband mit abgestepptem Kapital (Mustereinband).



Abb. 1: Verschiedene Konservierungseinbände: von links nach rechts: Viertelfalz-Einband nach Szirmai; 3 Holzdeckel-Konservierungseinbände; vorne: flexibler Pergamenteinband nach Christopher Clarkson.

Einsatz:

- Wenn der Originaleinband verloren gegangen ist.
- Wenn der Einband nicht sinnvoll restaurierbar ist.
- Wenn am Inhalt Schaden verursacht wird.

Aufgaben eines Konservierungseinbands:

- Schutz des Buchblocks.
- Gewährleistung einer optimalen Buchfunktion.
- Problemlose Trennung von Buchblock und Einband.
- Kostengünstige Anfertigung.
- Frei von Dekor und „ästhetisierenden“ Zugaben.

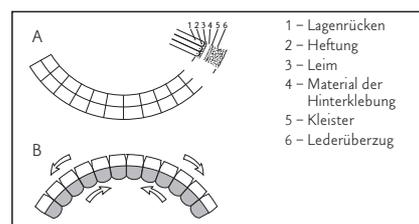


Abb. 4:

- A: Biegeschicht eines Buches mit rundem Rücken in Ruhezustand, schematisch eingeteilt in die innere Spannungsschicht und die äußere Kompressionsschicht;
 B: Wenn das Buch geöffnet wird und die Biegeschicht aus der konvexen zur konkaven Form übergeht, treten Zugspannungen in der inneren und Kompression in der äußeren Schicht auf (nach Szirmai).

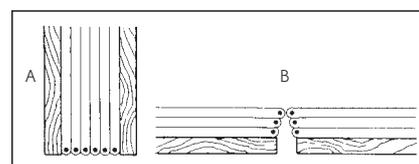


Abb. 4: Der Einband mit geraden Rücken (A) ermöglicht ein flaches Öffnen des Buchblocks (B) (nach Szirmai).

Durch die Ende des 19. Jh. einsetzende Erforschung und Untersuchung der Einbandtechniken, hat man bei den unterschiedlichen Bindarten Fehler und Mängel, aber auch einige bewährte Techniken entdeckt. Basierend auf der Flutkatastrophe von Florenz, 1966, wurden aus den zusammengetragenen Ergebnissen verschiedene Typen des Konservierungseinbands entwickelt. Darunter auch der Holzdeckel-Konservierungseinband, der im Besonderen von J.A. Szirmai und R. Espinosa vorgestellt wird. Dieser Einbandtyp enthält Komponenten des deutschen Einbands des 16. Jahrhunderts.

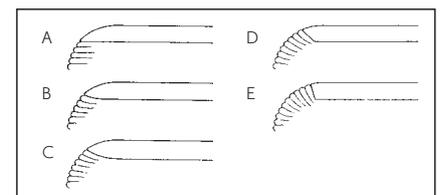


Abb. 6: Verschiedene Kombinationen von Rückenform und Deckelkantenprofil bei gotischen Einbänden (nach Szirmai).

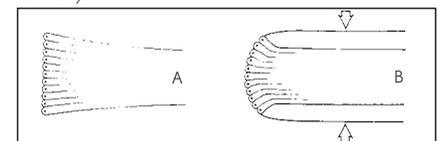


Abb. 7: A: Durch die Gesamtmasse des Heftzwirns hat der Rücken des Buchblocks eine Steigung bekommen. B: Die erhöhte Rückenbreite fügt sich spontan in eine dauerhafte Rundung und bekommt Schulter, wenn der Buchblock zwischen den Deckeln mit dem entsprechenden Innenprofil eingepresst wird.



Abb. 8: Die eingeklemmten Außenlagen (A) müssen erst befreit werden, bevor der Rücken (B) sich aus der Rundung hervorheben kann (nach Gurbat 1929).



Aufbau

Buchblock

Die Vorsatzlagen bestehen aus 3–4 Doppelblättern, die mit einem lose umgehängten Innenfalz aus Airoinnen oder Tyvek verstärkt sind. Sie werden dem Buchblock vorgeheftet und bekommen außerdem noch einen lose umgehängten Flügelfalz aus Tyvek oder werden mit Japanpapier kaschiertem Airoinnen umgehängt (Abb. 1). Da die Deckel keine vorstehenden Kanten haben, wird für die Kapitalbünde ein Eckschnitt angebracht.

Bünde

Die Beschaffenheit der Bünde spielt in der Buchstruktur eine zentrale Rolle. Es werden (für geringeren Biege- und Widerstand) weiche Doppelbünde aus Hanf- oder Leinenkordel verwendet, die eine Dicke von 2–3 mm nicht übersteigen sollten (Abb. 2).

Heftung

Es wird eine Integralheftung vorgenommen, dabei werden die echten Kapitalbünde gleich beim Heften bearbeitet. Als Heftarten eignen sich die Rundbogen- oder auch die Fischgrätheftung (Abb. 3, 4). Für eine stärkere Steigung wird ein Leporellofalz mitgeheftet (Abb. 5). Der Buchrücken bleibt klebstofffrei. Dies reduziert die Spannungsschicht, ermöglicht größere Bewegungsfreiheit und der Einband kann problemlos vom Buchblock getrennt werden.

Abgestepptes Kapital

Um den Rückenraum zu schließen und das Kapital zu schützen, wird dieses abgestept. Dazu wird das überstehende Rückenleder über das Kapital gelegt, abgestept und anschließend das überflüssige Material mit einem scharfen Messer über dem Schnitt abgeschnitten (Abb. 6, 7).

Schließe

Besonders an Pergamenthandschriften und für alte Drucke muss an den Deckeln eine Schließe angebracht werden, um den Buchblock unter konstantem Druck zu halten und damit eine Verwellung des Buchblocks zu verhindern. Dazu wird eine dreieckige Öse aus Messingdraht in eine Lederschleife gehängt, welche in einer Einkerbung am unteren Deckel angenagelt wird. Der Dorn besteht aus einem zurechtgeschliffenen Messingnagel, der in die Vorbohrung an der Vorderkante des oberen Deckels geschlagen wird (Abb. 8).

Deckel

Die Deckel haben an Kopf und Fuß keine Kanten, nur am Vorderschnitt bleiben Kanten. Damit wird bei senkrechter Aufbewahrung eine Senkung des Buchblocks verhindert. Die Deckel werden dem Buchblock am Rücken mit einer leichten Schulter angepasst. Um die Form etwas zu stabilisieren, werden Buchblock und Deckel für einige Zeit eingepresst.



Abb. 9: Vorsatzlagenkonstruktion:
1 Tyvek oder mit Japanpapier kaschiertes Airoinnen
2 Lagen
3 Innenfalz aus Airoinnen oder Tyvek
4 Heftfaden

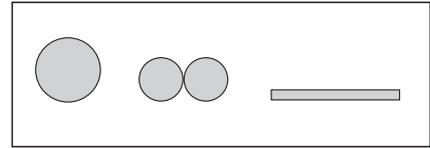


Abb. 10: Querschnitt einer Kordel mit identischer Masse, die als Einzelbund (Ø 6 mm), als Doppelbund (je 4,2 mm) oder aufgefaserter Band (1 x 12 mm) zur Anwendung kommt (nach Conroy 1987).

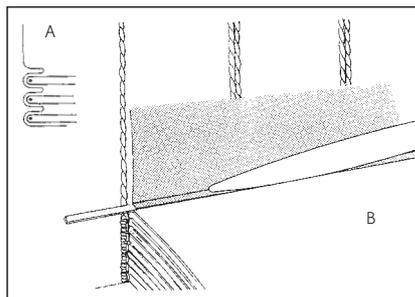


Abb. 11: Querschnitt des Leporellofalzes (A); mittels eines Schrenzstreifens wird für jede Lage mit dem Falzbein ein Fälzchen geformt (B).



Abb. 12: Heftung. links: Rundbogenheftung, rechts: Fischgrätheftung mit Leporellofalz.

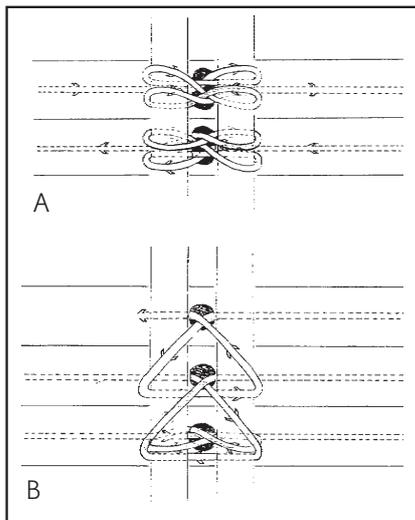


Abb. 13: Heftung. Schematische Darstellung, A: Rundbogenheftung, B: Fischgrätheftung.



Abb. 14: links: abgestepptes Kapital; rechts: echter Kapitalbund, das Leder ist am Rücken eingeschlagen.



Abb. 15: geöffneter Konservierungseinband mit abgestepptem Kapital.



Abb. 16: Holzdeckelband mit Schließe am Vorderschnitt.

Literatur:

Szirmai, J.A.
Der Holzdeckeleinband, Teil 1, *Restauro* 105 (1999): 44–51.

Espinosa, R.
Specifications of a hard-board laced-in conservation binding, *The Book and Paper Group Annual*, Vol. 6 (1987): 25–49.

Graphikkästen am Kupferstichkabinett der Staatlichen Museen zu Berlin

Einleitung

In graphischen Sammlungen werden zur dauerhaften Aufbewahrung von Handzeichnungen und Druckgraphik geschlossene Kästen verwendet, die meist gleichartigen Konstruktionsprinzipien folgen (Abb. 1). Die Kästen bestehen aus einem Kern aus Sperrholz oder Hartpappe, sind mit Bibliotheksleinen bezogen und heute mit säurefreiem Archivkarton ausgekleidet. Verleimt werden die Komponenten mit einem Kunstharzdispersionsklebstoff auf Basis von Polyvinylacetat. Die Kästen sollen die Objekte vor Klimaschwankungen, äußeren mechanischen Einwirkungen sowie vor Verunreinigungen der Raumluft, wie Staubpartikel und atmosphärischen Pollutanten, schützen.

Leicht flüchtige organische Schadstoffe VOCs

Im Verlauf ihrer natürlichen Alterung entstehen in vielen organischen Werkstoffen, darunter in Holz, Papier, Textilien und einigen synthetischen Klebstoffen, niedermolekulare Abbauprodukte, die sie bei Raumtemperatur in die Umgebungsluft abgeben. Sie werden als volatile organic compounds (VOCs) bezeichnet. Von diesen werden Aldehyde, darunter Formaldehyd und Acetaldehyd sowie Carbonsäuren, wie z. B. Essigsäure, als kritisch für die Beständigkeit von Kulturgut auf Papier, Pergament, Leder, von Farbmedien sowie einigen Metallen angesehen. Obwohl diese VOCs nur in geringen Konzentrationen abgegeben werden, reichern sie sich mit der Zeit in dichten Umhüllungen an und stellen für die darin befindlichen Gegenstände ein Gefährdungspotential dar. Daher wurden mit dem Oddy Test und zusätzlich mit Acid Detection (A–D) Strips die Materialien überprüft, die VOCs in den Innenraum des Kastens emittieren können. Getestet wurden das Sperrholz, der Klebstoff und der Archivkarton. Zusätzlich wurde noch ein Dummy untersucht, bei dem alle drei Materialien ähnlich wie im Graphikkasten miteinander kombiniert waren. Die Testverfahren ermöglichen keine Identifizierung oder Quantifizierung der emittierten Schadgase, geben aber ausreichende Anhaltspunkte zur Entwicklung der Schadgasbelastung in der Luft. Bei der Beurteilung der Resultate sollte nicht übersehen werden, dass auch die eingelegten Objekte VOCs emittieren. Insbesondere holzschliffhaltige Papiere und Kartons, die seit Mitte des 19. Jhs Eingang in Sammlungen fanden, sind davon betroffen.



Abb. 1: Graphikkasten des Kupferstichkabinetts Berlin.

Oddy Test

Bei dieser Methode wird das zu testende Material jeweils mit einem Metalldetektor aus Blei, Kupfer oder Silber in einem luftdicht verschlossenen Gefäß platziert. Um darin eine hohe relative Feuchte zu erzielen, wird zusätzlich ein Behältnis mit ca. 1ml Wasser mit eingeschlossen. Der Metalldetektor hängt ohne das Probenmaterial zu berühren im Gasraum des Probehalters (Abb. 2). Der Test erfordert eine 28-tägige Wärmebehandlung des Probesets bei 60°C.



Abb. 2:
In Probengefäße eingehängte Indikatormetalle.

Die unterschiedlichen Korrosionserscheinungen an den Metalldetektoren geben Hinweise darauf, welche Schadgase die Materialien abgeben:

- Blei – organische Säuren und Aldehyde
- Kupfer – schwefelhaltige Verbindungen, Chloride und Oxide
- Silber – schwefelhaltige Verbindungen



Abb. 3:
Korrosion an Bleiplättchen verursacht durch Ausgasung von Essigsäure aus Sperrholzspänen.

Der Archivkarton verursachte erwartungsgemäß bei keinem der drei Metalldetektoren Korrosion. Das Sperrholz und der Klebstoff führten hingegen zu deutlichen Befunden an den Bleiplättchen (Abb. 3). Daraus kann geschlossen werden, dass sowohl Sperrholz als auch der Klebstoff unter den Versuchsbedingungen Schadstoffe emittieren. Es handelt sich dabei vermutlich um Essigsäure, wie durch einen zusätzlichen Indikatortest mit A-D-Strips gezeigt werden konnte. Die Materialkombination zeigte aufgrund der abschirmenden Wirkung der Archivkartonhülle ein deutlich abgeschwächtes Korrosionsbild am Bleidetektor.

Wasser als Schadensverursacher

Nach Tétreault (2003) muss auch Wasser zur Gruppe der durch Luft übertragbaren Substanzen gezählt werden, die ein Gefährdungspotential für hygroskopische Materialien – dazu zählen solche auf Cellulosebasis – aufweisen. Wasserdampf in rasch zyklisch schwankenden Konzentrationen kann die hydrolytische Spaltung von Cellulose verursachen wie Bogaard und Whitmore (2006) gezeigt haben. Grafikkästen stehen in ständigem Austausch mit der sie umgebenden Atmosphäre. Die Konstruktionsmaterialien gewährleisten kein stabiles, von der Umgebung unabhängiges Mikroklima im Innenraum. Deshalb ist es wichtig, für eine stabile Klimatisierung der Sammlungs- bzw. Depoträume zu sorgen. Eine Graphikkassette kann starke externe Feuchtigkeitsschwankungen gut dämpfen. Ihre Übertragung erfolgt durch Diffusion und kann bis zum Erreichen eines Gleichgewichts 14 Tage benötigen. Hingegen werden externe Temperaturschwankungen überraschend schnell mit einer Verzögerung von weniger als 30 Minuten in den Innenraum eines Graphikkastens übertragen. Zyklische Temperaturschwankungen in rascher Folge sind kritisch, weil sie das wiederholte Aufnehmen und Abgeben von Feuchtigkeit durch das eingeschlossene Sammlungsgut erzwingen, das dadurch physikalisch und chemisch geschädigt werden kann. Dies wurde an Papierobjekten und deren Passepartouts als sichtbare Verbräunung beobachtet (Hofenk de Graaff 1994). Die Fähigkeit von Schutzhüllen, externe Temperaturschwankungen weitgehend zu dämpfen spielt für die Verhinderung dieser Schadensphänomene eine entscheidende Rolle.

Zur Simulation der Auswirkungen von externen Temperaturwechseln auf das eingeschlossene Sammlungsgut wurden ein Graphikkasten mit Passepartouts aus Wellkarton mit einer Fentertiefe von 0,5 mm befüllt. In der Mitte des Stapels wurde ein Sensor im Zentrum eines Passepartoutfensters angebracht (Abb. 4). Damit konnten Temperatur und relative Feuchte im Stapel kontinuierlich erfasst werden. Der Kasten wurde nach Vorkonditionierung im Normklima gemäß DIN EN 20187 verschlossen und im Anschluss 21 Tage in einem Klimaschrank Temperaturschwankungen zwischen 23°C und 60°C in einem Zyklus von drei Stunden ausgesetzt (Abb. 5). Die relative Feuchte

keit in der Klimakammer schwankte gerätbedingt zwischen 55% und 70%.

Im Verlauf der dynamischen Klimabelandlung verringert sich als Folge der zyklischen Wasserab- und -desorption die Wasseraufnahmekapazität der eingelegten Wellkartons. Dies zeigt sich im Temperatur-Feuchte-Diagramm einerseits am kontinuierlichen Anstieg der relativen Feuchtigkeit im Passepartoutfenster, andererseits in der kontinuierlichen Reduktion der Wassermenge, die bei steigender Temperatur desorbiert wird und bei fallender Temperatur durch den Wellkarton wieder absorbiert wird. Die Größenordnung der zyklischen Wassersorption wird durch die Höhe der Amplituden

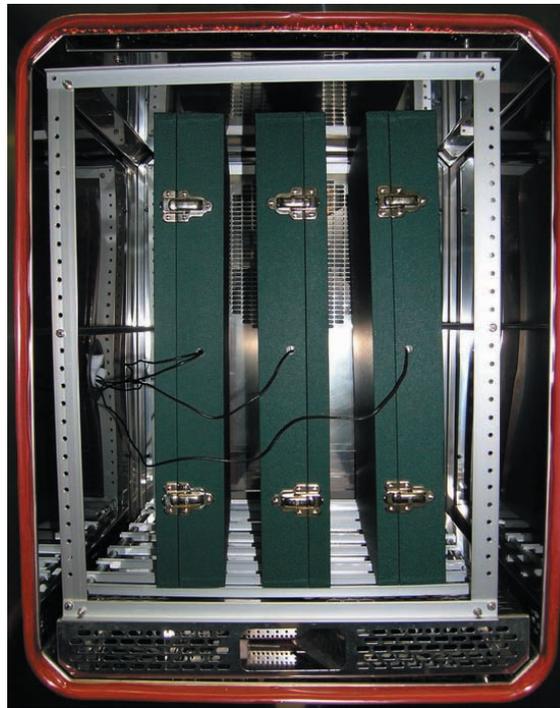
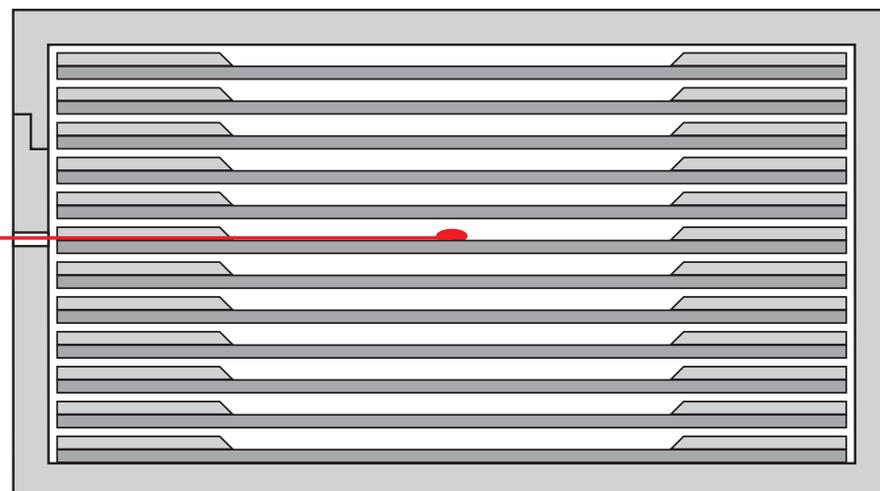


Abb. 5:
In den Klimaalterungsschrank
eingestellte Graphikkästen mit
eingeführten Sensoren zur
Aufzeichnung von Temperatur
und Feuchte.



der Feuchte-Zeitkurve beschrieben, die zu Beginn Schwankungen der relativen Feuchte von 9% anzeigt und bereits nach 72 Stunden auf 5% reduziert ist (Abb. 6). Aus diesen Messungen lässt sich auf eine zunehmende Verdichtung der Cellulosestruktur schließen, möglicherweise durch Bildung zusätzlicher Wasserstoffbrücken zwischen den Celluloseketten.

Abb. 4: Stapelaufbau von Wellkarton-Passepartouts im geschlossenen Graphikkasten. Der Feuchtigkeits- und Temperatur-Sensor (rot) befindet sich im Zentrum des Stapels (Knop et al. 2008).

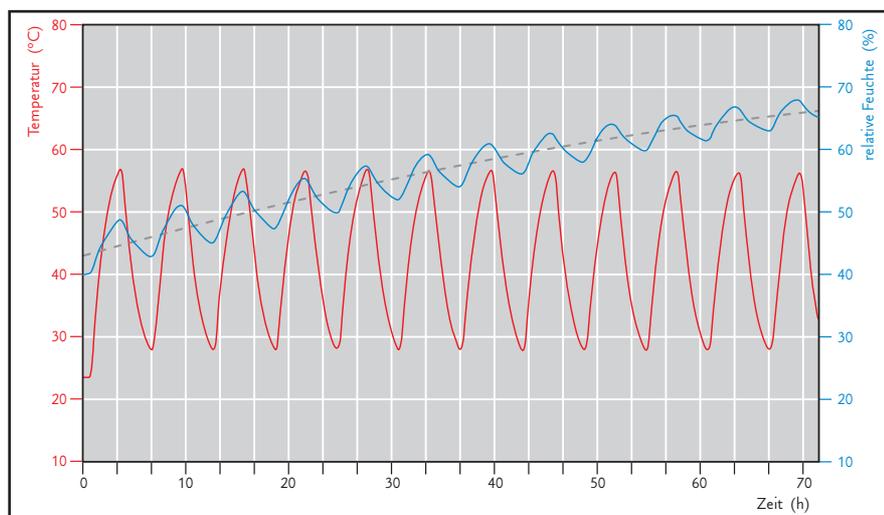


Abb. 6: Verlauf von Temperatur (rot) und relativer Feuchte (blau) gemessen über 72 Stunden im Fenster eines Wellkarton-Passepartouts im geschlossenen Graphikkasten (Abb. 4). Der Kasten wurde in dem Klimaschrank (Heraeus Vötsch, HC0020) Temperaturschwankungen zwischen 23°C und 60°C in einem Zyklus von drei Stunden ausgesetzt (Knop et. al. 2008).

Möglich sind auch Oxidationsreaktionen. Offensichtlich werden mehr und mehr Positionen im Molekülverband der Cellulosefasern für die Aufnahme und Fixierung von Wassermolekülen blockiert.

Eine Verbräunung der Probenpapiere und der Kartons trat bei den Versuchsbedingungen nicht ein. Unter UV-Strahlung (320–380 nm) zeigte sich jedoch eine geringfügig erhöhte Fluoreszenz.

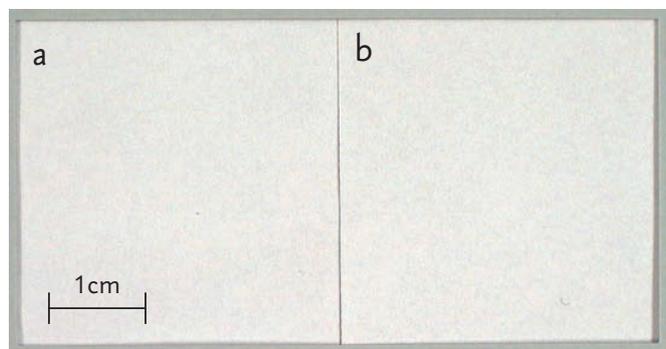


Abb. 7: Optisches Erscheinungsbild des Probepapiers bei Tageslichtbeleuchtung
a unbehandelte Referenz
b nach 120 Stunden zyklischer Temperaturalterung in der Klimakammer
Eine Verfärbung des Papiers ist nicht eingetreten.

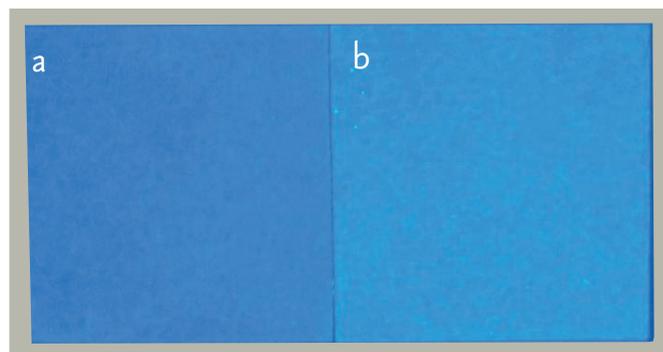


Abb. 8: Optisches Erscheinungsbild des Probepapiers unter UV-Beleuchtung (320–380 nm)
a unbehandelte Referenz
b nach 120 Stunden zyklischer Temperaturalterung in der Klimakammer zeigt sich eine schwache Fluoreszenz, die sich durch den helleren Blauton manifestiert.

zenz eines in das Passepartout eingelegten Testpapiers, die meist auf Oxidationsreaktionen an der organischen Matrix zurückgeführt wird (Abb. 7 und 8). Eine Erklärung für diesen Effekt durch nachweislich ablaufende chemische Mechanismen steht noch aus.

Zusammenfassung

Graphikkästen erfüllen viele der an sie gestellten Ansprüche. Ein Optimierungsbedarf ist aber in zweifacher Hinsicht gegeben: In der Verwendung von nur solchen Konstruktionsmaterialien, die nachweislich keine leicht flüchtigen organischen Schadstoffe an die Atmosphäre abgeben. Das erfordert den Verzicht auf Sperrholz für die Kastenwände und auf Klebstoffe auf Basis von Polyvinylacetat. Die Gewährleistung einer schadstoffarmen Atmosphäre würde bei befüllten Kassetten durch Einbau von Schadstoffabsorbent erleichtert werden.

Nachdem die Temperatur der entscheidende Faktor für die Stabilität des Wassergehalts hygroskopischer Materialien – z. B. von Sammlungsgut auf Cellulosebasis – und damit auch deren Langzeitstabilität ist, sollten nur Konstruktionsmaterialien eingesetzt werden, die eine gute Wärmedämmung garantieren.

Literatur

British Museum, Occasional Paper 111, Selection of materials for the storage or display of museum objects, London (1996): 18–20.

Bogaard, J., Whitmore, P.M. Explorations in the role of humidity fluctuations in the deterioration of paper, in: Works of Art on Paper, Books, Documents and Photographs – Techniques and Conservation, Conference Papers to the IIC Conference Baltimore, IIC, London (2002): 11–15.

Hofenk de Graaff, J. Browning. Research into the cause of browning of paper mounted in mats, in: Contributions of the Central Research Laboratory to the field of conservation and restoration, Amsterdam (1994): 21–42.

Knop, A., Banik, G., Schade, U., Brückle, I. Paper and board in closed boxes: Alteration of water sorption capacity during cyclic temperature changes, Restaurator 28 (2007): 218–224.

Knop, A. Die Sammlung Marzona am Kupferstichkabinett Berlin – Konservierung und Bestandserhaltung, unpublizierte Diplomarbeit, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart (2007).

Tétrault, J. Airborne pollutants in museums, galleries and archives: Risk assessment, control strategies and preservation management, CCI, Ottawa (2003).

Einleitung

Die Calciumphytat-Calciumhydrogencarbonat-Behandlung tintenfraßgeschädigter Dokumente bewirkt nachweislich die Inhibierung der Schädigung von Eisengallustinten auf Papier (Henninges und Potthast 2008). Sie kann nur in wässriger Phase angewendet werden und ruft Materialveränderungen hervor, die vor allem in Bezug auf die Komponenten der Tinte auch gewünscht sind. Jede wässrige Behandlung von tintenfraßgeschädigten Objekten ist aber mit erheblichen Behandlungsrisiken verbunden. Sie betreffen die Entstehung von Rissen im Schriftbereich und das Ausbluten löslicher Bestandteile der Tinten.

Für eine risikoarme praktische Umsetzung wurde der Arbeitsablauf der wässrigen Calciumphytat-Calciumhydrogencarbonat-Behandlung in acht standardisierte Behandlungsschritte aufgliedert. Deren Einhaltung ist für eine kontrollierbare wässrige Intervention unabdingbar, d. h. für die Wirksamkeit gegenüber dem Schadensbild und für die zuverlässige Minimierung der Behandlungsrisiken. Neben der exakten Einhaltung des dargestellten Arbeitsablaufs sind eine perfekte manuelle Beherrschung der Arbeitstechnik und präzise Kenntnisse der materiellen Beschaffenheit der Objekte weitere notwendige Voraussetzungen für qualitätsvolle Resultate.

Arbeitsablauf

Der Behandlung wurden standardisierte Voruntersuchungen am Original zur Charakterisierung der Tinten sowie des Benetzungsverhaltens und des Quellverhaltens (Abb. 1) der beschrie-

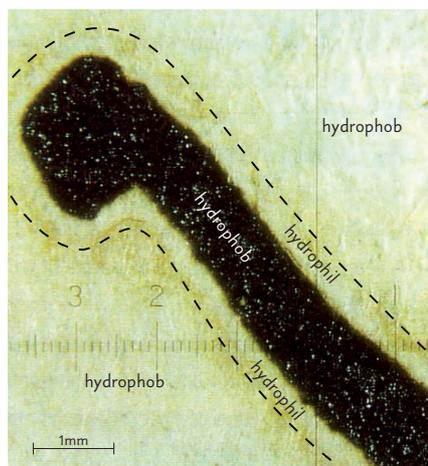


Abb. 1: Gealterte Eisengallustinte auf Papier; der leicht verfärbte tintennahe Bereich ist hydrophil und quillt bei einer wässrigen Behandlung stärker und schneller als die hydrophoben Papierbereiche unter dem Tintenauftrag sowie die Bereiche des ungeschädigten Papiers. Im bereits geschwächten Schriftbereich kann es durch die entstehenden Spannungen zu Rissbildungen kommen.

benen und unbeschriebenen Papierbereiche vorangestellt. Auf sie wird in diesem Beitrag nicht eingegangen, vgl. dazu Huhsman und Hähner (2008).

Der Arbeitsablauf der Calciumphytat-Calciumhydrogencarbonat-Behandlung besteht aus acht aufeinander folgenden Behandlungsschritten. Zur Vermeidung der genannten Nebenwirkungen erfolgt die Behandlung bis zur Trocknung auf einem Siebrahmen, der mit einer feinen und wasserdurchlässigen Siebdruckgaze straff bespannt ist. Die hohe Spannung des Trägersiebs garantiert die Planlage des Objekts während der gesamten Nassbehandlung. Er ist gleichzeitig ein Hilfsmittel zur Durchführung der Double-Screen-Bathing-Methode (Stirton 1987), die als Behandlungstechnik zum Einsatz kommt. Als Unterlage für das Objekt wird vom ersten Behandlungsschritt an ein Viskosevlies vom Typ Paraprint OL60 verwendet. Dieses Kapillarsvlies wurde 2001 in die Papierrestaurierung eingeführt. (Kirchner 2001). Das Material weist eine hohe mechanische Stabilität auf und besitzt ein beträchtliches Diffusionsvermögen für Wasser im gequollenen Zustand und kann gelöste Substanzen durch seine Kapillarität gezielt aus dem Objekt abführen (Abb. 2). Für die Verhinderung irreversibler Migrationen von Tintenkomponenten in benachbarte Papierbereiche während der Behandlung hat es entscheidende Bedeutung (Huhsman und Hähner 2007).

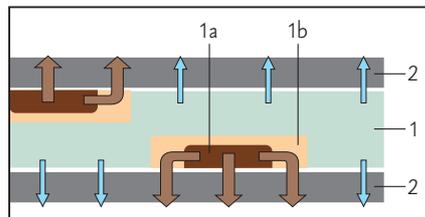


Abb. 2: Schema der Wanderung löslicher Tintenkomponenten aus dem Objekt (1) in die beidseitig aufliegenden Paraprint OL60 Vliese (2) und schließlich in ein Behandlungsbad – hier nicht dargestellt. Durch die kapillare Wirkung des Viskosevlieses werden gefärbte Komponenten aus dem Tintenauftrag (1a) bzw. gering- oder ungefärbte Substanzen aus den Bereichen unmittelbar neben dem Tintenauftrag (1b) in die Vliese gezogen und abtransportiert. Auf den Vliesen werden daher Verfärbungen sichtbar.

Außerdem wird das Objekt im feuchten Zustand durch die Oberflächencharakteristik des Vliesmaterials (Abb. 3) in Position und plan gehalten, weil es sehr gut darauf haftet. Am Ende der Benetzung (Schritt 2, Abb. 5) wird es mit einem zweiten Vlies abgedeckt und verbleibt in diesem Sandwich bis zum Abschluss der Trocknung. Das Objekt ist somit auch vor mechanischer Belastung geschützt. Die Vliese lassen sich erst nach abgeschlossener Trocknung (Schritt 8) wieder von der Objekt Oberfläche trennen.

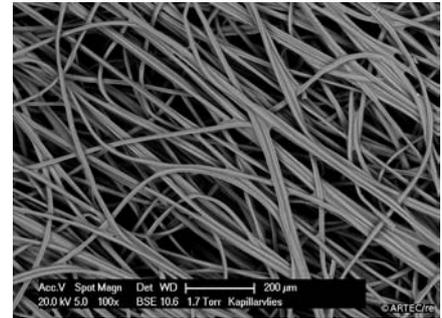


Abb. 3: REM-Aufnahme von Paraprint OL60; die Viskosefasern sind durch einen geringen Binderzusatz gebunden und liegen in überwiegend paralleler Ausrichtung vor.

Schritt 1: Konditionierung

Die Konditionierung der Dokumente erfolgt in einer Zedernholzkammer nach Alan Buchanan (1993). Das Objekt liegt auf dem Siebrahmen und dem Paraprintvlies. Die Kammer besteht aus zwei Zedernholzwinkeln sowie einer Glas- oder Plexiglasscheibe als Abdeckung. Als Feuchtigkeitsreservoir dient ein Capillary-Matting-Vlies, das mit einer 40% Lösung von 2-Propanol in Wasser getränkt ist (Abb. 4). Die Verweildauer von tintenfraßgeschädigten Papieren in der Befeuchtungskammer liegt in der Regel zwischen 60 und 120 Minuten (Fries 2006). Das Zusammenwirken von Zedernholzrahmen und der Ethanol-Wasser-Lösung begrenzt die relative Feuchte in der Kammer auf 85% RF. Damit stellt sich im Objekt je nach Papierzusammensetzung eine Gleichgewichtsfeuchte von ca. 9–12% ein.

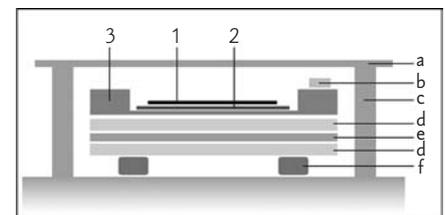


Abb. 4: Aufbau für Schritt 1 der Konditionierung des Objektes in der Befeuchtungskammer nach Alan Buchanan (1993), bestehend aus den Zedernholzwänden (c) und der Glas- oder Plexiglasschabe (a). Das Objekt (1) liegt auf dem Kapillarsvlies Paraprint OL60 (2), das auf dem Siebrahmen (3) platziert ist. Die Kammerbefeuchtung erfolgt über ein zwischen Kunststoffgittern (d) eingelegtes Capillary Matting (e), das mit einer 40% Lösung von 2-Propanol in Wasser getränkt ist. Abstandhalter (f) sorgen für den offenen Luftraum unter dem Aufbau. Die relative Feuchte in der Kammer wird kontinuierlich mit einem Hygrometer (b) kontrolliert.

Arbeitsstandard zur Tintenfraßbehandlung an Autographen des 18. und 19. Jahrhunderts mit der Calciumphytat–Calciumhydrogencarbonat-Methode

Schritt 2: Benetzung

Die Benetzung erfolgt durch Besprühen des Objektes (Abb. 5) mit Ethanol-Wassermischungen, beginnend mit einer 80% Lösung von Ethanol in Wasser, gefolgt von zwei weiteren Durchgängen mit abnehmendem Ethanolgehalt d.h. 50% und 30%. Die Benetzung wird durch abschließendes Besprühen mit demineralisiertem Wasser abgeschlossen. Die einzelnen Sprühdurchgänge sind durch eine Ruhezeit von jeweils 15 Sekunden unterbrochen, die ausreicht, die Lösung gleichmäßig in das Papier eindringen zu lassen. Vor der Überführung des benetzten Objektes in das erste Behandlungsbad, wird es mit einem weiteren vorgefeuchtenen Viskosevlies abgedeckt (Abb. 6). Dieses Behandlungssandwich bleibt bis zum Abschluss des Trocknungsprozesses ungeöffnet.

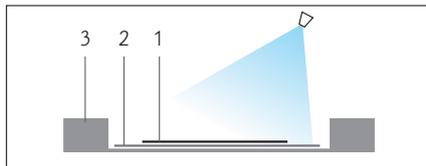


Abb. 5: Das befeuchtete Objekt (1) wird auf dem Paraprint OL60 Vlies (2) und dem Siebrahmen (3) liegend in vier Sprühdurchgängen mit Wasser-Alkohol-Lösungen benetzt.

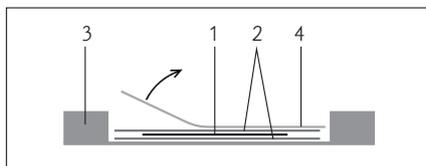


Abb. 6: Abdecken des Objekts (1) durch ein zweites, gefeuchtetes Paraprint OL60 Vlies (2) mit Hilfe eines Trägermaterials (4). Das Sandwich wird im Anschluss auf dem Siebrahmen (3) liegend in die Behandlungsbäder überführt.

Schritt 3: Wässerung

Für die Wässerung wird demineralisiertes Wasser verwendet, sie dient der Entfernung löslicher Alterungsprodukte. Die Dauer der Behandlung kann mit einem Leitfähigkeitsmessgerät kontrolliert werden. Sie ist aber spätestens nach 10 Minuten abgeschlossen.

Die Bad-Behandlungen, von der Wässerung bis zum Calciumhydrogencarbonat-Bad (Schritt 3–5), erfolgen mit der Double-Screen-Bathing-Methode und sind in ihrem Ablauf und Handhabung immer gleich. Dafür wird ein zweiter Siebrahmen mit Siebdruckgaze in gleicher Größe und Bespannung benötigt. Er wird mit der äußeren Fläche nach oben (der Seite mit der durchgehenden Bespannung) in die Wanne mit der Behandlungslösung eingelegt. Dabei dürfen keine Luftblasen unter der Bespannung des

Rahmens entstehen. Die Menge der Behandlungslösungen ist jeweils so bemessen, dass sie die Oberfläche des Siebmaterials benetzt. Der erste Siebrahmen mit dem im Rahmen liegenden Behandlungssandwich wird mit der Siebseite auf der Siebseite des bereits in der Behandlungslösung platzierten zweiten Siebrahmens gelegt. Entscheidend dabei ist, dass der Flüssigkeitsfilm gleichmäßig in das auf der Gaze direkt aufliegende, saugfähige Kapillarlvlies-Sandwich und damit auch in das eingelegte Objekt eindringt (Abb. 7).

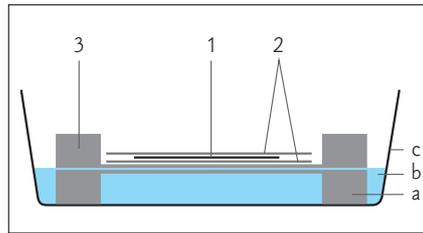


Abb. 7: Aufbau für die Double-Screen-Bathing-Technik nach Stirton (1987): das Behandlungssandwich – bestehend aus dem Objekt (1) zwischen den beiden Stützvliesen (2) – ist auf der Innenseite eines Siebrahmens (3) platziert. Dieser liegt Siebseite auf Siebseite auf dem zweiten Siebrahmen (a). Die Füllhöhe der Behandlungslösung (b) in der Wanne entspricht der Siebhöhe des unteren Siebrahmens (a).

Die geringe Maschenweite des straff gespannten Siebdrucksiebs und die exakte Abmessung der Behandlungslösung verhindern ein Fluten der Behandlungslösungen über die Oberfläche der Gaze und damit ein Auftreiben des Sandwichs. Durch die Bewegung des oberen und unteren Siebrahmens gegeneinander können die Behandlungslösungen schnell ausgetauscht bzw. das Abführen von Abbauprodukten durch die Vliese und das Einbringen der Behandlungssubstanzen in das Objekt beschleunigt werden (Abb. 8).



Abb. 8: Der Waschprozess bzw. das Einspülen der Behandlungssubstanzen in das Behandlungssandwich wird durch leichtes Heben und Senken des oberen Siebrahmens beschleunigt.

Das Objekt bleibt während dieser Behandlung zwischen den Vliesen geschützt, die wiederum auf dem gespannten Sieb haften und durchwegs völlig plan liegen. Beim Herausnehmen des oberen Siebrahmens und vor dem Transfer in die nächste Behandlungslösung wird der im Sieb verbliebene Wasserfilm mit einem saugfähigen Material vom Siebgewebe entfernt (Abb. 9a, 9b).

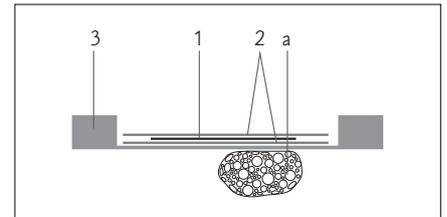


Abb. 9: a) Nach der Badbehandlung wird der obere Siebrahmen (3) mit dem durch die Vliese (2) geschützten Objekt (1) aus dem Bad gehoben, überschüssige Flüssigkeit wird mit einem saugfähigen Material (a) abgezogen.



Abb. 9: b) Die straffe Siebbespannung sorgt für eine plane Auflage des flexiblen Behandlungssandwichs während des Abziehens der überschüssigen Flüssigkeit.

Schritte 4 und 5: Komplexierung freier Eisen-Ionen mit Calciumphytat und Einbringung der alkalischen Reserve im Calciumhydrogencarbonat-Bad

Die Calciumphytat-Behandlung dient der Komplexierung der ungebundenen Eisen(II)-Ionen in der Tinte bzw. im Papier und damit der chemischen Stabilisierung (Neevel 1995). Das Calciumphytat-Bad besitzt eine Konzentration von 1,75 mmol/L bei pH 5,3. Die chemische Stabilisierung von Tinten und Papier ist nach 20 Minuten abgeschlossen.

Die Calciumhydrogencarbonat-Behandlung (Schritt 5) schließt sich unmittelbar an. Der Behandlungsschritt dient der Langzeitstabilisierung des Objektes durch das Einbringen einer

alkalischen Reserve. Die minimal erforderliche Konzentration der Behandlungslösung liegt bei 0,018 mol/L ausgedrückt als $[Ca^{2+}]$ bei einem pH von ca. 5,3 – 5,6, die Behandlungsdauer beträgt 20 Minuten.

Schritt 6: Nachleimung mit einer verdünnten Gelatinelösung

Die Nachbehandlung der Dokumente mit Gelatinelösung unterstützt die Nachhaltigkeit des Prozesses. Gelatine festigt das Papier insbesondere in abgebauten Bereichen. Zusätzlich ist bekannt, dass eine Gelatine-Leimung den Fortschritt des Tintenfraßes verlangsamt. Meyer und Neumann (2009) konnten darstellen, dass Gelatine und andere Proteine die Eigenschaft haben, verschiedene Übergangsmetallionen darunter auch Eisen und Kupfer zu binden. Baty und Barret (2008) zeigten darüber hinaus, dass die Gelatine die Alterung von Papier verlangsamt, weil sie Schwankungen der relativen Feuchte in der Umgebung des Objekts abdämpft und damit den Wassergehalt von Papier stabilisiert. Der Siebrahmen mit dem Behandlungssandwich wird so auf einer 0,15–0,2% Gelatinelösung platziert, dass die Lösung gerade die Siebmaschen benetzt und durch Kapillarkräfte in das Objekt einpenetriert (Abb. 10). Die Behandlungszeit liegt bei einer Minute, die Temperatur der Lösung bei etwa 50 °C.

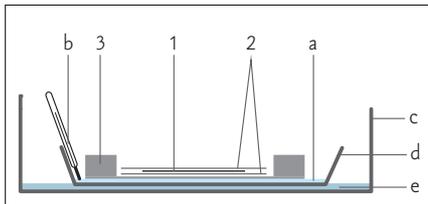


Abb. 10: Aufbau des Gelatinebads: Das Behandlungssandwich (2-1-2) liegt auf dem Siebrahmen (3). Die Wanne (d) mit der 0,15–0,2% Gelatinelösung (a) steht in einem auf 60°C temperierten Wasserbad (c und e); die Temperatur der Behandlungslösung (~50°C) wird mit einem Thermometer (b) kontinuierlich überwacht und ggf. angepasst.

Schritt 7: Transfer der Handschrift im Behandlungssandwich in den Trocknungsstapel

Nach dem Gelatinebad wird das Behandlungssandwich aus dem Siebrahmen in den Trocknungsstapel überführt. Dabei ist es wichtig, die überschüssige Feuchtigkeit gleichmäßig zu reduzieren und unbedingt die Planlage beizubehalten. Ein Löschkarton und ein zweiteiliger formstabiler Stempel werden dafür auf die Innenfläche des Behandlungsrahmens gelegt (Abb. 11a), damit das Sandwich mit dem Objekt zwischen Stempelmaterial und gespanntem

Sieb, ohne aus der Planlage zu geraten, gewendet werden kann (Abb. 11b). Das Sandwich haftet danach noch fest am Siebgewebe und kann nur durch die allmähliche Entfernung des überschüssigen Wassers von dieser Haftung befreit werden. Dazu wird die Feuchtigkeit mit saugfähigen Tüchern durch vorsichtiges Abreiben der Siebgaze von oben solange reduziert bis die Haftung nachlässt und der Siebrahmen abgenommen werden kann. Das Behandlungssandwich muss im Anschluss schnell in den Trocknungsstapel überführt werden. Der obere Teil des formstabilen Stempels und der Löschkarton dienen als Transportunterlagen (Abb. 11c). Diese Stützmaterialien liegen danach allerdings unter dem Behandlungssandwich (Abb. 11 d) und müssen vor der Trocknung entfernt werden.

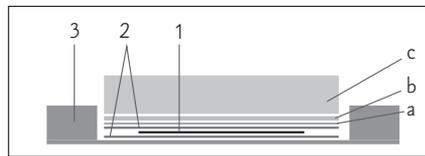


Abb. 11a: Transfer des Behandlungssandwichs – bestehend aus Objekt (1) und Stützvliesen (2) – vom Siebrahmen (3) auf den Trockenstapel. Auflage eines formstabilen Löschkartons (a), des Transportkartons (b) und der beiden formstabilen Stempelteile (b und c).

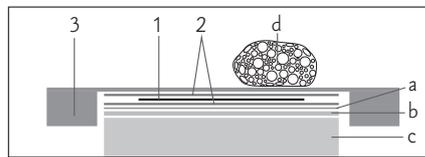


Abb. 11b: Nach dem Wenden erfolgt das Abtrocknen des Siebgewebes (3) mit einem saugfähigen Material (d).

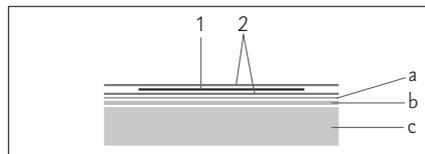


Abb. 11c: Nach Abheben des Siebrahmens: Es entsteht ein Transferstapel aus Behandlungssandwich (2-1-2), Löschkarton (a) und oberem Stempelteil (b). Dieser Stapel wird vom unteren Stempelteil (c) abgehoben.

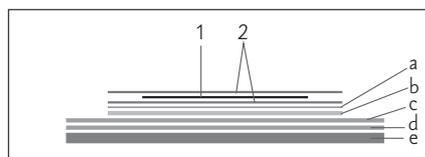


Abb. 11d: Nach der Überführung des Behandlungssandwichs (2-1-2): die Stützmaterialien Löschkarton (a) und formstabiler Stempelteil (b) liegen unter dem Behandlungssandwich (2-1-2) auf dem unteren Teil des Trocknungsstapels: (c) Gore-Tex®, (d) Wollfilz, (e) Holzbrett und müssen noch entfernt werden.

Dafür wird der Trocknungsstapel über dem Behandlungssandwich mit Gore-Tex®, Wollfilz und Holzbrett abgedeckt und geschlossen. Zwischen den beiden Brettern, die in sich steif sind und die erforderliche Planlage garantieren, sind die Materialien und das Objekt fixiert. Sie können gefahrlos gewendet werden. Der Trocknungsstapel wird danach noch einmal geöffnet, um den Stempel und den Löschkarton, die nun auf dem Sandwich liegen, abzuheben.

Schritt 8: Trocknung

Eine ungesteuerte Trocknung eines tintenfraßgeschädigten Papiers würde inhomogenen erfolgen und Spannungen im Papier hervorrufen, wodurch es zu Verwerfungen und in geschwächten Bereichen zur Rissbildung kommen kann. Ebenso wie für die Befeuchtung muss die Trocknung daher langsam und gleichmäßig erfolgen. Für eine solche spannungsfreie Trocknung wird das Behandlungssandwich in einen Trocknungsstapel zwischen Gore-Tex® Membranen, Wollfilzen, Brettern und leichten Gewichten zum Beschweren (1,2 g/cm²) entsprechend Abb. 12 eingelegt.

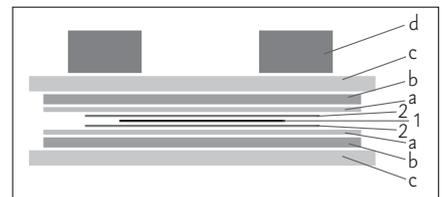


Abb. 12: Aufbau der Stapeltrocknung nach dem Entfernen des Löschkartons und Trägerkartons: in der Mitte das Behandlungssandwich (2-1-2), beidseitig je ein (a) Gore-Tex®, (b) Wollfilz, (c) Holzbrett (c), beschwert durch Gewichte (d).

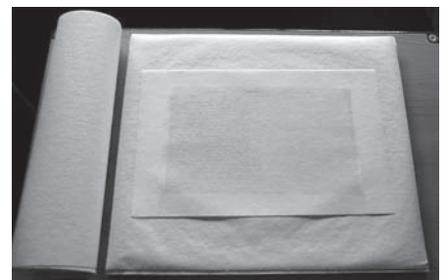


Abb. 13: Das noch geschlossene Behandlungssandwich liegt nach dem Ende des Trocknungsprozesses auf dem unteren Teil des abgebauten Trockenstapels.

Die Trocknung erfolgt über 72 Stunden wobei das Kapillarlvlies, das rundherum größer als das Objekt ist, durch den eigenen Feuchtigkeitsgehalt mitvermeidet, dass die Blattkanten des Originals zuerst antrocknen (Mentjes 2006). Die Wollfilze müssen nach 48 Stunden gewendet werden. Dabei ist es für das Vermeiden der Rissbildung im Objekt entscheidend, dass es auch bei dieser Manipulation nicht aus der Planlage geraten kann. Nur der gesamte Stapel darf bewegt werden. Die Bretter stabilisieren dabei die Planlage. Erst nach abgeschlossener Trocknung (Abb. 13) können die schützenden Vliese problemlos von den Objektoberflächen abgenommen werden.

Zusammenfassung

Die Risiken der wässrigen Calciumphytat-Calciumhydrogencarbonat-Behandlung lassen sich durch die Standardisierung des Behandlungsablaufs, den Einsatz des Kapillarlvlieses Paraprint OL 60, die Double-Screen-Bathing-Methode mit straff bespannten Siebrahmen sowie der speziellen Trocknungstechnik im Sandwich weitgehend reduzieren. Eine risikoarme Tintenfraßbehandlung von Autographen des 18. und 19. Jahrhunderts ist möglich. Die Veränderungen, die eine Behandlung des gesamten Blattes hervorrufen, sind im Vorfeld einer Anwendung jedoch zu diskutieren. Das jeweilige Schadensstadium und die materialen Eigenschaften des Objektes müssen dabei Beachtung finden, um angemessen zu entscheiden, ob die Behandlung notwendig ist und ob sie mit dieser Technik erfolgen kann.

Der Stempel für das Wenden des Behandlungssandwichs wird von KLUG-CONSERVATION hergestellt.

Diese Arbeit wurde durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Projekts LIS 2-557-22 (1) Marburg, INST 1980/1-1 gefördert.

Deutsche
Forschungsgemeinschaft

DFG

Literatur

- Baty, J., Barrett, T.
Gelatin size as a pH and moisture content buffer in paper, *JAIC* 46 (2007): 195–121.
- Buchanan, A.
Low technology cabinet, in: Emma Stibbon, *Report on the IPC humidification meeting*, *Paper Conservation News* #66 (June 1993): 11–13.
- Fries, I.
Erprobung und Einsatz von Befeuchtungs- und Benetzungsmethoden an inhomogen benetzbaren, tintenfraßgeschädigten Papieren in Vorbereitung auf eine wässrige restauratorische Behandlung, unpublizierte Diplomarbeit, Studiengang Restaurierung und Konservierung von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, 2006.
- Henniges, U., Pottbast, A.
Phytate treatment of metallo gallate inks: Investigation of its effectiveness on model and historic paper samples, *Restaurator* 29 (2008): 219–234.
- Huhsmann, E., Hähner, U.
Application of the non-woven viscose fabric Paraprint OL 60 for float screen washing of documents damaged by iron gall corrosion, *Restaurator* 28 (2007): 140–151.
- Huhsmann, E., Hähner, U.
Work standard for the treatment of 18th- and 19th-century iron gall ink documents with calcium phytate and Calcium hydrogen carbonate, *Restaurator* 28 (2008): 274–319.
- Kirchner, S.
Kapillarreinigung: Eine schonende Methode der Feuchtreinigung, *PapierRestaurierung* 2, Suppl. (2001): 73–80.
- Mentjes, M.
Untersuchung des Trocknungsverhaltens von Papier bei der Anwendung von Trocknungstechniken aus der Papierrestaurierung. Konstruktion und Anwendung des Karibari-Trocknungspaneel, Diplomarbeit, Schriftenreihe des Instituts für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Band 22, Gerhard Banik, Volker Schaible (Hrsg.), Siegl, München 2006.
- Meyer, F., Neumann, A.
Recombinant proteins: A new material for the chemical stabilisation of copper pigment corrosion on paper, *Restaurator* 30 (2009): 97–131.
- Neevel, J. G.
Phytate: a potential conservation agent for the treatment of ink corrosion caused by iron gall inks, *Restaurator* 16 (1995): 143–160.
- Stirton, L. J.
Wintertbur water screen bathing, *Technical Note*, *Paper Conservation News* #42 (June 1987): 3–4.

Einleitung

Für die Sicherung von Fehlstellen und Rissen im Schriftbereich von historischen Eisengallus-Kopien (Titus et al. 2006) wurde eine lokale mechanische Stabilisierung entwickelt: Nur an den wirklich gefährdeten Bereichen und durchgebrochenen Textstellen wird ein extrem dünnes, dennoch sehr reißfestes Faservlies aufgebracht (Titus 2004). Dieses Material wurde erstmals 1988 in den USA als Gossamer-Tissue vorgestellt (Barrett 1988). Seit kurzem ist ein vergleichbares „Papier“ unter der Bezeichnung Berlin-Tissue auch kommerziell erhältlich. Es hat ein Flächengewicht von 2 g/m^2 und besteht aus Mitsumata- und Kozo-Fasern (Abb.1). Durch die hohe Transparenz des Vliesmaterials kann die volle Lesbarkeit im Schriftbereich von Dokumenten erhalten werden (Bromm 2008). Das Berlin-Tissue wird vor seinem Einsatz als Stabilisierungsmaterial mit einem Klebstofffilm beschichtet. Es kann danach passgenau zugeschnitten werden. Das Applizieren und die anschließende Trocknung des Materials auf dem Objekt erfolgt auf dem Unterdrucktisch innerhalb weniger Sekunden. Diese schnelle und wasserarme Arbeitsweise verhindert das lokale Verwellen des Papiers und ein Ausbluten der feuchtigkeitsempfindlichen Tinte. Lokale Versteifungen des Materials im Bereich der Stabilisierung treten nicht auf.

Beschichtung des Berlin-Tissue

Die Beschichtung des Berlin-Tissue erfolgt mit einer 0,5%igen Gelatinelösung in sechs, zügig aufeinander folgenden Arbeitsschritten, siehe Abb. 2-8 (Titus et al. 2009). Mit Hilfe eines Filmziehgeräts kann ein glatter und gleichmäßiger Auftrag der Gelatinelösung erreicht werden.

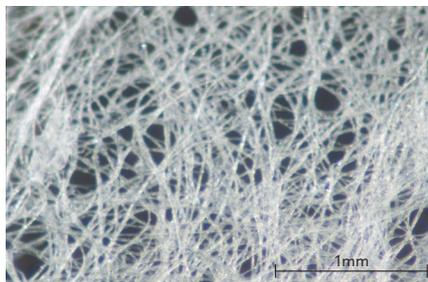


Abb.1: Berlin Tissue, 2 g/m^2 [1]



Abb.2.: Filmziehgerät für einen glatten und gleichmäßigen Gelatinauftrag.

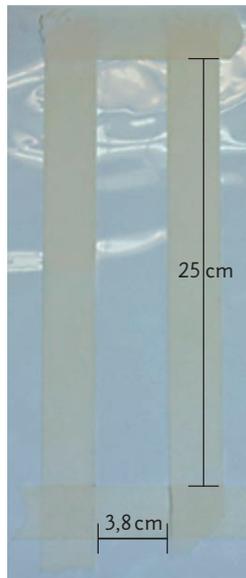


Abb. 3:
Schritt 1: Eine Melinexfolie dient als Unterlage für die Beschichtung des Berlin-Tissue. Mit Hilfe eines Abdeckklebendes wird auf ihr eine rechteckige Fläche in den Maßen $250 \times 38\text{ mm}$ eingegrenzt.

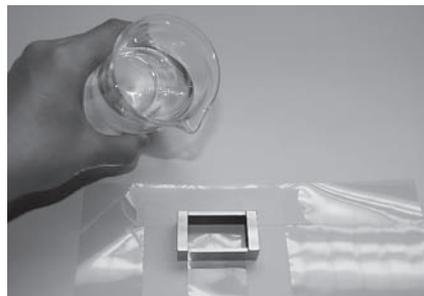


Abb. 4: Schritt 2: Das Filmziehgerät wird am oberen Ende der Fläche aufgesetzt, so dass die Austrittskante von $200\text{ }\mu\text{m}$ am oberen Ende der Fläche anliegt. Das Gerät ist 40 mm breit und reicht somit über die gesamte Breite der zu beschichtenden Fläche. Etwa 3 ml Gelatinelösung werden in das Filmziehgerät eingefüllt.

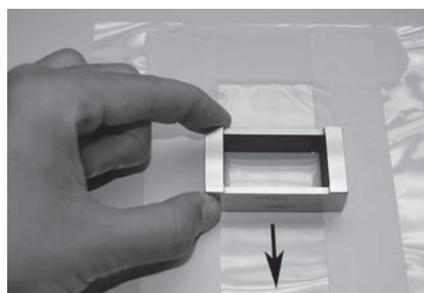


Abb. 5: Schritt 3: Nach dem Einfüllen der Gelatinelösung wird das Filmziehgerät mit gleichmäßigem Vorschub über den abgegrenzten Bereich gezogen. Der Pfeil zeigt die Ziehrichtung an. Die Gelatinelösung tritt dabei mit einer Schichtstärke von $200\text{ }\mu\text{m}$ aus. Der Film muss sofort weiter bearbeitet werden, weil er sich sonst durch das Antrocknen wieder zusammen zieht.

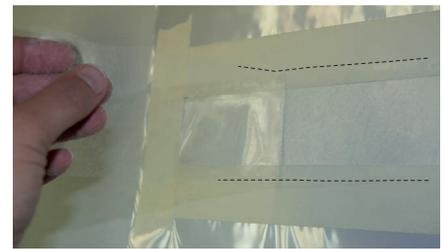


Abb. 6:
Schritte 4 und 5: Das zugeschnittene Berlin-Tissue wird auf die Gelatineschicht gelegt. Es sinkt sofort ein. Eine zusätzliche Melinexfolie erleichtert den Transfer und die Ablage des dünnen Faservlieses, indem sie als Stützmaterial dient. Die Transferfolie wird unmittelbar nach dem Aufbringen des Tissue abgenommen. Das einsinkende Tissue verhindert die Verformung des Gelatinefilms und sorgt für ein planes Auftrocknen: Die Fasern werden durch die Gelatine weitgehend ummantelt. Technisch gesprochen, handelt es sich um einen faserverstärkten Verbundwerkstoff. Er besitzt eine hohe Reißfestigkeit und lässt sich nur noch schneidend bearbeiten.



Abb. 7: Schritt 6: Nach der Trocknung – nach ca. 1–1,5 Stunden – wird das beschichtete Berlin-Tissue mit Hilfe des Abdeckklebendes von der Melinexfolie abgezogen und kann sofort für Stabilisierungsarbeiten eingesetzt werden.

Stabilisierung der Eisengallus-Kopiertinten

Die Ergänzung und Stabilisierung von Tintenausbrüchen an einer Eisengalluskopie erfolgt ebenfalls in mehreren Teilschritten mit Hilfe eines Unterdrucktisches (Abb. 8) oder einer Saugscheibe. Das beschichtete Berlin-Tissue wird entsprechend der Größe der zu sichernden Blattbereiche zugeschnitten (Abb. 9 und 10). Eine Zugabe von 2 mm nach beiden Seiten ist erforderlich, um eine ausreichende Haftung zu erreichen. Allerdings lassen sich bei diesem dünnen Material nur Stücke bis zu einer Größe von etwa 8 mm^2 gut befeuchten und sicher applizieren. Bei größeren Fehlstellen müssen mehrere Stückchen aneinander gesetzt werden. Das zugeschnittene Tissue wird jeweils auf der glänzenden Seite mit einem Pinsel und Ethanol-

Wasser-Mischung (75% Ethanolanteil) benetzt. Dafür wird eine Pinzette benötigt (Abb. 11), denn das gelatinebeschichtete Tissue reagiert bei Berührung mit den Händen sofort auf Feuchtigkeit und Körperwärme, indem es sich zusammenrollt. Es wird nur so viel Lösemittelgemisch aufgetragen, dass der Gelatinefilm einerseits ausreichend quillt und eine genügende initiale Klebkraft entwickelt, andererseits aber keine überschüssige Flüssigkeit auf das Objekt übertragen werden kann. Das Tissue muss im Anschluss sofort appliziert und die Verbindung durch leichtes Andrücken mit einem Spatel verstärkt werden (Abb. 12). Die Trocknung erfolgt auf dem Unterdrucktisch und benötigt ca. 10 Sekunden. Sie erfolgt in der Regel spannungsfrei, ohne dass Verwellungen entstehen (Abb. 13 und 14).

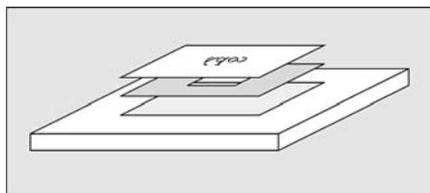


Abb. 8: Schematischer Aufbau der Arbeitsfläche am Unterdrucktisch für die Applikation des Berlin-Tissues.



Abb. 9: Zuschneiden des gelatinebeschichteten Berlin-Tissue

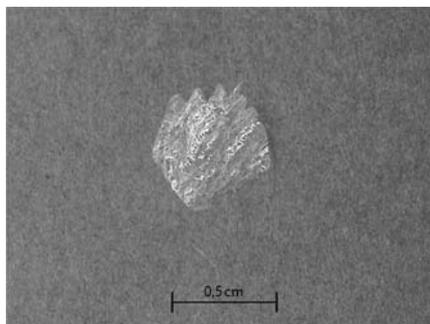


Abb. 10: Das zugeschnittene gelatinebeschichtete Berlin-Tissue vor dem Aufbringen auf die Fehlstelle.



Abb. 11: Auflegen des gefeuchteten Berlin-Tissue auf die Fehlstelle bei laufendem Unterdrucktisch. Das Objekt, eine Eisengalluskopie, ist mit der Rückseite nach oben auf dem Unterdrucktisch platziert.

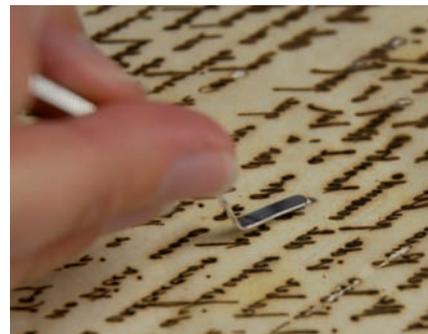


Abb. 12: Gleich nach dem Auflegen wird das Berlin-Tissue leicht mit einem Spatel angedrückt, um die Haftung zu verstärken.

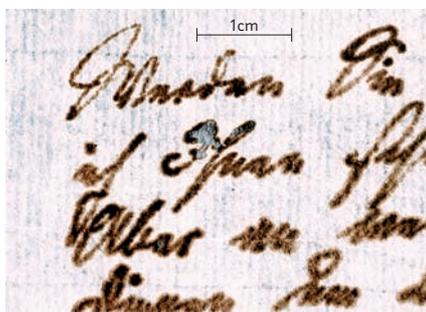


Fig. 13: Detailaufnahme: Briefkopie, Vorderseite aus dem Nachlass von Friedrich Carl von Savigny nach der Stabilisierung, Universitätsbibliothek Marburg, Ms.925/1105

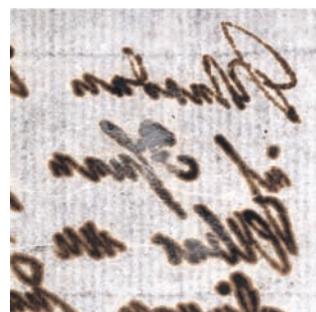


Fig. 14: Detailaufnahme: Briefkopie, Rückseite gleiche Position wie in Abb. 13.

Schlussbemerkung

Eine sichere Behandlungsmöglichkeit zur lokalen Stabilisierung von Tintenfraß auf Papier ist deswegen von großer Bedeutung, weil deskriptive Schadenstatistiken zeigten, dass Beschädigungen an neuzeitlichen Handschriften selten das gesamte Blatt betreffen. Sie treten vor allem in Bereichen intensiver Tintenaufträge oder doppelseitiger Beschriftungen auf, die zusätzlich durch Benutzung und oder durch unsachgemäße Aufbewahrung mechanisch besonders beansprucht wurden. Der Einsatz von Gelatine als Klebemittel kann nach bisherigen Erfahrungen zumindest unter musealen Lagerbedingungen ein Fortschreiten von Tintenfraß verhindern (Kolbe 2001).

Diese Arbeit wurde durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft aus Mitteln des Projekts LIS 2-557-22 (1) Marburg, INST 1980/1-1 gefördert.



Literatur

- Barrett, T. (recorder)
Inexpensive forming of ultra-thin paper tissues, *The Abbey Newsletter*, Vol. 12, #8 (December 1988).
- Bromm, G.
Authentic characteristics in manuscripts: An analysis of relevant characteristics before and after aqueous treatment, *Restaurator* 29 (2008): 251–261.
- Kolbe, G.
Gelatine – Eigenschaften und Auswahlkriterien in der Papierrestaurierung, *PapierRestaurierung 2 – Suppl.* (2001): 48–53.
- Titus, S.
Behandlungsmöglichkeiten von Tintenschäden an historischen Kopien, unpublizierte Diplomarbeit, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart (2004).
- Titus, S., Schneller, R., Banik, G., Huhsmann, E., Hähner, U.
The copying press process: History and technology: Part 1, *Restaurator* 27 (2006): 90–102.
- Titus, S., Schneller, R., Banik, G., Huhsmann, E., Hähner, U.
Stabilising local areas of loss in iron gall ink copy documents from the Savigny estate, *Restaurator* 30 (2009): 16–50.

[1] Das Berlin-Tissue wird von Gangolf Ulbricht hergestellt, Werkstatt für Papier, Mariannenplatz 2, D-10997 Berlin.

Mechanische Schäden an Schriftgut – ist Benutzung gleich Abnutzung?

Besonders Archivalien und Zeitdokumente auf Papier, die in erster Linie der Überlieferung von Informationen dienen und in den verschiedenen Archiven zu Massen aufbewahrt werden, laufen leicht Gefahr, als Gebrauchsgut angesehen und schließlich auch als solches behandelt zu werden. Während einem Kunstwerk automatisch ein gewisser Respekt entgegengebracht wird – das beginnt in der Regel schon bei der Herstellung und der Wahl eines hochwertigen Materials als Träger – treten bei Archivalien in weit größerem Umfang mechanische Schäden durch unsachgemäßen Umgang auf. Das Problem in der Masse wird erschwert durch häufig ohnehin schon schlechte Ausgangsbedingungen wie saures und brüchiges Papier minderer Qualität, wodurch man es mit sehr fragilen Objekten zu tun hat (Gössli 2000).

Auch durch fortgeschrittenen Tintenfraß beschädigte Objekte sind beim Hantieren Risiken ausgesetzt. Um aufwendigen Restaurierungen im besten Fall vorbeugen zu können oder um behandelte Objekte nicht nach absehbarer Zeit erneut zu beschädigen, sind geeignete Aufbewahrungsformen essentiell.

Es werden exemplarisch zwei Methoden vorgestellt, die sowohl eine sichere Aufbewahrung, als auch einen schonungsvollen Umgang mit mechanisch geschwächten Objekten gewährleisten.

Bei beiden Fällen wird davon ausgegangen, dass es sich um Objekte handelt, die zwar fragil sind, aber nicht von einer weiteren Benutzung ausgeschlossen werden können.

Verahrungs- und Montagetechniken Anwendungsfälle und Grenzen

Der Anwendbarkeit der vorgestellten Methoden sind bei besonderer Fragilität der Objekte Grenzen gesetzt, nämlich dann, wenn die Objekte bereits in Einzelteile zerfallen sind, viele Fehlstellen aufweisen und bei geringster Berührung oder Bewegung weitere Verluste drohen.

Zustandskategorien bei Tintenfraß:

Zustandsklasse 1:

sehr guter Zustand, keine oder nur geringe Verbräunung

Zustandsklasse 2:

auf die Rückseite durchgeschlagene, braune Verfärbungen, kein mechanischer Schaden

Zustandsklasse 3:

mechanische Schäden (Brüche,...), das Objekt kann noch angefaßt werden

Zustandsklasse 4:

schwerer Substanzverlust, das Objekt kann nicht mehr berührt werden, ohne Verluste zu riskieren (Reißland und Hofenk de Graaff 2000).

Für die Kategorien 1 bis 3 ist die Anwendung als präventive Maßnahme sinnvoll und geeignet, für 4 in Ausnahmefällen oder dann, wenn zuvor eine Sicherung vorgenommen wird, die ausreichende Stabilität verleiht (siehe Beitrag Titus).

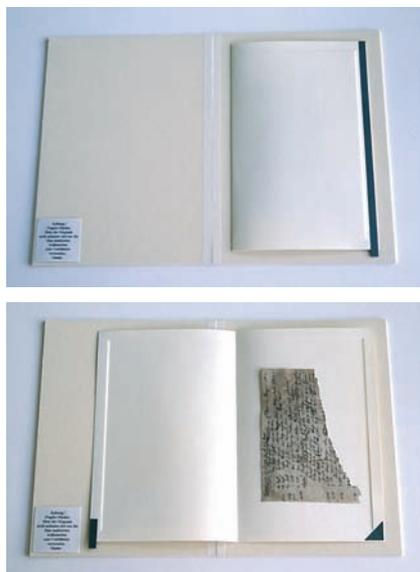


Abb. 1 und 2: Variante A – ein Fragment liegt geschützt in einem Papierumschlag.

Variante A:

Möglichkeit zur Aufbewahrung fragiler Einzelfragmente

Diese Variante bietet sich für Fragmente oder lose, einzelne Blätter an, die vor jeder unnötigen Berührung bewahrt werden sollen.

Das Fragment liegt geschützt zwischen einem gefalteten Bogen Papier oder Karton, in den eine Vertiefung eingepreßt wurde (Abb. 1 und 2). Eine Mappe aus Pappe, in die der Papierumschlag montiert wird, gewährleistet einen ausreichenden Druck, damit das Fragment nicht verrutscht. Das Umhüllungspapier dient nicht nur dem Schutz und der eventuellen Bereitstellung einer alkalischen Pufferung, sondern es ermöglicht auch ein schonendes Wenden des Objektes. Während sich bei einem normalen „Umblättern“ die mechanische Belastung auf einen schmalen Bereich konzentriert, wird diese hier über die ganze Fläche verteilt, ohne dass das Objekt berührt wird (Abb. 4).

Vorteile:

- einfache Herstellung
- sichere Aufbewahrung ohne fixe Montage mit Klebstoff
- keine Berührung bei der Benutzung nötig
- der Benutzer wird auf seine Verantwortung aufmerksam gemacht

Herstellung

Aus zwei festen Pappen in der Größe des noch ungefalteten Umschlagbogens wird eine Schablone angefertigt:

Von der oberen Pappe wird ein Ausschnitt in der Größe der einzuprägenden Vertiefung ausgeschnitten und das herausgenommene Pappenstück an allen vier Seiten etwa zwei Millimeter beschnitten. Der entstandene Rahmen wird auf die untere Pappe geklebt.

Der Umschlagbogen wird in dieser Schablone kurz eingepresst und danach in der Hälfte gefaltet (Abb. 3)

Der Papierumschlag wird in eine Mappe montiert, deren Format auf die zur Lagerung vorgesehenenhältnisse abgestimmt ist.

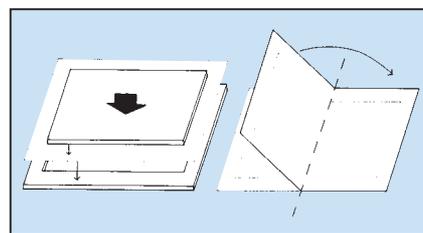


Abb. 3: Anfertigen des Umschlages mit eingepreßter Vertiefung.

Material

Das Material für den Umschlag aus Papier oder Karton soll eine gewisse Festigkeit und im Idealfall auch raue Oberfläche aufweisen, wodurch das Objekt kaum verrutschen kann.

Die Mappe besteht aus einer stärkeren Pappe, die eine leichte Beschwerung bietet, z.B.:

- Museumspapier, 120 g/m² (Qualitäts-Nr. 11121).
- Passepartout-/Montagekarton, 1,5 mm Dicke oder mehr (Qualitäts-Nr. 017), (KLU-CONSERVATION).

Die Qualitäten entsprechen den Standards DIN ISO 9706: 2009, ANSI/NISO Z.39.48-1992 und DIN 6738.

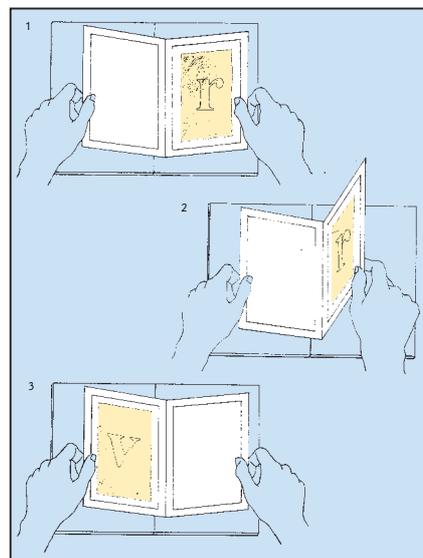


Abb. 4: Beim Wenden braucht das Objekt nicht berührt zu werden – es wird mit Hilfe des Papierumschlages von einer Seite auf die andere gewendet.

Variante B: „Patentfalzbindung“ eine konservatorische Heftmöglichkeit

Diese Bindetechnik eignet sich, wenn man es mit einem Konvolut aus mehreren zusammengehörigen Lagen zu tun hat, wie dies zum Beispiel bei Aktenbeständen häufig der Fall ist. Die einzelnen Lagen werden nicht durch eine fortlaufende Heftung fix miteinander am Rücken verbunden, sondern jede für sich an einen Papierfalz geheftet und erst diese Fälze werden zu einem Block verbunden. Ähnlich wie die Patentfälsze aus Pappstreifen bei traditionellen Fotoalben ermöglichen die Papierfälsze durch ihr Gelenk ein einfaches Umlegen der Lagen und schaffen einen Höhenausgleich je nach Lagenstärke (Abb. 5 und 6).

Durch das Heften auf Fälze können auch verschiedenformatige Lagen miteinander zu einem Block verbunden werden. Um einzelne Lagen entnehmen zu können, etwa für Ausstellungs- oder Leihzwecke, brauchen lediglich die Heftstiche geöffnet werden mit denen die Lage am Falz befestigt ist. Es können Bögen aus Archivpapier zwischen jeden Bogen der Lagen eingelegt und mitgeheftet werden, wenn ein alkalischer Füllstoff oder eine Barriere gegen das Durchschlagen von Tinten auf gegenüberliegende Blätter notwendig ist. In diesem Fall brauchen die Originale wie bei Variante A zum Umblättern nicht angefasst werden. Wenn es das Format der Lagen erlaubt, kann auch nur durch dieses Zwischenpapier geheftet werden, das zu diesem Zweck gemeinsam mit dem Papierfalz größer belassen wird, um so die Originale lediglich zwischen den Heftpunkten festzuklemmen.

Herstellung

Der Höhenausgleich zu den einzelnen Lagen durch die Papierfälsze lässt sich auf verschiedenen Wegen erreichen. Eine relativ einfache Möglichkeit ist in Abbildung 7 dargestellt: Das eine Ende eines Papierbogens wird mehrmals 5 bis 7cm breit um sich herum umgebogen, bis die halbe Lagenstärke erreicht ist. Durch einen weiteren Falzbruch wird diese Breite nochmals halbiert – hier verläuft in weiterer Folge die Heftung der einzelnen Papierfälsze zu einer Art Buchblock. Am anderen Ende des Papierbogens entsteht durch zwei weitere Brüche das Fälzchen, an das die Lage geheftet wird.

Vorteile:

- einfache Herstellung
- klebstofflose Bindung
- leichtes Aufschlagen
- die Reihenfolge der Lagen kann bei der Benutzung nicht durcheinander geraten
- eine vorübergehende Entnahme einzelner Lagen ist ohne großen Aufwand möglich



Abb. 5 und 6: Variante B – mehrere Lagen sind an Papierfälszen miteinander zu einem Block verbunden.

Material

Für die Papierfälsze eignet sich ein festes, aber flexibles und nicht zu dickes Papier, als Zwischenlage für die Originale bei Bedarf alkalisch gefülltes Seidenpapier. z. B.:

- Museumspapier, 80g/m² (Qualitäts-Nr. 11081)
- mit Calciumcarbonat gepuffertes Seidenpapier, 28g/m² (Qualitäts-Nr. 0103) (Klug Conservation).

Die Qualitäten entsprechen den Standards DIN ISO 9706-10.1995, ANSI/NISO Z.39.48-1992 und DIN 6738.

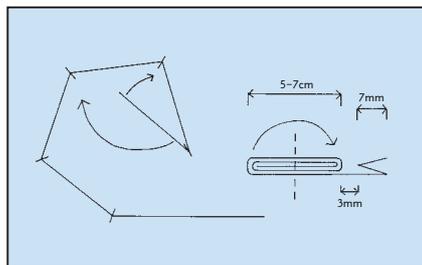


Abb. 7: Anfertigen der Papierfälsze.

Benutzungsrichtlinien

Der Gedanke, dass entsprechende Präsentations- und Verwahrungstechniken Barrieren vor sorglosem Umgang mit Sammlungsgut darstellen, ist nicht neu. An vielen Arbeitsplätzen in Bibliotheken und Archiven finden sich Hinweise für die schonende Benutzung der Sammlungsgegenstände. Einen zusätzlichen und wirksamen Schutz stellen aber auch Warmaufschriften dar, wie z. B. „Vorsicht, fragile Objekte – Bitte die Originale nicht anfassen!“, die auf Hüllen oder schützenden Einbandmaterialien so aufzubringen sind, dass sie von niemandem, der mit fragilem Schriftgut hantiert, leicht ignoriert werden können.

Ein kleiner Arbeitsschritt wie dieser ermöglicht es dem Restaurator, den Objekten nach Verlassen der Werkstatt einen zusätzlichen Schutz mit großer Wirkung mitzugeben.

Überzeugend lässt sich diese psychologische Wirkungsweise bei der Variante für fragile Einzelfragmente veranschaulichen. Auch bei anderen Aufbewahrungsmethoden können, wie in den Abbildungen 8 bis 10 gezeigt, Markierungen zum Hantieren angebracht werden, auf die in der Beschriftung am Außendeckel hingewiesen wird.

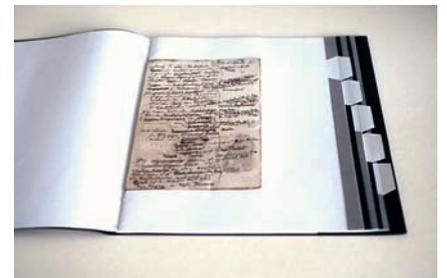


Abb. 8, 9 und 10: Beispiele für Markierungen für den Benutzer an verschiedenen Montagevarianten.

Literatur

Deutsches Institut für Normung (DIN)
DIN/ISO 9706: 2009, Papier für Schriftgut und Druck-
erzeugnisse, Voraussetzungen für die Alterungsbeständig-
keit, Beuth Verlag, Berlin (1995).

Gössi, A.
Die Gefährdung des Archivguts durch die Benutzung.
Analyse und Prophylaxe, in: Benutzung und Bestands-
erhaltung. Neue Wege zu einem Interessensausgleich.
Vorträge des 59. Südwestdeutschen Archivtags 1999 in
Villingen-Schwenningen.
Verlag Kohlhammer, Stuttgart (2000): 7–30.

Reißland, B., Hofenk de Graaff, J.
Condition rating for paper objects with iron-gall ink,
ICN-Information Number 1, Instituut Collectie
Nederland (ICN), Amsterdam (2000).

Zur sicheren Benutzung tintenfraßgeschädigter Handschriften aus dem Nachlass von Carl Friedrich von Savigny wurde eine Mappenkonstruktion entwickelt, die eine ausreichende mechanische Stabilität für die Objekte gewährleistet (siehe Beitrag Bartelt und Faerber).

Zu einer ersten Schadensbeurteilung wurden die von Reißland und Hofenk de Graaff (2000) publizierten Zustandskategorien herangezogen:

- **Zustandsklasse 1**
Sehr guter Zustand, keine oder nur geringe Verbräunung
- **Zustandsklasse 2:**
Auf die Rückseite durchgeschlagene, braune Verfärbungen, kein mechanischer Schaden
- **Zustandsklasse 3:**
Mechanische Schäden (Brüche etc.), das Objekt kann noch angefasst werden
- **Zustandsklasse 4:**
Schwerer Substanzverlust, Objekt kann nicht mehr berührt werden, ohne Verluste zu riskieren

Die umzulagernden Handschriften des Savigny-Nachlasses weisen Schäden der Zustandsklassen 3 und 4 auf.

Ausgangssituation

Die Handschriften werden zur Zeit lose in alterungsbeständigen Papierumschlägen und teilweise übereinander in Autographenmappen aufbewahrt. In Schutzkartonagen liegen sie bei konstanter Temperatur von 19°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50% im Sondermagazin der Universitätsbibliothek Marburg. (Abb. 1 und 2)

Risiken bei der Benutzung

- Direktes Anfassen der Handschriften
- Lose Aufbewahrung in den Schutzhüllen
- Glatte Oberfläche des Hüllpapiers – dadurch Gefahr des Verrutschens beim Ausheben und beim Transport
- Lagerung von Handschriften unterschiedlichen Formats in einer Mappe übereinander

Ziele der Umlagerung

- Beibehalten der äußeren Schutzkartonagen und Autographenmappen
- Risikoarme Benutzung der Objekte ohne Berührung der Originale
- Verringern der mechanischen Instabilität des Aufbewahrungssystems
- Indirekte Fixierung der Objekte, um jedes Verrutschen zu verhindern
- Einfache und kostengünstige Herstellung der Mappen

Im Rahmen der vorgestellten Projektarbeit wurde ein Baukastenprinzip entwickelt. Je nach Objektbeschaffenheit und -aufbau ist dieses variabel mit einer einfachen Heftung zusammensetzbar.

Es besteht aus folgenden Einzelteilen:

Unterlagekarton

- Alterungsbeständig nach DIN/ ISO 9706
- Gewicht mindestens 450 g/m²

Für die UB Marburg ausgewählt:

- Archivkarton
- 530 g/m²
- pH im wässrigen Extrakt 7,5 – 8,0
- 3% CaCO₃ als Füllstoff
- Neutralgeleimt

Umschlagpapier

- Alterungsbeständig nach DIN/ISO 9706
- Gewicht ca. 150 g/m²

Für die UB Marburg ausgewählt:

- Naturpapier aus reiner α -Cellulose, 160 g/m²
- pH im wässrigen Extrakt 8,5
- Entspricht DIN/ISO 9706

Schutzpapier

- Alterungsbeständig nach DIN/ ISO 9706
- Gewicht ca. 20 g/m²
- Transparent
- Natürliche Oberflächenrauigkeit

Für die UB Marburg ausgewählt:

- Restaurierseidenpapier aus Manilahanf- und Jutefasern 19 g/m²
- pH im wässrigen Extrakt um 7,0

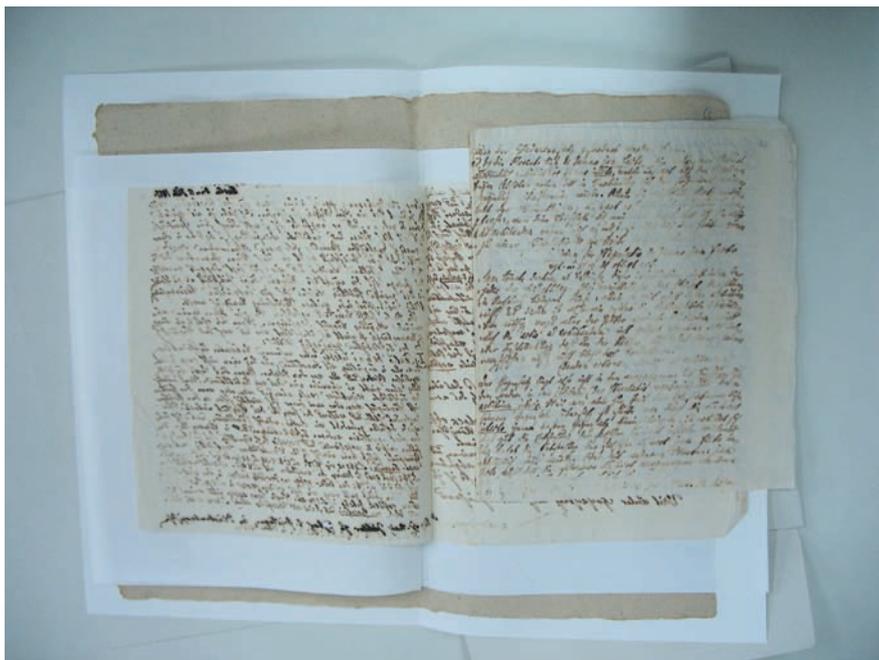


Abb. 1: Zur Zeit sind die fragilen Dokumente, z. B. Briefkopien mit partiellem Tintenfraß, ohne weitere Sicherung lose in Umschlagmappen eingelegt.

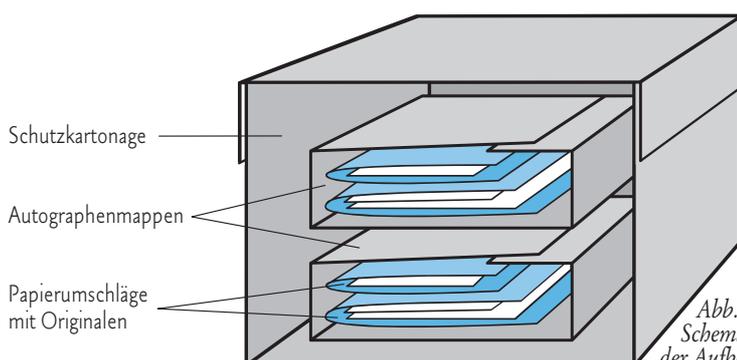


Abb. 2: Schematische Darstellung der Aufbewahrung.

Beispiele des Baukastensystems

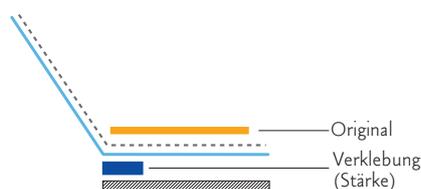


Abb. 3: Einzelblatt,
einseitig oder doppelseitig beschrieben.

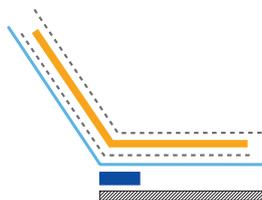


Abb. 4: Doppelblatt,
einseitig oder doppelseitig beschrieben.

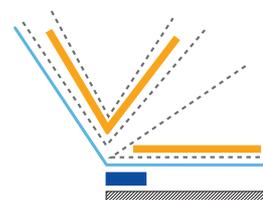


Abb. 5: Kombination
aus Doppel- und Einzelblättern.

Die Handschrift liegt lose in einem Bogen des Schutzpapiers. Die natürliche Oberflächenrauigkeit gibt dem Objekt genügend Haftung. Das Schutzpapier ist größer als die Handschrift. Zum Umblättern wird dieses und nicht die Handschrift berührt.

Darüber hinaus besteht die Mappenkonstruktion aus einem stärkeren Umschlagpapier, das am linken Rand auf den Unterlegekarton geklebt ist. Materialfestigkeit und Oberflächenbeschaffenheit bieten Schutz gegenüber Staub und mechanischen Belastungen. Der Karton dient der weiteren Verstärkung. Er verhindert Knickungen oder Stauchungen beim Transport sowie bei der Aufbewahrung und beugt so mechanischen Schäden an den Autographen vor (Abb. 3).

Zwei Bögen des transparenten Schutzpapiers werden an Kopf und Fuß des Falzes in das Umschlagpapier geheftet. Die Handschrift liegt fixiert zwischen den Schutzpapieren. Die hohe Transparenz des Schutzpapiers erlaubt eine erste visuelle Beurteilung des gesamten Autographs.

Zum Umblättern werden die überstehenden Flächen des Schutzpapiers verwendet und stützen die Handschrift mechanisch beim Wenden.

Umschlagpapier und Unterlegekarton bieten mechanischen Schutz beim Ausheben und Transport (Abb. 4).

Das Baukastensystem kann beliebig erweitert werden, wenn der Handschriftentext aus mehreren Doppel- und Einzelblättern besteht, die in ihrem ursprünglichen Zusammenhang aufbewahrt und benutzt werden sollen (Abb. 5).

Zusammenfassung

Die Handschriften aus dem Nachlass von Carl Friedrich von Savigny sind in ihren Erscheinungsformen inhomogen. Sie besitzen individuelle Formate und sind von unterschiedlichem Umfang.

Das Baukastenprinzip ermöglicht durch seine Einzelelemente eine sachgerechte Aufbewahrung für alle Erscheinungsformen der Handschriften.

Durch standardisierte Vorgaben können angelegerte Arbeitskräfte oder externe Hersteller mit der Mappenherstellung beauftragt werden. Bei der Entwicklung des Systems wurde darauf geachtet, dass der Kosten- und Zeitaufwand in einem angemessenen Verhältnis stehen.

Für den größten Teil des Bestandes konnte somit eine adäquate Aufbewahrung erzielt werden (Abb. 6). In Fällen besonders starker mechanischer Schwächung im Tintenauftragsbereich oder bereits eingetretenen Perforationen im Papier – Schadenskategorie 4 – reicht diese Form der Konservierung jedoch nicht aus.

Durch die Fragilität der Autographen muss entweder ihre Benutzung eingeschränkt oder eine restauratorische Intervention vorgenommen werden mit dem Ziel, eine ausreichende mechanische Stabilität wiederherzustellen.

Literatur

Deutsches Institut für Normung (DIN)
DIN/ISO 9706: 2009, Papier für Schriftgut und
Druckerzeugnisse, Voraussetzungen für die Alterungs-
beständigkeit, Beuth Verlag, Berlin (1995).

Reißland, B., Hofenk de Graaff, J.
Condition rating for paper objects with iron-gall ink,
ICN-Information 1, Instituut Collectie Nederland
(ICN), Amsterdam (2000).

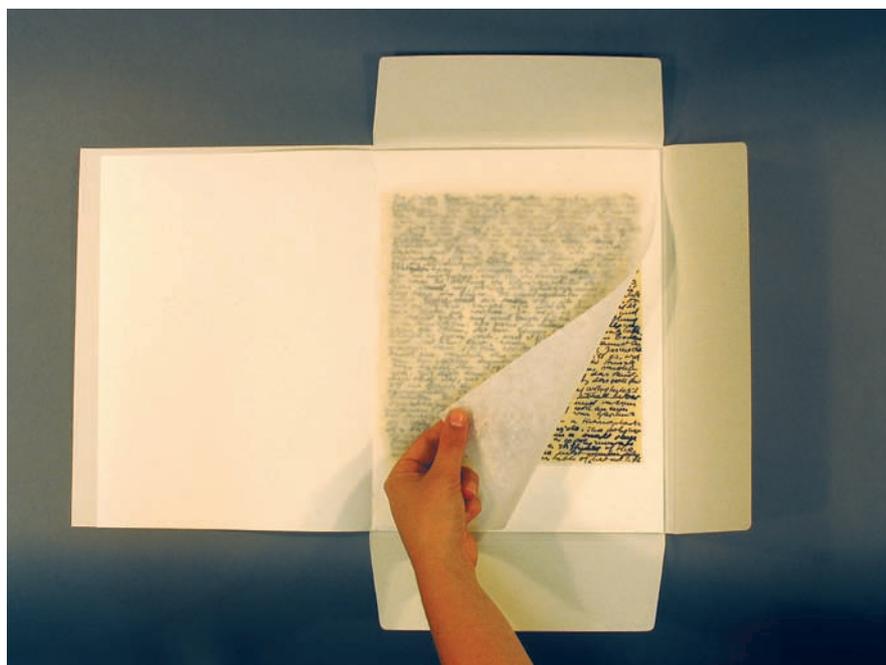


Abb. 6: Handschriftenaufbewahrung nach neuem Prinzip

Diese Arbeit wurde durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft aus Mitteln des Projekts LIS 2-557-22 (1) Marburg, INST 1980/1-1 gefördert

Selbstklebebänder auf Papier

Die Alterung von Selbstklebebändern auf Papier führt zu starken Schädigungen. Insbesondere bei Klebebändern mit einer Harz-Kautschuk-Klebmasse kann ein charakteristisches Schadensbild beobachtet werden. Im Zuge der Alterung wandert die Klebmasse in das Papiervlies und der Träger des Klebebandes löst sich. Die Abbauprozesse führen zur Oxidation der Klebstoffmasse und zur Vernetzung der Komponenten. Die Folge sind Verfärbungen, Versprödungen, Verblockungen mit benachbarten Papieren sowie eine deutliche Verschlechterung der Löslichkeit der in das Papiervlies eingedrungenen Klebstoffmasse. Die Abnahme gealterter Selbstklebebänder von Papier mit Lösemitteln ist sehr zeitaufwändig und ermöglicht vielfach nur wenig befriedigende Resultate. Sie lassen sich mit Hilfe von Lösemittelgelen auf Basis von Celluloseethern optimieren. Der Einsatz dieser Gele erlaubt eine ökonomischere d. h. weniger zeitaufwändige Bearbeitung der Objekte, als dies mit traditionellen Verfahren, wie z. B. dem Auftragen von Lösemitteln an der Saugscheibe oder dem Auftragen von Lösemittelpasten möglich ist. Die in Lösemittel getränkten Gelstreifen können an mehreren Stellen gleichzeitig aufgelegt werden. Je nach Papierbeschaffenheit, Alterungsgrad und Zusammensetzung des Klebebandes kann die Arbeitszeit um mehr als die Hälfte reduziert werden.

Anforderungen an Lösemittelgele

Die Aufgabe des Gels besteht darin, durch Speicherung und gleichmäßige Abgabe des Lösemittels an das Substrat die Klebmasse langsam zu quellen, aus dem Faserverbund zu lösen sowie im Anschluss die gelösten Komponenten heraus zu ziehen und zu absorbieren. Damit die relativ schwer löslichen Bestandteile der gealterten Klebmasse aus dem Papier transportiert werden können, ohne dieses zusätzlich zu schädigen, muss ein Gel folgende Anforderungen erfüllen:

- Hohe Viskosität bei geringem Feststoffanteil.
- Das Gel sollte schnittfest sein, damit es sich auf die Größe des Behandlungsfelds zuschneiden und auf der Position platzieren lässt.
- Geringes Haftungsvermögen auf der Papieroberfläche, damit leichte Wiederabnahme.
- Das Gel soll die Zugabe einer großen Bandbreite von polaren und unpolaren Lösemitteln erlauben.
- Langsame und spannungsfreie Trocknung
Ein Gel trocknet durch die Verflüchtigung des Lösemittels, die Gelmasse schrumpft, es können erhebliche Spannungen auftreten.

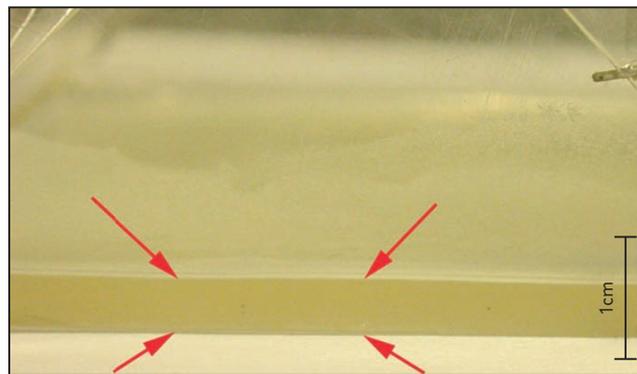


Abb. 1: Anschnitt eines ausgegossenen Filmes von Polysurf 67 CS, 7%.

- Hohe Lösemittelretention und gleichmäßige Abgabe des Lösemittels an das Substrat.
- Absorptionsfähigkeit für die gelösten Klebstoffreste.
- Der pH eines wässrigen Gels soll im neutralen bis leicht alkalischen Bereich liegen.
- Funktionsfähigkeit bei Einsatz eines Zwischenlagematerials, das undurchlässig für die Gelsubstanz ist.
- Einfache Herstellbarkeit.



Abb. 2: Polysurf 67 CS, 7% in einer Schablone aus Polyesterfolie ausgegossen, nach 24 Stunden Quellzeit.

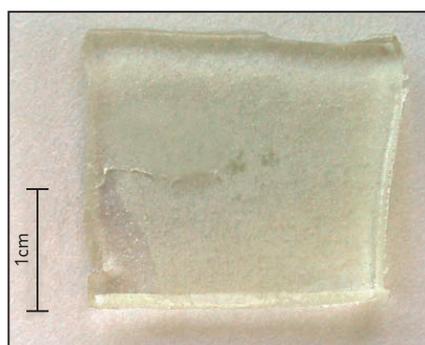


Abb. 3: Obere Lage der Polysurf 67 CS Kompressse ohne Abdeckung, vor dem ersten Behandlungsdurchgang.

Gelauswahl

Der Celluloseether Cetyl-Hydroxyethylcellulose (Produktname „Polysurf 67 CS“ der Firma Aqualon, Düsseldorf) gestattet die Herstellung von funktionsfähigen Lösemittelgelen. Die angeführten Anforderungen für einen Einsatz zur Abnahme gealterter Klebmassen auf Papier werden erfüllt.

Für die Herstellung des Gels wird der Gelbildner als Pulver unter Rühren in demineralisiertes Wasser bei Raumtemperatur eingetragen und nach 10minütigem Rühren mit einem Magnetrührer im noch flüssigen Zustand in eine Schablone aus Polyesterfolie ausgegossen. Nach mehrstündigem Quellen wird ein wasserklares, leicht gelbliches, formstabiles Gel gebildet. Die Feuchtigkeit wird vollständig durch den Gelbildner gebunden. Eine Konzentration des Gelbildners von 7% in Wasser ergibt ein schnittfestes Gel mit einem pH von 6,9, das mit polaren und unpolaren Lösemitteln anwendbar ist (Abb. 2). Innerhalb von 24 Stunden bildet sich eine elastische Masse mit einer Schichtdicke von ca. 3 mm (Abb. 1), die dann zugeschnitten werden kann.

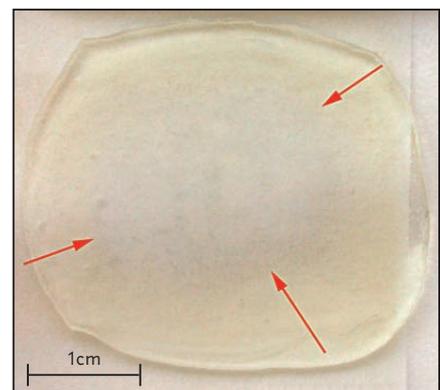


Abb. 4: Aufsicht des Kompressensystems nach vier Durchgängen von 30 Minuten. Reduktion der durch die Klebmasse verursachten Verfärbung im Papier (Bereich innerhalb der roten Pfeile).

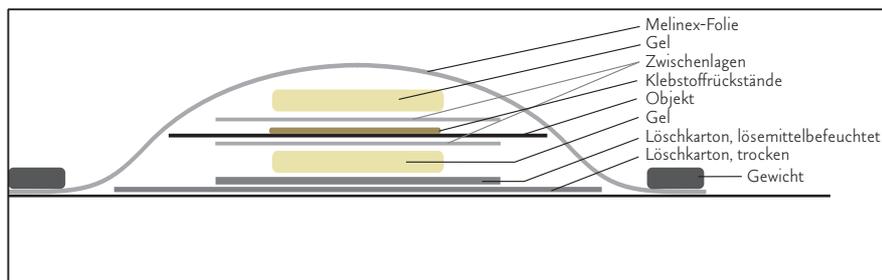


Abb. 5: Schematische Darstellung des zweiseitigen Aufbaus einer Polysurf 67 CS Lösemittelgelkompresse.

Anwendung

In der Anwendung erwies sich die Platzierbarkeit als kompakte, nicht klebrige und klare Schnittmasse als vorteilhaft.

Das Lösemittelgel wurde an montierten Bleistiftzeichnungen des Künstlers Theodor Wende (1925/26) aus der Sammlung des Hessischen Landesmuseums Darmstadt erfolgreich eingesetzt. Die auf dünnem maschinengefertigten Papier und auf Transparentpapier ausgeführten Zeichnungen waren mit Selbstklebebändern unterschiedlicher Zusammensetzung auf Karton montiert. In den meisten Fällen hatte die Klebmasse das Papiervlies völlig durchdrungen und war verbräunt und spröde. In diesen Bereichen hatte das Papier deutlich an Opazität verloren und erschien semitransparent.

Das Erscheinungsbild ließ auf Klebmassen auf der Basis von Kautschuk und Naturharzmischungen schließen woraus folgt, dass die Montierungen vermutlich in den 1960iger Jahren vorgenommen wurden. Die Klebebandträger

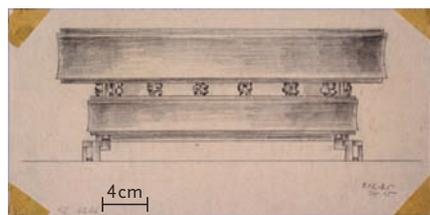


Abb. 6: Theodor Wende, Schale auf Füßen, 1925, Bleistiftzeichnung auf Transparentpapier, (14,8×29,8 cm), Bez.: „9.12.25 / Th. W.“, Hessisches Landesmuseum, Darmstadt, Inv. HZ 6266, recto, mit Selbstklebebändern, vor der Restaurierung.

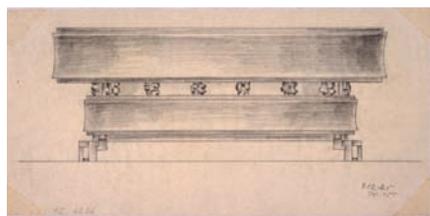


Abb. 7: Theodor Wende, Schale auf Füßen, 1925, recto, nach Abnahme der Klebebandträger und der in das Papier eingedrungenen Klebstoffreste mit einer doppelseitigen Polysurf 67 CS Lösemittelgelkompresse. © Hessisches Landesmuseum Darmstadt.

ger waren vielfach bereits abgefallen, nur an einigen Positionen lagen sie noch locker auf. Sie ließen sich problemlos mit einem Spatel ohne Wärmezufuhr abnehmen.

Nach einer Trockenreinigung mit einem weichen Pinsel und der Abnahme noch vorhandener Klebebandträger wurde die verbliebene Klebmasse zunächst 15 Minuten mit einer der Größe des Behandlungsfelds angepassten Lösemittelkammer gequollen. Dadurch ließ sich der noch auf der Papieroberfläche verbliebene Teil erweichen und mit einem Spatel reduzieren. Die in das Papiervlies eingedrungene Klebmasse wurde vorgequollen, wodurch die erforderliche Einwirkzeit der Lösemittelgele deutlich verkürzt werden konnte. Das mit einer Schichtdicke von etwa 3 mm hergestellte Gel wurde anschließend zugeschnitten und erst unmittelbar vor dem Aufsetzen auf das Behandlungsfeld ein Gemisch aus Ethylacetat und Ethanol im Verhältnis 50/50 vol% mit einer Pipette aufgetropft. Je nach Größe der Komresse liegt ihre Aufnahme-fähigkeit zwischen 0,3 – 0,5 ml Lösemittel. Die mit der Lösemittelmischung versetzten Gelkompressen wurden auf einem TST- (Polyester-)Vlies als Zwischenlage platziert, mit einer Polyesterfolie abgedeckt sowie mit Gewichten entlang der Folienkanten abgedichtet.

Abb. 5 zeigt die effektivste Möglichkeit der Behandlung mit einem zweiseitigen Kompressenaufbau. Dabei wird das Gel auf beiden Seiten des Objektes platziert, bleibt aber durch das eingelegte TST-Vlies von diesem getrennt. Unter der Komresse wurde ein dicker, mit Lösemittel getränkter Löschkarton platziert, um eine ausreichende Lösemittelmenge während eines Behandlungsdurchgangs zu gewährleisten. Für ein zufriedenstellendes Resultat musste die Gelkomresse bei Einwirkzeiten von 30 bis 45 Minuten bis zu sechs Mal gewechselt werden (Abb. 4). Damit ergibt sich eine Gesamtzeit für die Kompressenbehandlung von maximal 5 Stunden. Die Methode hat den zusätzlichen Vorteil, dass die gleichzeitige Bearbeitung mehrerer Behandlungsfelder möglich wird. Im Anschluss an die Behandlung mit den Polysurf 67 CS Kompressen wurde jedes Behandlungsfeld zusätzlich zehn Minuten auf der Saugscheibe

mit dem Gemisch Ethylacetat/Ethanol im Mischungsverhältnis von 50/50 vol% durchgespült, wodurch noch verbliebene Klebstoffreste und Verfärbungen des Papierträgers weiter reduziert werden konnten. Abschließend wurden die Papiere in einer Feuchte-kammer bei ca. 90% relativer Feuchte konditioniert, um den durch die lokale Lösemittelbehandlung ungleichen Befeuchtungsgrad des Papiers wieder auszugleichen und in der Papiermatrix absorbierte Lösemittelreste auszutreiben.

Zusammenfassung

Die Behandlungen an den montierten Bleistiftzeichnungen von Theodor Wende waren, wie aus den Abbildungen 6 und 7 hervorgeht, erfolgreich. Mit der Polysurf 67 CS-Gelkomresse konnte ein erheblicher Teil der Klebmasse aus dem Papier herausgelöst werden. Die Verbräunungen wurden weitestgehend reduziert und waren kaum mehr wahrnehmbar.

Die Papiere erscheinen in den behandelten Bereichen wieder opak und die durch die in das Papiervlies eingedrungene Klebmasse verursachte Sprödigkeit war in den behandelten Bereichen nicht mehr feststellbar.

Literatur

Brücke, I.

Anmerkungen zu synthetischen Selbstklebebändern und ihrer Entfernung aus Graphiken, *Restaurator* 97 (1991): 192–197.

Feller, R. L., Encke, D. B.

Stages in deterioration: The examples of rubber cement and transparent mending tape, in: *Science and technology in the service of conservation, Preprints of the Contributions to Washington Congress*, N. Bromelle, G. Thomson (eds), London (1992): 19–23.

Feller, R. L., Wilt, M.

Evaluation of cellulose ethers for conservation, *Research in conservation* Vol. 3, The Getty Conservation Institute, Marina del Rey, CA (1993).

Haller, U.

Herstellung und Anwendung von Lösungsmittel-Gelen, -pasten und -kompressen in der Restaurierung, *Weißer Reihe des Instituts für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart*, Band 11, K.-W. Bachmann (Hrsg.), Stuttgart (1994).

Lennig, H.

Die Entfernung von gealterten Selbstklebebändern auf Papier unter Anwendung von Lösemittelgelen, unpublizierte Diplomarbeit, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart (2007).

Lennig, H.

Solvent gels for removing aged pressure-adhesive tape from paper. *Restaurator* 31, # 2 (2010): im Druck.

O'Loughlin, E., Stiber-Morenius, L., (compilers)

Hinge tape and adhesive removal, *Paper Conservation Catalogue*, Vol. 15, AIC, Washington, DC (1992).

Introduction

The aging of self-adhesive tape on paper causes significant damage. In particular, adhesive strips with a resin and rubber adhesive exhibit a characteristic damage pattern. As the adhesive ages, it migrates into the paper web and the carrier becomes detached. The deterioration process leads to the oxidation of the adhesive substance and to the cross-linking of the components. The consequences of this are discolouration, brittleness, sticking to adjacent papers as well as a considerable decline in the solubility of the adhesive that has soaked into the paper matrix. Removing aged adhesive tape from paper using solvents is very time-consuming, with only moderately satisfactory results in many cases. This process can be optimized using solvent gels made from cellulose ethers. Using these gels allows for a more efficient i. e. a less time-consuming treatment of the objects than traditional procedures such as applying drops of solvent to a suction disc or applying solvent poultices. Gel strips soaked in solvents can be applied to many different spots at once. Depending on the composition of the paper and the degree of aging of the adhesive strips, the working time can be reduced by more than half.

Requirements for a solvent gel for adhesive removal from paper

The function of a solvent gel is to slowly soak the adhesive by retaining the solvent and then steadily releasing it into the substrate, to release the adhesive from the paper web, as well as to extract and absorb the dissolved components. In order to lift the elements of the adhesive that are relatively difficult to dissolve out of the paper without causing further damage, a gel must fulfill the following requirements:

- A high viscosity with a low solids content.
- The gel must be firm enough to cut, so that it can be cut to the size of the area being treated and placed in position.
- Low adhesion to the surface of the paper, allowing for easy removal.
- The gel must allow for the addition of a wide range of polar and non-polar solvents.
- A slow and tension-free drying; *a gel dries by the volatilization of the solvent; the gel contracts, which can lead to increased tension.*
- A high solvent retention rate and a steady release of the solvent into the substrate.

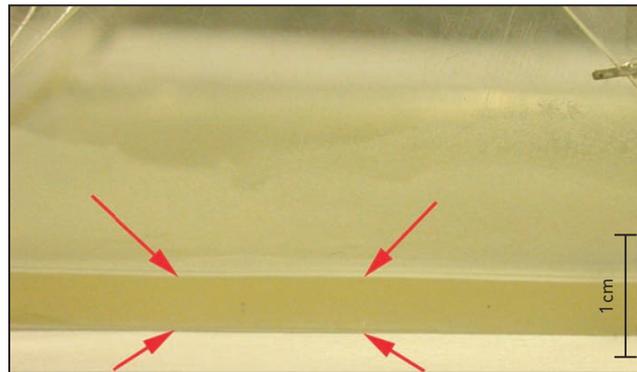


Fig. 1: Cross-section of a poured sheet of Polysurf 67 CS™, 7% dissolved in water, 24h of swelling.

- Ability to absorb the dissolved adhesive residue.
- The pH of an aqueous gel must be neutral or moderately alkaline.
- It must function even if an intermediate layer is used that is impermeable to the gel material.
- Easy to prepare.

Selecting a gel

The cellulose ether cetyl-hydroxyethylcellulose product name Polysurf 67 CL™ produced by Aqualon in Düsseldorf allows the preparation of a functional solvent gel. The above-mentioned requirements for a gel to remove aged and discoloured adhesives from paper were fulfilled.

To prepare the gel, the gelling agent in powdered form was stirred into demineralized water at room temperature, and, after stirring for 10 minutes with a magnetic stirrer, was poured into a polyester film mold while still liquid. After being allowed to swell for several hours, a limpid, slightly yellow, stable gel formed. The moisture was fully trapped by the gelling agents. A 7% concentration of the gelling agents in water produces with a pH of 6.9. Within 24 hours of setting, an elastic sheet approximately 3 mm thick is formed, which can be cut to size (Fig. 1). This compact, non-sticky and clear substance could be placed onto the surface of an object. It can be used with polar and non-polar solvents (Fig. 2).



Fig. 2: Polysurf 67 CS™, 7%, poured into a polyester film mold, after 24 hours of swelling time.

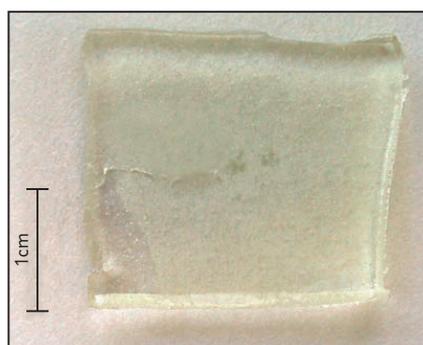


Fig. 3: Polysurf 67 CS™ poultice without Mylar covering, from above, before the first treatment round.

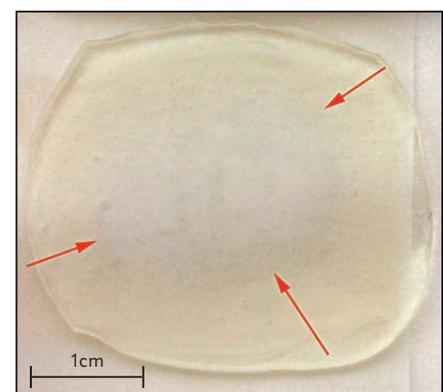


Fig. 4: Top view of the poultice system after four treatment rounds of 30 min each, a reduction of the discolouration caused by the adhesive is observable; area inside the red arrows.

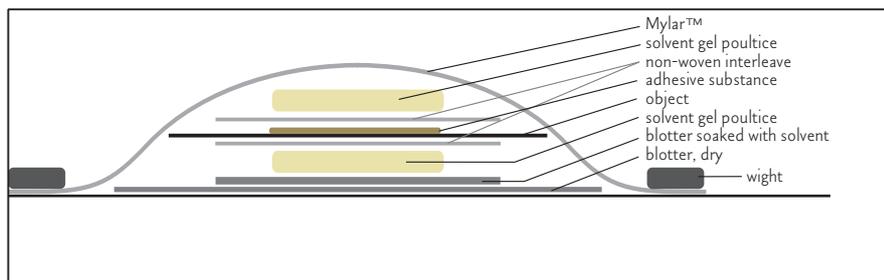


Fig. 5: Set up for the simultaneous recto and verso application of the Polysurf 67 CSTM solvent poultice.

Implementation

The solvent gel was successfully used to treat the mounted pencil drawings by the artist Theodor Wende (1925/1926) from the collection of the Hessisches Landesmuseum in Darmstadt. The drawings – done on thin, machine-made paper and tracing paper – were mounted on cardboard using self-adhesive tapes of various kinds. In most cases, the adhesive had fully permeated the paper, which had become brown and brittle. In these areas, the paper had significantly less opacity and had become semi-transparent. The appearance of the damage to the object led to the conclusion that adhesives using mixtures of rubber and natural resin had been used, which means that the drawings were likely mounted in the 1960s. The adhesive carriers had already fallen off in many cases; they were still stuck on loosely in a few places. These could be easily removed with a spatula, without applying heat.

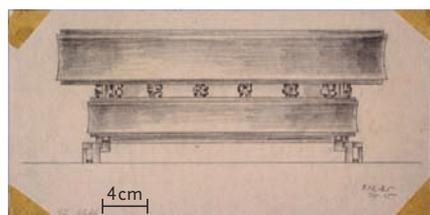


Fig. 6: Theodor Wende, *Footed Bowl*, 1925, pencil drawing on tracing paper, 14.8 × 29.8 cm, Inv. 9.12.25 / Th. W., Hessisches Landesmuseum, Darmstadt, HZ 6266, recto, mounted with self-adhesive tapes, before conservation.

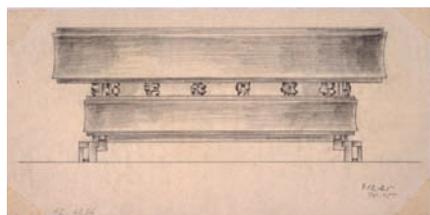


Fig. 7: Theodor Wende, *Footed Bowl*, 1925, after the removal of the adhesive strips and the discoloured adhesive residues using a double-sided Polysurf 67 CSTM solvent poultice according to Fig. 5. © Hessisches Landesmuseum Darmstadt.

After a dry cleaning with a soft brush and the removing of the remaining adhesive carriers, the remaining adhesive substance was swollen for 15 minutes in a solvent chamber fitted to the size of the area to be treated. The adhesive that had penetrated into the paper was softened by solvent vapours, which significantly shortened the amount of time the gel needed to be applied. The gel was prepared with a thickness of 3 mm, and was then cut to size; immediately before placing it on the surface being treated, a mixture of ethyl acetate and ethanol (a ratio of 50/50 vol%) was applied with a pipette to the gel. Depending on the size of the poultice, the capacity to absorb the solvent was between 0.3 and 0.5 ml. The gel poultice with the solvent was placed on the paper with an additional layer of TSTTM – a polyester – nonwoven fabric in between, then covered with a layer of polyester film (MylarTM), and sealed with weights along the edge of the MylarTM.

Fig. 5 shows the most effective treatment method, using a double-sided poultice arrangement. Pieces of gel were placed on both sides of the object, but were separated from it with the TSTTM-nonwoven fabric. A piece of thick blotting paper soaked in solvent was placed under the poultice, to make sure that there was enough solvent for the entire treatment. To obtain the desired outcome, the gel poultice, applied for 30 to 45 minutes each time, had to be changed as many as six times (Fig. 4). The poultice treatment lasted as long as 5 hours in total. An additional advantage of this method is that several different areas can be treated at the same time. Following treatment with the Polysurf 67 CSTM poultice, each treated area was rinsed with the same mixture of ethyl acetate and ethanol (ratio of 50/50 vol%) for 10 minutes on the suction disc, which allowed any adhesive residues and discolouration of the paper to be further reduced. Finally, the pieces of paper were conditioned in a humidification chamber at 90% relative humidity, in order to even out the unequal moisture levels in the paper caused by the localized solvent treatment, as well as to re-

move any solvent residue the paper matrix absorbed.

Summary

The treatment of the mounted pencil drawings by Theodor Wende was successful, as figures 6 and 7 show. Using Polysurf 67 CSTM gel poultices, a high proportion of the aged discoloured adhesive that has been penetrated into the paper web could be removed. The discolouring compounds were removed to the greatest extent possible, and were hardly perceptible. In the areas that were treated, the paper appeared opaque again, and the brittleness caused by the adhesive migrated into the paper web could no longer be detected.

References

- Brücke, I.
Anmerkungen zu synthetischen Selbstklebebändern und ihrer Entfernung aus Graphiken,
Restaura 97 (1991): 192–197.
- Feller, R. L., Encke, D. B.
Stages in deterioration: The examples of rubber cement and transparent mending tape, in: *Science and technology in the service of conservation, Preprints of the Contributions to Washington Congress*, N. Bromelle, G. Thomson (eds), London (1992): 19–23.
- Feller, R. L., Wilt, M.
Evaluation of cellulose ethers for conservation, *Research in conservation* Vol. 3, The Getty Conservation Institute, Marina del Rey, CA (1993).
- Haller, U.
Herstellung und Anwendung von Lösungsmittel-Gelen, -pasten und -kompressen in der Restaurierung, *Weißer Reibe des Instituts für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart*, Band 11, K.-W. Bachmann (ed.), Stuttgart (1994).
- Lennig, H.
Die Entfernung von gealterten Selbstklebebändern auf Papier unter Anwendung von Lösemittelgelen, unpublished graduate thesis, State Academy of Art and Design Stuttgart (2007).
- Lennig, H.
Solvent gels for removing aged pressure-adhesive tape from paper. *Restaurator* 31, # 2 (2010): in print.
- O'Loughlin, E., Stiber-Morenius, L., (compilers)
Hinge tape and adhesive removal, *Paper Conservation Catalogue* Vol. 15, AIC, Washington, DC (1992).

Schon seit vielen Jahren stehen Archive und Bibliotheken wie das Deutsche Literaturarchiv Marbach vor der Herausforderung, die Problematik mit Selbstklebebändern in ihren Beständen zu lösen.

Selbstklebebänder können Reparaturen an Papieren schnell und unkompliziert ermöglichen und bieten einen einfachen Weg der Fixierung unterschiedlichster Materialien. Vielfach wurden Klebebänder mit der Bezeichnung „dokumentenecht“ versehen und fanden so ihren Weg bis in den Archiv- und Museumsalltag.

Selbstklebebänder sind jedoch nicht alterungsbeständig und schädigen Papier und Schrift. Infolge von Klebstoffwanderung und Alterungsprozessen der Klebestreifen sind die Probleme in den betroffenen Beständen vielfältig:

- Blätter können miteinander verkleben.
- Das Papiervlies wird durch die eindringende Klebstoffmasse in seiner Opazität und damit seinem optischen Erscheinungsbild negativ verändert.
- Eingedrungene Klebstoffe vernetzen im Zuge der Alterung, verspröden und verfärben und können neben der optischen Einschränkung zu Materialverlust führen.
- Klebstoffträger können abfallen und aufgeklebte Teile zusammen mit den Trägern vom Original abgelöst werden.
- Der Klebstoffschicht zugegebene Weichmacher führen dazu, dass Farben ausbluten oder wandern und Schriften schlechter lesbar werden.

Im Deutschen Literaturarchiv Marbach gibt es seit 1995 eine umfangreiche und vielseitige Sammlung mit einem besonders nennenswerten Klebebandproblem – der Nachlass des Literaten Ernst Jünger.

Ernst Jünger, (*29. März 1895 in Heidelberg, † 17. Februar 1998 in Riedlingen) war Zeit seines Lebens ein leidenschaftlicher Entomologe und hat seine Manuskripte, Tage- und Notizbücher mit Insekten (Schmetterlinge und Motten), Federn sowie verschiedenen Pflanzenteilen verziert. Er fügte Briefmarken, Eintritts- und Postkarten aus Reisen und Ausflügen mit hin und ergänzte oder „korrigierte“ seine Schriftstücke teilweise durch beschriebene Papierstreifen und Handzettel. All diese Objekte hat er, häufig beidseitig, mit unterschiedlichsten Klebebändern vor oder nach dem Beschreiben in seine Manuskript- und Buchseiten eingeklebt, teils nur partiell befestigt, teils vollständig überklebt.

Die Abbildungen 1–4 zeigen einige typische Beispiele aus Ernst Jüngers Originalmanuskripten.



Abb 1:
Jünger Manuskript „subtile Jagden“ (1964/66)
Titelblatt mit vollständig überklebter Blüte.
(Quelle: DLA Marbach).

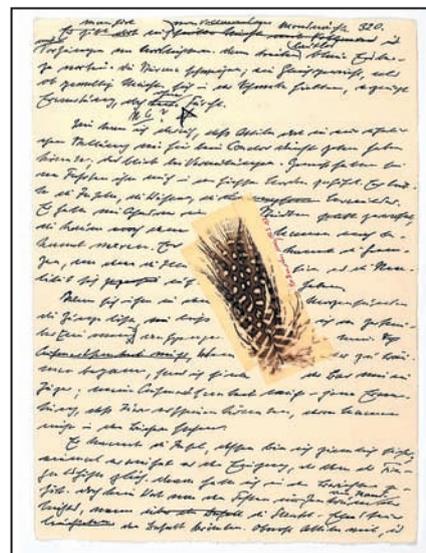


Abb 2:
Jünger Manuskript „Eumeswil 2“ (1976),
S. 320, Aufgeklebte Feder mit Beschriftung.
(Quelle: DLA Marbach).

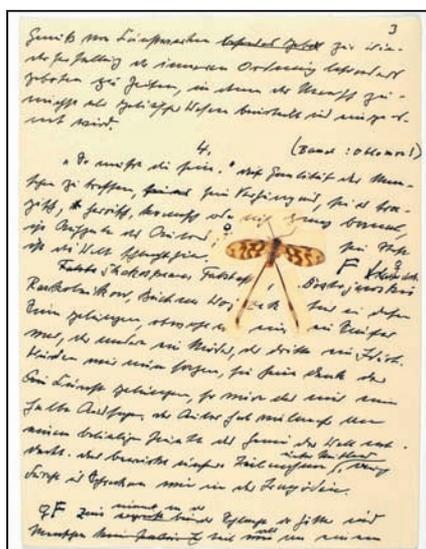


Abb 3:
Jünger Manuskript „Die Schere“ (1987/88),
S. 3, aufgeklebter Falter, z.T. über die Tintenschrift
geklebt. (Quelle: DLA Marbach).

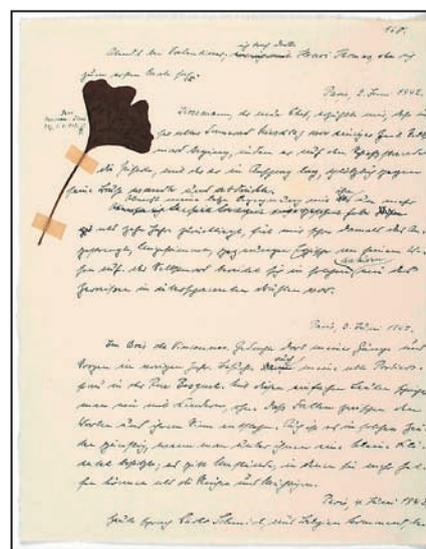


Abb 4:
Jünger Manuskript „Journal 1942“ (1942)
S. 168, Partiiell fixiertes Blatt.
(Quelle: DLA Marbach).

Archivalische Probleme mit Selbstklebebändern

Jünger hat folgende Gestaltungsmöglichkeiten genutzt:

- Überschreiben der Klebebänder
- Umranden der Klebebänder mit Text
- Ergänzen eingeklebter Objekte
- Überkleben von Text und Objekten mit Korrekturzetteln.

Bei den frühen Manuskripten sind nur einzelne Blätter beklebt, bei den späten fast jedes. Als Schreibmedien verwendete Jünger verschiedenfarbige Tinten und Kugelschreiber, Faserschreiber und Buntstifte sowie Tusche und Schreibmaschine. Sporadisch finden sich Bleistifte und blauer Kopierstift.

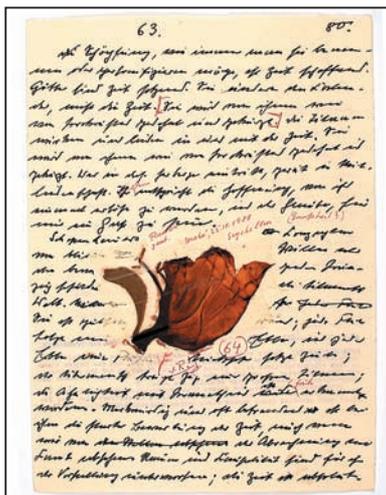


Abb 7: Jünger Manuskript „Die Schere“ S. 80, recto, schwarze Tinte und roter Kugelschreiber sind um und auf dem Klebeband. (Quelle: DLA Marbach).

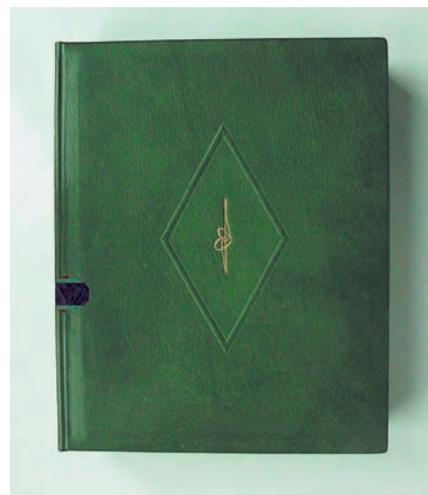


Abb. 8

Die Abbildungen 5–7 zeigen unterschiedliche Gestaltungselemente aus dem Nachlass.

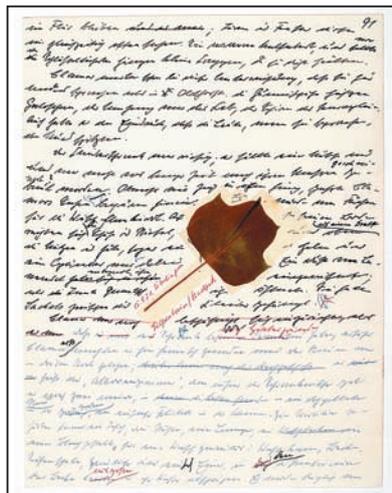


Abb 5: Jünger Manuskript „Die Zwille“ S. 91, recto, schwarze Tinte und Kugelschreiber um und über die Klebebänder geschrieben. (Quelle: DLA Marbach).

Für die bedeutendsten seiner 26 handgeschriebenen Manuskripte ließ Jünger sich kunstvoll verzierte Kassetten aus Leder anfertigen, in denen die losen Blätter im Stapel eingelegt sind. Alle anderen Archivalien, darunter über 200 handgeschriebene Tagebücher, Kriegs- und Reisetagebücher, sind heute in Mappen und Archivboxen (Marbacher Grüne Kästen) aufbewahrt (vgl. Abb. 8–10).



Abb. 9

Abb. 8–10 zeigen die grüne Lederkassette des Manuskripts „Subtile Jagden“ (8), unterschiedliche Buchformen als Tagebücher (9) und die Lagerung in Jurismappen und grünen Marbacher Archivkästen (10).

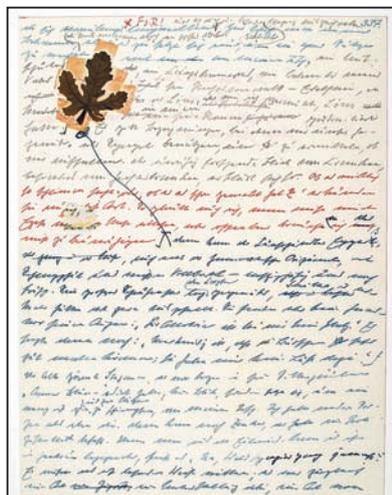


Abb 6: Jünger Manuskript „Annäherungen II“ S. 337, recto, unterschiedliche Tinten, Kugelschreiber und Bleistift. (Quelle: DLA Marbach).



Abb. 10

Problemstellung

Das Deutsche Literaturarchiv Marbach steht vor dem Problem, dass die Klebebänder im Bestand nicht nur unterschiedlich stark degradiert sind, sondern auch bereits zu verschiedenen Schäden an den Blättern geführt haben und die fortschreitenden Alterungsphänomene den Bestand noch weitergehender gefährden:

- Einige der Klebestreifen sind bereits lose oder abgefallen, wodurch insbesondere bei partiellen Verklebungen rasch Materialverlust droht.
- Partiiell befestigte Pflanzen- und Insektenteile sind gegen mechanische Belastung anfällig. Sie sind oft sehr groß und durch den Trocknungsvorgang spröde und brüchig, so dass rasch Teile abbrechen und verloren gehen können.
- Einige Beschreibmedien sind äußerst gefährdet: Tinten und Kugelschreibereintragungen befinden sich häufig in direktem Kontakt unter oder neben dem Klebeband und machen eine Manipulation an Träger oder Klebemasse fast unmöglich.
- Überklebungen auf der Vorderseite gefährden auch die Beschreibstoffe auf der Rückseite.
- Vor allem aber besteht Gefahr, wenn Beschreibstoffe unmittelbar auf die Klebebänder aufgetragen wurden und Jünger für solche Beschriftungen Tinte verwendete. Sie liegt dort so ungeschützt auf, dass sie jederzeit abgewischt werden kann.

Hinzu kommt, dass viele Seiten durch hervorquellende Klebstoffe miteinander verklebt sind. Die Benutzung würde starke mechanische Schäden hervorrufen, da Teile abgerissen würden. Diese Blätter, die meist in engen Kassetten oder in dicken Manuskriptstapeln unter Druck lagern, müssen ohne Materialverlust oder Schäden voneinander getrennt und durch Einlegen geeigneter Zwischenlagematerialien vor einem erneuten Verkleben geschützt werden.

Abb. 11 zeigt zähfließende Klebstoffreste aus der Klebstoffwanderung während des Versuchs einer Trennung von zwei verklebten Blättern.

Aus restauratorischer Sicht müssten die vielfachen Schäden an den Blättern Ernst Jüngers behoben werden, indem die Selbstklebebänder abgenommen oder ersetzt und die verbleibenden Klebstoffreste entfernt werden. Was aber tun, wenn Selbstklebebänder unmittelbar Teil des

Objektes sind und zur Geschichte des Bestandes gehören? Das Ablösen die Eintragungen und Einklebungen gefährden oder zerstören würden?

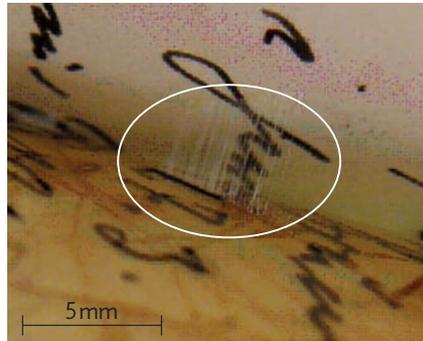
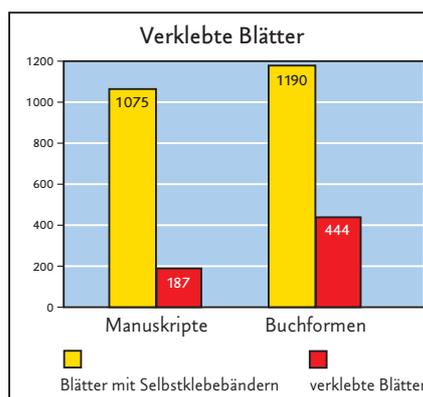
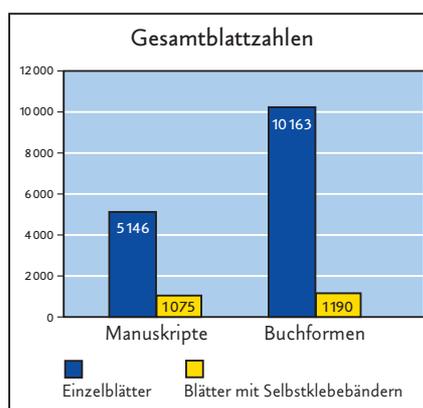
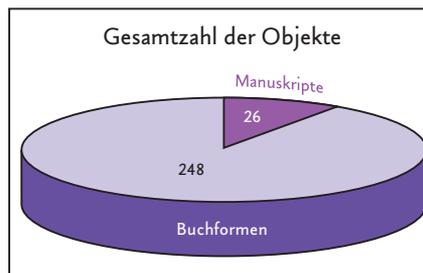


Abb. 11: Verblockung von Manuskriptseiten durch penetrierte Klebstoffmasse. Die Klebstoffmasse ist noch ausreichend viskos, dass die Blätter durch Zug mechanisch trennbar sind.

Der Nachlass in Zahlen:



Nicht nur in Marbach sind viele moderne Nachlässe von ähnlichen Problemen betroffen.

Das Deutsche Literaturarchiv Marbach hat daher eine anerkannte Expertengruppe zu einem Workshop zusammengerufen und das Problem exemplarisch anhand seines Nachlasses von Ernst Jünger diskutiert.

Auf der Basis dieses Workshops entstand ein beispielhaftes, interdisziplinäres Forschungsprojekt mit dem Ziel, allgemeine Lösungsvorschläge für die vielschichtigen Probleme zu erarbeiten, die Selbstklebebänder in Kulturbeständen mit sich bringen.

Die tesa SE in Hamburg, vertreten durch Dr. Bernd Lühmann (Research & Development) und Dr. Manfred Spies (R&D Chemical Raw Materials), hilft bei dieser Problemlage nicht nur finanziell in Form einer einjährigen Anschubfinanzierung, sondern vor allem durch das fachliche Wissen ihrer Forschungsabteilung.

Partner des Archivs und Teilnehmer der Expertengruppe sind, neben der tesa SE, die Beiersdorf AG in Hamburg, vertreten durch Dr. Claudius Rapp (R&D Analytics, Product Analytical Dept.) und Dr. Elke Grotheer (Analytical Dept.), Professor Dr. Gerhard Banik (Universität Wien), der Studiengang Restaurierung an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste in Stuttgart unter der Leitung von Prof. Dr. Irene Brückle, Linda Stiber-Morenus (Library of Congress, Washington D.C.), und Elissa O'Loughlin (The Walters Art Museum, Baltimore).

Stand des Projekts:

- Alle miteinander verklebten Seiten konnten erfolgreich und ohne mechanische Schäden unter Zuhilfenahme von Teflonspateln voneinander getrennt werden.
- Ein vorübergehendes Zwischenlagematerial, eine beidseitig silikonbeschichtete Polyesterfolie der Firma tesa SE, wurde zur Trennung der Seiten eingelegt, um ein erneutes Verkleben zu verhindern. Ob sich dieses Material für eine Langzeitlagerung bewährt, wird anhand unterschiedlicher Testreihen geprüft. Die Testreihen werden durch weitere geeignete Materialien ergänzt.
- Der gesamte Bestand wurde durch Verfilmung und Digitalisierung gesichert. Damit bleibt der Nachlass auch während der Forschungsarbeit inhaltlich nutzbar, ohne die Originale zu belasten.

Konservatorisch optimale Bedingungen für eine dauerhafte Lagerung der Bestände werden formuliert. Dabei sollte die künftige Lagerung möglichst druckfrei, kühl und klimastabil erfolgen, da die Intensität der Klebmassenwanderung unter dem Träger abhängig ist vom ausgeübten Druck und der Temperatur.

Alle Manuskripte, Tage- und Notizbücher konnten durchgesehen werden. Der optisch-haptische Zustand der Träger und Klebmassen wurde über drei Degradationsstufen beschrieben, die Aussagen über das Ausmaß der eingetretenen Schädigung eines Klebebandes durch fortschreitende Alterung möglich machen. Erste Daten, dazu gehörten auch erste Schadensklassifizierungen, wurden bereits 2003 von Beate Küsters in einer web-basierten Datenbank festgehalten.

Alle Daten über Erscheinungsbild und Alterungsstadium von Selbstklebebändern sind hilfreich zur Einschätzung von mechanischen Empfindlichkeiten der Blätter und zur Entwicklung geeigneter Lagerungsbedingungen im Magazin und bei Ausstellungen. Für die Forschungsarbeit und die Neulagerung des Jüngerschen Nachlasses ist ein Zeitrahmen von drei Jahren vorgesehen.

Die Zielrichtung des Projektes geht aber weit über die reine Erhaltung des Jüngerschen Nachlasses hinaus. Auf Basis von Analyseergebnissen, die über das Verfahren der Fourier-Transformation-Infrarot-Spektroskopie (FTIR) in den Labors der tesa SE entstehen, und weiteren optisch-haptischen Beschreibungen sowie UV-

und Auflichtaufnahmen soll ein Leitfaden zur Erkennung von Selbstklebebändern entstehen, um eine für alle Institutionen übertragbare konservatorische Richtlinie im Umgang mit Selbstklebebändern in ihren Beständen zu erarbeiten. Diese soll Sammlungen und Archive in die Lage versetzen, Selbstklebebänder zu identifizieren und zielgerichtete Restaurierungs- und Aufbewahrungsmaßnahmen ergreifen zu können.

Degradationsstufen von Selbstklebebändern auf Latex-Harzbasis

Degradationsstufe 1

beschreibt Klebebänder, deren Träger transparent und höchstens leicht gelblich, aber noch elastisch sind und gut haften.

Degradationsstufe 2

beschreibt Klebebänder, deren Träger gelblich bis gelb verfärbt, noch flexibel, aber oft schon partiell abgelöst sind. Die Klebmasse kann in diesem Stadium als „sticky and cheesy“ bezeichnet werden und hat oft bereits angefangen durchzuschlagen oder unter dem Träger hervorzuquellen (kalter Fluss). Beschreibstoffe fangen an, sich aufgrund der Weichmacherwanderung zu verändern.

Degradationsstufe 3

beschreibt Klebebänder, deren Träger vergilbt oder verbräunt und spröde sind. Die Träger sind meist entweder teilweise oder bereits vollständig abgefallen. Die Klebmasse hat stark durchgeschlagen, es kann zu Verklebungen kommen. Veränderungen an Beschreibmedien aufgrund der Weichmacherwanderung sind deutlich zu sehen.

Literatur:

Buchschuster, P.
Die Schadenserfassung des Nachlasses Ernst Jüngers im Literaturarchiv Marbach und die Problematik der Schutzverfilmung, unpublizierte Semesterarbeit, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart (2005).

Habenicht, G.
Kleben: Grundlagen, Technologien, Anwendungen, Springer-Verlag VDI-Buch, Berlin (2009).

Kamzelak, R., Reikow-Räuchle, M.
Archival problems with pressure-sensitive tapes: A unique project for conservation at the German Literature Archive in Marbach supported by Tesa SE Hamburg, Restaurator 31 (2010): 92–105.

Lennig, H.
Der Nachlass des Schriftstellers Ernst Jünger im Literaturarchiv Marbach und die Problematik gealterter Klebebänder, unpublizierte Semesterarbeit, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart (2005).

O'Loughlin, E., Stiber, L. (compilers)
Hinge, tape and adhesive removal, The Paper Conservation Catalogue, Vol. 15, AIC Washington, DC (1992).

Einleitung

Bei der Entfernung von Staub und anderen durch physikalische Wechselwirkungen an Oberflächen historischer Dokumente haftenden Verschmutzungen – der so genannten Trockenreinigung – handelt es sich um eine häufig komplizierte Maßnahme, die zumeist weitergehenden papierrestauratorischen Eingriffen vorangestellt werden muss. Sie erfolgt durch mechanische Bearbeitung der Papieroberflächen mit Radiermitteln. Diese können Schmutzpartikel von der Oberfläche abtragen und aufnehmen; diese lassen sich anschließend weitgehend wieder entfernen (Hakney et al. 1990, Phenix et al. 1990, Cowan et al. 2001, Noehles 2002). Das Radieren einer Papieroberfläche (vom Lateinischen *radere*: kratzen, schaben) geht mit einer Veränderung der Oberflächenmorphologie des Papiers einher, die nicht rückführbar ist. Alle traditionellen Radier Techniken in der Papierrestaurierung können außerdem in Bezug auf die ebenfalls auf der Papieroberfläche physikalisch fixierten Farbmittel keinesfalls als ausreichend selektiv angesehen werden. Bei sehr großen Sammlungsbeständen ist eine restauratorisch akzeptable Oberflächenreinigung mit Radiermedien wegen des dafür erforderlichen enormen Aufwands an geschultem Personal ökonomisch untragbar.

In einem Zeitraum von 26 Monaten – von Dezember 2005 bis Mai 2008 – wurde von den Autoren in Kooperation mit der Universität Erfurt mit Förderungsmitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU – Projekt 23000-45) ein maschinelles System für die Trockenreinigung einer umfangreichen Sammlung historischer Karten der Universitäts- und Forschungsbibliothek Erfurt/Gotha entwickelt (Reikow-Räuchle et al., Laube 2009). Ausgangspunkt für die Entwicklung war die Übernahme des Archivs des Justus Perthes Verlags in Gotha durch die Forschungsbibliothek Gotha. Dieses Archiv beinhaltet neben Büchern und Archivmaterialien eine 185 000 Blätter umfassende Sammlung historischer Karten (Abb.1), die in einzigartiger Weise die Entwicklung der Kartographie und der Produktion des Verlags Justus Perthes vom späten 18. Jahrhundert bis in die 1960iger Jahre dokumentiert (Demhart 2006). In der Sammlung befinden sich Karten auf unterschiedlichsten Trägern wie Papier, Transparentpapieren, Textilien u. a. sowie Vorlagen zur Kolorierung der Karten mit Aquarell- und Farbstiften und zahlreiche Entwürfe oder Teilkorrekturen von bereits im Verlagsprogramm befindlichen Karten mit handschriftlichen Eintragungen, Beschriftungen und Rasterlinien, die mit Bleistift, verschiedenen Farbstiften, Tinten und Tuschen ausgeführt sind. Vollständig lesbare Prägestempel (Abb. 2) liefern Hinweise zur Datierung und den Urhebern der Karten sowie gut erhaltene Plattenränder Informationen zur

Drucktechnik (Abb. 3).

Aufgrund ihrer beengten Unterbringung und der kontinuierlichen Nutzung als Arbeitsmaterial für die Kartographen sind viele Karten durch Risse, Fehlstellen, Knicke und Brüche mechanisch zum Teil stark geschädigt (Abb. 4). Außerdem sind zahlreiche Blätter teilweise verschmutzt und in ihrer Lesbarkeit beeinträchtigt, wie Abb. 5 verdeutlicht.

Problemstellung

Das Archiv des Justus Perthes Verlags wurde um einen namhaften Betrag mit Mitteln der Kulturstiftung der Länder durch den Freistaat Thüringen erworben und der Forschungsbibliothek Gotha mit der Auflage übergeben, den Be-

stand schnellstmöglich für die Benützung zu erschließen und entsprechend den aktuellen konservatorischen Standards zu verwahren.

Voruntersuchungen des Kartenbestandes ergaben allerdings, dass die Karten mit alveolen-gängigem Feinstaub mit einer Partikelgröße von $\leq 1\mu\text{m}$ in einem Ausmaß kontaminiert waren, die die Gesundheit der Bearbeiter gefährden würde. Daher musste zur Ermöglichung der wissenschaftlichen Bearbeitung der Bestände eine technische Lösung für die Reinigung des Kartenbestandes, das heißt, eine weitestgehende Reduzierung der Feinstaubkontamination, zumindest unter die zulässige Belastungsgrenze, mit Priorität gesucht werden. Aufgrund des Bestandsumfangs sowie der zahlreichen handschriftlichen Eintragungen mussten abrasive Radiermedien ausgeschlossen werden. Andere



Abb. 1: Typisches Beispiel einer Landkarte aus dem Bestand.



Abb. 2: Gut erhaltener Prägestempel (Pfeil).



Abb. 3: Ausgeprägter Druckplattenrand (Pfeile).



Abb. 4: Typische mechanische Schäden, Risse und Fehlstellen an der Karte DR.72.

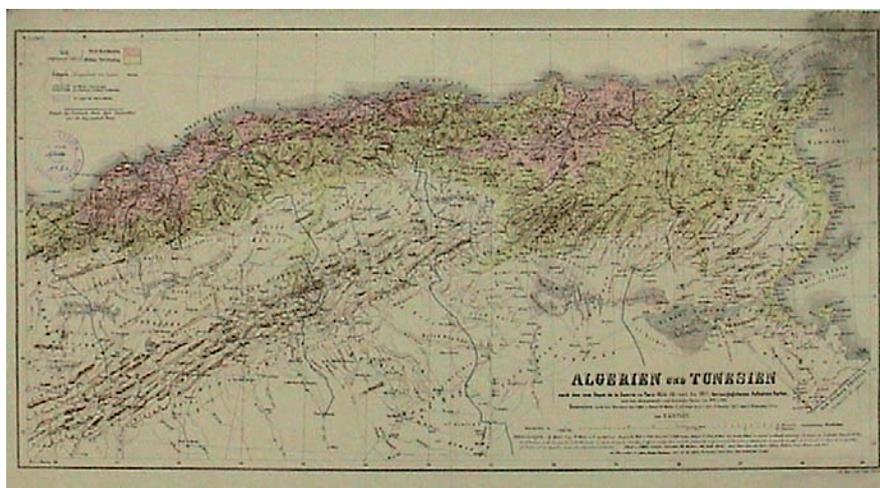


Abb. 5: Landkarte „Algerien und Tunesien“ mit deutlicher Verschmutzung im Bereich der rechten oberen Ecke.

Elektrostatische Staubabnahme von historischen Landkarten und Dokumenten am Beispiel des Kartenbestandes Justus Perthes der Universitäts- und Forschungsbibliothek Erfurt/Gotha

mechanisch auf die Papieroberfläche einwirkende Techniken, wie der Einsatz von Bürsten oder von Absaugvorrichtungen kamen ebenfalls nicht in Frage, denn sie wären für die empfindlichen Stücke mit einer zu starken mechanischen Belastung verbunden gewesen.

Um die Reinigung der 185 000 Karten des Bestands in einem absehbaren Zeitraum und ohne mechanische Beeinträchtigungen bewältigen zu können, wurde daher eine automatisierte innovative Technik entwickelt, die das rationelle und beidseitige Abheben der gesundheitsgefährdenden und alveolengängigen Feinststaubpartikel von Karten auf Papier und anderen Trägermaterialien ohne mechanische Belastung ermöglicht.

Für die technische Lösung wurde folgendes Anforderungsprofil entwickelt:

- Der Nachweis, dass bei Benutzung einer Karte der an die Raumluft abgegebene Feinststaub deutlich unter der in der Maximalen Arbeitsplatz Konzentration (MAK) festgelegten zulässigen Belastungsgrenze von 4 mg/Nm^3 reduziert ist.
- Ausschluss jeglicher abrasiver Bearbeitungstechniken, die eine bleibende Veränderung der Objekt Oberfläche verursachen.
- Uneingeschränkter Erhalt der Lesbarkeit.
- Uneingeschränkter Erhalt der Farb- und Schriftmedien.
- Vermeidung mechanischer Beschädigungen der Träger.
- Bereits vorhandene mechanische Schäden der Karten dürfen keine Vergrößerung des Schadensmaßes erfahren.

In Voruntersuchungen wurde der Bestand entsprechend der Empfindlichkeiten von Material und Beschreibstoffen in fünf Schadensgruppen eingeteilt:

- **Gruppe 1:** keine oder geringe mechanische Schäden, keine Plattenränder oder Prägungen, keine handschriftlichen Eintragungen.
- **Gruppe 2:** Karten mit Plattenrändern und Prägungen, keine oder geringe mechanische Schäden, keine handschriftlichen Eintragungen.
- **Gruppe 3:** Karten mit handschriftlichen Eintragungen, keine oder geringe mechanische Schäden.
- **Gruppe 4:** geknickte und gefaltete Karten.
- **Gruppe 5:** Karten mit mittleren bis starken mechanischen Schäden, handschriftlichen Eintragungen, Plattenrändern und Prägungen, Knicken und Falten.

Vorversuche ermöglichten es, den später geplanten mechanischen Reinigungsdurchlauf manuell an Dubletten aus dem Bestand zu simulieren.

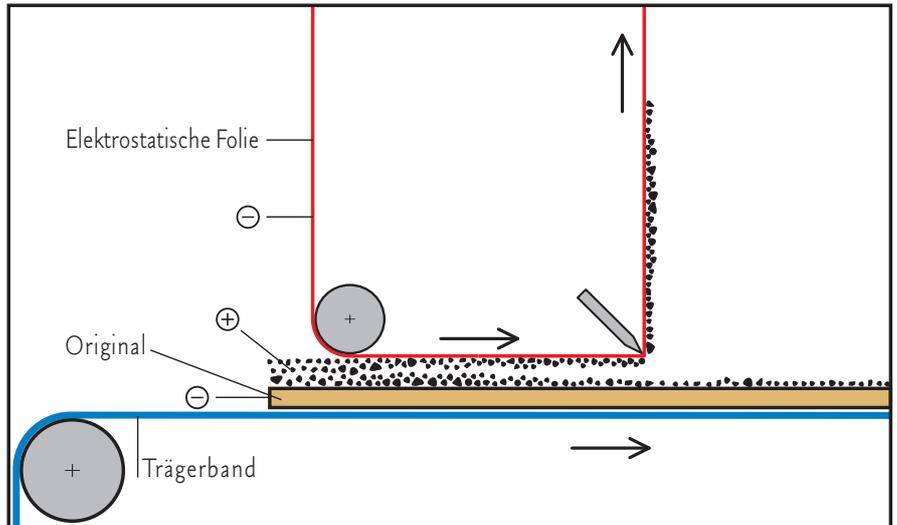


Abb. 6: Prinzip der Abhebung von Staubpartikeln mit einer negativ geladenen elektrostatischen Folie.

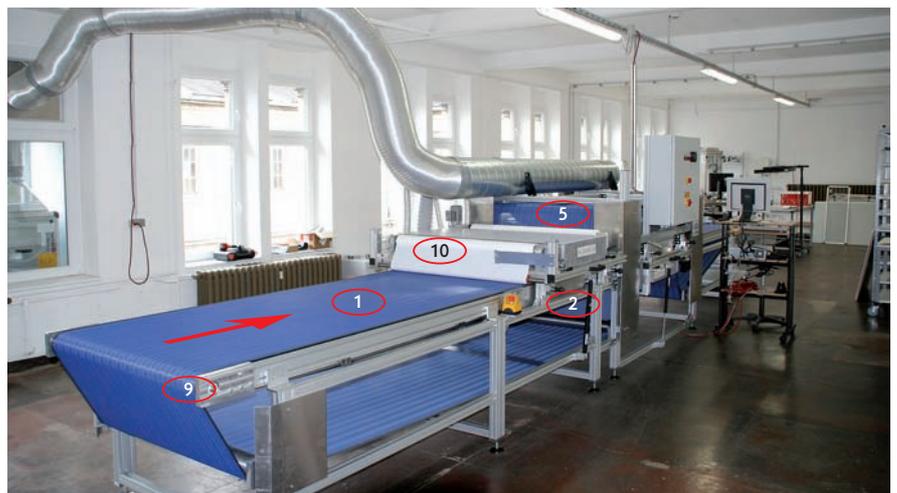


Abb. 7a: Kartenreinigungsanlage Gothana. 1) Laufband, Vorlauf, 2) Ansauginheit 1, 5) Laufband 9) Antriebseinheit, 10) Folienvorschub.



Abb. 7b: Staubabnahmeeinrichtung. 2) Ansauginheit, 3) Reinigungsmodul 1, 5) Laufband, 6) Reinigungsmodul 2, 7) Ansauginheit 2, 10) Folienvorschub.

BECKER SYSTEMS GmbH

Aus den gewonnenen Erkenntnissen konnten dann die restauratorischen Anforderungen an die Reinigung der Karten und folgende Parameter für die Anlagenkonstruktion abgeleitet werden:

- Die Reinigung soll ohne radierende Medien und trocken erfolgen.
- Ein maschineller Durchlauf der Karten muss ohne aufwändige Vorbereitung möglich sein. Sicherungs- oder Festigungsmaßnahmen bei Rissen, Fehlstellen, hochstehenden Papierteilen sowie brüchigen Papieren können im Vorfeld nicht durchgeführt werden.
- Weder Materialverlust noch weitere Schäden oder Materialbruch dürfen durch die maschinelle Bearbeitung verursacht werden.
- Jegliche Farbabtragung an Eintragungen und Kolorierungen muss so gering wie möglich gehalten werden.
- Prägestempel und Plattenränder dürfen in ihrer eindeutigen Erkennbarkeit nicht beeinträchtigt werden.
- Für jede Schadensgruppe müssen vor der Reinigung eindeutige Maschinenparameter festgelegt sein, die für den maschinellen Durchlauf mit geringem Aufwand einstellbar sind.

Arbeitsweise der Reinigungsanlage

Die entwickelte Reinigungsanlage realisiert die beidseitige Reinigung der Karten durch zwei analog aufgebaute und arbeitende Reinigungsmodulen, die hintereinander geschaltet sind. Das Reinigungsprinzip beruht auf der reibungsfreien Abnahme der Feinststaubpartikel mittels einer elektrostatisch aufgeladenen Folie, die schlupffrei auf das Original aufgebracht und scharfkantig wieder vom Original abgehoben wird. Die starke negative Aufladung der Folie ermöglicht das Abheben und die Fixierung der positiv geladenen Staubpartikel von der ebenfalls negativ polarisierten Papieroberfläche und ihren gefahrlosen Abtransport. Die Abhebung der Staubablagerungen erfolgt schichtweise überwiegend in Monolagen der Partikel (Abb. 6). Bei starken Verschmutzungen - dabei handelte es sich um mehrlagige Staubschichten - können die Originale mehrmals hintereinander gereinigt werden.

Die Kartenreinigungsanlage besteht im Wesentlichen aus folgenden Komponenten (Abb. 7 und 8):

- Laufbänder für den Transport der Karten: 1 – 4 – 5 – 8.
- Ansaugeneinheiten zum Fixieren und Planlegen der Karten auf dem Laufband: 2 – 7.
- Antriebseinheiten mit aufeinander abgestimmten und synchron laufenden Transportwalzen: 9.
- Folienvorschubeinheiten: 10.

- Reinigungsmodulen, in denen mit einer entsprechend ausgerüsteten Folie aufliegende Staubpartikel und auch Verschmutzungen im Papier ohne mechanische Belastung der Objekte von den Oberflächen abgenommen werden können: 3 – 6.

- Absaugeneinheiten: 11
Für den risikolosen Prozessablauf ist die Anlage mit einer Vor- und Nachlaufstrecke (1 und 8) von je zwei Meter Länge ausgestattet (Abb.8).



Abb. 7c: Kartenreinigungsanlage Gothana. 1) Laufband, Vorlauf, 2) Ansaugeneinheit 1, 3) Reinigungsmodul 1, 11) Absaugsystem.

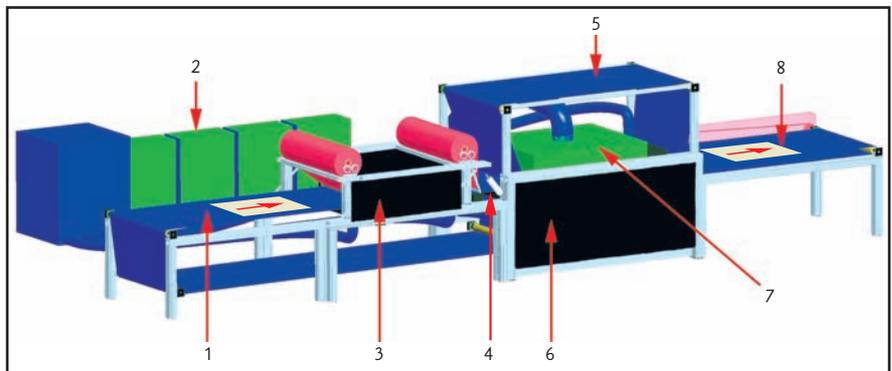


Abb. 8: Schema der Kartenreinigungsanlage.

1) Laufband, Vorlauf, 2) Ansaugeneinheit 1, 3) Reinigungsmodul 1, 4) Laufband, 5) Laufband, 6) Reinigungsmodul 2, 7) Ansaugeneinheit 2, 8) Laufband, Nachlauf.

Technische Daten

- Nutzbare Bandbreite: 1000 mm
(maximale Breite der zu bearbeitenden Karten)
- stufenlos regelbare Bahngeschwindigkeit: 0,2 bis 4 m/min.
(das entspricht einer Reinigungskapazität von 12 bis 240 Karten pro Stunde mit einem maximalen Format von 1000×1500mm.)
- Arbeitshöhe: 900 mm
- Vor- und Nachlaufstrecke: je 2 m
- Länge der Gesamtanlage: 8 m
- Breite der Gesamtanlage: 1,5 m
(ohne Absauggebläse)
- Höhe der Gesamtanlage: 1,75 m

Anlagenausstattung

- Synchronisierte Geschwindigkeit der Laufbänder, wodurch ein Verrutschen der Karten zuverlässig vermeidbar ist.
- Ausschwenkbare Reinigungsmodulen; damit können bei Störungen Karten weitestgehend risikolos aus der Anlage entnommen werden.
- Sicheres Fixieren und Planlegen der Karten durch Ansaugeneinheiten, bis sie gefahrlos aus der Anlage entnommen werden können.
- Not-Aus-Schalter, die in Havariefällen den sofortigen Stillstand der Laufbänder bewirken.
- Sichere Bedienung durch mechanisch arbeitende Konstruktionselemente und Baugruppen, die einer Blockade ausweichen oder nachgeben.

Elektrostatische Staubabnahme von historischen Landkarten und Dokumenten am Beispiel des Kartenbestandes Justus Perthes der Universitäts- und Forschungsbibliothek Erfurt/Gotha

Qualitätssicherung

Restbelastung

Für die Sicherung der Behandlungsqualität soll jede 200ste Karte nach dem Maschinendurchlauf auf die verbliebene Feinstaub-Kontamination untersucht werden. Die Messungen erfolgen in einer eigens für die Qualitätssicherung entwickelten Messkammer, in der die Bewegung einer Karte bei normaler bibliothekarischer Benutzung simuliert wird. Der dabei an das Luftvolumen abgegebene Staub wird mit einem geeigneten Messgerät gemessen und die Reststaubbelastung der Karten ermittelt.

Medienstabilität

Zur Überprüfung der Stabilität von Farb- und Schreibmedien auf den Kartenoberflächen, wurden in Zusammenarbeit mit der Firma Stabilo International GmbH in Heroldsberg Testblätter entwickelt (Abb. 9 und 10). Zur Herstellung der Testblätter werden auf ausgewählte Papierträger unterschiedlichste Beschreibstoffe von Bleistift bis zu Pastellfarben mit einer definierten Auftragsintensität maschinell aufgetragen. Die Beschreibmedien wurden so ausgewählt, dass sie denen auf den originalen Karten so ähnlich wie möglich waren. Beim Durchlauf durch die Kartenreinigungsanlage lassen sich auf Grund der vorgegebenen Abnahmeempfindlichkeit der Testmedien reproduzierbare Abtragungsraten ermitteln. Die Resultate lassen sich auf das Originalmaterial übertragen, womit das Behandlungsrisiko gut abschätzbar wird. Durch die Testblätter ließ sich nachweisen, dass selbst ein abkreibender Pastellstift des Typs Carbo-

thello der Marke Stabilo nur geringfügige Verluste des Farbauftrags erleidet, weil von den aufliegenden Partikeln überwiegend nur die oberste Lage abgenommen wird (Abb. 6). Die Abtragung ist bei einem einmaligen Durchlauf visuell nicht erkennbar. Durch den schlupffreien Lauf von Laufband mit Originalobjekt und elektrostatischer Folie kann auch ein Verschmieren abkreibender Farbmedien ausgeschlossen werden. Die Testblätter werden im laufenden Anlagenbetrieb für Funktionstests zum Austesten geeigneter Reinigungsparameter für Originalkarten und zur kontinuierlichen Qualitätsprüfung des Systems eingesetzt.

Betriebsergebnisse

Die eingehenden Funktionsprüfungen des Systems mit Testblättern und Dubletten aus dem Kartenbestand konnten nachweisen, dass alle an die Entwicklung der Anlage gestellten technischen und restauratorischen Anforderungen umfassend erfüllt werden. Die Reinigungsanlage kann Feinstaubpartikel mit Größen von $>10 \mu\text{m}$ bis deutlich unter $0,1 \mu\text{m}$ abtragen.

Über den mit den Bibliotheksverantwortlichen ursprünglich vereinbarten Anforderungskatalog hinaus ist das Reinigungssystem geeignet, eine Oberflächenreinigung empfindlicher Objekte zu erzielen, wobei diese weder mechanisch belastet werden, noch mit abreibenden oder radierenden Medien in Berührung kommen. Mit der elektrostatischen Folie lassen sich auch starke, mehrlagige Schmutzablagerungen abtragen (Abb. 11 und 12 v, n). Bei sehr starken Verschmutzungen kann die Schmutzabtragung durch mehrere Durchläufe optimiert werden,

womit die Lesbarkeit von behandelten Motiveilen deutlich verbessert werden kann.

Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen der Folien nach der Behandlung zeigen, dass bei sehr kleinen Partikelgrößen auch mehrere Lagen der Staubschicht in Form von Agglomeraten abgehoben werden (Abb. 13). Die Röntgenmikroanalyse von Staubeilchen zeigte, dass es sich im Wesentlichen um Ablagerungen von Aluminiumsilikaten handelt. Das Spektrum der Röntgenmikroanalyse (Abb. 14) zeigt zusätzlich die Präsenz von Titan an, weil die Folie mit Titandioxid ausgerüstet ist, damit sie für die übliche technische Anwendung ausreichend opak ist.

Beim Einfahren des Prototyps der Anlage ließ sich zeigen, dass der Prozess weder Plattenränder (Abb. 15v, n) noch Prägungen (Abb. 16v, n) der Trägermaterialien verändert. Beschriftungen oder Farbaufträge werden durch die Reinigung nicht beeinträchtigt und können je nach Empfindlichkeit mindestens zwei, fallweise auch mehrere Reinigungsdurchläufe problemlos überstehen (Abb. 16v, n). Dies gilt mit der Einschränkung, dass keine kreidigen Farbaufträge vorhanden sind. Die Lesbarkeit einzelner Linien oder die Wiedergabe von Kolorierungen wird durch die Reinigung nicht beeinträchtigt. Damit bleibt die Lesbarkeit von Eintragungen uneingeschränkt gewahrt.

Mechanisch geschädigte Papiere lassen sich unproblematisch mit der Anlage behandeln – zusätzliche Schäden treten nicht auf. Auch vorhandene alte Reparaturen, mittels z.T. nur noch bedingt haftenden Klebebändern, erleiden keine Veränderungen.



Abb. 9: Testblatt, entwickelt mit der Firma Stabilo International, Heroldsberg.
Farbaufträge von links nach rechts:
Bleistifte der Stärken H, HB und B der Marke Stabilo,
Pastellstift Carbothello rot der Marke Stabilo,
Farbstifte FA5 blau, grün, rot, gelb und schwarz der Marke Stabilo.

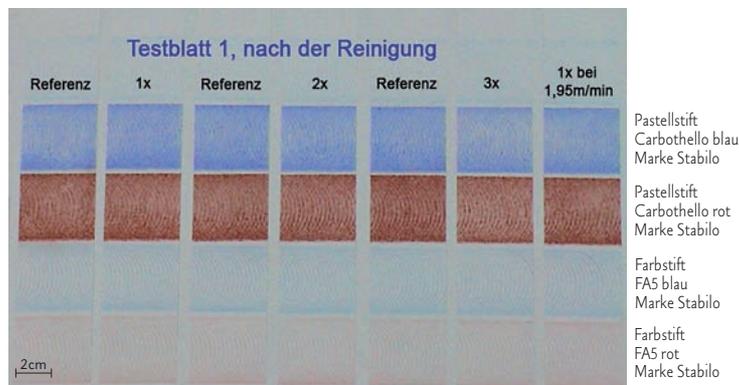


Abb. 10: Testblatt 1 mit den Farbaufträgen Carbothello Pastellstift rot und blau. Das Blatt wurde in Streifen zerschnitten. Es erfolgten drei Reinigungsdurchläufe. Zwischen den Streifen 1/2 (1 Durchlauf), 1/4 (2 Durchläufe) und 1/6 (3 Durchläufe) liegt zum Vergleich jeweils eine Referenz. Die Teststreifen zeigen deutlich, dass selbst nach dem zweiten Durchlauf keine sichtbare Veränderung bei den Farbaufträgen zu sehen ist. Erst nach dem dritten Durchlauf wird eine deutliche Veränderung erkennbar.

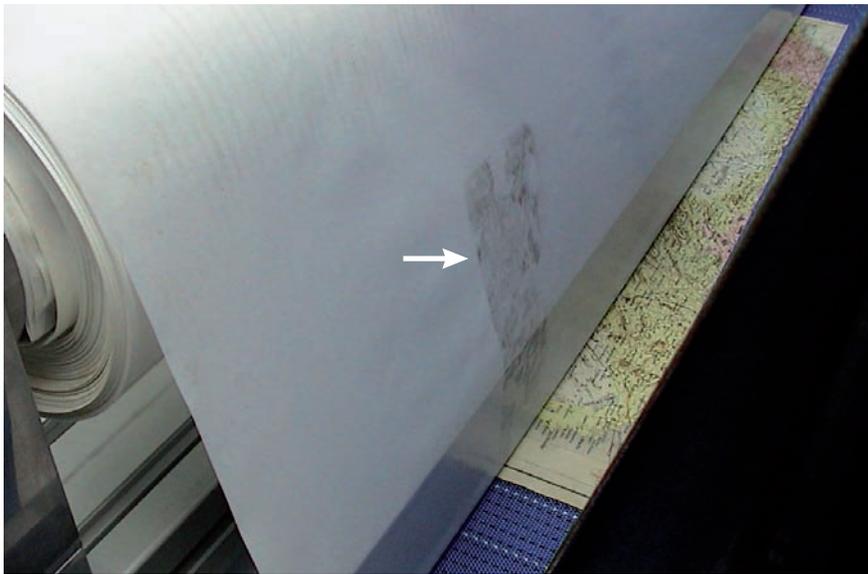


Abb. 11: Ansicht der Folie mit abgetragenen Oberflächenschmutz (Pfeil).

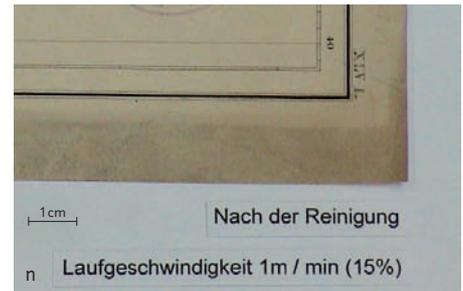
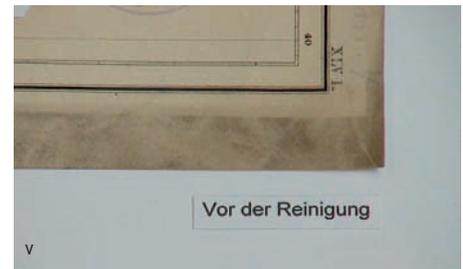


Abb. 12: Oberflächenverschmutzung am Rand der Karte Nr. 547\$111339782 vor (v) und nach der Reinigung (n), die Behandlung erfolgte mit einem Vorschub von 1m/min).

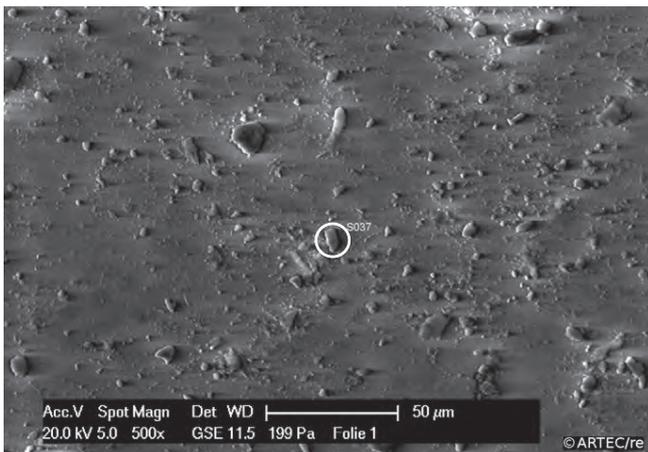


Abb. 13: REM-Aufnahme der auf der Folie anhaftenden Partikel nach einem Reinigungsprozess. Das mit dem weißen Kreis markierte Partikel wurde analysiert (Abb. 14).

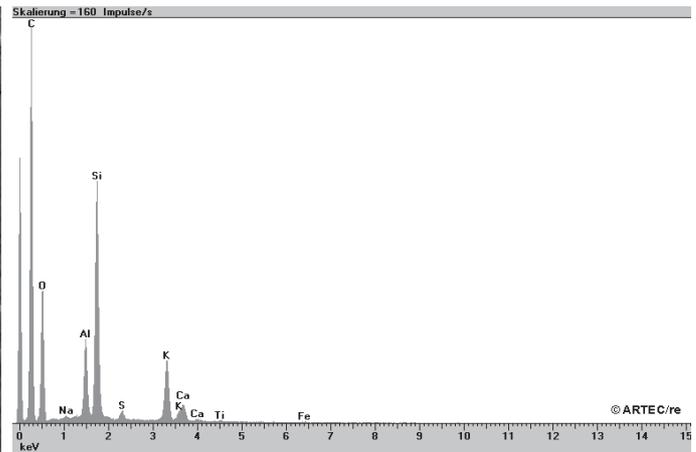


Abb. 14: EDX-Spektrum des markierten Partikels aus Abb. 13. Hauptelemente sind Aluminium, Silizium, Kalium und Calcium.



Abb. 15: Plattenrand der Karte Nr. 547\$111339596 vor (v) sowie nach der Reinigung (n). Der Plattenrand bleibt unverändert erhalten. Die handschriftlichen Eintragungen bleiben ebenfalls unverändert.

Elektrostatische Staubabnahme von historischen Landkarten und Dokumenten am Beispiel des Kartenbestandes Justus Perthes der Universitäts- und Forschungsbibliothek Erfurt/Gotha



Abb. 16: Prägestempel der Karte Nr. 547\$11133960X vor (v) und nach (n) dem Durchlauf durch die Reinigungsanlage.

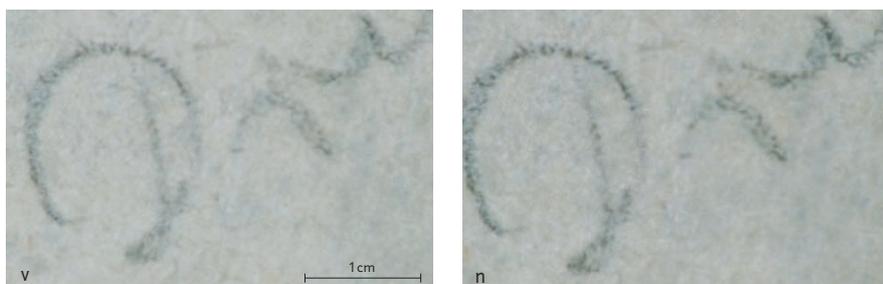


Abb. 17: Handschriftliche Eintragung mit Bleistift auf Karte Code-Nr. 547\$111339561 vor (v) und nach (n) dem Durchlauf durch die Reinigungsanlage (ca. 20-fache Vergrößerung).

Messung der Reinigungsleistung

Der Nachweis der Reinigungsleistung der Anlage und der Reduzierung der Feinstäube auf ein akzeptables Maß, den Anforderungen der gesetzlichen Bestimmungen entsprechend, erfolgt in einer eigens dafür entwickelten und konstruierten Messkammer (Abb. 18) durch ein spezielles Feinstaubmessgerät (Abb. 19). Die Messung erfolgt dadurch, dass die Karte in eine Schiene (1) sicher eingespannt (Abb. 20) und in eine benutzungsähnliche Bewegung versetzt wird. Dadurch fallen die Partikel von der Oberfläche des Originals ab und befinden sich im Luftraum um das Original. Sie bewegen sich im Luftstrom und entsprechend der Schwerkraft nach unten. Das Messgerät befindet sich am Ende eines mit einem Gitter (2) abgedeckten Trichters (3) am Boden der Messkammer. Die Raumluft der Messkammer wird mittels Unterdruck durch einen Ventilator von oben nach unten durch die Messkammer gesaugt, wobei die

von außen angesaugte Luft mit einem Feinstfilter (4) gereinigt wird. Im Austrittsluftstrom (5) wird die mit Partikeln beladene Luft durch das Partikelmessgerät geführt und dabei die Anzahl und die Größe der Partikel kontinuierlich gemessen. Während der Bewegung der Karte wird die Messung für eine Minute durchgeführt, wobei in dieser Zeit ein mehrfacher Luftwechsel in der Messkammer stattfindet, der gewährleistet, dass alle Partikel erfasst werden. Gemessen wurden Partikel im Bereich von $0,1$ bis $100\mu\text{m}$. Die Auflösung der Messbereiche beträgt $>0,3$ und $<10\mu\text{m}$. Ein typisches Messergebnis für die Partikelkonzentration in der Raumluft einer gereinigten Karte liegt bei $0,08\text{ mg/Nm}^3$. Die Messungen der Feinstäube auf den Karten lieferten durchgehend Werte, die weit unterhalb der vorgeschriebenen Maximalen Arbeitsplatzkonzentration (MAK) von 4 mg/Nm^3 liegen. Damit können die Karten nach der Reinigung für eine weitere Benutzung freigegeben werden.

Zusammenfassung

Die erzielten Betriebsergebnisse der Kartenreinigungsanlage seit ihrer Aufstellung durch die Autoren im Juni 2008 sind ausgezeichnet. Sie übertreffen die ursprünglichen Erwartungen bei Weitem. Nach Angaben des Auftraggebers wurden bis Ende 2009 etwa 80 000 Originalkarten gereinigt, die damit der Erschließung und wissenschaftlichen Bearbeitung sowie der Benutzung zugeführt werden können. Schäden an Originalmaterialien durch Bedienungsfehler oder technisches Versagen der Anlage liegen im einstelligen Promillebereich. Die Anlage hat bei einem typischen Einschichtbetrieb eine Nettoleistung von ca. 1000 Karten pro Tag.

Für die Reinigungstechnik gibt es vielseitige Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Oberflächenreinigung von Papier, insbesondere bei der Behandlung sehr fragiler Oberflächen, etwa großformatiger Tapeten oder für die gefahrlose Reinigung von biologisch kontaminiertem Material. Auch die Oberflächenreinigung und Entstaubung von Textilien würde sich als weiterer Anwendungsbereich für ein solches System anbieten.

Entscheidend ist die mechanisch unbedenkliche Abnahme von Partikeln von empfindlichen Oberflächen, die nicht durch abrasive Medien oder Kompressen verändert werden dürfen. Das Auftreten von inhomogenen Reinigungsergebnissen lässt sich mit dem System weitestgehend ausschließen. Für die Zukunft wäre eine Weiterentwicklung der Methodik zu einem deutlich verkleinerten halbautomatischen Prozess denkbar, der für die kostengünstige Verarbeitung kleinerer Bestände geeignet sein würde.



Abb. 18: Messeinheit gesamt. 1) Halteschiene Karten, 2) Abdeckgitter, 3) Trichter, 4) Feinstfilter Ansaugluft, 5) Messeinheit Partikel.



Abb. 19: Messgerät AMA 0.3/10.

Literatur

Cowan, J., Guild, S.
Dry methods for surface cleaning,
Paper Technical Bulletin 11,
Canadian Conservation Institute, Ottawa (2001).

Demhardt, I. J.
Der Erde ein Gesicht geben. Petermanns Geographische
Mitteilungen und die Anfänge der modernen Geographie
in Deutschland, Gotha (2006).

Hackney, S., Townsend, J., Eastlaugh, N. (eds)
Dirt and pictures separated, United Kingdom Institute
for Conservation of Historic and Artistic Works –
Conference jointly UKIC and Tate Gallery, London
(1990).

Laube, S.
Eine Metropole der Untergrundstudien – Das Gothaer
Forschungszentrum zur historischen Kulturwissenschaft.
Frankfurter Allgemeine Zeitung, 30.09.2009, Nr. 227,
S. N 5.

Noehles, M.
Die Kunst des Radierens – Radiermittel im Überblick,
PapierRestaurierung 3 (2002): 22–28.

Phenix, A., Burnstock, A.
The deposition of dirt: A review of the literature, with
scanning electron microscope studies of dirt on selected
paintings, in: Dirt and pictures separated, S. Hackney,
J. Townsend, N. Eastlaugh (eds), UKIC, London
(1990): 11–18.

Reikow-Räuchle, M., Banik, G., Becker, E., Ernst, E.,
Kreienbrink, Ch.
Entstaubung planliegender Papierobjekte: Eine neue
automatisierte Methode,
Dust removal from flat paper items: A new automated meth-
od, Poster Abstract, in: Preprints to the XI IADA
Congress, Vienna (2007): 72.



Abb. 20: Messkammer. 1) Halteschiene Karten, 4) Feinstfilter Ansaugluft.

Schlussbemerkung

Die Entwicklung und konstruktive Umsetzung der Kartenreinigungsanlage erfolgte durch Becker Systems im Auftrag der Universität Erfurt. Das Vorhaben wurde mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) Projekt 23000-45 gefördert. Das Projekt wurde intensiv und erfolgreich durch einen Projektbeirat, dem Ulrike Hähner, Monika Kahl und Barbara Kunze angehören, fachlich und wissen-

schaftlich unterstützt und begleitet.

Zur Zeit (2. Quartal 2010) wird geprüft, ob eine Weiterentwicklung des Verfahrens zu einer halbautomatischen Reinigungsanlage in Tischgröße im Rahmen eines weiteren DBU-Projekts möglich ist. Neben der reinen Staubabnahme soll in Kooperation mit Forschungseinrichtungen und potentiellen Anwendern geprüft werden, ob auch Schimmelsporen wirksam entfernt werden können.

Dieses Projekt wird
gefördert durch
die Deutsche
Bundesstiftung Umwelt,
Projekt Nr. 23000-45.



Luftströmungstrocknung von Papier

Einleitung

Die Trocknung von Papier ist einer der wichtigsten Arbeitsprozesse in der Papierrestaurierung. Wenn man von der besonderen Trocknungsproblematik nach Flutkatastrophen absieht, steht ein kontrollierter Trocknungsprozess immer am Ende einer restauratorischen Behandlung, in die Flüssigkeiten, in der Regel Wasser, involviert sind. Dazu gehört die kontrollierte Befeuchtung von Blättern zur Ermöglichung ihrer Planlegung, ebenso wie die Nassbehandlung in Bädern zur Reinigung oder Entsäuerung gealterter Papiere oder zu ihrer chemischen Stabilisierung in Fällen von Tintenfraß. Prinzipiell wird durch den Begriff Trocknung die Reduzierung des physikalisch gebundenen Wassers im Papier beschrieben. Sie erfolgt durch Verdunstung. Damit wird nach einer Befeuchtung der Wassergehalt in Papier von ca. 18% bis maximal 25% auf eine Gleichgewichtsfeuchte reduziert, die, bezogen auf das Trockengewicht eines Papiers, je nach Papiertyp zwischen 5% und 9% liegt. Nach einer Nassbehandlung im Bad liegt der Wassergehalt von Papier mit ca. 50% erheblich höher, d. h. durch den Trocknungsprozess müssen bis zu 40% Wasser schonend aus dem Faserservies entfernt werden.

Die Trocknungstechnik ist entscheidend für die Wiederherstellung der mechanischen Eigenschaften von Papier nach einer Nassbehandlung. Gleichzeitig muss die Bewahrung der Integrität von Papier durch die Vermeidung von Spannungen während des Trocknungsprozesses garantiert werden. Nicht zuletzt werden signifikante Merkmale eines Papiers, wie u. a. seine Oberflächenmorphologie oder seine Dimension, durch die Trocknungstechnik entscheidend beeinflusst (Brecht 1958). Die Trocknung muss daher als ein die Qualität der Behandlung maßgeblich bestimmender Schritt eines restauratorischen Eingriffs in der Papierrestaurierung angesehen werden. Interessanterweise wird aber gerade der Trocknung in der Fachliteratur und in der konservierungswissenschaftlichen Forschung bisher nur wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Die Arbeiten von Sugarman und Vitale (1992), Watkins (2002) und Mentjes (2006) stellen viel versprechende Ansätze dar. Bisher wurde aber der Erfordernis nach einer grundlegenden Darstellung der Prinzipien von relevanten Trocknungstechniken in der Papierrestaurierung und deren jeweiligen Möglichkeiten und Grenzen in der Praxis nicht nachgekommen.

Papier Trocknung in der Restaurierung

Der Wassergehalt von Papier steht im Gleichgewicht mit der relativen Feuchte der umgebenden

Luft bei einer bestimmten Temperatur und einem bestimmten Druck. Bei Normalbedingungen, d. h. einer Temperatur von 23°C, einem Luftdruck von 760 Torr (1atm) und einer relativen Feuchte von 50%, liegt die Gleichgewichtsfeuchte von Papier im Durchschnitt bei etwa 6%. Bei diesen „normalen“ Bedingungen muss ein feuchtes Papier so lange Wasser als Wasserdampf abgeben, bis es seine Gleichgewichtsfeuchte erreicht hat. Physikalisch korrekter ist es, den Partialdruck des Wasserdampfs im Luft- und den Partialdruck des Wasserdampfs im Porensystem des Papiers für die Betrachtungen heranzuziehen. Ein Druckgefälle in die eine oder andere Richtung ist die treibende Kraft für das Bestreben von Papier und anderer Materialien auf Cellulosebasis, Wasser abzugeben (Trocknung) oder aufzunehmen (Befeuchtung) und mit der Umgebung ein Feuchte-Gleichgewicht einzustellen.

Qualitätsanforderungen an die Trocknungsmethode

Jede wässrige Behandlung geht mit einer Veränderung der charakteristischen Papierstruktur einher, da ein Großteil der bei der Papierherstellung im Material fixierten Wasserstoffbrückenbindungen in und zwischen den Fasern gelöst wird. Der Eintrag von Wasser hat eine Abnahme der Papierfestigkeit und eine Veränderung der Dimensionen und Oberflächentextur zur Folge. Durch die Trocknungsmethodik wird die Rückführung des originalen Papiercharakters maßgeblich beeinflusst und somit die Qualität des Behandlungsergebnisses bestimmt. Eine „freie“ Lufttrocknung entspricht dem Trocknen von

Wäsche an der Leine im Freien. Aufgrund der inhomogenen Masseverteilung im Papiervlies geht die freie Lufttrocknung mit einer ungleichmäßigen Wasserabgabe einher, die sich in Verwerfungen des Papiers manifestiert (Brecht 1958). Eine entscheidende Anforderung an das Trocknungsergebnis in der Papierrestaurierung – die Planlage des Objekts – kann nicht erfüllt werden. Besonders wichtig ist daher die Gleichmäßigkeit der angewandten Trocknungsprozesse, denn jede Ungleichmäßigkeit führt zu Verwerfungen des Papiers (Abb. 1). Alle Trocknungsmethoden sind mehr oder weniger mit dem Risiko der Ausbildung von Feuchtigkeitsgradienten innerhalb eines Papierblattes verbunden. Die Risiken lassen sich jedoch durch einfache Maßnahmen reduzieren oder weitgehend ausschließen.

Folgende Qualitätsanforderungen werden an eine Trocknungsmethode in der Papierrestaurierung gestellt:

- Die Planlage des Objekts soll erreicht werden. Um dies zu erreichen, muss die Wasserabgabe aus dem Objekt so gleichmäßig wie möglich erfolgen.
- Die ursprüngliche Oberflächentextur und die Dimensionen des Papiers sollen erhalten bleiben.
- Druck- und Zeichenmedien sollen in ihrem Charakter und Relief erhalten bleiben.
- Die Methode soll ökonomisch sein.

Papierrestauratoren haben Trocknungstechniken entwickelt, mit denen sich Verwerfungen im Papier infolge einer ungleichmäßigen Wasserabgabe vermeiden lassen. Das geschieht unter anderem bei der Trocknung unter Zugspannung oder mittels der so genannten Kontakt-trocknung. Dabei wird das feuchte Papier in einen

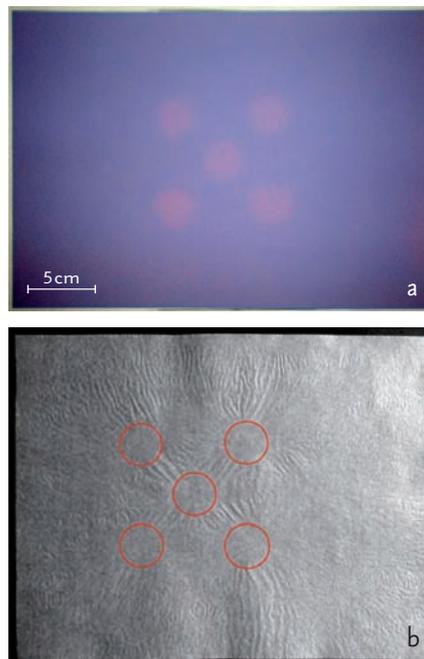


Abb. 1a und 1b: Darstellungen einer ungleichmäßigen Papiertrocknung bei der Kontakt-trocknung zwischen Löschkartons an einem Cobalt(II)-chlorid-Indikatorpapier (1a) und einem Pergaminpapier (1b): Das Cobalt(II)-chlorid-Indikatorpapier bleibt in Bereichen ohne Kontakt zum sorptionsfähigen Löschkarton länger feucht (rosa) als in den Bereichen mit Oberflächenkontakt (blau), d. h. die Bereiche ohne Kontakt trocknen langsamer. Am Pergaminpapier wird deutlich, dass die analog durchgeführte, ungleichmäßige Trocknung mit einer ungleichmäßigen Schrumpfung des Papiers einhergeht. Dies hat Verwerfungen zur Folge: in den langsamer getrockneten Bereichen (innerhalb der roten Umrandung) liegt das Papier planer als in denen, die schneller getrocknet sind (Versuch nach Brecht 1958).

Trocknungsstapel zwischen hygroskopische Hilfsmaterialien, z. B. Löschkarton oder Wollfilze, eingelegt, so dass ihm, meist unter leichtem Druck, langsam Wasser entzogen wird. Wasser wird so durch Kapillarkräfte und Diffusion an die trockenen Kontaktmaterialien abgegeben. Die Kontaktmaterialien auf Cellulose- (Karton) oder Proteinbasis (Wollfilz) ziehen Wasser aus dem feuchten Papier ab, wobei ihre eigene Materialfeuchte ansteigt. Der Prozess verläuft langsam. Der Wasseraustausch erfolgt so lange, bis sich ein Gleichgewicht zwischen dem Wassergehalt des Trocknungsguts und dem des Kontaktmaterials eingestellt hat. Somit kommt der Trocknungsprozess zum Stillstand. Um die Trocknung weiterzuführen, muss das entstandene Gleichgewicht wieder gestört und ein neuer Konzentrationsgradient erzeugt werden. Das geschieht, indem in regelmäßigen Zeitabständen die feucht gewordenen Kontaktmaterialien gegen trockene ausgetauscht werden. Es handelt sich um einen diskontinuierlichen Trocknungsprozess, der Arbeitskraft bindet.

Die an der Luft trocknenden Kontaktmaterialien erleiden bei dieser Technik eine Verformung. Das technische Problem der ungleichmäßigen Trocknung wird also vom Objekt auf ein Hilfsmaterial transferiert, dessen Verschleiß in Kauf genommen wird (Abb. 2). Nach Sugarman und Vitale (1992) begünstigt zudem eine moderate Trocknungsgeschwindigkeit generell den gleichmäßigen Verlauf einer Kontakttrocknung.

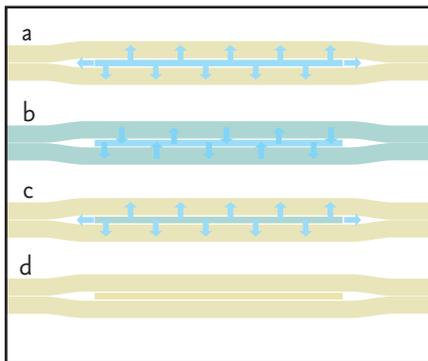


Abb. 2a–d: Prinzip der Kontakttrocknung zwischen Löschkartons

Das feuchte Objekt (blau) wird im Trocknungsstapel zwischen trockene Löschkartons (gelb) gelegt (2a). Solange ein Feuchtigkeitsgradient zwischen Objekt und Löschkartons besteht, wird Wasser aus dem Objekt in die Löschkartons transferiert (2a), die Löschkartons müssen mehrmals ausgewechselt werden, um den Gleichgewichtszustand immer wieder zu stören (2b und 2c), bis das Trocknungsziel erreicht ist (2d).

(Banik, Brückle, Paper and water: A guide for conservators, nach Fig. 13.19, in Druck).

Luftströmungstrocknung

Bei der Luftströmungstrocknung wird eine Gleichgewichtseinstellung zwischen dem Wassergehalt des Trocknungsguts und dem des Kontaktmaterials so lange verhindert, bis das Trocknungsziel erreicht ist. Dazu wird in den Aufbau eines Trocknungsstapels ein Material integriert, das über offene Kanäle verfügt, durch die Luft strömen kann (Shure 2000, Minter 2002). Es kann sich hierbei um Wellkartons, aber auch um synthetische Gewirke mit Luftkanälen handeln (Schopfer 2004). Mit einer Luftförderanlage wird kontinuierlich Luft durch diese Kanäle bewegt. Im Trocknungsverlauf wird das im Papierobjekt enthaltene Wasser zur Gleichgewichtseinstellung zunächst an die Kontaktmaterialien und von diesen weiter an den Wellkarton abgegeben. Über die Wände der Kanäle wird es dann als Wasserdampf an die durchströmende trockene Luft abgegeben (Abb. 3). Da stets ein Gefälle im Wasserdampfpartialdruck zwischen der Luft und der Wand des Strömungskanals besteht und außerdem die Luft kontinuierlich den Kanal durchströmt, muss Wasser ebenso kontinuierlich aus der Wand verdampfen und abgeführt werden. Das Feuchte-Gleichgewicht zwischen Papier und Kontaktmaterialien im Trocknungsstapel wird so permanent gestört. Zu seiner Wiederherstellung muss Wasser aus dem Inneren des Stapels – vom Objekt – an die Oberfläche der Strömungskanäle wandern, wo es dann wieder verdampft

und abgeführt wird. Dieser Vorgang setzt sich so lange fort, bis ein Gleichgewicht zwischen dem Wasserdampfpartialdruck der bewegten Luft und dem im Porensystem der Kontaktmaterialien eingestellt ist. Dann ist auch das Trocknungsziel erreicht. Auf diese Weise kann eine effiziente, kontinuierliche und sowohl im Papierquerschnitt als auch im Papierformat gleichmäßige Trocknung erfolgen. Die Trocknung muss nicht wie bei der traditionellen Kontakttrocknung mehrfach unterbrochen werden, um die feuchten Materialien auszutauschen. Dadurch lässt sich Arbeitskraft einsparen, und zudem wird der Verbrauch an Hilfsmaterialien deutlich reduziert.

Funktionsmodell einer Luftströmungstrocknungsanlage

Zur Untersuchung der Methode wurde ein strömungstechnisches Funktionsmodell entwickelt. Dieses beschreibt eine Luftströmungstrocknungsanlage als thermodynamisches System, dessen technischer Parameter der Luftströmung und dessen Stoff- und Wärmebilanz im Trocknungsverlauf berechnet werden können. Besondere Berücksichtigung erfährt hierbei die Luftturbulenz, die durch die Reynoldszahl Re ausgedrückt wird. Um einen gleichmäßigen Wasserdampftransport entlang der Strömungstrecke zu gewährleisten und somit Feuchtigkeitsgradienten innerhalb des Systems zu vermeiden, muss die Luftströmung möglichst

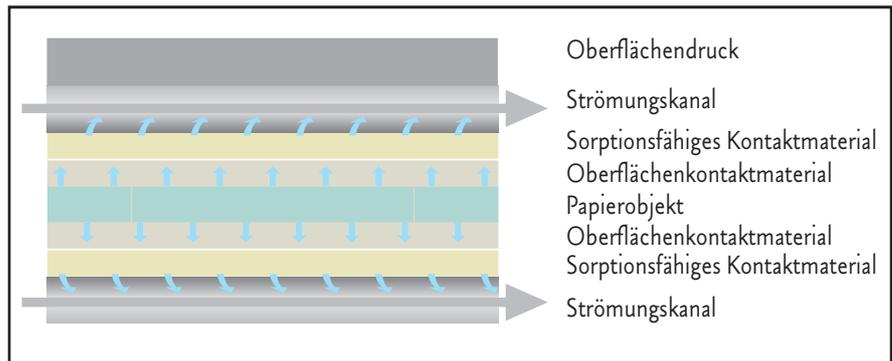


Abb. 3: Prinzip der Luftströmungstrocknung

Das feuchte Objekt (blau) wird zum Schutz der Oberfläche zwischen Kontaktmaterialien, z. B. Hollytex® (grau), gelegt. Es wird so im Trocknungsstapel zwischen Löschkartons (gelb) und dem mit Strömungskanälen ausgerüsteten Material (grau) platziert. Solange ein Feuchtigkeitsgradient zwischen dem Objekt und der durch die Kanäle strömenden Luft besteht, wird Wasser aus dem Objekt über die Löschkartons an den Luftstrom abgegeben (Banik, Brückle, Paper and water: A guide for conservators, nach Fig. 13.25, in Druck).

Luftströmungstrocknung von Papier

turbulent sein. Die kritische Reynoldszahl unter Raumbedingungen für turbulente Strömung beträgt 2320. Generell gilt, dass Strömungen mit einer Reynoldszahl kleiner 0 laminar sind. Der Bereich zwischen 0 und 2320 wird als Übergangsbereich bezeichnet, in dem die laminare Strömung in eine turbulente übergeht. In Vorversuchen wurden verschiedene Trocknungsstapel an eine Luftförderanlage angeschlossen, deren Volumendurchsatz zwischen ca. 135m³/h und 270m³/h variiert werden konnte. Während des Trocknungsverlaufs wurden die Temperatur und die relative Feuchte der Luft am Luftein- und Luftaustritt des Stapels elektronisch aufgezeichnet. Es wurden zwei verschiedene Stapelaufbauten getestet, ein Stapel bestehend aus überwiegend Kartonmaterialien und einer aus synthetischen Materialien (Tab. 1).

Um den Einfluss der Luftströmungsgeschwindigkeit auf das Trocknungsergebnis einschätzen zu können, wurden zunächst Referenzen mittels herkömmlicher Kontakttrocknung hergestellt. Als Probenpapiere diente ein historisches Büttenpapier und ein holzhaltiges mit Harz-Alaun geleimtes Maschinenpapier. Die Vorbehandlung umfasste ein Wässerungsbad und das Abgautschen der Papiere zwischen Polypropylen-Vliesen unter leichtem Druck. Die anschließende Kontakttrocknung der Papiere im Stapel dauerte 4 Tage. Die Löschkartons mussten während der Trocknungszeit 5mal gewechselt werden. Der Druck wurde jeweils so gewählt, dass die Planlage erreicht und die ursprünglichen Dimensionen und die Oberflächenstruktur der Papiere weitestgehend erhalten blieben. Dieser Druck betrug beim Büttenpapier ca. 0,014N/cm² und beim Maschinenpapier ca. 0,25N/cm².

Mit einer Luftströmungstrocknung im Wellkartonstapel können nach nur 4h vergleichbar gute Trocknungsergebnisse erzielt werden wie mit der traditionellen Kontakttrocknung bei einer Trocknungsdauer von 4 Tagen (Abb. 4). Voraussetzung ist, dass der Volumendurchsatz der Luft bei einer Lufttemperatur von ca. 20°C und 30% relativer Feuchte – den herrschenden Umgebungsbedingungen während der Versuche – unter 270m³/h (*Re* ca. 730) liegt. Bei einer höheren Strömungsgeschwindigkeit werden Feuchtigkeitsgradienten sowie Spannungen induziert, die zu Verwerfungen am Papier führen. Im Stapel aus synthetischen Materialien waren die Probenpapiere bei gleichen Bedingungen bereits nach 1,5h trocken. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass eine Wasserbindung durch Sorptionskräfte wie beim Löschkarton im Polypropylen-Vlies aufgrund des unpolaren Materialcharakters nicht stattfinden kann. Die Wasserabgabe aus dem Papier erfolgt daher in

Stapelaufbau Kartonmaterialien	Stapelaufbau synthetische Materialien
Wellkarton	Abstandsgewirke (Polypropylen)
	Versteifende Zwischenlage (Polypropylen)
Löschkarton	Polypropylen-Vlies
Hollytex®	Hollytex®
Papierobjekt	Papierobjekt
Hollytex®	Hollytex®
Löschkarton	Polypropylen-Vlies
	Versteifende Zwischenlage (Polypropylen)
Wellkarton	Abstandsgewirke (Polypropylen)

Tabelle 1:

Aufbau der Teststapel aus Kartonmaterialien (links) und aus synthetischen Materialien (rechts).

kürzerer Zeitdauer, die für eine gleichmäßige, spannungsfreie Trocknung nicht ausreichend war. Eine Verlangsamung der Trocknung wurde durch die Befeuchtung der einströmenden Luft auf eine relative Feuchte von ca. 55% bewirkt. Die Trocknungsdauer wurde hiermit auf insgesamt 4h verlängert. Trotzdem wurde eine mit der Referenz

vergleichbare Planlage der Papiere nicht ganz erreicht. Es zeigte sich jedoch, dass die Trocknung in diesem System durch eine gezielte Konditionierung des Lufteinstroms entscheidend gesteuert und optimiert werden kann.

Anwendung

Die Methode der Luftströmungstrocknung wurde anlässlich der Restaurierung eines um 1850 verlegten Kinderbuchs aus dem Bibliotheksbestand des Kreismuseums Grimma (Sachsen) angewendet. Das Buch war eines der zahlreichen Sammlungsgegenstände des Museums, die durch das starke Hochwasser im Sommer 2002 schwer beschädigt worden waren. Es war deformiert, stark verschmutzt und wies vor allem am Buchblock, bestehend aus 41 Velinpapier-Blättern mit Radierungen und begleitendem Textdruck, starke Wasserränder und Stockflecken auf (Abb. 5a). Durch die wässrige Behandlung der Blätter und eine anschließende Lichtbleiche konnten Schmutzablagerungen und Verfärbungen weitgehend entfernt werden. Anschließend wurden jeweils 13 bis 14 Blätter gleichzeitig mittels Luftströmungstrocknung im Stapel aus Kartonmaterialien bei einem Volumendurchsatz von ca. 135 m³/h (*Re* ca. 730) und einem Druck von ca. 0,014 N/cm² getrocknet. Um sicherzustellen, dass die Trocknung gleichmäßig verläuft, wurden zwei Lagen Löschkarton als für Wasser sorptionsfähige Zwischenlage eingesetzt, wodurch sich die Trocknungszeit auf insgesamt 5h verlängerte. Die Trocknungsergebnisse waren gut (Abb. 5b).

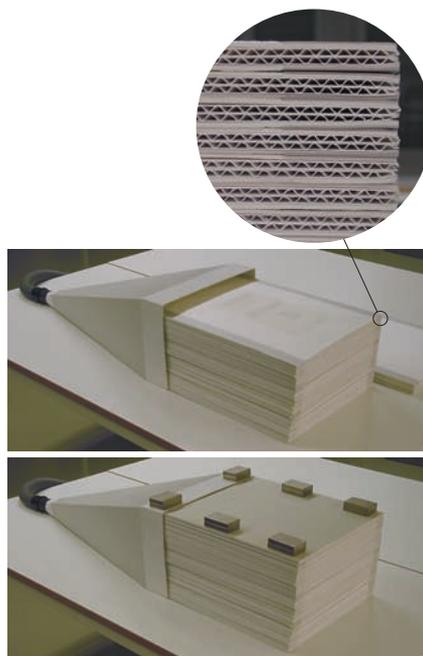


Abb. 4: Stapelaufbau einer Luftströmungstrocknungsanlage mit Wellkartonlagen, System Klug Conservation (Banik, Brückle, Paper and water: A guide for conservators, nach Fig. 13.26, in Druck).

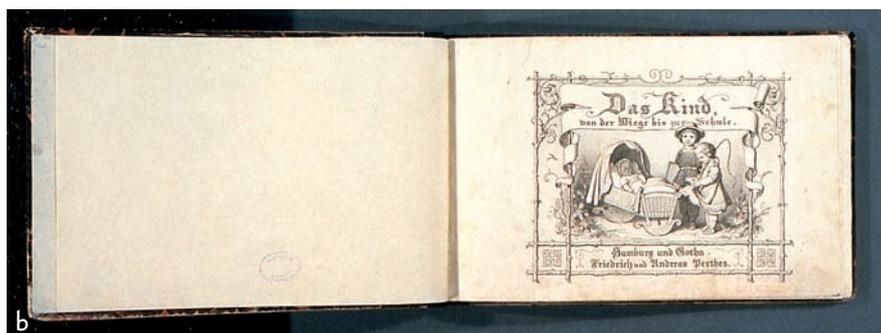


Abb. 5a und 5b

Flutgeschädigtes Kinderbuch „Das Kind, von der Wiege bis zur Schule“, Andreas und Friedrich Pertbes, Hamburg und Gotha (um 1850), Kreismuseum Grimma, Inv.-Nr. J 4. 5, Halbleineneinband mit 41 Blatt im Format 22 x 14,5 cm, Buchblock aus Velinpapier mit einem radierten Titelblatt (Ansicht) und 19 radierten Illustrationen von Heinrich Justus Schneider sowie 24 begleitenden Textseiten von Johann Wilhelm Hey, vor der Restaurierung (a) und nach der Restaurierung (b). Die Blätter des Buchblocks wurden nach der Nassbehandlung zur Entfernung der Verfärbungen und Schmutzablagerungen mittels Luftströmungstrocknung im Stapel aus Kartonmaterialien getrocknet und gleichzeitig plan gelegt.

Zusammenfassung

In der Papierrestaurierung wird die Luftströmungstrocknung meist vereinzelt zur Planung von großformatiger, künstlerischer Graphik eingesetzt. Eine wichtige Anwendung erfährt sie derzeit auch als abschließender Behandlungsschritt bei der Anfasierung von Schriftgut in der Mengenrestaurierung am Institut für Erhaltung von Archiv und Bibliotheksgut (IFE) in Ludwigsburg (Kieffer 2007). Sie kann als standardisierbare und ökonomische Methode eingeschätzt werden, mit der ein qualitativ hochwertiges Trocknungsergebnis erzielt wird. Auf Nassbehandlungen in der Papierrestaurierung ist sie grundsätzlich übertragbar, vor allem auf Anwendungen, in denen große Stückzahlen bearbeitet werden, wie zum Beispiel die wässrige Papierentsäuerung oder die Trocknung von flutgeschädigtem Sammlungsgut.

Literatur

Banik, G., Brückle, I.

Paper and water: A guide for conservators, Butterworth Heinemann, Oxford, im Druck.

Brecht, W.

Beating and hygrostability of paper, in: *Fundamentals of papermaking fibres*, Transactions of the symposium held at Cambridge, September 1957, Fancis Bolam (ed.), British Paper and Board Makers Association, Kenley, UK (1958): 241–262.

Glück, E.

Luftströmungstrocknung von Papier – Erarbeitung eines Funktionsmodells zur Anwendung in der Papierrestaurierung, unpublizierte Diplomarbeit, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart (2005).

Kieffer, A.

Strömungstrocknung, in: *Arbeitsblätter des Arbeitskreises Nordrhein-Westfälischer Papierrestauratoren 11* (2007): 35–39.

Mentjes, M.

Untersuchung des Trocknungsverhaltens von Papier bei der Anwendung von Trocknungstechniken aus der Papierrestaurierung, Weiße Reihe des Instituts für Museumskunde der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Band 22, Gerhard Banik, Volker Schaible (Hrsg.), Anton Siegl, München (2006).

Minter, B.

Water damaged books: Washing intact and air drying – A novel (?) approach, AIC, *The Book and Paper Group Annual 21* (2002): 105–109.

Shure, B.

Chine Collé: A printer's handbook, Crown Point Press, San Francisco (2000): 81–88.

Sugarman, J. E. und Vitale, T. J.

Observations on the drying of paper: Five drying methods and the drying process, JAIC 31 (1992): 175–197.

Schopfer, J.

Persönliche Mitteilung (2004). Western Regional Paper Conservation Laboratory, Fine Arts Museums of San Francisco, California Palace of the Legion of Honor, Lincoln Parc, 100 34th Avenue, San Francisco, CA 94121-1693, USA.

Watkins, S.

Practical considerations for humidifying and flattening paper, *The Book and Paper Group Annual*, Vol. 21 (2002): 61–76.



Fotografie

Photographic materials

The influence of paper enclosures containing an alkaline reserve on pH-sensitive works of graphic art and photographs

Introduction

Appropriate storage of paper objects is one of the major concerns in paper conservation. The preferred paper and cardboard enclosure materials are usually loaded with 2% calcium carbonate according to ISO 9706. The capability of the alkaline reserve to neutralise acid compounds is hoped to guarantee permanence and longevity of enclosures or mounting boards as well as long term protection of objects with which they are in direct contact. However, it has been observed, that enclosure papers loaded with alkaline fillers seem to have a negative effect on pH-sensitive objects. Yellowing of albumen prints, fading of cyanotypes and discolouration of organic dyes and pigments are some of the damages that are supposed to be caused by transferred alkalinity.

Until now it has hardly been investigated whether a transfer of alkalinity between two sheets of paper might occur under climatically uncontrolled storage conditions.

Migration of alkaline loadings with limited solubility

To study the possible migration of alkalinity between adjacent paper sheets, cyclic temperature fluctuations were applied to a stack of papers placed in a sealed chamber in order to create a controlled microclimate. Cyanotypes modelling alkali sensitive objects were interleaved with enclosure papers loaded with calcium carbonate and assembled to form paper stacks (Fig. 1a). The stacks were clamped together between porous polyethylene boards and held by an aluminium frame to establish close contact between the paper sheets during the “ageing” procedure (Fig. 1b). They were then preconditioned at 23 °C and 50% RH according to ISO 187:1990.

The clamped paper stacks were enclosed in an airtight bag containing a defined air volume (Fig. 2). They were then aged i.e. exposed to fluctuating external temperatures ranging between 25 °C and 60 °C. This procedure induced a transfer of humidity between the paper and the air inside the bag – and in case where paper sheets were in close contact with each other – from one paper sheet to another. Since changing temperatures almost immediately took effect in the entire system, the water sorbed by the paper could be expected to move within the paper stack in relation to changes of the external temperature. The fluctuating temperature treatment changes the moisture of the paper as water is adsorbed or desorbed from the cellulose, and as a consequence, changes the relative humidity levels within the paper stack (Fig. 3).



Fig. 1a: Each paper stack consisted of 8 standardised cyanotypes prepared on a pure filter paper (Whatman #1) sized with gelatin. Each cyanotype was covered with enclosure papers containing an alkaline loading on both sides. The enclosure papers were made of 100% bleached cellulose, containing different combinations of CaCO₃ loading and sizing agents.

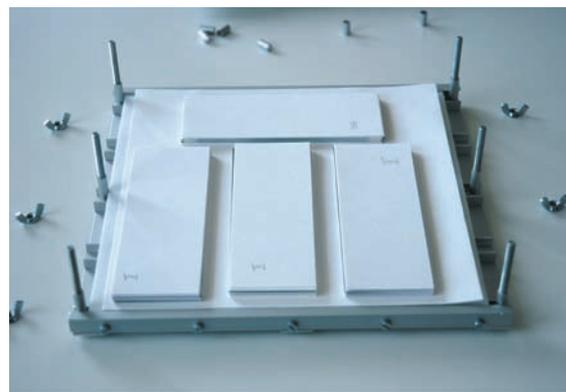


Fig. 1b: The stacks were placed between porous polyethylene boards and an aluminium frame to establish a close contact between the papers. The frame seen in Fig. 1b is not closed yet.

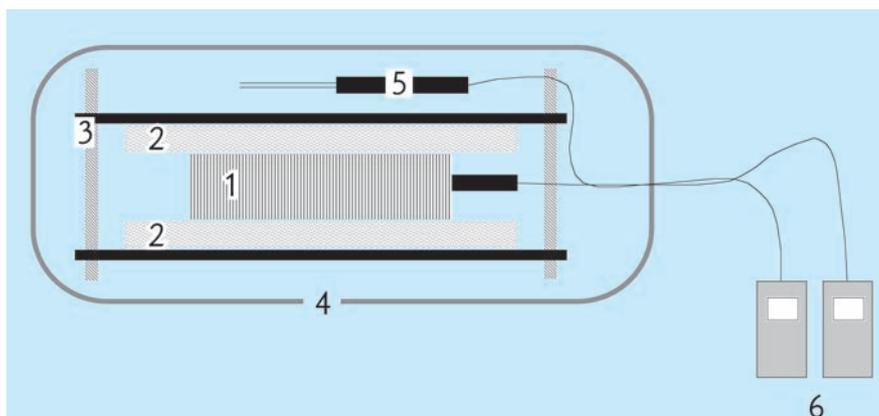


Fig. 2: Scheme of the experimental microclimate system
 1 paper stack 2 porous PE-board 3 aluminium frame
 4 foil bag 5 sensors [T/RH] 6 data logger (external)

In the context of paper adsorption/absorption of water means:

adsorption The amount of water that is attracted and physically bound to the surface of cellulose molecules by the polar hydroxyl groups within equilibrium to the surrounding humidity. As humidity levels increase, several layers of water molecules are adsorbed successively. The first layer of water (mono-molecular layer) is strongly while additional layers are less strongly sorbed and thereby remain mobile.

absorption The penetration of water into pores that exist between cellulose fibres in the sheet and into the much smaller pores that exist in the fibres.

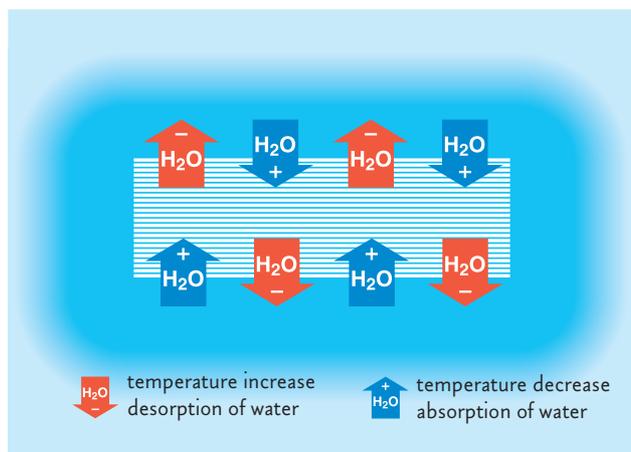
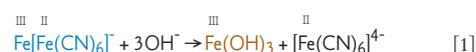
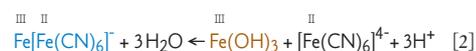


Fig. 3: Schematic model for the movement of water vapor from or into the individual paper sheets inside a stack. Water movement is a result of two competing mechanisms which are both dependant on external temperature changes: the amount of water vapor that can be dispersed in a given volume of air at a given temperature and the respective absorption or desorption of water by cellulose.

Under these conditions only small amounts of alkalinity were expected to be transferred between the paper sheets. To detect these small amounts, cyanotypes were chosen as indicators because their Prussian blue colourant complex is visibly altered even under moderate alkaline conditions. The ageing procedure was stopped after 12 cycles (144 h) and the results were evaluated visually. Those cyanotypes that had been in contact with papers loaded with an alkaline filler showed a slight change in hue and chroma of the Prussian blue, a shift from intense blue to a yellowish blue. This colour change is due to the following chemical reaction [1]:



Cyanotypes that were covered with non-alkaline papers did not show any changes. To intensify the results visually, sections of the discoloured cyanotypes were acidified by spraying on a 5% solution of acetic acid as indicated in Figs. 5a and 5b. Acidification reconverts the yellowish products formed by the hydrolysis of Prussian blue into the blue complex Prussian blue according to equation [2]:



It therefore might be concluded that the discolouration of Prussian blue observed with the interleaved cyanotypes indicates that – at least on the surfaces – the pH has shifted towards higher alkaline values.

Temperature-induced migration of water

Fig. 4 shows a selection of the data collected – temperature and relative humidity – during 1.5 cycles. The red-coloured curve indicates the temperature alternating between 35 °C and 65 °C (red scale on the right) measured in the interior of the paper stack. The blue curve in the diagram represents changes of the relative humidity in the core of the paper stack, the black line the relative humidity within the surrounding air volume. In the surrounding air space the relative humidity fluctuates between 45% and 68% (blue scale on the left); it decreases with increasing temperature and immediately increases if the system is cooled down after 7.30h. decreases at temperature increases. Fluctuations in relative humidity inside the paper stack take

place in the opposite direction – increase of temperature causes an increase of relative humidity – because it is dependent on the amount of adsorbed water in the paper stack which is mobilized through the external temperature fluctuations but remains temporarily trapped within the stack. In the small air space inside the paper stack relative humidity levels between 43% and 71% (Fig. 4) were measured – data serving as indirect sign for the enforced absorption/desorption of water.

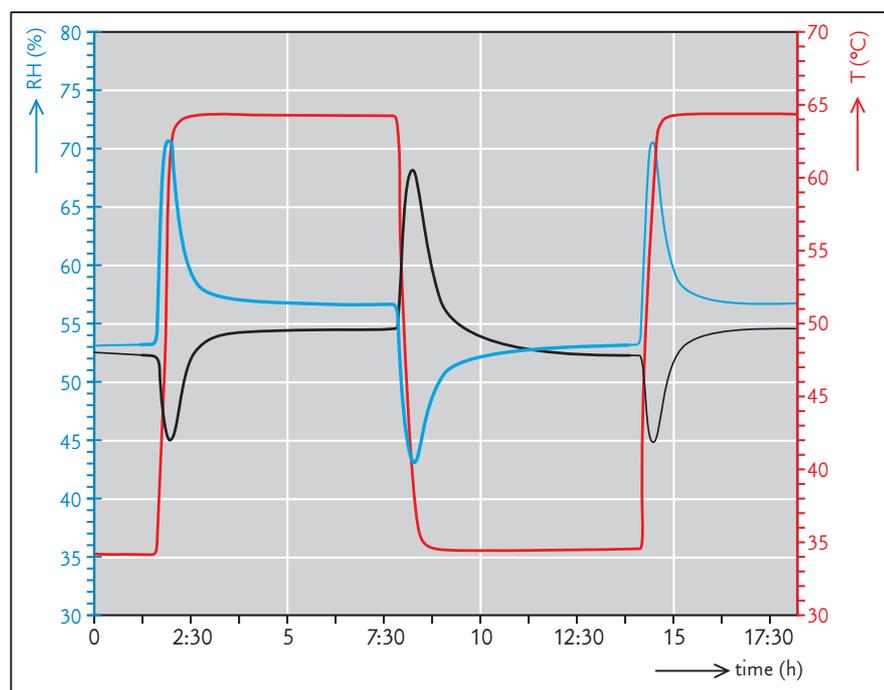


Fig. 4: Relative humidity in a paper stack in a confined space under fluctuating temperature. Temperature (red line) alternates between 35 °C and 65 °C and is held about 5 hours at its maximum/minimum. As expected the RH of the enclosed air around the paper stack (black line) first drops when the temperature is increased (starting at 1:30 h). At the same time RH of the air in between the paper sheets increases (blue line). After a while RH levels inside and outside the paper stack gradually approach to an equilibrium. The whole process reverses responding to a temperature decrease after 7:30 h (Banik, Brückle, Paper and water: A guide for conservators, in press.)

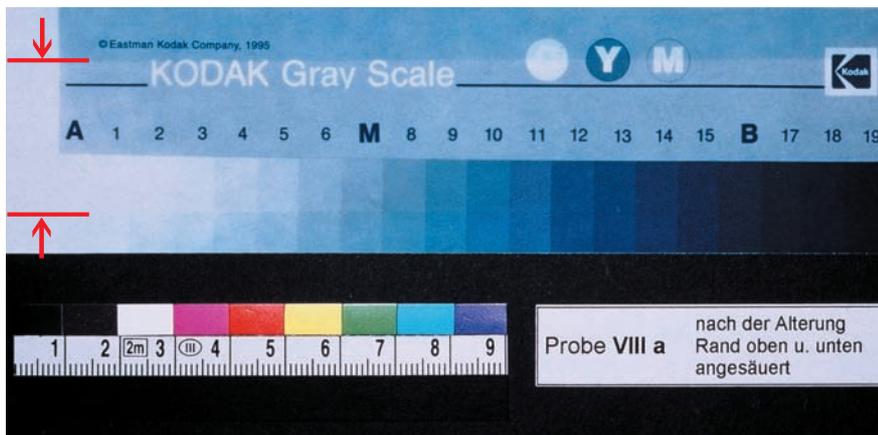


Fig. 5a: The direct contact with an enclosure paper containing an alkaline loading caused a colour change of the cyanotypes. The blue colour faded in the area of contact with the alkaline loaded paper (contact area within the red lines, arrows).

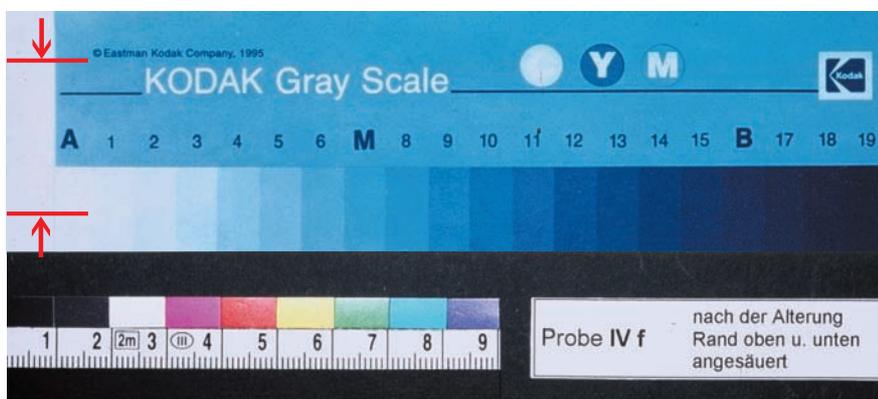


Fig. 5b: Enclosure papers without alkaline loading left the colour of the cyanotypes unaffected. No colour fading is observable if the contacting paper is free of an alkaline filler, such as calcium carbonate (contact area within red lines, arrows).

Fig. 5: Cyanotypes after 12 cycles of fluctuating external temperatures in a microclimate system. The red line indicates the area where 0.5% acetic acid was sprayed on in order to intensify the change in hue caused by transfer of alkalinity.

Conclusion

The experiments demonstrated that through the movement of mobile water in a paper stack alkaline components can be transported from an enclosure paper to an artifact. Desorption and absorption of water within a paper stack by external temperature fluctuations between 35–65 °C caused changes of the relative humidity in the range of 43%–71% RH within the paper stack. RH fluctuations were taken as an indirect measure to judge the amount of water involved in transport mechanisms. Alkaline compounds were transferred from alkaline enclosure papers loaded with alkaline fillers to cyanotypes by temperature enforced movements of moisture. The cyanotypes showed slight to distinct changes in hue from blue to yellow due to hydrolysis of Prussian blue under slightly alkaline conditions. Enclosure papers free of alkaline loadings did not cause any colour change of the cyanotypes under the test conditions. However, it is evident that the amount of calcium carbonate that can be transferred under rapid temperature fluctuations between 15 °C–25 °C – as might occur in a collection – will be extremely small. The conclusion can be drawn that without drastic climatic changes a considerable transfer of alkaline components from enclosure papers to a paper object can nearly be excluded.

References

- Banik, G., Brückle I. *Paper and Water: A guide for conservators*, Butterworth-Heinemann, Oxford (2010) in press.
- Corte, H. *Cellulose-Water interactions, the porosity of paper*, in: Rance, H.F. (ed.) *Handbook of Paper Science*, Vol. I: *The raw materials and processes of papermaking*, Vol. II: *The structure and physical properties of paper*, Elsevier, Amsterdam (1980).
- ISO 187: 1990 *Paper, board and pulps – Standard atmosphere for conditioning and testing and procedure for monitoring the atmosphere and conditioning samples*, International Standard Organisation (ISO), Geneva (1990).

- Damm, R. *Übertragung von Alkalinität durch Kontakt mit Calciumcarbonat gefüllten Hüllpapieren*, Thesis, State Academy of Art and Design Stuttgart (2000).
- Konservierung – Forschung und Praxis*, Vol. 1, Gerhard Banik, Wolfgang Wächter (Hrsg.), BWV – Berliner Wissenschafts-Verlag, Berlin (2005).
- Hagemeyer, R. W. (ed.) *Pigments for paper*, TAPPI PRESS, Atlanta, GA (1997).
- Klemm, D., Philipp, B., Heinze, T., Heinze, U., Wagenknecht, W. *Comprehensive cellulose chemistry*, Vol. 1: *Fundamentals and analytical methods*, Wiley-VCH, Weinheim (1998).
- Niskanen, K. (ed.) *Paper physics, Papermaking science and technology – Book 16*, Fapet Oy, Helsinki (1998).

Einleitung

Im Rahmen des Erasmus/Sokrates-Programms der EU zwischen der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart und der Akademie der Bildenden Künste Wien sowie eines anschließenden Praktikums in der Fotosammlung der Albertina, Wien, von März bis August 2001 wurde ein Teil des seit Ende 1999 in der Albertina befindlichen Fotoarchivs des Verlags Langewiesche konservatorisch bearbeitet. Bei diesem Teilbestand handelt es sich um 151 Fotografien von Albert Renger-Patzsch (1897–1966), die größtenteils für den 1940 erstmals erschienenen Band „Deutsche Wasserburgen“ in der vom Verlag herausgegebenen Reihe „Die Blauen Bücher“ entstanden. Das Projekt umfasste die Konzeption eines Zustandsprotokolls, die eigentliche Schadenserfassung und die Erarbeitung von Lösungsvorschlägen für die Verpackung und konservatorische/restauratorische Bearbeitung der Objekte.

Zusammensetzung der Objekte

Bei den vom Verlag Langewiesche übernommenen Objekten handelt es sich um Druckvorlagen mit einem komplexen Aufbau. Jedes Objekt besteht aus einem mit Beschriftungen versehenen Kuvert, in dem sich die auf einem Unterlagekarton aufgeklebte Fotografie befindet, ein oder mehrere Andrucke und in einigen Fällen ein Transparentpapier, auf dem fallweise Retuschieranweisungen vermerkt sind. Die Fotografien sind Schwarzweiß-Silbergelatinepapiere. Sie sind mit einem Klebstoff auf Stärkebasis mit mindestens vier Klebepunkten auf dem Unterlagekarton montiert und in den meisten Fällen deutlich retuschiert. Die Identifizierung des Klebstoffs erfolgte durch den klassischen Stärkenachweis mit Kaliumjodid/Jodlösung nach Schramm/Hering (1997).



Abb. 1:
Foto LS2000/679 „Wildblumen“, © Albertina.

- a) Fotografie mit darüberliegendem Transparentpapier
- b) Unterlagekarton
- c) Andrucke

Der Unterlagekarton weist Retuscheanweisungen sowie Größen- und Beschnittangaben auf, mit denen der vorgesehene Bildausschnitt und die Maße für die Buchreproduktion festgelegt wurden. Zum Teil reichen die Bildretuschen auch auf den Karton. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen ein Objekt aus dem Bestand in seiner vielschichtigen Zusammensetzung.

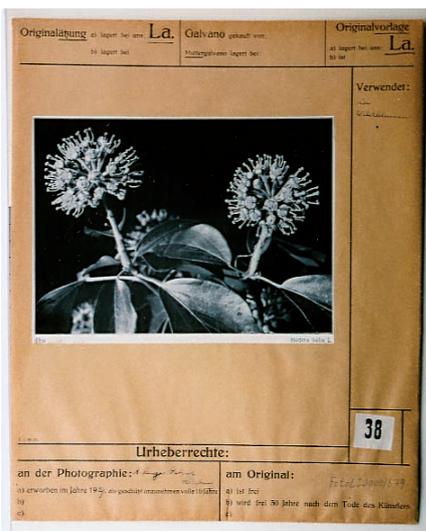


Abb. 2: Foto LS2000/679 „Wildblumen“, Kuvert, © Albertina.

Aufgabenstellung

Die Planung restauratorischer Eingriffe erforderte die Betrachtung der Objekte in ihrem historischen Kontext. Sie stellen ein wichtiges Arbeitsmittel für die Verlagsproduktion dar. Daher wurde der Erhalt des historisch überlieferten Aufbaus der Objekte als das wesentliche Kriterium der Maßnahmen angesehen.

Die häufigsten Schadensbilder an den Fotografien waren Verwellungen verursacht durch die punktförmige Montage auf dem Unterlagekarton, ferner Knicke, die offenbar durch ihre Verwendung als Arbeitsmaterial im Verlag entstanden sind.

Bei 30% der Fotografien ist im Bereich der Klebepunkte eine Vergilbung aufgetreten, die mit großer Wahrscheinlichkeit durch Zusätze zum eingesetzten stärkehaltigen Klebstoff verursacht wurde.

Bearbeitungskonzept

Vor allem aufgrund der Vergilbung durch den Klebstoff ist ein Ablösen der Fotos vom Unterlagekarton und die Reduzierung des Klebstoffs zu empfehlen. Es ist zwar nur ein Drittel der Fotografien durch Vergilbung geschädigt, aber es ist nicht auszuschließen, dass der Klebstoff eine weitere Vergilbung an den Fotografien verursacht.

Die Fotografien werden nach der Abnahme vom Karton und der Reduzierung des Klebstoffs mit Japanpapierfäzeln wieder auf dem Originalunterlagekarton montiert, zwischen Andruck/Transparentpapier und Foto wird ein Zwischenlagepapier lose eingelegt. Andruck bzw. Transparentpapier werden ebenfalls abgenommen und in gleicher Weise wieder auf dem Karton befestigt. Dies erleichtert das Umschlagen und verhindert weitere Beschädigungen, zum Beispiel bei Ausstellungen und einer Benutzung im Studiensaal.

Lösung der originalen Montage

Nach der Entscheidung, die Fotografien abzulösen, wurden zur Ermittlung der Arbeitsabläufe und des Zeitaufwands je drei Klebepunkte an 18 Objekten des Bestandes bearbeitet. Dabei sollten verschiedene Methoden zur Ablösung der Fotografien bzw. der Andrucke/Transparentpapiere erprobt und hinsichtlich ihrer Wirkungsweise und bezüglich des erforderlichen Zeitaufwands bewertet werden.

Die Fotos mechanisch mit einem Spatel vom Karton zu trennen war wegen der hohen Festigkeit des Klebstoffs nicht ausreichend kontrollierbar. Daher wurden zur schonenden Ablösung der Fotografien vom Karton stärkeabbauende Enzyme – Amylasen – eingesetzt. Zunächst wurde die Albertina Komresse®, entsprechend der von Schwarz et al. (1999) beschriebenen Arbeitstechnik bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit getestet. Die Auflage der befeuchteten Komresse erfolgte auf der Rückseite des Unterlagekartons. Die notwendige Einwirkzeit der Komresse war allerdings mit 80–150 min. sehr lang. Die Trennung der Fotografie vom Unterlagekarton gelang ohne Probleme, Substanzverluste konnten vollständig vermieden werden. Reste des angequollenen Klebstoffs ließen sich von Karton und Fotografie leicht mit einem angefeuchteten Wattestäbchen entfernen.



Die lange Behandlungsdauer mit der vorgefertigten Albertina Komresse von bis zu 150 Minuten, ließ den Einsatz eines Amylasegels mit Zusätzen nach Lidle-Fürst et al. (1999) als eine sinnvolle Alternative erscheinen. Der besondere Vorteil eines Enzymgels liegt in der höheren Feuchtigkeit im Gel, womit erheblich kürzere Bearbeitungszeiten möglich wurden. Das Gel wurde wie die Fertiggelkomresse auf der Rückseite des Kartons appliziert. Der Aufbau der Gelkomresse ist in Abb. 3 schematisch dargestellt.

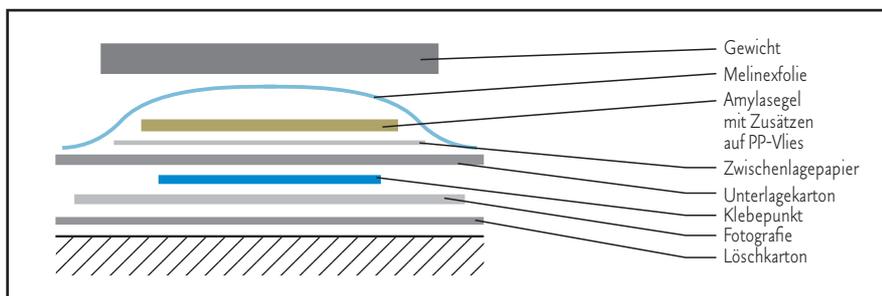


Abb. 3: schematische Darstellung des Aufbaus einer Amylasegelkomresse.

Das Amylasegel wurde in ein Polypropylenvlies eingebracht. Es muss ebenso wie die Albertina Komresse®, durch ein gedichtetes Zwischenlagepapier vom Objekt getrennt bleiben. Das Zwischenlagepapier wird etwas größer zugeschnitten und überragt das aufgesetzte gelgetränkte Polypropylenvlies allseitig um ca. 5 mm. Zur Erleichterung des Eindringens der Behandlungslösung aus dem Gel wurden sowohl Zwischenlagepapier wie auch der Klebepunkt ohne anschließende Zwischentrocknung mit einem Ethanol-Wassergemisch (40:60) vorgegenetzt.

Die Komresse muss mit Melinexfolie abgedeckt werden. Damit lässt sich die Inaktivierung der Amylase durch Trocknung der Komresse als Folge der raschen Verdampfung des Wassers unterbinden. Zusätzlich wurde die Komresse mit einem Gewicht von 250 Gramm beschwert,

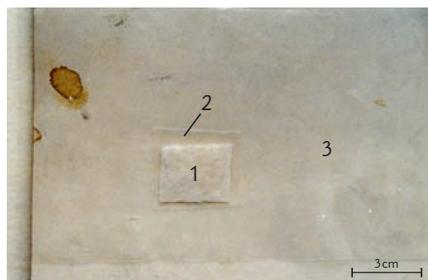


Abb 4: Positionierung des Amylasegels mit dem Polypropylenvlies (1) auf dem Zwischenlagepapier (2) auf dem Montagekarton (3) Objekt LS2000/679.

um ein möglichst gleichmäßiges Vordringen der Enzymlösung zur Klebestelle zu gewährleisten.

Die Bearbeitungszeit mit der Gelkomresse war im Vergleich mit der vorgefertigten Albertina Komresse® mit 30 – 40 Minuten deutlich kürzer. Nach der Trennung von Karton und Fotografie waren nur geringfügig abgebaute Rückstände des Klebstoffs auf dem Fotopapier vorhanden, woraus geschlossen werden kann, dass die Enzymlösung nicht in die fotografische Schicht eingedrungen war. Diese Klebstoffrückstände ließen sich mit einem feuchten

Wattestäbchen problemlos entfernen. Substanzverluste traten nicht ein. Die Gesamtbearbeitungszeit für einen Klebepunkt liegt bei Einsatz der Amylasegelkompressen bei maximal 60 Minuten.

Erheblich einfacher gestaltete sich die Abnahme der Andrucke und des Transparentpapiers, die in beiden Fällen durch Befuchten der Klebeposition mit einem befeuchteten Löschkartonstreifen möglich war. Die Bearbeitungszeit für diese Maßnahme lag bei ca. 30 Minuten. Durch die lokale Befeuchtung verwellt das Transparentpapier. Es ist daher zu empfehlen, das abgelöste Transparentpapier in einem Gore-Tex®-Sandwich zu befeuchten und anschließend unter leichtem Pressdruck zwischen Löschkarton planzulegen.

Die Montagepositionen von Fotografie, Andruck und Transparentpapier wurden vor deren Abnahme vom Trägerkarton so dokumentiert, dass die exakte Wiedermontage keine Probleme bereitete.

Gefördert mit Mitteln aus dem Erasmus-Programm der Europäischen Kommission



Culture 2000

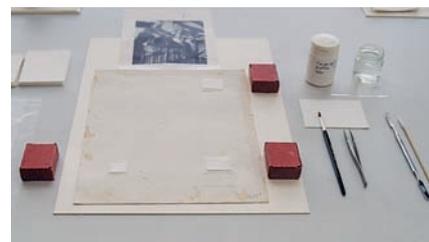


Abb. 5: Auf dem Montagekarton aufgesetzte Amylasegelkompressen zur gleichzeitigen Lösung von drei Klebepunkten. Objekt LS2000/679.

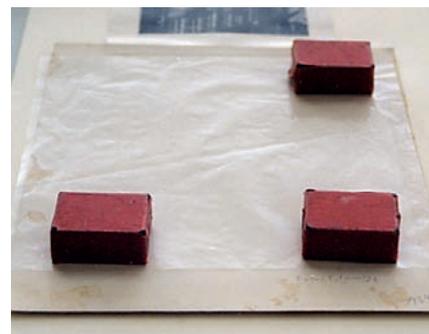


Abb. 6: Beschwerte Kompressen während der Bearbeitung; die gesamte Fläche ist zur Vermeidung der vorzeitigen Trocknung mit Melinexfolie abgedeckt. Objekt LS2000/679.

Zusammenfassung

Albertina Komresse® und Amylasegelkompressen sind in ihrer Wirkungsweise vergleichbar. Gelkompressen ermöglichen aber eine auf die Objekte zugeschnittene Enzymkonzentration. Zusätzlich ist der Feuchtigkeitsgehalt der Gelkompressen höher, wodurch das Durchdringen stärkerer Kartonmaterialien deutlich erleichtert wird. Beide Faktoren ermöglichen erheblich kürzere Bearbeitungszeiten für den enzymatischen Abbau der vorliegenden stark verhärteten Klebstoffe auf Stärkebasis.

Literatur

Schramm, H.-P., Hering, B. *Historische Malmaterialien und ihre Identifizierung*, G. Banik und G. Krist (Hrsg.), Akademische Druck- und Verlagsanstalt, Graz (1988): 205.

Lidle-Fürst, M., Blüher, A., Banik, G., Tobois, E. *Amylasegele zur lokalen Lösung von Stärkeverklebungen*, *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung* 13 (1999): 5–18.

Schwarz, I., Blüher, A., Banik, G., Römer, G., Tobois, E. *Die Albertina-Komresse – eine gebrauchsfertige Enzymkomresse zur Ablösung von Stärkekleisterverklebungen*, *Restaura* 107 (1999): 200–204.

Müller, U. *Konservatorische Überlegungen zum Fotoarchiv des Verlags Langewiesche, Rundbrief Fotografie N.F. 38* (2003): 10–13.

Introduction

The Buchenwald Memorial preserves silver gelatin prints, dating from 1943, that had belonged to Eugen Kogon (1903–1987), the author of the book *Der SS-Staat*. The photographs document the activities of the research department on typhus and virology at the hygiene institute of the Waffen SS. The photographs, taken by an anonymous photographer, are among the few that date to the time when the concentration camp was in operation and are therefore particularly important to the collection. After a fire hit Kogon's house in 1951, the photographs were wetted when the fire was being extinguished, and subsequently suffered biological degradation while still wet. In the following, we present a possibility for the consolidation of powdery emulsions using aerosols. With this newly developed method, the photographs can be stabilized without compromising their current appearance.

Conservation Problem

The 17 photographs (6×8 cm) are extensively weakened due to the impact of water, which caused physical and mechanical damage to the emulsion and photographic paper. The Agfa-Lux photo paper was once probably ferrotyped but this quality is hardly discernible today, as the photographs appear very matte (Fig. 1). Moreover, this impression is intensified by the abrasion affecting the overall surface of the photographs. The emulsion layer is to a large extent very powdery and its granular appearance is easily discernible under magnification (Fig. 2). Visually and mechanically, the photographs are strongly altered. Their stability is compromised by the powderiness of the emulsion, which is sensitive to any mechanical impact, as is indicated by the extensive damage to the photographs and by the existence of many emulsion particles left in the paper envelope that previously contained the photographs.

On some of the photographs, a purple stamp on the reverse of the photographs has been transferred to the photograph below it. The transfer occurred when the photographs were stored in a stack while wet. The photographs were brought to conservation after they had already been separated from each other. However, due to their stacked storage while wet, paper fibers from the reverse of one photograph adhered to the emulsion on the one below. These paper fibers were removed as much as possible from the emulsion with the aid of a brush and scalpel prior to the conservation treatment, so that they would not adhere more firmly to the emulsion during the subsequent consolidation.

Gelatin is depolymerized by the biological degradation of the wetted emulsion. This causes

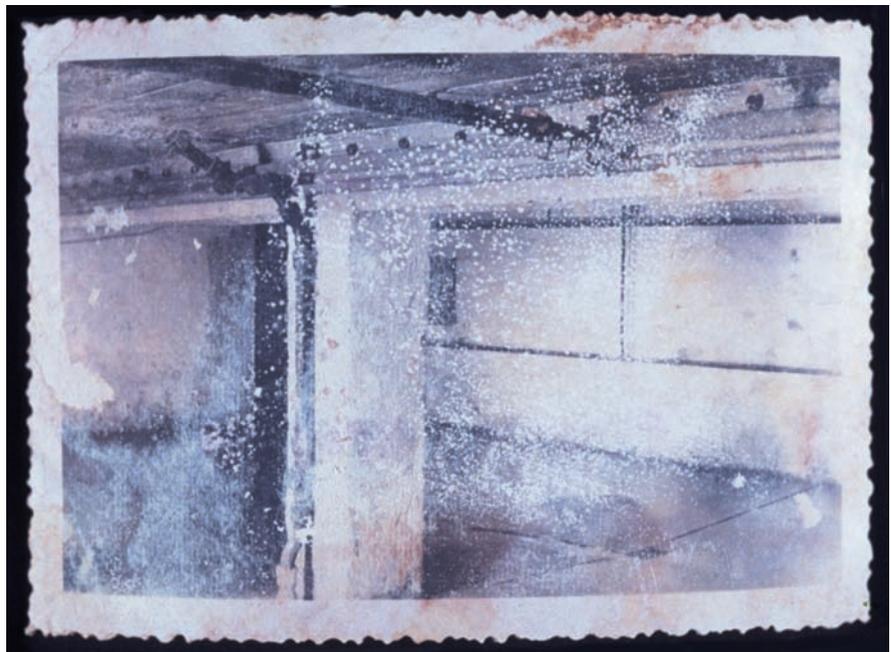


Fig. 1: Full photograph, heavily damaged silver-gelatine print
View of a cellar room in the hygiene institute; Agfa-Lupex photographic paper, 6×8 cm format

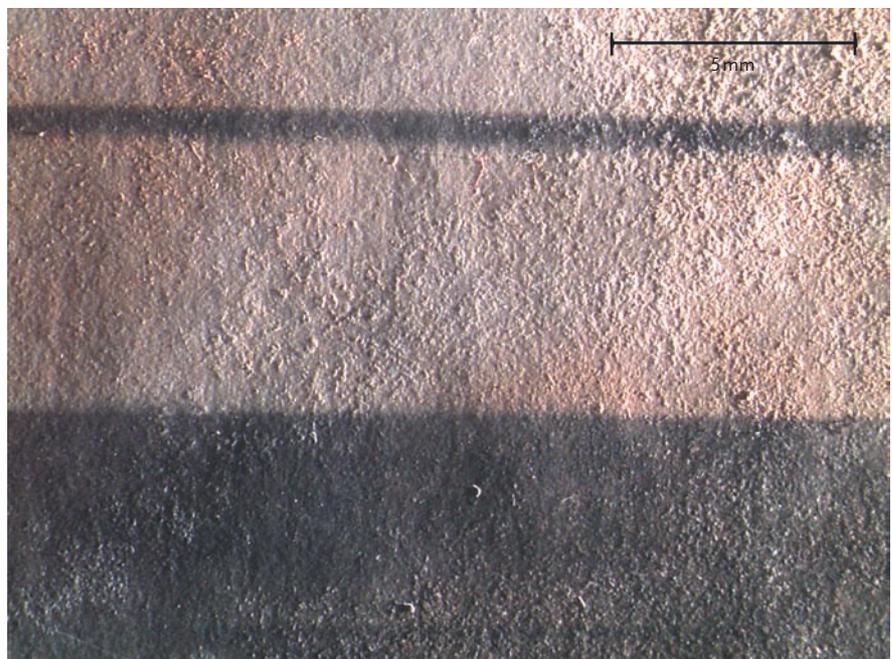


Fig. 2: Microscope photograph of a powdery gelatine emulsion
Powdery silver-gelatine emulsions have a rough, matte surface. In the microscope photograph, the grainy appearance of the damaged surface is visible. The loose emulsion particles on the paper support are clearly visible. The adhesion of the gelatine layer to the support is clearly reduced.

Use of aerosols in the consolidation of water and mold-damaged silver gelatine prints

a loss of coherence of the gelatine emulsion and a loss of its adhesion to the paper support. As a result, any mechanical manipulation of the photographs could result in extensive additional damage. To secure the remaining gelatine layer requires improving its internal cohesion and its adhesion to the support. This is, in effect, the desired outcome of consolidation.

To consolidate the emulsion, an adhesive has to be used that improves the coherence of the particles and their adhesion to the support. For photographic gelatine emulsions, it is best to use an aqueous adhesive that can swell the degraded gelatine and that can ensure good adhesion. The problem with using an aqueous adhesive lies in the significant degradation of the gelatine, which increases its swelling capacity and its solubility in cold water. Therefore, the amount of water used during consolidation must be kept to a minimum. Aerosols offer an advantage over other consolidation methods that use a brush or spray, because they significantly reduce the amount of water used during treatment. Aerosols allow the application of consolidation solutions in the form of a fine mist. In the application of water to water-damaged objects, one also has to consider that this may reactivate mold growth if mold spores were previously present. The photographs were therefore tested for mold activity, but all results were negative.

Consolidation with Aerosols

Aqueous adhesive solutions with a concentration of about 0.01–1% can be turned into an aerosol using an ultrasonic mister. The droplets that are generated with an ultrasonic or compressed air system are much smaller even than those produced, for example, by a sprayer (Michalski and Dignard 1993). The use of aerosols in photograph conservation has so far been infrequently mentioned in the literature. Baruki (2003) investigated the consolidation of powdery black-and-white emulsions with the aid of a pressurized air system. Barukis, however, could not produce satisfying results.

The treatment involved the application of an aerosol applied with an ultrasonic mister, the nozzle of which was moved slowly and in straight, evenly spaced lines over the photograph, keeping a distance of about 5 cm between the nozzle opening and the photograph surface. The three adhesives used were highly diluted solutions of gelatine, methylcellulose and funori. Consolidation solutions consisted of:

- Photographic gelatine at a 0.5 – 1% solution concentration.
- Methylcellulose with a low to medium degree of polymerization at a 0.25 – 0.5% solution concentration.
- Funori at a 0.1 – 0.2% solution concentration.

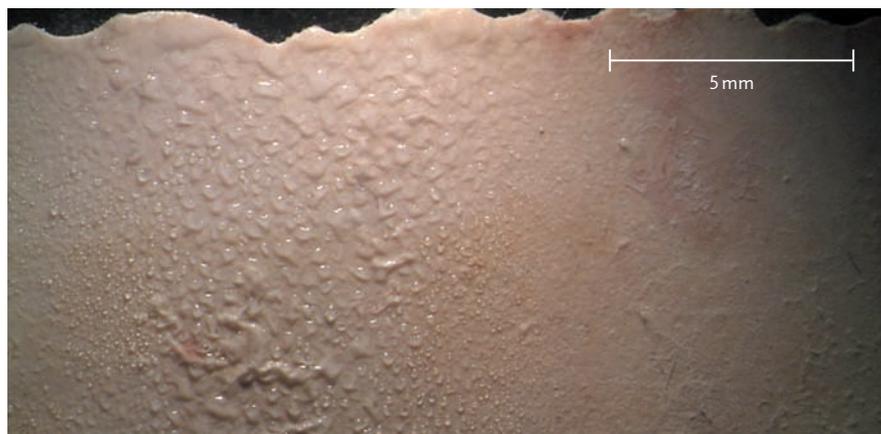


Fig. 3: Microscope photograph during consolidation, in the left half of the image, droplets from the aerosol application are visible that have not yet penetrated during consolidation; the right half of the image has not yet been treated.

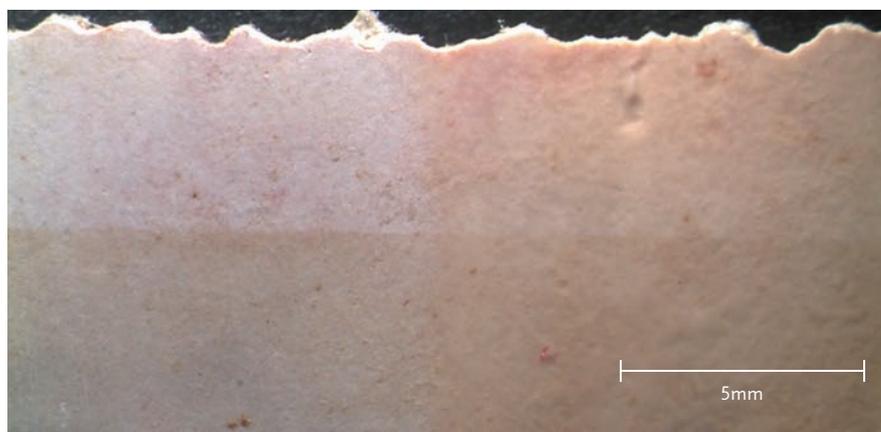


Fig. 4: Microscope photograph during consolidation, in the right half of the image, application of a still damp consolidation agent which results in darker colour; the left half of the image has not yet been treated.

The consolidation agents were applied either in purely aqueous solutions prepared with deionized water, or by using a mixture of water with up to 30% ethanol. The number of applications varied between 1 and 4 times.

Gelatin and methylcellulose were used because their excellent aging adhesion properties have been well tested and established in conservation. The use of funori appeared interesting because it demonstrated good adhesion properties and a matte surface appearance after drying (Pataki, 2005). To confirm that no danger ensued from the introduction of these three consolidants for the preservation of the image silver, they all underwent the Photograph Activity Test (P.A.T.) according to ISO 14523: 1999. All consolidants passed the test.

Observations during treatment

Two phenomena were observed during treatment:

- The formation of consolidant droplets on the emulsion surface.
- The temporary colour change of the emulsion during aerosol application.

During the aerosol application it is possible that the substrate is not sufficiently wetted, which causes the formation of droplets on the emulsion surface (Fig. 3) which causes the undesirable effect of swelling the emulsion unevenly. The substitution of water in the consolidation solution with up to 30% ethanol reduces droplet formation and the risk of uneven swelling, because it improves the wetting of the emulsion layer. Also, the ethanol increases the evaporation rate of the solution.

The introduction of a consolidation agent initially causes a colour change in the emulsion and pa-

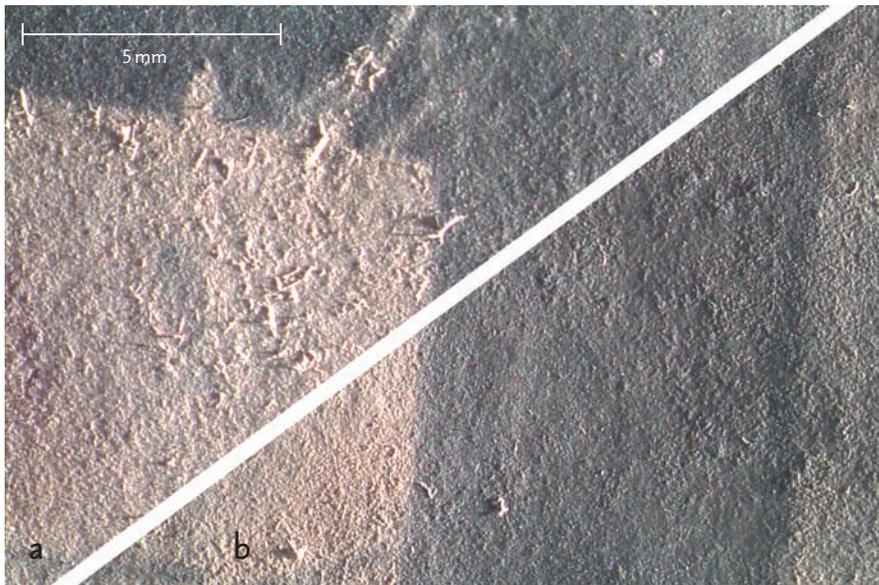


Fig. 5a and 5b: Microscope photographs.
Before (5a) and after (5b) consolidation;
the visual appearance of the emulsion remains unchanged.

per layers (Fig. 4). Darker areas of the silver-gelatin emulsion show a distinctive darkening while damp, and lighter areas appear yellowish due to the discolouration of the paper support. The colour changes were not noticeable any more after the consolidation solution had dried. Densitometer readings showed only very small changes that are likely to lie outside the visually perceptible range.

The appearance of the photographs was documented before and after treatment both generally and macroscopically, so as to record any potential side effects of treatment such as darkening, flaking or distortion of the prints and the formation of surface gloss. Observation of the surface quality of the emulsion under the microscope did not demonstrate any negative alteration of the surface appearance (Figs. 5 and 6).

Concluding observations

The aerosol treatment developed for this project allows the consolidation of powdery photographic emulsion layers caused by the biological degradation of the gelatine. It should be mentioned that this treatment constitutes purely a preservation measure, because it does not recover the original appearance of the photographs. It does, however, render them stable enough to be usable again in the future as historical research documents. The treatment did not decrease the legibility of the images (Figs. 5 and 6). The consolidation treatment enabled the photographs to be stored in direct contact with a paper envelope enclosure.

Aerosol treatments do have limitations, in that they could not consolidate strongly flaking

gelatine emulsion areas, because these could not be sufficiently relaxed through the aerosol application. In these cases, the brush application of the consolidant solution proved to be preferable. For the treatment of the photographs, pre-humidification was advantageous and is strongly recommended. It improves both consolidant wetting and penetration. Also, the swelling of the gelatine effected in this treatment already created a consolidation effect that improved the stability of the emulsion. The use of a Gore-Tex™ sandwich for pre-humidification proved very effective. The addition of ethanol further improved its effectiveness.

In the comparison of the three consolidants, slight differences were observed in the formation of gloss, and secondly, in the degree of adhesion achieved. The photographs that had been treated in the Gore-Tex™ sandwich showed slightly more gloss than the others. The gloss was more noticeable for the prints consolidated with gelatine than for those treated with methylcellulose or funori. Regarding the resulting adhesion of the powdery layer, four passes of a 1% gelatine achieved the best result. Four passes of methylcellulose or funori also resulted in a noticeable consolidation, but proved to be considerably less effective when evaluated by the blotter method employed in the project.

References

- Baruki, S.,
Consolidation of mould and water damaged silver gelatin photographic prints: Consolidant application using a nebuliser, ICOM Photographic Records Working Group, Newsletter (August 2003): 4–11.
- Dierkes-Staiger, R.
Anwendung von Aerosolen zur Konsolidierung von Gouachemalerei auf Papier, Weiße Reihe des Instituts für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Karl-Werner Bachmann (ed.), Vol. 14, Stuttgart (1997).
- Jochumsen, I., Schneller, R., Pataki, A., Banik, G., Chen, J. J.
Développement d'une technique de consolidation d'épreuves argentiques à la gelatine endommagées par l'eau et les moisissures, Support Tracé, #6 (2006): 67–71.
- Michalski, S., Dignard, C.
Consolidation of powdery paint using the ultrasonic mister, in: Preprints to the ICOM-CC 10th Triennial Meeting, Washington DC, Janet Bridgland (ed.), ICOM-CC, Paris (1993): 900.
- Pataki, A.
Einflussgrößen auf die Farbwirkung von pudrigen Malschichten beim Konsolidieren mit Aerosolen. PhD thesis, State Academy of Art and Design Stuttgart (2005).

This project was generously funded by the


LANDESSTIFTUNG
Baden - Württemberg

Diazotypie: Lichtpausen von Architekturzeichnungen im Nachlass von Hans Scharoun

Einleitung

Hans Scharoun, 1893 in Bremen geboren und 1972 in Berlin gestorben, studierte Architektur an der Technischen Hochschule Berlin. 1919 schloss er sich der Korrespondenzgemeinschaft „Gläserne Kette“ an, die über ein Jahr hinweg revolutionäre Baugedanken austauschte. Scharoun begann, Ideen zu einer organischen Architektur zu entwickeln, in der sich Baukörper von innen nach außen zur Raumsulptur herausbilden. Zeitlebens blieben seine Entwürfe und Bauten von diesem Gedanken inspiriert. Eines seiner herausragenden Bauwerke, als Teil eines neuen Kulturforums geplant, ist die Philharmonie am Berliner Kemperplatz (1957–1963). Der Architekt und erste Akademiepräsident Hans Scharoun, der selbst 1955 das Baukunstarchiv der Akademie der Künste (West) gegründet hatte, hinterließ nicht nur gebaute Zeugnisse von großer Bedeutung, sondern vermachte sein gesamtes Planungsmaterial und seine Bibliothek der Akademie, die 1973 das Scharoun-Archiv einrichtete. Nur wenige der insgesamt über 21000 Blatt umfassenden, architektonischen Werkpläne konnten bisher einzeln archiviert werden. Ein großer Teil davon, ca. 15000 Pläne, lagert in Kartonrollen und ist aus konservatorischen Gründen der Forschung derzeit nur bedingt zugänglich.

Im Rahmen des von der Kulturstiftung des Bundes und der Kulturstiftung der Länder geförderten KUR-Programms zur Restaurierung und Konservierung von mobilem Kulturgut führt die Akademie der Künste in Kooperation mit dem Studiengang Konservierung und Restaurierung von Grafik, Archiv- und Bibliotheksgut und mit Unterstützung der Gesellschaft der Freunde der Akademie der Künste bis zum Jahr 2011 das Projekt *Architekturpläne des Hans-Scharoun-Archivs* durch. Scharouns Architekturpläne werden erstmals technologisch untersucht und dokumentiert, womit eine Basis geschaffen wird für ein restauratorisches Bearbeitungskonzept sowie die Entwicklung eines Lagerungssystems. Im ersten Projektabschnitt 2008 wurden ca. 4200 besonders bedeutende, vorrangig zu konservierende Architekturpläne ausgewählt und materialtechnologisch untersucht. Die Zusammensetzung des Bestands ist typisch für Architektennachlässe des 20. Jahrhunderts. Neben in der Regel großformatigen, in Tusche, Graft, Kreide, Buntstift und Aquarell ausgeführten Originalzeichnungen auf Transparentpapier enthalten sie verschiedenartige, teilweise gestalterisch überarbeitete Reproduktionen der Zeichnungen (Abb. 1). Unter diesen wurden überwiegend Diazotypien identifiziert, die im allgemeinen Sprachgebrauch „Lichtpausen“ genannt werden (Frank 1959). Deren unterschiedliche, durch Alterungserscheinungen gekennzeichnete Trägerarten sind bisher material- und erhaltungstechnisch kaum charakterisiert worden. Sie stehen daher im Zentrum des konservierungswissenschaftlichen Projekts.

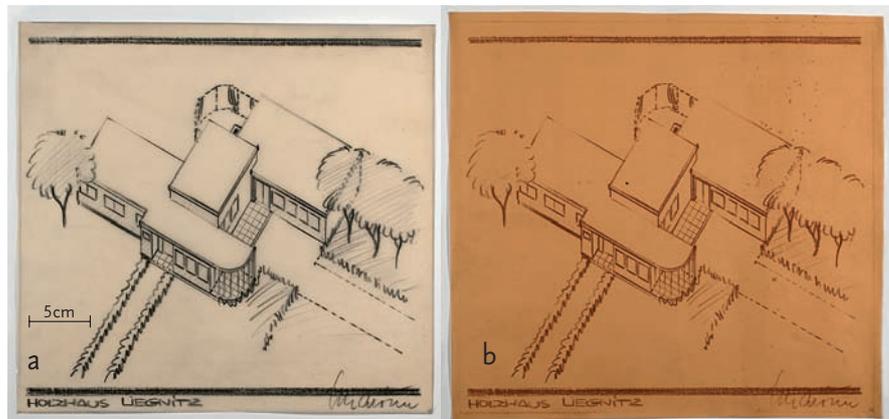


Abb. 1: Liegnitz/Niederschlesien, Deutsche Gartenbau- und Schlesische Gewerbeausstellung, transportables Holzhaus, „Mittelstandshaus“ (ausgeführt 1926/27), Hans-Scharoun-Archiv WV 58/16 und /3, Isometrie, 33,7×35,6cm und 32,4×34,1cm. Von der Originalzeichnung in schwarzer Kreide auf Transparentpapier (a) wurde eine Diazotypie auf opakem Papier mit violetter Linie (b) angefertigt.

Vervielfältigungstechniken für Architekturzeichnungen

Großformatige Architekturzeichnungen mussten zu ihrer Vervielfältigung ursprünglich von Architekten und deren Assistenten unter Verwendung von durchscheinenden Materialien händisch abgepaust oder abgezeichnet werden. Diese zeitraubende Arbeit wurde mit der Einführung des „fotochemischen Pausens“ Ende des 19. Jahrhunderts abgelöst. Zur fotochemischen und fotomechanischen Anfertigung von maßstabsgerechten Kopien wurden, beginnend mit den Anilindrucken um 1860, zahlreiche verschiedene Verfahren entwickelt. Einen Überblick der Reproduktionstechniken geben Kissel und Vigneau in ihrem 1999 erschienenen Buch *Architectural photoreproductions – A manual for identification and care*.

Nach Frank (1959) hat sich in Deutschland seit den 1920er Jahren vor allem das Diazotypieverfahren marktbeherrschend durchsetzen können. Anfänglich hatte das Verfahren ausschließlich negative Kopien ermöglicht, bis man mit dem 1890 veröffentlichten Prozess von Green, Cross und Bevan mittels Diazoniumverbindungen positive Kopien von großformatigen Vorlagen herstellen konnte. Kögel gelang es 1917 schließlich, lagerfähige Papiere herzustellen, die so sensibilisiert waren, dass sie direkt belichtet und entwickelt werden konnten. Sein Patent übernahm die Anilinfarbenfabrik Kalle & Co. in Biebrich am Rhein und entwickelte daraus bis 1923 das Ozalid® Verfahren. Eine detaillierte Übersicht zur technischen Entwicklung des Diazotypieverfahrens ist 1926 von Eder publiziert worden. Dank besserer Reproduktionsergebnisse überflügelte das Diazotypieverfahren noch bis spät in die 1980er Jahre konkurrierende Techniken zur Vervielfältigung großformatiger Architekturzeichnungen, was sich auch an den Beständen des Hans-Scharoun-Archivs ablesen lässt.

Das Diazotypieverfahren

Diazotypien oder Lichtpausen werden im Kontakt mit lichtdurchlässigen Vorlagen durch Einwirkung ultravioletter Strahlung erzeugt. Das Verfahren basiert auf der Empfindlichkeit von aromatischen Diazoniumverbindungen gegenüber UV-A Strahlung (ca. 350–420nm), sowie deren Fähigkeit, mit Kupplersubstanzen auf Basis von Phenolen oder aromatischen Aminen unter Einwirkung von basischen Verbindungen Azofarbstoffe zu bilden. Dieser Reaktionschritt wird als Entwicklung bezeichnet. Diazotypiepapiere oder -folien sind mit einer Schicht ausgerüstet, die meist sowohl die lichtempfindliche Diazoniumverbindung als auch den Kuppler enthält. In der Praxis wird die originale Zeichnung auf Transparentpapier in direktem Kontakt mit dem Diazotypiematerial belichtet. Im einfachsten Fall wird so eine Kopie auf opakem Papier hergestellt (Abb. 2). Soll die Originalzeichnung gestalterisch weiter entwickelt werden, so kann eine Diazotypie auf lichtdurchlässigem Material, eine sogenannte „Transparent-Lichtpause“ (Frank 1959), angefertigt werden, die manuell bearbeitet und dann wiederum auf einen weiteren Träger kopiert werden kann (Abb. 3).

Chemisch betrachtet entsteht bei der Zersetzung der Diazoniumverbindung ($[\text{Ar-N}_2] + \text{X}^-$) unter Einwirkung von Feuchtigkeit und UV-Strahlung eine farblose Verbindung (Ar-OH) (Mustacchi 2002). Hierbei wird Stickstoff (N_2) frei, und es bildet sich eine Säure (H-X) (Reaktion 1). Bei Behandlung mit einer basischen Verbindung (BOH , B steht für das Basenkation) als Entwickler, z.B. Ammoniak (NH_4OH), verbindet sich die an den unbelichteten Stellen intakte Diazoniumverbindung ($[\text{Ar-N}_2] + \text{X}^-$) mit dem Kuppler (Ar-OH) und bildet einen Azofarbstoff (Ar-N=N-AR-OH), der je nach Molekülstruktur blau, violett, braun, schwarz und rot ausfallen kann (Reaktion 2). „Ar“ und „AR“ stehen jeweils für einen Arylrest

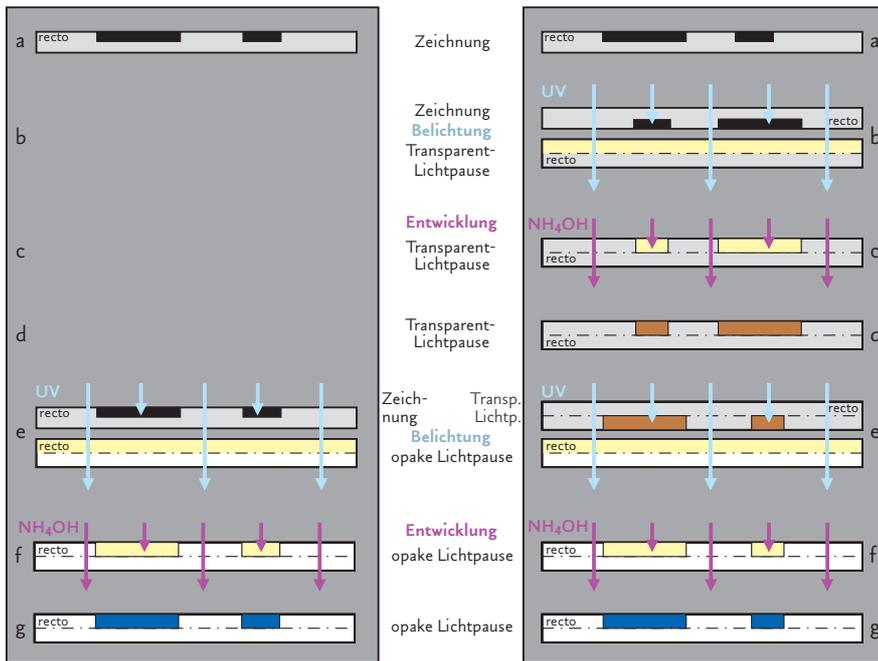
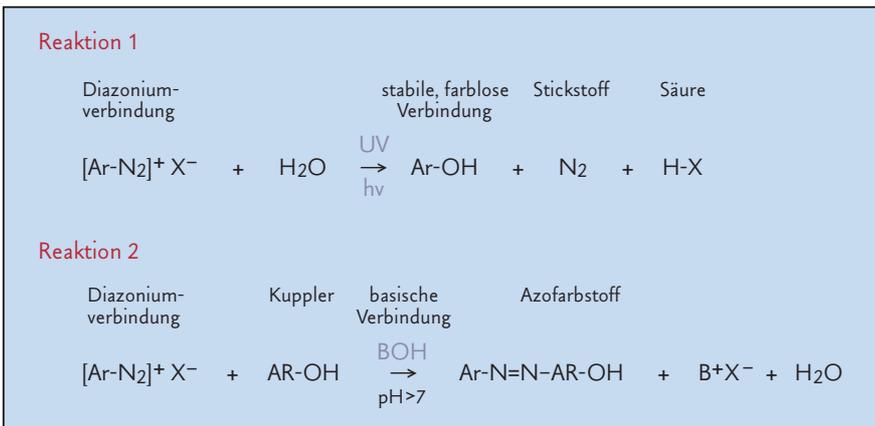


Abb. 2 (links) und 3 (rechts):
Herstellungsprinzip einer Lichtpause auf opakem Papier von einer originalen, lichtdurchlässigen Zeichnung auf direktem Weg (Abb. 2) oder über den Zwischenschritt einer Transparent-Lichtpause (Abb. 3). Die Vorlage auf transparentem Material (2a bzw. 3d) wird in direktem Kontakt mit dem Diazotypiematerial belichtet (2e und 3e). Nur in den Bereichen ohne Zeichnung kann die UV-Strahlung die Vorlage durchdringen und die lichtempfindlichen Diazoniumverbindungen im Diazotypiematerial zersetzen. Wo opake Linien der Vorlage die UV-Strahlung blockieren, bleiben die Diazoniumverbindungen intakt. Während der folgenden alkalischen Entwicklung des latenten Bildes (2f und 3f) kommt es in den unbelichteten Bereichen zu einer Reaktion mit den Kupplersubstanzen, wobei sich Azofarbstoffe bilden, die das sichtbare Bild der Kopie ergeben (2g und 3g).

Bei Einkomponentenmaterialien enthält die Beschichtung nur die Diazoniumverbindung. Die Kupplersubstanz wird nach der Belichtung gemeinsam mit dem Entwickler als wässrige Lösung aufgestrichen. Da die Materialien feucht aus der Entwicklermaschine kommen, wird dieser Prozess „Feucht- oder Halb-Trocken-Verfahren“ genannt.

Trägermaterialien und Erscheinungsbilder von Diazotypien

Architekturzeichnungen dokumentieren einzelne Schritte einer kreativen Formfindung. Erste Ideen werden meist mit Tusche oder Bleistift auf Transparentpapier entworfen. Durch weitere Überarbeitung werden zahlreiche Zwischenstadien geschaffen, die letztlich in einer endgültigen Version der Realisierung des Bauvorhabens dienen. Um einen fließenden Arbeitsprozess im Architekturbüro zu gewährleisten, war es nötig, die Originalzeichnungen auf einfachem Weg zu vervielfältigen. Hiervon mussten häufig weitere Kopien hergestellt werden. Daher wurden Diazotypien je nach Weiterbearbeitung sowohl auf lichtdurchlässigen als auch auf opaken Trägern angefertigt. In Abb. 4 und Abb. 5 wird eine für den Scharoun-Nachlass typische Abfolge von



oder den Rest eines aromatischen Kohlenwasserstoffes, z. B. einen Phenylrest, „X⁻“ steht für ein negativ geladenes Ion, z. B. ein Chloridion. Abhängig vom Aufbau eines Diazotypiematerials kommen verschiedene Entwicklungsverfahren zum Einsatz. Zweikomponentenmaterialien enthalten die Kupplersubstanz zusammen mit der Diazoniumverbindung in der bild-

gebenden Beschichtung. Zusätzlich sind darin Antioxidanzien, Stabilisatoren und Entwicklungsbeschleuniger enthalten. Nach der Belichtung werden diese Materialien mit Ammoniakdämpfen in einem „Trockenverfahren“ entwickelt. Diazotypien von Architekturplänen wurden nach Mustacchi (2002) überwiegend unter Verwendung von Zweikomponentenmaterialien hergestellt.



Abb. 4: Berlin-Schöneberg, Viktoria-Luise-Platz, Kirche der Verklärung Christi, Entwurf (1966), Hans-Scharoun-Archiv WV 234/6, /5 und /7, Lageplan, 84 × 153 cm, Ausschnitte. Von der Zeichnung in Bleistift und Tusche auf Transparentpapier (a) wurde eine Transparent-Lichtpause angefertigt (b). Von der überarbeiteten Transparent-Lichtpause wurde eine opake Lichtpause hergestellt (c). Die Pfeile in Abb. 4a–c markieren die Positionen der Details in Abb. 5a–c.

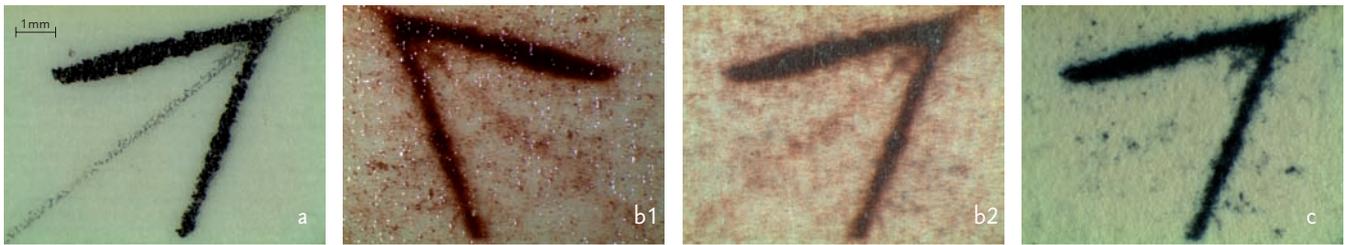


Abb. 5: Berlin-Schöneberg, Viktoria-Luise-Platz, Kirche der Verklärung Christi, Entwurf (1966), Hans-Scharoun-Archiv WV 234/6, 15 und 17, Lageplan, Details der Ausschnitte in Abb. 4a–c (Pfeile). Die klare Tuschelinie der Zeichnung (a) verliert bei der Übertragung zur Transparent-Lichtpause (b) an Kontur. In der glänzenden Oberflächenbeschichtung liegen die Farbstoffe eingebettet (b1). Die Abbildung erscheint auf dieser Seite durch Besonderheiten im Kopierprozess seitenverkehrt. Von der unbeschichteten Vorderseite, durch das transparente Papiervlies hindurch betrachtet (b2), wirkt das Bild leicht unscharf. Bei der opaken Lichtpause (c) sind die Farbstoffe in die Papieroberfläche eingebettet. Die Wiedergabe der Bleistiftlinie geht im Zuge des Kopierprozesses fast ganz verloren.

von der Zeichnung (4a und 5a) über die Transparent-Lichtpause (4b und 5b) und, darauf folgend, zur opaken Lichtpause (4c und 5c) dargestellt.

Transparent-Lichtpausen dienen in der Entwurfentwicklung als Zwischenprodukte, die für weitere Überarbeitungen hergestellt wurden (Abb. 3). Die Originalzeichnung konnte unverändert erhalten bleiben. Gebräuchliche Bezeichnungen solcher Diazotypien sind daher „Mutterpause“ oder „Zwischenpause“ (Frank 1959). Der Kopiervorgang erfolgte zumeist bei Kontakt der Vorderseite der Zeichnung mit der lichtempfindlichen Seite des transparenten Diazotypiematerials (Abb. 3b). Durch den direkten Kontakt wird eine höchstmögliche Abbildungsqualität erreicht. Es entsteht eine seitenverkehrte Abbildung (Abb. 5b1), die von der unbeschichteten Vorderseite durch das transparente Papiervlies hindurch gelesen werden kann (Abb. 5b2). Der Bildeindruck ist daher leicht unscharf. Nach vorgenommenen Überarbeitungen konnten die folgenden Kopien seitenrichtig hergestellt werden (Abb. 3e–g).

Im Nachlass von Scharoun kommen unterschiedliche Formen von Transparent-Lichtpau-

sen vor. Solche mit einer beidseitig matten Oberfläche sind wegen ihres vergleichbaren Aufbaus in ihrer Erscheinung den opaken Lichtpausen sehr ähnlich. Der wesentliche Unterschied ist das durchscheinende Trägerpapier, welches auf verschiedene Weise erzeugt wurde. Der Papierfaserstoff konnte besonders stark gemahlen oder mit Schwefelsäure chemisch behandelt und anschließend kalandriert werden, wodurch ein transparentes Papier entsteht. Es wurden aber auch opake Papiere mittels Ölen oder Wachsen imprägniert und hiermit transparent gemacht. Mustacchi (2002) erwähnt, dass in Europa bevorzugt die erstgenannten, „natürlichen“ Transparentpapiere zur Herstellung von Diazotypien benutzt wurden. Die Azofarbstoffe sind bei diesen Papieren in die Faserstruktur eingebettet.

Anders ist dies bei Diazotypien auf Transparentpapier mit einer einseitig glänzenden Oberfläche (Abb. 5b1 und b2). Die Azofarbstoffe entstehen hier innerhalb einer lichtempfindlichen Schicht, die mittels einer Grenzschicht vom Papierträger separiert ist. Nach Mustacchi (2002) wurden im europäischen Raum überwiegend harzhaltige Lackschichten aufgebracht,

wohingegen im nordamerikanischen Raum wässrige Grenzschichten auf den mit fetthaltigen Substanzen transparent gemachten Papieren verbreitet waren. Das Aufbringen einer Celluloseacetatschicht, in der sich die Azofarbstoffe getrennt vom Träger bilden, beschreiben zudem Kissel und Vigneau (1999). Der Hintergrund derartiger Diazotypien erscheint meist bläulich bis grünlich. Vermutlich sind die Rohpapiere eingefärbt, um damit eine bessere Kopierfähigkeit zu gewährleisten. Die Linienränder sind klarer als bei opaken Diazotypien, bei denen infolge der Einfärbung der Papierfaser federartige Liniengkanten entstehen (Abb. 5c).

Eine Korrektur der Bildlinien konnte bei den erstgenannten Transparent-Lichtpausen mittels chemischer Korrekturmittel, die im Wesentlichen aus bleichenden Chemikalien wie z. B. Kaliumpermanganat (KMnO_4) in Kombination mit Natriumdisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) bestanden, vorgenommen werden (Kissel und Vigneau 1999). Bei solchen mit einer separaten, einseitigen Oberflächenbeschichtung konnte diese hingegen mit der darin vollständig enthaltenen Bildinformation mechanisch entfernt werden. Der Papierträger wird dabei nicht beschädigt (Abb. 6).



Abb. 6: Marl/Westfalen, Westfalenstraße, Haupt- und Grundschule Marl-Drewer Süd (1960–71), Hans-Scharoun-Archiv WV 214/o. S., Grundriss, 98 × 132 cm, Ausschnitt (a) und Detail (b). Der Pfeil in Abb. 6a markiert die Position der Detailaufnahme in Abb. 6b. Diazotypie auf Transparentpapier mit einseitiger, glänzender Oberflächenbeschichtung, mechanischer Korrektur und Überarbeitungen. Auf der sensibilisierten Rückseite wurde die Beschichtung stellenweise von der Oberfläche abgekratzt, um die darin eingebetteten Bildlinien zu entfernen (a). Darunter wird ein hellblau eingefärbter Papierträger sichtbar. An diesen Stellen wurden Überarbeitungen mit Bleistift vorgenommen, die, da auf der unbeschichteten Vorderseite ausgeführt, hier seitenverkehrt erscheinen (b).

Opake Lichtpausen waren Arbeitsmaterialien, die stellvertretend für das Original Informationen in schriftlicher oder bildlicher Form weitergaben. Die Papiere mit einer Grammatur von meist ca. 55–110g/m² mussten, um den mechanischen Belastungen während der Herstellung standzuhalten, von hoher Festigkeit sein. Als Rohstoff wurde sehr reiner Zellstoff verwendet. Für bestmögliche Kontraste wurde das Rohpapier mit optischen Aufhellern versetzt. Dennoch sind die Papiere auf der sensibilisierten Seite häufig gelblich bis braun verfärbt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Diazotypien nach der Entwicklung nicht ausgewaschen oder fixiert werden. Die zerstörten Diazoniumverbindungen (Ar-OH) und Kupplersubstanzen (AR-OH), die nicht reagierten, verbleiben dadurch im Papier. Diese Rückstände werden durch Luftsauerstoff oxidiert und verfärben sich mit der Zeit braun, wenn sie offen der Luft ausgesetzt sind.

Bei Diazotypien auf opakem Papier sind die bildgebenden Linien in die Papieroberfläche eingebettet (Abb. 5c). Die lichtempfindlichen Substanzen werden in Lösung in das Papier eingetragen, weshalb man hier nicht von einer lichtempfindlichen „Schicht“ sprechen kann. Die Lösung soll möglichst gleichmäßig und nur oberflächlich in das Fasergefüge eindringen. Mittels Leimung (vermutlich einer Harzleimung) und Kalandrierung wird daher das Rohpapier mit einer glatten und geschlossenen Oberfläche ausgestattet. Somit kann sowohl eine unmittelbare Kupplungsreaktion als auch

Trotz steter technischer Verbesserungen des Verfahrens wurde nicht immer eine einwandfreie Bildqualität erreicht. Diazotypien erscheinen oft fleckig durch ungleichmäßig verteilte, feine Farbstoffteilchen in dem sonst hellen Hintergrund (Abb. 5c, und 7a, c und e). Ferner ist die Wiedergabe der Vorlage nicht immer exakt. So kann es im fortschreitenden Kopierprozess zu einem Verlust an Bildinformationen kommen (Abb. 5). Gründe dafür sind vermutlich einerseits kurze Belichtungszeiten, die man zum Beispiel beim Kopieren von Bleistiftzeichnungen mit Linien von geringer Opazität einsetzte, oder andererseits auch eine ungleichmäßige Verteilung der Sensibilisierungslösung. Ebenso kann eine frühzeitige Kupplungsreaktion bei noch unbelichteten Zweikomponentenmaterialien zur Fleckenbildung führen.

Sonderformen

Transparent-Lichtpausen wurden auch auf Kunststofffilmen hergestellt. Als Träger für die so genannten „Lichtpausfilme“ kamen ab 1929 zunächst Cellulosehydrat (Cellophan®) und Cellulosediacetat oder -triacetat auf den Markt. Da Celluloseacetat-Folien im Zuge der Alterung Essigsäure abspalten und schrumpfen, wurde ab den 1980er Jahren zunehmend das beständigere Polyethylenterephthalat (Polyester) verwendet. Gegenüber den transparenten Papieren sah man in den Trägern auf Kunststoffbasis vor allem die Vorteile der Dimensionsstabilität, der besseren mechanischen Be-

lastbarkeit und der Abbildung noch klarerer Bildlinien. Sie wurden auch „unzerreißbare Transparente“ genannt. Eine Sonderstellung unter den transparenten Trägermaterialien nehmen die bei Frank (1959) erwähnten „Luftpost-Lichtpausen“ ein. Die sehr leichten Papiere (ca. 32 g/m²) waren ideal zum Verschicken und mitblauer und brauner Linienfarbe erhältlich. Die sogenannten „Kontrastpausen“ sind, ebenfalls wie die transparenten Sonderformen von Diazotypien, im Bestand von Scharoun seltener zu finden. Die Oberfläche dieser opaken Papiere ist glänzend. Sie zeichnen sich durch eine besonders hohe Reinheit des Hintergrunds sowie eine brillante Linienwiedergabe in schwarz oder braun aus. Aufgrund dessen eigneten sich diese Diazotypien besonders gut dafür, von Architekten künstlerisch überarbeitet zu werden. Mit Aquarell- und Gouachefarbe oder Tusche konnte ein atmosphärischer Eindruck von einer Gebäudeansicht in natürlicher Umgebung und bei verschiedenen Lichtverhältnissen vermittelt werden. Derart gestaltet wurden sie zu Wettbewerben eingereicht oder möglichen Auftraggebern präsentiert.

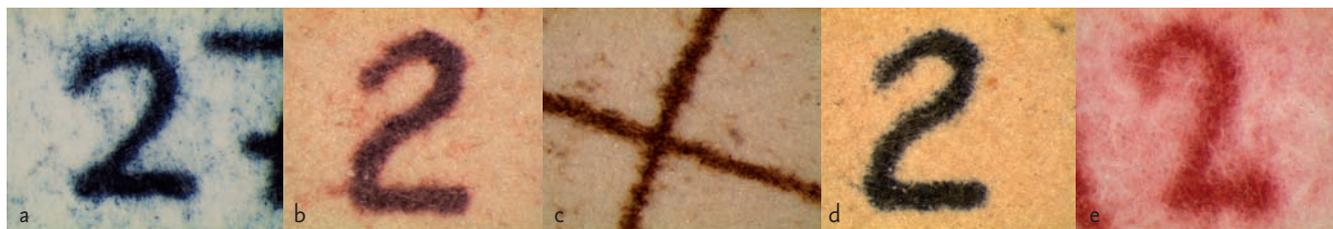


Abb. 7: Berlin-Charlottenburg, Ernst-Reuter-Platz, Technische Universität Berlin, Institute der Architektur fakultät (1962–70), Hans-Scharoun-Archiv WV 232/12 und /17 und Berlin-Friedrichshain, Frankfurter Allee, Wohnzelle Friedrichshain, Entwurf (1949), Hans-Scharoun-Archiv SCH-15-1194 Bl. 34, 40 und 43, Details von Diazotypien auf opakem Papier mit den Linienfarben blau (a), violett (b), braun (c), schwarz (d) und rot (e).

eine einheitliche Farbstoffentwicklung stattfinden. Die Farben der bildgebenden Linien sind vor allem abhängig von der verwendeten Kupplersubstanz und bei Diazotypien auf opaken Papieren sehr vielfältig. Die einzelnen Farbtöne wurden auf Papieren mit unterschiedlicher Lichtempfindlichkeit hergestellt und konnten durch ihre unterschiedliche Bildwirkung zweckgebunden eingesetzt werden. Im Nachlass von Hans Scharoun sind Kopien in blauer, violetter, brauner und schwarzer, selten auch in roter Farbe zu finden (Abb. 7).

Bildnachweis:

Abb. 1, 4, 5, 6, 7 Akademie der Künste, Berlin, Hans-Scharoun-Archiv

Literatur

Kissel, E., Vigneau, E. *Architectural photoreproductions – A manual for identification and care*, Oak Knoll Press, New Castle, Delaware (1999).

Mustacchi, H. *Diazopapers, films and chemicals*, in: *Handbook of imaging materials*, Arthur S. Diamond, David S. Weiss (eds), 2nd edition, Marcel Dekker (2002): 63–144.

Frank, O. *Die Lichtpaustechnik, Handbuch der Reprographie, Band 1*, Dorotheen-Verlag, Stuttgart (1959).

Eder, J. M. *Ausführliches Handbuch der Photographie, 4. Band, 2. Teil, 4. Auflage*, Verlag Wilhelm Knapp Halle (1926): 469–505.

Gefördert im KUR-Programm zur Konservierung und Restaurierung von mobilem Kulturgut

KULTURSTIFTUNG
DES
BUNDES

K U L T U R
S T I F T U N G • D E R
L Ä N D E R

Mit freundlicher Unterstützung

Gesellschaft der Freunde der
AKADEMIE DER KÜNSTE



Anhang

Appendix

Ursula Haller

Herstellung und Anwendung von Lösungsmittel-Gelen, -pasten und -kompressen in der Restaurierung,

ausgeführt im Rahmen durch die Stiftung Konrad Henkel finanzierten Forschungsvorhabens „Lösung verhärteter Montageklebstoffe“, Weiße Reihe des Instituts für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Band 11, Karl-Werner Bachmann (Hrsg.), Selbstverlag der Staatliche Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart, 1995.

Regine Dierks-Staiger

Anwendung von Aerosolen zur Konsolidierung von Gouachemalerei auf Papier,

Weiße Reihe des Instituts für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Band 14, Karl-Werner Bachmann (Hrsg.), Selbstverlag der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart, 1996 (ISBN 3-931485-21-8)

Barbara Keimer

Mikroverfilmung von Büchern als Bestandserhaltende Maßnahme,
dbi-materialien 154, Deutsches Bibliotheksinstitut, Berlin, 1997 (ISBN 3-87068-954-4).

Friederike Zimmern

Board Slotting: Eine maschinenunterstützte Buchrestaurierungsmethode,
dbi-materialien 184, Deutsches Bibliotheksinstitut, Berlin, 1999 (ISBN 3-87068-984-6).

Birgit Reissland

Neue Restaurierungsmethoden für Tintenfraß auf Papier mit wässrigen Phytatlösungen – Möglichkeiten und Grenzen,
in: Tintenfraßschäden und ihre Behandlung, Gerhard Banik, Hartmut Weber (Hrsg.), Verlag Kohlhammer, Stuttgart, 1999: 113-220 (ISBN 3-17-015377-3).

Eva Galinsky

Kunststoff-Folien in der Papierrestaurierung 1950–1970 – Schwerpunkt Deutschland,
Schriftenreihe zur Bestandserhaltung, Band 1, Gerhard Banik, Wolfgang Wächter (Hrsg.), ZFB-Zentrum für Bucherhaltung GmbH, Leipzig, 2001 (ISBN 3-00-007700-6).

Iris Winkelmeyer

Zeitgenössische Kunst aus Polyurethanweisschaum Entstehung – Alterung – Restaurierung – Lagerung,
Weiße Reihe des Instituts für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Band 17, Karl-Werner Bach-

mann (Hrsg.), Selbstverlag der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart, 2000 (ISBN 3-931485-38-2).

Jürgen Vervoort, Ernst Bartelt, Werner Faubel, Stefan Heißler, Ekkehart Willin, Andrea Pataki, Gerhard Banik

Möglichkeiten zum Weichen brand- und wassergeschädigter Pergamente – Untersuchungen zum Einfluss von Harnstoff und die Restaurierung der Erfurter Bibel Ms or fol. 1210/11 der Staatsbibliothek zu Berlin – Preussischer Kulturbesitz,
Forschungszentrum Karlsruhe, Technik und Umwelt - Wissenschaftliche Berichte, FZKA 7168, Karlsruhe, 2001 (ISSN 097-8620).

Regina Schneller

Der Japanische Farbholzschnitt,
Weiße Reihe des Instituts für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Band 19, Gerhard Banik, Volker Schaible (Hrsg.), Selbstverlag der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart, 2002 (ISBN 3-931485.51-X)

Roland Damm

Übertragung von Alkalinität durch Kontakt mit Calciumcarbonat gepufferten Hüllpapieren,
Konservierung – Forschung und Praxis, Band 1, Gerhard Banik, Wolfgang Wächter (Hrsg.), BWV-Berliner Wissenschafts-Verlag, Berlin, 2005 (ISBN 3-8305-0919-7).

Ute Henniges, Katrin Schröter, Antje Potthast

Tapeten und Kupferfraß,
Konservierung – Forschung und Praxis, Band 2, Gerhard Banik, Wolfgang Wächter (Hrsg.), BWV-Berliner Wissenschafts-Verlag, Berlin, 2005 (ISBN 3-8305-0918-9).

Meike Mentjes

Untersuchungen zur Papiertrocknung unter besonderer Berücksichtigung der Konstruktion und Verwendung des japanischen Karibari-Trocknungspanels,
Weiße Reihe des Instituts für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Band 22, Gerhard Banik, Volker Schaible (Hrsg.), Anton Siegl, München, 2006 (ISBN 3-935643-31-4).

Ulrike Hähner

Schadensprävention im Bibliotheksalltag,
Bibliothekspraxis 37 K.G. Saur, München, 2006 (ISBN-10 3-598-11751-5).

Petra Hanschke

Materialtechnische Untersuchungen und Oberflächenbehandlung an einer Temperamalerei auf Fotopapier von K.R.H. Sonderborg,
Weiße Reihe des Instituts für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Band 23, Gerhard Banik, Volker Schaible (Hrsg.), Anton Siegl, München, 2007 (ISBN 978-3-935643-37-5).

Georg Josef Dietz

Die Zeichentechnik Matthias Grünewalds. Untersuchung am Bestand des Kupferstichkabinetts Berlin,
Weiße Reihe des Instituts für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Band 24, Gerhard Banik, Volker Schaible (Hrsg.), Anton Siegl, München, 2008 (ISBN 978-3-935643-41-2).

Dissertationen

Andrea Pataki

Einflussgrößen auf den Farbeindruck von pudrenden Malschichten beim Konsolidieren mit Aerosolen,
Dissertation, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Wissenschaftlicher Bericht des Forschungszentrums Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft 7168, Karlsruhe, 2006 (ISSN 0947-8620).

Thorsten Doering

Altes Papier – neue Techniken, Zerstörungsfreie Untersuchungen mit Festphasenmikroextraktion,
Dissertation, Universität Stuttgart, Konservierung – Forschung und Praxis, Band 3, Gerhard Banik, Irene Brückle und Wolfgang Wächter (Hrsg.), BWV-Berliner Wissenschafts-Verlag, Berlin, 2007 (ISBN 3-8305-1411-4).

Irene Brückle

Practical and theoretical knowledge in conservation: Working with paper and water,
Dissertation, Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Stuttgart, 2007,
in: Gerhard Banik, Irene Brückle Paper, and water – a guide for conservators,
Butterworth–Heinemann, Oxford, im Druck.

Ute Henniges

Cellulose analytics by fluorescence labelling and gel permeation chromatography: Description of degradation processes, evaluation of stabilisation procedures and development of a non-destructive alternative,
Dissertation, Universität für Bodenkultur, Department für Chemie, Wien, 2008.

Methoden- und Geräteentwicklung

Development of treatment-techniques and equipment

Albertina Komprese

in Zusammenarbeit mit der Albertina, Wien und Henkel Central Eastern Europe GmbH, Wien, 1992–1998

publiziert:

Monika Lidle Fürst, Agnes Blüher, Gerhard Banik, Elisabeth Thobois:
Amylasegele zur lokalen Lösung von Stärkeverklebungen, *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung* 12 (1999): 5–18.

Ingrid Schwarz, Agnes Blüher, Gerhard Banik, Elisabeth Thobois, Karl-Heinz Maurer:
The development of a ready-for-use poultice for local removal of starch paste by enzymatic action, *Restaurator* 20 (1999): 225–244.

kommerzieller Partner

KLUG
CONSERVATION



Foto: Klug Conservation

Board Slotting Maschine, 1997–1998

publiziert:

Friederike Zimmern: *Board Slotting: Eine maschinenunterstützte Buchrestaurierungsmethode*, *dbi-materialien* 184, Deutsches Biblioteksinstitut, Berlin, 1999.

kommerzieller Partner

BECKER
PRESERVOTEC

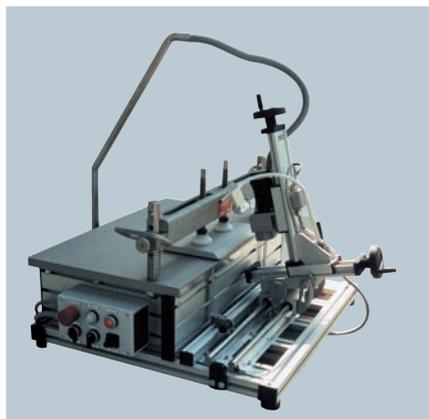


Foto: Manuela Reikow-Räuchle

Lichtbleichbank, 1995–1996

publiziert:

Barbara Saur-Aull, Barbara Hassel, Gerhard Banik, Ernst Becker:
Wässriges Lichtbleichen von Papier, 9. Internationaler IADA Kongress, Kopenhagen, Preprints, Kopenhagen 1999: 227–228.

kommerzieller Partner

BECKER
PRESERVOTEC



Foto: Manuela Reikow-Räuchle

Kartenreinigungsanlage „Gothana“

in Zusammenarbeit Universität und Forschungsbibliothek Erfurt/Gotha 2006–2008

kommerzieller Partner

BECKER SYSTEMS GmbH



Foto: Ernst Becker

Planglättenanlage, 1998–2000

publiziert:

Manuela Rekow-Räuchle:
Entwicklung und Umsetzung eines Konservierungskonzepts für den Nachlass des Architekten Leopold Bauer (1872–1938) in der Albertina Architektursammlung – Wien, *PapierRestaurierung – Mitteilungen der IADA* 1, No.4 (2000): 2–5.

kommerzieller Partner

BECKER
PRESERVOTEC



Foto: Manuela Reikow-Räuchle

Aerosolgenerator AGS 2000, 1995–1996

publiziert:

Regine Dierks-Staiger:
Anwendung von Aerosolen zur Konsolidierung von Gouachemalerei auf Papier, *Weißer Reibe des Instituts für Museumskunde an der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart*, Band 14, Karl-Werner Bachmann (Hrsg.), Selbstverlag der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart, 1996.

kommerzieller Partner

BECKER
PRESERVOTEC



Foto: Manuela Reikow-Räuchle

Prof. Dr. Gerhard Banik

Universität für angewandte Kunst Wien
Institut für Kunst und Technologie
Salzgries 14/1
A-1013 Wien

Dr. Eva. Maria Barkhofen

Akademie der Künste
Baukunstarchiv
Spandauer Damm 19
D-14059 Berlin

Ernst Bartelt

Kreuzwaldstraße 16
D-14089 Berlin

Dipl. Ing. Ernst Becker

Becker Systems
Kreutzerstraße 4
D-73663 Berglen

Dr. Agnes Blüher

Schweizerische Nationalbibliothek
Hallwylstrasse 15
CH-3003 Bern

Prof. Dr. Irene Brückle

Staatliche Akademie der Bildenden Künste
Stuttgart
Restaurierung und Konservierung
von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut
Höhenstraße 16
D-70736 Fellbach

Juan Juan Chen

Paul Mesier LLC
103 Brooks Street
Boston, MA 02321
USA

Dipl. Rest. Roland Damm

Germanisches Nationalmuseum
Kartäusergasse 1
D-90402 Nürnberg

Dipl. Rest. Georg Josef Dietz

Staatliche Museen zu Berlin
Kupferstichkabinett
Matthäikirchplatz 8
D-10785 Berlin

Dipl. Chem. Dr. Thorsten Doering

Arjo Wiggins Deutschland GmbH
Forschung und Entwicklung
Schwalbenstadt 1
D-72581 Dettingen

Dipl. Rest. Sonja Erbel (Titus)

Martin-von-Wagner-Museum der
Universität Würzburg
Residenzplatz 2, Tor A
D-97070 Würzburg

Dr. Werner Faubel

Karlsruhe Institute of Technology (KIT)
Institute of Functional Interfaces (IFG)
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
Gebäude 330
D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Dr. Monika Faber

Albertina
Fotosammlung
Albertinaplatz 1
A-1010 Wien

Mag. Ina Faerber

Österreichische Nationalbibliothek
Institut für Restaurierung
Josefsplatz 1
A-1010 Wien

Dipl. Rest. Ingeborg Fries

Selbstständige Restauratorin
Schillerpromenade 18
D-12049 Berlin

Dipl. Rest. Eva Galinsky

Vogelsangstraße 65
D-70197 Stuttgart

Dipl. Rest. Eva Glück

Akademie der Künste
Luisenstraße 60
D-10117 Berlin

Prof. Dipl. Rest. Ulrike Hähner

Fachhochschule Hildesheim / Holzminden /
Göttingen
Fakultät für Erhaltung
Studiengang Buch und Papier
Bismarckplatz 10–11
D-31135 Hildesheim

Stefan Heißler

Karlsruhe Institute of Technology (KIT)
Institute of Functional Interfaces (IFG)
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
Gebäude 330
D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Dipl. Rest. Dr. Ute Henniges

Universität für Bodenkultur
Department für Chemie
Muthgasse 18
A-1190 Wien

Dipl. Rest. Enke Huhsmann

Württembergische Landesbibliothek Stuttgart
Konrad-Adenauer-Straße 8
D-70173 Stuttgart

Dipl. Rest. Eva Hummert

Staatliche Akademie der Bildenden Künste
Stuttgart
Restaurierung und Konservierung
von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut
Höhenstraße 16
D-70736 Fellbach

Viola Jablonská

University of Pardubice
Faculty of Restoration
Studentská 95,
CZ-532 10 Pardubice 2
Czech Republic

Dipl. Rest. Ina Jochumsen

Abu Dhabi Authority for Culture and Heritage
(ADACH)
P.O. Box 2380
Abu Dhabi – United Arab Emirates

Dr. Roland Kamzelak

Deutsches Literaturarchiv Marbach
Schillerhöhe 8-10
D-71672 Marbach am Neckar

Dipl. Rest. Anika Knoop

Selbstständige Restauratorin
Elsenstraße 83
D-12059 Berlin

Michel Kühner

KLUG-CONSERVATION
Badeweg 9
D-87509 Immenstadt

Dipl. Rest. Heidi Lennig

Museum Ludwig Köln
Heinrich-Böll-Platz
D-50667 Köln

Dipl. Rest. Meike Mentjes

Selbstständige Restauratorin
Hochkirchstraße 2
D-10829 Berlin

Dipl. Rest. Ulrike Müller

Selbstständige Restauratorin
Atelier für Restaurierung
Hauptstraße 6
D-01454 Radeberg

Cand. Rest Anaïs Ott

Staatliche Akademie der Bildenden Künste
Stuttgart
Restaurierung und Konservierung
von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut
Höhenstraße 16
D-70736 Fellbach

Dipl. Rest. Dr. Andrea Pataki-Hundt
Staatliche Akademie der Bildenden Künste
Stuttgart
Restaurierung und Konservierung
von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut
Höhenstraße 16
D-70736 Fellbach

Cand. Rest. Antje Penz
Staatliche Akademie der Bildenden Künste
Stuttgart
Restaurierung und Konservierung
von Graphik, Archiv- und Bibliotheksgut
Höhenstraße 16
D-70736 Fellbach

a.o. Univ. Prof. Dr. Antje Potthast
Christian-Doppler-Labor für
Moderne Cellulosechemie und -analytik
Department für Chemie
Universität für Bodenkultur
Muthgasse 18
A-1190 Wien

Dipl. Rest. Manuela Reikow-Räuchle
Selbstständige Restauratorin
Ina-Seidel-Straße 26
D-73630 Remshalden

Dipl. Rest. Regine Schneller
Selbstständige Restauratorin
Silberburgstraße 119a
D-70176 Stuttgart

Dipl. Rest. Dirk Schönbohm
Selbstständiger Restaurator
Frankfurter Tor 9
D-10243 Berlin

Dipl. Rest. Barbara Sommermeyer
Hamburger Kunsthalle
Glockengießerwall
D-20095 Hamburg

Mag. Birgit Speta
Österreichische Nationalbibliothek
Institut für Restaurierung
Josefsplatz 1
A-1010 Wien

Jan Siblo
University of Pardubice
Faculty of Restoration
Studentská 95,
CZ-532 10 Pardubice 2
Czech Republic

HR Mag. Elisabeth Thobois
Albertina
Restaurierung
Albertinaplatz 1
A-1010 Wien

Dipl. Rest. Jürgen Vervoort
The National Archives
Kew, Richmond
Surrey TW9 5LT
UK

Dr. Ekkehart Willin
c/o Karlsruhe Institute of Technology (KIT)
Institute of Functional Interfaces (IFG)
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
Gebäude 330
D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Dipl. Rest. Iris Winkelmeier
Städtische Galerie im Lehnbachhaus
Luisenstraße 33
D-80333 München

ISBN: 978-3-935643-45-0