

Kultur

Arbeitsblätter

des Arbeitskreises
Nordrhein-Westfälischer
Papierrestauratoren

Arbeitsblätter des Arbeitskreises Nordrhein-Westfälischer Papierrestauratoren

**15. Fachgespräch der NRW-Papierrestauratoren
am 12. / 13. März 2001, in Walberberg**

Impressum

© 2002 Arbeitskreis Nordrhein-Westfälischer Papierrestauratoren in Zusammenarbeit mit dem Rheinischen Archiv- und Museumsamt (RAMA), 50529 Pulheim und dem Westfälischen Archivamt (WAA), 48133 Münster

Redaktion: Antje Brauns, Heinz Frankenstein, K. Peter Wiemer

Gestaltung,
Satz und Druck: Hausdruckerei Landschaftsverband Rheinland Köln

Auflage: 1000

Bezug: Arbeitskreis Nordrhein-Westfälischer Papierrestauratoren,
c/o (RAMA), Postfach 21 40, 50529 Pulheim, oder
c/o (WAA), 48133 Münster

Die Verantwortung für namentlich gekennzeichnete Beiträge liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Nachdrucke – auch auszugsweise – nur mit Quellenangabe.



– Rheinisches Archiv- und Museumsamt –



Landschaftsverband
Westfalen-Lippe www.lwl.org

Westfälisches Archivamt
48133 Münster

Inhalt

Inhalt

Inhalt

Impressum	2
Inhaltsverzeichnis	3
Vorwort	4
1 <i>Matthias Frankenstein</i> : Tagungsbericht	7
2 <i>Wolfgang Bender</i> : Kampf dem Papierzerfall?	9
3 <i>Robert Fuchs</i> : Topographische statistische Schadenserhebung in den historischen Räumen der Anna-Amalia-Bibliothek in Weimar	19
4 <i>Johannes Kistenich</i> : Aus der Apotheke in die Restaurierungswerkstatt	29
5 <i>Matthias Stappel</i> : Lichtschutz für Papier	43
6 <i>Jürgen Hoffeberth</i> : Spannbrett zum Planlegen für Urkunden mit aufgedruckten Siegeln	49
7 <i>Jürgen Hoffeberth</i> : Restaurierung von Glasfensterentwürfen Paulikirche Mülheim an der Ruhr	53
8 <i>Inken Weyand</i> : Die Restaurierung zweier Andachtsbilder	57
9 <i>Katharina Kleine</i> : Restaurierung und Konservierung einer Papierkasché-Büste des 18. Jahrhunderts aus der Karton-Fabrik Ludwigslust	61
10 <i>Klaus Dieter Vogt</i> : Die Zukunft des Bückerburger Konservierungsverfahrens	67
11 <i>Oliver Hahn</i> : Das Alterungsverhalten von Eisengallustinten	69
12 <i>Robert Fuchs</i> : Restaurierung von Tintenfraßschäden	73
13 <i>Wolfgang Wächter</i> : Die Behandlung von Tintenfraß anhand der Notenmanuskripte von Johann Sebastian Bach	82
14 <i>Ingrid Joester</i> : Rescon	83
15 <i>Marcus Janssens</i> : Massenentsäuerung in der Praxis	87
16 <i>Andreas Terboven</i> : Die Umsetzung der Gefahrstoffverordnung im Bereich der Restaurierung	93
17 Autoren dieser Ausgabe	96

Vorwort

Vorwort

Vorwort

Das 15. Fachgespräch des Arbeitskreises der nordrhein-westfälischen Papierrestauratorinnen und Papierrestauratoren im Kloster Walberberg war Fragen zur Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Papierrestaurierung gewidmet. Dieses Thema gewinnt zunehmend an Bedeutung – nicht zuletzt im Hinblick auf die Überlegungen für ein Zentrum für Bestandserhaltung im Rheinland. Gerade der fachliche Austausch ist für die Entwicklung der Restaurierungstechniken von hoher Bedeutung.

Die Papierrestaurierung in Nordrhein-Westfalen genießt einen guten Ruf über die Landesgrenzen hinaus. Daher freuen wir uns, dass zahlreiche Fachkolleginnen und Fachkollegen aus den benachbarten Bundesländern und der EUREGIO auch diesmal den Weg zu uns gefunden haben. Wir sehen darin eine Ermutigung und Unterstützung des Arbeitskreises.

Die Papierrestaurierungswerkstätten der Archivämter des Landschaftsverbandes Rheinland und des Landschaftsverbandes Westfalen-Lippe nehmen besonderen Anteil an der fachlichen Diskussion und fördern den notwendigen gegenseitigen Austausch.

Die gemeinsame Herausgabe des vorliegenden Tagungsberichts ist daher zugleich Ausdruck der konstruktiven Zusammenarbeit und des guten Miteinanders.

Dr. Norbert Kühn
Rheinisches Archiv- und Museumsamt
des Landschaftsverbandes Rheinland
Abtei Brauweiler

Dr. Norbert Reimann
Westfälisches Archivamt
des Landschaftsverbandes Westfalen-Lippe
Münster

Tagungsbericht

Tagungsbericht

Tagungsbericht

des 15. Fachgesprächs der NRW-Papierrestauratoren
in der Tagungsstätte Walberberg im Dominikanerkloster St. Albert

von Matthias Frankenstein

„Ora et labora – bete und arbeite“ lautete früher das Motto, nun heißt es eher „lerne und arbeite“. Wer bei „Tagen im Kloster“ an eisernes Schweigen und karge Kost dachte, wurde hier in Walberberg vom Gegenteil überzeugt.

Eröffnet wurde die Tagung durch den Leiter des Rheinischen Archiv- und Museumsamtes, Dr. Norbert Kühn, den Fachbereichsleiter für Papierrestaurierung des Rheinischen Archiv- und Museumsamtes, Heinz Frankenstein, der Leitenden Direktorin des NRW Staatsarchivs Detmold, Frau Dr. Prieur-Pohl, als Vertreterin der Staatlichen Archivverwaltung des Landes Nordrhein-Westfalen, sowie dem Sprecher des Arbeitskreises der Nordrhein-Westfälischen Papierrestauratoren, Christian Kraft.

„Kampf dem Papierzerfall?“, so lautete der erste Vortrag von Herrn Dr. Bender. In diesem wurde die Dringlichkeit und die Menge an konservierungs- und restaurierungsbedürftigem Schriftgut am Beispiel der Bestände der Staatlichen Archive des Landes NRW beschrieben, sowie die damit verbundenen Kosten. Von der passiven Konservierung, von den Erfahrungen mit den verschiedenen Massenentsäuerungsverfahren (Battelle- und Bückeburger-Verfahren) als ein Mittel der Bestandserhaltung, sowie deren genaue Verfahrensbeschreibung, berichtete Herr Dr. Bender. Er wies darauf hin, dass auch die Schutz- und Ersatzverfilmung in den Bereich Bestandserhaltung zu integrieren ist.

Die Probleme sind erkannt, nun gilt es mehrgleisig die verschiedenen Maßnahmen zu einem modernen Bestandserhaltungskonzept auszubauen unter Einbeziehung der jeweiligen Haushaltslage, ebenso die Weiterentwicklung verschiedener Massenkonservierungs- und Restaurierungsmethoden zu unterstützen.

Schäden eines Bibliotheksbestandes thematisierte Herr Prof. Dr. Fuchs in seinem Vortrag: „Der Buchbestand in der Anna-Amalia-Bibliothek Weimar als Chronik von Bauschäden“. Mit Studierenden des Fach-

bereiches Restaurierung der FH Köln waren etwa 10.000 Bücher statistisch nach Schadensklassen erfasst worden, wodurch Rückschlüsse auf die Aufbewahrungssituation in der Bibliothek möglich wurde. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen ein in die vorgesehenen Sanierungsarbeiten.

Aus dem Vortrag „Aus der Apotheke in die Restaurierungswerkstatt“ konnten wir neue Erkenntnisse über die Bekämpfung papierrelevanter Schimmelpilze gewinnen. Herr Dr. Kistenich schilderte nach einer Einführung über die Wachstumsbedingungen verschiedenster Schimmelpilze, welche Anforderungen er an die Substanz gestellt hat. Getestet wurden Clotrimazol, Phytomenadion, Oxytetracyclin und Erythromycin. Als das geeignetste Mittel hat sich Clotrimazol erwiesen. Ein sehr präzise Darstellung der Wirkungsweise von Clotrimazol untermauerte das Forschungsergebnis.

Herr Stappel referierte über ein Thema, welches besonders interessant für jene Restauratoren ist, die mit der Erstellung von Ausstellungen zu tun haben: „Lichtschutz für Papier“. Es wurden die Strahlungen nach Wellenlängen unterschieden, die verschiedenen Lichtquellen erklärt, die Schadensbilder, welche durch falsche dauerhafte Beleuchtung entstehen können, – insbesondere bei ligninhaltigem Papier – und mehrere Möglichkeiten des Lichtschutzes geboten.



Die Problematik des Planlegens von Pergamenturkunden – insbesondere solcher mit aufgedruckten Siegeln – wurde im Vortrag von Herrn Hofferberth behandelt. Wie kann den Urkunden die Spannung genommen werden, welche durch früheres Falten entstanden ist? Diese Frage erforderte einige Überlegungen an deren Ende die Idee des Spannbrettes stand. Das Hofferberthsche Spannbrett ist ein flexibles Modulsystem, das sich an das jeweilige Format der Urkunde anpassen lässt.

Die Schwierigkeit der Restaurierung von 28 Glasfensterentwürfen hinsichtlich des Formates in der relativ kleinen Werkstatt des Stadtarchivs Mülheim/Ruhr löste Herr Janssens mit verschiedenen Mitteln wie zum Beispiel ein selbstkonstruiertes Wässerungsbecken für Großformate aus Dachlatten und einer Teichfolie. Die Stabilisierung loser Farbpartikel, das Lösen von Teppichklebeband und das Beschweren der Objekte mit Tischplatten waren, um nur einige zu nennen, interessante Facetten seines Vortrags.

Frau Weyand hat uns über die Restaurierung zweier Andachtsbilder berichtet. Das besondere an diesen Objekten war die für Spickelbilder typische Materialvielfalt und die damit verbundenen Konservierungs- und Restaurierungsmethoden. Einzelne Bildelemente ausgeschnitten aus einem Kupferstich, textile Partien aus denen die Kleidung der zentralen Figuren bestanden, Glimmersand und rosettenförmige Pailletten bildeten die Gesamtgestaltung der dargestellten Heiligen. Neben der Restaurierung wurde über die zu Beginn der Auftragsbearbeitung noch unbekanntes Daten wie Datierung, Herkunft und Verwendungszweck recherchiert.

Der Vortrag „Die Restaurierung und Konservierung einer Papierkasché-Büste des 18. Jh. aus der Karton-Fabrik Ludwigslust“ gewährte uns Einblick in eine ungewöhnliche, vor allem anspruchsvolle, Aufgabenstellung an Frau Kleine, der Restauratorin dieses 3-D-Objektes. Auch hier wurde über die Herstellungszeit und die Technik recherchiert. Die durch ungünstige Lagerung deformierte Büste des Herzogs Friedrich von Mecklenburg-Schwerin wurde durch geschicktes Befeuchten und Anbringen spezieller Klemmen wieder gerichtet, ohne dabei Fassung bzw. Malschicht zu beeinträchtigen. Reinigungskompressen und Facings kamen zur Anwendung, um während der Rückformungen weitere Schäden zu vermeiden.

Abends traf man sich bei einem hervorragend ausgerichtetem Buffett im Untergeschoss des Klosters, um die kollegialen Kontakte zu pflegen und um die ein oder andere Fachthematik zu vertiefen.

Der Vormittag des zweiten Tages widmete sich dem immer wiederkehrenden und zu neuen Forschungsergebnissen und Fragestellungen führenden Thema Tintenfraß.

Herr Dr. Hahn referierte über das Alterungsverhalten von Eisengallustinten. Was ist Tintenfraß? Diese Frage beantwortete er, in dem er genaue Zusammensetzungen von Eisengallustinten beschrieb sowie deren chemische Veränderungen in alternden Stadien des Schrifträgers skizzierte.

Das Thema wurde durch den Vortrag von Herrn Prof. Dr. Fuchs durch weiteres Eingehen auf die Restaurierung von Tintenfraßschäden vertieft. Nach Messungen von Herrn Fuchs bildet die bei der Herstellung produzierte Schwefelsäure das größte Schadenspotential. Hinzukommen die natürlichen Verunreinigungen in der Tinte. Aufgezeigt wurden Möglichkeiten der chemischen Stabilisierung der Schadstoffe sowie die mechanische Stabilisierung des Trägers durch Gossamer Tissue.

Eine genau Verfahrensbeschreibung des Papier-spaltens am Beispiel der tintenfraßgeschädigten Notenhandschriften von Johann Sebastian Bach und dem damit verbundenen schonenden Umgang der Objekte schilderte Herr Wächter mit sehr anschaulichen Photographien. Das früher aufkaschierte Chiffon wurde mit Enzymkompressen im ZFB (Zentrum für Bucherhaltung GmbH) abgelöst. Abbauprodukte aus Papier und Tinte sind nach dem Ablösen im Trägerpapier sichtbar. Die Originale können nach der Behandlung – aufbewahrt in einer Schutzkassette – wieder zur Benutzung freigegeben werden.

Im Anschluss fasste Frau Dr. Joester die Vorträge der Erfurter Fachtage für Konservierung und Restaurierung zusammen. Herr Janssens übernahm die Zusammenfassung der Konferenz in Bückeberg, die die „Massenentsäuerung in der Praxis“ zum Thema hatte.

Das letzte Referat hatte die Umsetzung der Gefahrstoffverordnung im Bereich der Restaurierung zum Inhalt. Herr Terboven schilderte die Gesetzeslage beim Umgang mit Gefahrstoffen, die möglichen Gefährdungen und die sich hieraus ergebenden Schutzmaßnahmen.

Papierzerfall?

Papierzerfall?

Kampf dem Papierzerfall?

Die Massenentsäuerung von Archivgut als ein Mittel der Bestandserhaltung

von Wolfgang Bender

Die Situation

In Archiven und Bibliotheken tickt eine Zeitbombe, die es zu entschärfen gilt! Große Teile des dort ruhenden Kulturgutes sind vom schleichenden Papierzerfall bedroht. Bereits 1993 wurde für sämtliche staatliche und nichtstaatliche Archive im Lande NRW ein Konservierungsbedarf für rund 293.000 lfd. Meter Akten und Zeitungen aus der Zeit nach 1850 ermittelt, darüber hinaus ein Restaurierungsbedarf für dieses Schriftgut von rund 43.000 lfd. Meter!¹ Eine Organisationsuntersuchung der staatlichen Archive des Landes NRW im vergangenen Jahr ergab, das allein im kleinsten der drei staatlichen Archive, dem Staatsarchiv Detmold, rund 10.300 lfd. Meter Akten aus der Zeit nach 1850 einen Konservierungsbedarf durch Massenentsäuerungsverfahren und rund 2.100 lfd. Meter einen mehr oder weniger aufwendigen Restaurierungsbedarf haben. Bei den derzeit noch relativ hohen Preisen für eine einfache Massenentsäuerung, z.B. nach dem Battelle-Verfahren, bedeutet dies, dass das Land alleine für die gut 10 km zu konservierender Akten in Detmold rund 7,5 Mio. € an Fremdfirmen zu zahlen hätte.

Seit 1998 stehen für die drei staatlichen Archive im Lande allerdings jährlich nur 100.000 DM für industrielle Massenentsäuerungsverfahren zur Verfügung, die aus einem gemeinsamen Titel mit der Schutzverfilmung von Archivgut in Höhe von 190.000 DM (+ 70.000 zum Kauf von Lesegeräten etc. im Jahr 2000) bestritten werden müssen. Das Staatsarchiv Detmold ließ im Haushaltsjahr 2000 rund 17 lfd. Meter Akten im Gesamtgewicht von knapp 700 kg für 25.000 DM nach dem Battelle-Verfahren entsäuern. Das sind knapp 2 Promille des gefährdeten Detmolder Bestandes! Hier vom Tropfen auf dem heißen Stein zu sprechen, würde an Euphemismus grenzen.

Das Problem

Seit über 100 Jahren ist bekannt, dass die seit Mitte des 19. Jh. industriell gefertigten Papiere aufgrund ihres herstellungsbedingten Säuregehalts nur begrenzt haltbar sind.² Die Ursache liegt vor allem in der Leimung des Papiers (Harz/Alaun-Leimung).

Die Papierproduktion im industriellen Maßstab zunächst aus Hadern, dann seit Mitte des 19. Jh. aus Holzschliff und bald danach auch aus Zellstoff wurde erst dadurch ermöglicht, dass die Leimung in einem Schritt mit der Blattbildung erfolgen konnte. Dem

Papierbrei wurde seitdem verseiftes Harz (Baumharz) zugesetzt, das mittels Alaun (später Aluminiumsulfat) in einem durch Schwefelsäure angesäuerten Medium gefällt wird und die Verleimung der Fasern bewirkt. Die beste Harzleimung wird dabei bei einem pH-Wert von etwa 4,5 erreicht. Bei der skizzierten Art der Harz/Alaun-Leimung bleiben Säurereste im Papier. Zusätzlich wird durch chemische Reaktionen des Alauns (es hydrolysiert mit Wasser aus der Luftfeuchtigkeit zu Schwefelsäure) weiter Säure freigesetzt. Es kommt zur sauren Hydrolyse der Cellulose, die langkettigen Cellulosemoleküle werden dadurch allmählich zerlegt (Verringerung des Polymerisationsgrades) und das Papier verliert somit seine Festigkeit. Der skizzierte Alterungs- und Zersetzungsprozess kann im Laufe der Jahrzehnte zur völligen Auflösung des Schriftträgers führen. Erst Ende der 1950er Jahre gelang es, Papier statt mit Alaun oder Aluminiumsulfat industriell unter alkalischen Bedingungen (Natriumaluminat) herzustellen, um somit der Gegenwart von Säuren als Hauptgrund des Papierzerfalls gegenzusteuern.

Die Entdeckung und der Einsatz des Holzschliffs seit Mitte des 19. Jh. in der Papierproduktion war hinsichtlich der Alterungsbeständigkeit des Papiers ein weiteres Negativum. Im mechanisch zerkleinerten Holzschliff mit seinen kürzeren Celluloseketten liegt u. a. der komplizierte natürliche Baustoff Lignin vor, der zumindest für das schnelle Verbräunen bzw. Vergilben des Papiers durch Oxidation besonders unter Licht, eventuell auch für dessen Brüchigwerden v.a. durch Freisetzung von organischen Säuren im Laufe des Alterungsprozesses verantwortlich ist.³

¹ Rickmer Kießling, Massenkonservierung und Massenrestaurierung bei Papierzerfall. Erhebungen und Ergebnisse einer Arbeitsgruppe des Westfälischen Archivamtes, der staatlichen Archivverwaltung des Landes Nordrhein-Westfalen und der Archivberatungsstelle Rheinland, in: *Der Archivar* 47 (1994), Sp. 615-628.

² Hierzu und im Folgenden vgl. Helmut Bansa, Massenneutralisierung von Bibliotheks- und Archivgut. Entwicklung und Ausichten, in: *Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie* 46 (1999), S. 127-146, hier: S. 127f.; Wolfgang Wächter, Bücher erhalten, pflegen und restaurieren, Stuttgart 1997, hier: S. 28ff.; Klaus B. Hendriks, Der endogene Zerfall von Archivgut – ein zwangsläufiges Phänomen, in: *Bestandserhaltung. Herausforderung und Chancen*, hg. v. Hartmut Weber (Veröffentlichungen der staatlichen Archivverwaltung Baden-Württemberg, Bd. 47), Stuttgart 1997, S. 21-44, hier: S. 23ff.

³ Zur Ligninforschung und zur Rolle des Lignins beim Papieralterungsprozess vgl. Wächter, a.a.O., S. 214f. sowie Hendriks, a.a.O., S. 26.

Schließlich wurde seit Ende des 19. Jh. das industrielle Chlorbleichverfahren eingeführt, um das Papier aufzuhellen und zu entlignifizieren. Die im Papier verbleibenden Chloridionen, aber auch Metallionen wie Eisen, Zinn und Kupfer, die aus den Beschreibstoffen wie z. B. Tinte in die Schriftträger eindringen, sind der Haltbarkeit des Papiers v.a. dadurch abträglich, dass sie katalytisch den oxidativen Abbau der Cellulose beschleunigen.

Soweit zu den wichtigsten endogenen, den inneren Schadensursachen der Papieralterung und des Papierzerfalls. Nun ebenso kurz zu den exogenen Gründen.

Ungünstige Lagerungsbedingungen der Archivalien in Räumlichkeiten mit zu hoher Lufttemperatur und – feuchte, starke Klimaschwankungen, Luftschadstoffe, Befall durch Mikroorganismen, mechanische Beanspruchung durch die an sich erfreuliche rege Benutzung in den Archiven etc. beschleunigen den oben skizzierten Zerfallsprozess des säurehaltigen Papiers z.T. erheblich. So geht die verbleibende Lebenserwartung einer stark holzschliffhaltigen mit Harz/Alaun-Leimung gegen Ende des 19. Jh. produzierten Zeitung, die häufiger Nutzung ausgesetzt ist, gegen Null, sofern sie überhaupt noch existiert, während ein im alkalischen Milieu produziertes, mit Gelantine verleimtes Hadernpapier des 17. Jh. bei archivgerechter Lagerung und minimaler mechanischer Beanspruchung noch viele weitere Jahrhunderte überdauern kann.

„Passive Konservierung“

Günstige Magazinierungsbedingungen (nach VDIN 33901) und pflegliche Behandlung der Archivalien sowie deren sachgerechte Einlagerung in geeignete Verpackungsmaterialien verlangsamen den Zerfallsprozess bedeutsam, können ihn aber nicht stoppen. Dennoch gilt, der sogenannten „passiven Konservierung“ kommt für die Bestandserhaltung eine große Bedeutung zu und der hohe Stellenwert der Prävention wird beim Bestandserhaltungsmanagement immer klarer – auch unter wirtschaftlichen Aspekten – erkannt. Zudem verleiht die „passive Konservierung“ den mit hohem Kostenaufwand betriebenen Konservierungs- und Restaurierungsarbeiten Nachhaltigkeit.

Wichtige Parameter einer „passiven Konservierung“ für (papierenes) Archivgut sind:⁴

- Reinigung und Entmetallisierung des Archivgutes bei der Einlagerung,

- Verpackung des verzeichneten Archivgutes in säurefreien und gepufferten Archivkartons und Umschlagmappen,
- objektgerechte Lagerung auf Regalen in vom Tageslicht abgedunkelten Räumlichkeiten, bei einer relativen Luftfeuchte von 45 - 55% sowie Temperaturen von 16 - 20° C, möglichst klimatisiert, um die Grenzwerte der Luftqualität bzw. der Schadgase besser einhalten zu können,
- Feuchtreinigung der Magazinfußböden mit einem Zusatz von Desinfektionsmitteln,
- pflegliche Behandlung beim Ausheben, beim Transport, bei der Nutzung und beim Reponieren der Archivalien.

Diese Parameter können aus Personal- und Kostengründen nicht in allen staatlichen deutschen Archiven erfüllt werden. Das Land NRW jedoch hat im vorletzten Jahr allein für die Erneuerung der Klimaanlage im alten Detmolder Magazintrakt 1,5 Mio. DM ausgegeben und für säurefreie Verpackungsmaterialien werden alljährlich für die staatlichen Archive des Landes zwischen 10 und 15.000 € verausgabt. Nach diesem knappen Exkurs zur „passiven Konservierung“ komme ich nun zu den Massenentsäuerungsverfahren.

Die Verfahren zur Massenentsäuerung

Neben dem problematischen Laminieren mit Polyethylenfolie und Japanpapier mittels dem Rollenlaminiergerät (im Walzendurchlaufverfahren) zur Oberflächenstabilisierung von Druckschriften, Zeitungen und sonstigem holzschliffhaltigem Massenschriftgut, der Papierspaltung mit der Papierspaltmaschine oder dem Anfasern auf der Langsiebanfaserungsmaschine⁵

⁴ Vgl. dazu Anna Haberditzl, Kleine Mühen – große Wirkung. Maßnahmen der passiven Konservierung bei der Lagerung, Verpackung und Nutzung von Archiv- und Bibliotheksgut, in: Bestandserhaltung in Archiven und Bibliotheken, hg. von Hartmut Weber, Stuttgart 1992, S. 71-89, sowie weitere Aufsätze der Autorin zum Thema, zuletzt: Empfehlungen der ARK zu präventiven Maßnahmen im Rahmen der Bestandserhaltung, in: Der Archivar 53 (2000), S. 122-126, mit den aktuellsten Literaturangaben zum Thema.

⁵ Zu den vorgenannten Verfahren und Methoden der Konservierung und Restaurierung vgl. Wächter, Bücher, S. 115-143; Hartmut Weber, Die Papierspaltmaschine – ein Baustein im Behandlungskonzept von Bestandsschäden, in: Der Archivar 48 (1995), Sp. 109-112, sowie Reinhold Sand, Massenrestaurierung von holzschliffhaltigem Papier nach neuartigen Laminationsverfahren, ebd. Sp. 106-108.

ist die Massenentsäuerung ein wichtiger Baustein bei der Bestandserhaltung großer Papierstückzahlen. Ziel der Papierentsäuerung ist es, die Säuren und säurebildenden Stoffe im Papier zu entfernen oder zu neutralisieren und eine alkalische Reserve in den Schrifträger einzubringen, um die Neubildung von sauren Produkten oder deren Eindringen von außen abzupuffern. Die Restlebensdauer des Papiers soll damit um einen Multiplikationsfaktor von 3 bis 5, die Neschen AG spricht bei ihrem Verfahren von einigen hundert Jahren verlängert werden. Im Folgenden sollen die beiden seit wenigen Jahren von einigen deutschen staatlichen Archiverwaltungen – darunter auch Nordrhein-Westfalen – bevorzugten Methoden der Massenkonservierung für noch nicht zu stark geschädigte Papiere vorgestellt werden, die in den letzten Jahren immer effizienter wurden:⁶

Das „Battelle-Verfahren“, wie es bei Battelle in Eschborn und dem Zentrum für Buch-Erhaltung in Leipzig angewendet wird,⁷ und das „Bückerburger Konservierungsverfahren“ der Neschen AG,⁸ allesamt Expo 2000-Projekte und ursprünglich seit Ende der 1980er Jahre mit öffentlichen Mitteln in der Entwicklungs- und Erprobungsphase gefördert.

a) Verfahrensbeschreibung Battelle

Die Entsäuerungbehandlung lässt sich in vier Abschnitte unterteilen:⁹

- Die Vortrocknung zur Reduzierung der natürlichen Papierfeuchte,
- Die chemische Neutralisierung durch Tränkung,
- Die Nachrocknung zur Lösungsmittelabtrocknung,
- Die Lagerung zur Wiederbefeuchtung mit dem Abschluss der chemischen Reaktion.

Vortrocknung, chemische Neutralisierung und Nachrocknung werden nacheinander in ein und derselben Behandlungskammer durchgeführt. Die Vortrocknung der in Drahtkörben befindlichen Akten erfolgt im Vakuum bei Erwärmung des Schriftgutes auf bis zu maximal 50° Celsius. Sie ist nach 48 Stunden abgeschlossen. Anfangs wurde eine wenige Stunden dauernde Mikrowellentrocknung ausprobiert, doch die Brandgefahr durch in den Akten befindliche Metallteile und andere unerwünschte Nebenwirkungen waren zu groß, so dass man zur konventionellen, aber zeitlich bedeutend längeren Trocknung im Vakuum zurückkehrte. Das Papier hat danach statt 5 - 7 % nur

noch weniger als 1 % Restwassergehalt. Nach Abschluss der Vortrocknung findet die Tränkung der Papiere in der Behandlungslösung, bestehend aus Wirksubstanz und Lösungsmittel, gleichfalls im Vakuum statt (Dauer wenige Minuten). Das Papier saugt dabei wie ein trockener Schwamm das im Lösungsmittel enthaltene Agens auf. Als Lösungsmittel wird beim Battelle-Papersave-Verfahren die siliziumorganische, umweltneutrale, ungiftige und inerte Verbindung Hexamethyldisiloxan (HMDO) verwendet. Als Wirkungssubstanz werden Ethylate des Magnesiums und des Titans (beides Komplex-Verbindungen mit Ethylalkohol) eingesetzt.

Nach dem Abpumpen der überschüssigen Behandlungslösung beginnt die Nachrocknung, bei der die flüchtigen Bestandteile der Lösung aus den Papieren entfernt wird. Die Nachrocknungszeit beträgt 20 Stunden und findet ebenfalls im Vakuum bei maximal 50° Celsius statt. Die anschließende Wiederbefeuchtung wird durch eine vierwöchige Lagerung in einem zwangsbelüfteten Raum mit sechsfachem Luftwechsel pro Stunde bewerkstelligt. In dieser Zeit wird aufgrund der Wasseraufnahme kontinuierlich Ethanol

⁶ Vgl. Hans-Christian Herrmann, Hearing der sächsischen Archivverwaltung, in: *Der Archivar* 53 (2000), S. 332f.

⁷ 1994 wurde eine Anlage von der Battelle Ingenieurtechnik GmbH, aus dem Battelle-Forschungsinstitut zu Frankfurt a.M. war zwischenzeitlich ein privatwirtschaftliches Unternehmen mit dem Sitz in Eschborn geworden, als Demonstrationsanlage für die Deutsche Bücherei in Leipzig gebaut und dort installiert. Seit 1998 ist sie aus der Bibliothek aus- und einer Privatfirma, dem Zentrum für Buch-Erhaltung in Leipzig angegliedert worden. Dieses führt seitdem u.a. auch Massenentsäuerung kommerziell durch.

⁸ Das Verfahren war in jahrelanger, von Rückschlägen begleiteter Arbeit vom Staatsarchiv Bückeburg entwickelt worden. Da die Mittel für die Weiterentwicklung des Prototyps zu einer Produktionsanlage fehlten, wurden die Anlage und alle Rechte 1996 an die in Bückeburg ansässige Hans Neschen AG verkauft, die als Tochterfirma die Archivcenter AG gründete und ein leistungsfähiges, dezentral einsetzbares Nachfolgemodell entwickelte.

⁹ Hierzu und im Folgenden vgl. Joachim Liers, Battelle-Verfahren zur Massenentsäuerung von Büchern und Archivalien, in: *Der Archivar* 48 (1995), Sp. 102-105; Das Battelle-Verfahren. Eine neue Methode der Massenentsäuerung für Bücher und Archivalien, in: *Restaura* 101 (1995), S. 426-429; Wolfgang Knackstedt, Entsäuerung von Archiv- und Bibliotheksgut. Ergebnisse eines nordrhein-westfälischen Versuchs mit unterschiedlichen Verfahren, in: *Arbeitsblätter des Arbeitskreises Nordrhein-Westfälischer Papierrestauratoren* 7. Ausgabe (2000), S. 10-17; Ältere Verfahrensbeschreibungen der beiden Firmen Battelle und ZfB, in: *Wächter, Bücher*, S. 179-202.

aus dem Magnesium- und Titanethylat freigesetzt. Die störende „Geruchsbelästigung“ durch diesen Alkohol dauert noch wenige Monate weiter an. Das Magnesiumethylat reagiert mit der in der Luft enthaltenen Feuchtigkeit und dem Kohlendioxid zu dem alkalischen Magnesiumhydroxid bzw. Magnesiumcarbonat, die als Wirkstoff und alkalische Reserve dienen.

Der pH-Wert und der Alkaligehalt nach der Behandlung hängen von vielen Faktoren ab, u. a. vom Papiertyp, dem Alter und dem ursprünglichen Säuregehalt des Papiers. Im Allgemeinen wird der pH-Wert auf 7 bis 9 angehoben. Die Alkalireserve liegt zwischen 1 und 2 Gewichtsprozent Karbonatgehalt. Infolge dieses skizzierten Prozesses wird der säurekatalysierte Abbau der Zellulose gestoppt. Die Lebenserwartung des Papiers erhöht sich um ein mehrfaches.

Es gibt jedoch auch Risiken und Nebenwirkungen. Längst nicht jedes Archivalie oder Papier kann ohne weiteres diesem Massenverfahren unterzogen werden. So liegt in der Notwendigkeit des Alkoholzusatzes der Nachteil, dass zum kleinen Teil bestimmte Tinten, Stempelfarben, blau/violette und grüne Schreibmaschinentexte sowie lila und rote Fettfarbstifte angelöst werden bzw. leicht ausbluten können, – was wiederum besonders bei einer späteren Aktenverfilmung der Lesbarkeit abträglich sein kann. Sollte es gelingen, den Alkoholzusatz noch weiter zu reduzieren und damit das Verfahren weiter zu optimieren, wäre aus archivischer Sicht das skizzierte Negativum nicht mehr nur tolerabel, sondern als gelöst zu betrachten.

Einzelne Papiersorten neigen beim Battelle-Verfahren zum leichten Vergilben. Pergament kann nicht entsäuert werden, ebenso Thermokopierpapier und Aktenstücke mit Lacksiegeln. Ledereinbände müssen nach der Behandlung neu eingefettet werden; alaugegerbte Leder dürfen nicht entsäuert werden. Fotografien sollten nicht entsäuert werden. Möglichen, beim Transport in den aus Eschborn gelieferten Drahtkörben auftretenden Schäden der Archivalien und Bücher durch deren Scheuern und Schaben auf den Drahtstegen der Körbe kann dadurch vorgebeugt werden, dass man eine dünne Pappe auf den Korbboden legt, oder aber man belässt die Archivalien in den Kartons und lässt diese kostspielig mit entsäuern. Die Drahtkörbe werden bei der Bestückung vor Ort in den Archiven verplombt. Die Körbe sind Transport- und Behandlungsbehältnisse in einem. Leipzig transportiert die Archivkartons in Spezial-

kisten aus Kunststoff. Die Archivalien werden vor der Behandlung aus diesen und den Archivkartons entnommen.

Die Vorbereitung zur Massenentsäuerung ist recht personalintensiv, da eine Vorselektion des Behandlungsgutes immer noch nötig ist. Der zu behandelnde Schriftgutkomplex muss zudem aus den Archivkartons in Transportkörbe, die gleichzeitig auch die Behandlungskörbe sind, umgepackt werden und nach der Entsäuerung und dem Rücktransport wieder in die Archivkartons verbracht werden. Es erscheint zweckmäßig, mit allen diesen Aufgaben – schon aus Kosten- und Haftungsgründen – den privatwirtschaftlichen Auftragnehmer zu betrauen.

Das Entsäuern nach dem Battelle-Verfahren, wie es in Leipzig und Eschborn praktiziert wird, – das muss ausdrücklich unterstrichen werden – ist eine rein vorbeugende, einfache „lebensverlängernde“ Konservierungsmaßnahme. Es gibt dem Papier nichts von der Festigkeit zurück, die es einmal bei seiner Produktion hatte und die es im Laufe der Zeit in Folge von mechanischer Beanspruchung und chemischen Vorgängen verloren hat, auch wenn sich manche Papiere nach der Behandlung subjektiv fester anfühlen. Dies belegen Untersuchungen von Prof. Dr. Fuchs von der FH Köln, der eine leichte Schwächung der Papiere nach der Behandlung konstatiert.¹⁰ Bei schon brüchigem, stark verbräuntem Papier, das keine dreifache Eckfaltung mehr aushält, ist die Entsäuerung sinnlos, ja sogar contraproduktiv. Außerdem ist die Entsäuerung zur Zeit noch recht kostspielig, wie eingangs am Beispiel Detmold dargelegt. Eine ausreichende Wiederverfestigung des Schriftgutes im Rahmen des Massenentsäuerungsverfahrens nach Battelle ist, wie gesagt, derzeit noch nicht möglich. Dennoch gilt in Anlehnung an einen kanadischen Untersuchungsbericht des Jahres 1991. „In any way it is better to deacidify than to do nothing at all“ (Entsäuern ist besser als gar nichts zu tun), um den langsam schleichenden Papiertod zu bekämpfen.¹¹

¹⁰ Robert Fuchs und A. Zeitzen-Philipps, Evaluierung der beiden Massenentsäuerungsverfahren Libertec/Battelle, in: Arbeitsblätter des Arbeitskreises Nordrhein-Westfälischer Papierrestauratoren 7. Ausgabe (2000), S.18-29. Unter Leitung von Prof. Dr. Gerhard Banik von der Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart – Studiengang Restaurierung und Konservierung läuft z.Z. dort ein von der DFG auf zwei Jahre gefördertes Forschungsprojekt „Erarbeitung von Kriterien zur Entscheidung über die Anwendbarkeit vorhandener Massenkonservierungsverfahren“. Erste Ergebnisse sind ab Herbst 2001 zu erwarten.

¹¹ Bansa, Massenneutralisierung, S. 143.

An dem Ziel, in einem technologischen Schritt Papiere zu entsäuern und gleichfalls wirkungsvoll durch Additive zu festigen, arbeiten seit geraumer Zeit sowohl Battelle als auch das ZfB, wie auch den Internetseiten der beiden Unternehmen zu entnehmen ist. Battelle bspw. befindet sich z.Z. in der Laborphase und will nach Aussage des Leiters der Abteilung Papierkonservierung 2001/2 erste Ergebnisse präsentieren und vielleicht gelingt es ja, den Schritt von der bloßen Neutralisierung zur Konservierung mit Stabilisierung, sprich chemischer Wiederverfestigung des Papiers zu vollziehen.

b) Bückeburger Konservierungsverfahren

Zur Zeit ist das Verfahren nur für Einzelblätter verwendbar. Ein Manko im Vergleich zum Battelle- oder zu anderen Verfahren, so dass man nicht von einem Massenverfahren strictu sensu sprechen kann. Jedoch ist geplant, die Behandlung auch auf gebundenes Material auszudehnen. Dazu heute nachmittag mehr in den Ausführungen von Herrn Böttcher von der Neschen AG und sicherlich auch zur neuen Berliner Anlage der Firma. Die Blätter müssen beim Bückeburger Konservierungsverfahren produktionsbedingt foliert werden. Sie werden nach einer Vorsortierung manuell in die Anlage eingegeben, danach erfolgt der Transport automatisch. Käfigartige Rahmen, in denen die Blätter senkrecht stehen, dienen als Transportbehälter. Im ersten Verfahrensschritt werden die Blattseiten ca. 4 Minuten in ein Fixierbad (Rewin und Mesitol i.e. Tenside, die bei der Textilfärbung Verwendung finden, gelöst in demineralisiertem Wasser) zur dauerhaften Festigung der Schreibstoffe getaucht. Danach wird in einem Wasserbad die überschüssige Fixierlösung abgewaschen. Nach anschließender Zwischentrocknung bei 50° Celsius erfolgt eine erneute vierminütige Tränkung mit Magnesiumhydrogencarbonat als Agens und alkalischem Puffer in wässriger Lösung sowie gleichzeitiger Nachleimung mit Methylcellulose (Carboxymethylcellulose) und abschließender Endtrocknung bei ebenfalls 50° Celsius im Luftstrom sowie Glättung der welligen Papiere in Trockenzylindern/Heißmangeln. Zum Abschluss der insgesamt 45minütigen Behandlung werden die Aktenbände zusammengefügt, wobei Materialien wie Fotos, besiegelte Blätter oder Zinkoxydkopien, die keine Feuchtigkeit vertragen, parallel geführt, manuell behandelt und am Ende dem Band wieder zugeordnet werden müssen.

Bezüglich alkalischem Puffer und pH-Wert-Steigerung werden die gleichen Werte wie beim Battelle-Verfahren erzielt. Beim Bückeburgerverfahren wird die Alkalireserve gleichmäßig im behandelten Papier verteilt, wobei das Konservierungsverfahren so sensitiv ist, dass auch kleinste Bereiche mit höherem Säuregehalt, wie z. B. Tintenschriftzüge, mit entsprechend höheren Mengen Alkali belegt werden! Die Vorteile des Bückeburger Konservierungsverfahrens gegenüber dem Battelle-Verfahren liegen in der günstigen Entsäuerungsmöglichkeit im umweltfreundlichen und natürlichen wässrigen Milieu, welches das Papier wieder geschmeidiger macht und schädliche oxidierte Abbauprodukte der Zellulose und des Lignins auswäscht, sowie vor allem in der Nachleimung, die eine spürbare chemische Verfestigung und damit eine Konservierung des Papiers mit zusätzlicher Stabilisierung bewirkt, die bei noch nicht zu stark geschädigten Papieren das aufwendige mechanische Papierspalten überflüssig macht. Das Papier wird wieder gebrauchsfähig und mechanisch belastbar, wie Bruchkraft-, Bruchdehnungs- und Durchreißwiderstandstests belegen.¹²

Wie beim Battelle-Verfahren wurde eine leichte Vergilbung der behandelten Papiere festgestellt sowie gelegentlich ausblutende Stempelfarben und das leichte Verlaufen bestimmter Tinten und Farbstifte beobachtet. Jedoch bleiben wie bei jenem Schriften und Stempel in aller Regel sehr gut lesbar. Man muss auch hier Abwägen zwischen wünschbaren Maximalforderungen und dem technisch und betriebswirtschaftlich Machbaren und wird mit kleineren Monita leben müssen, sofern die eigentlichen Ziele erreicht werden.

Zunächst im Ein-Schicht-Betrieb sollen auf der neuen Berliner Anlage der Neschen AG, die z. Z. in Betrieb genommen wird, 5,5 Mio. Blatt Papier pro Jahr behandelt werden, das entspricht einer Tagesleistung von rund 22.000 Blatt bzw. rund 3 lfd. Meter Akten pro Tag. Bei diesen geplanten Leistungen kann man m.E. bereits von einem echten Massenverfahren sprechen.

Die obengenannte manuelle Einzelblattbehandlung gibt Neschen die Möglichkeit, zwar keine restauratorischen Maßnahmen – diese sind auch geplant –

¹² Vgl. dazu Wilfried Feindt et al., Papierkonservierung nach dem Bückeburger Verfahren. Anlagevariante und naturwissenschaftliche Ergebnisse, in: *Restaurio* 104 (1998), S. 120-125, hier: S. 124.

aber weitere konservatorische Arbeiten wie das Entmetallisieren, Schließen von Rissen oder das Ausbessern von stark ausgefranzten Rändern mit Filmoplast R, sowie auch Umkopieren von Zinkoxydkopien etc. im sogenannten Bypass durchzuführen. Dies schlägt natürlich kostenmäßig stark zu Buche mit einem durchschnittlichen Gesamtblattpreis von 70 Pfennig je Blatt bei einer ausgewählten schwierigen Charge, während das reine Entsäuern, Puffern und Nachleimen ohne jede Zusatzarbeit nur 19 Pfennig pro Blatt kostet (Preis Stand 2001 zzgl. Mehrwertsteuer).¹³

Alternativen zur Massenentsäuerung

Neben der oben bereits genannten „Passiven Konservierung“ ist die Verwendung von alterungsbeständigen Papieren ein weiteres probates Prophylaxemittel, um den Zerfall des Archivgutes der Zukunft zu vermeiden. Es gilt festzuhalten, dass die Entscheidung, ob ein Papier lange halten wird, bereits bei seiner Herstellung fällt. Die Archivverwaltungen müssen daher bei den Registraturbildner darauf hinwirken, dass bei der Erstellung von Dokumenten, die aus rechtlichen Gründen auf Dauer aufzubewahren sind oder die potentiell archivwürdig sind, keine sauren, holzschliffhaltigen Papiere, Fax-Papiere sowie sogenannte Recyclingpapiere verwendet werden, selbst wenn diese neutral und unter Zugabe eines alkalischen Puffers hergestellt sind, sondern alterungsbeständige Papiere. Papierzerfall des künftigen Archivgutes muss und kann so vermieden werden, und braucht nicht im nachhinein durch teure Massenneutralisierungs- bzw. -konservierungsmaßnahmen bekämpft werden. Der Zielkonflikt zwischen umweltpolitischen einer- und kultur-, aber auch rechtspolitischen Interessen andererseits muss gelöst werden. Für den großen Rest des anfallenden Behördenschriftgutes, bei dem eine Archivierung von vorne herein ausgeschlossen werden kann, mag durchaus Recyclingpapier verwendet werden.

Welche Anforderung hat alterungsbeständiges Papier zu erfüllen? Es muss im Einklang mit der DIN/ISO-Norm 9706 folgende Eigenschaften erfüllen:

- Die Papiere bestehen aus ligninfreien (oder bis maximal 1% Lignin), möglichst chlorfrei gebleichten Faserstoffen,
- sie werden neutral geleimt, d. h. ohne die Verwendung von Alaun/Aluminiumsulfat

- sie enthalten Calciumkarbonat (2%) als Puffer gegen Säure
- der ph-Wert liegt zwischen 7,5 und 10,0
- der Durchreißwiderstand längs und quer zur Maschinenrichtung muss mindestens 350 mN (bei einer flächenbezogenen Papiermasse von 70g/m²) betragen
- optische Aufheller dürfen nicht verwendet werden.

Man kann einschätzen, dass für höchstens 8 - 10 % der Gesamtpapierproduktion das Qualitätsmerkmal „alterungsbeständig“ überhaupt eine Rolle spielt, der große Rest muss dieses Kriterium nicht erfüllen. Seitens der Papierhersteller wird versichert, dass alterungsbeständige Papiere in der notwendigen Größenordnung schon heute lieferbar sind. In der Herstellung ist solches Papier grundsätzlich nicht teurer als gefertigtes ohne Kalziumkarbonat.¹⁴

Als weitere Alternative im Kampf gegen den Papierzerfall ist die rechtzeitige Mikroverfilmung bedrohten Schriftgutes in Form der sogenannten Schutzverfilmung zu nennen, die schon seit Jahrzehnten im Archiv- und Bibliotheksbereich angewandt wird.¹⁵ Der Mikrofilm auf Polyesterbasis ist ein sehr langlebiges, kostengünstiges Konversionsmedium, das dem Schutz und der Nutzung gleichermaßen dient und bei Archivaren und Forschern immer mehr an Akzeptanz gewinnt. Dabei verbleibt das Original in aller Regel im Magazin, während der Benutzer die Informationen auf Film oder Fiche erhält. Dies entlastet zudem den Magazindienst als positiver Nebeneffekt. Durch die Schutzverfilmung können mechanische Beschädigungen durch die Nutzung vermieden und zugleich der zeitliche Spielraum für eine notwendige Konservierung oder Restaurierung erweitert wer-

¹³ Knackstedt, Entsäuerung, S. 16. Zum Vergleich, reine Entsäuerung beim Battelle-Verfahren ca. 15 Pfennig zzgl. Mwst. je Blatt.

¹⁴ Hierzu und zum Vorgenannten Wächter, Bücher, S. 36. Zu diesem Problemkreis vgl. auch Wilhelm Willemer, Papier. Roh- und Zusatzstoffe, Produktion, Bewertung, Archivierung, in: Arbeitsblätter des Arbeitskreises Nordrhein-Westfälischer Papierrestauratoren, 7. Ausgabe (2000), S. 3-9, dessen Fazit lautet (S. 9): „Die Gefahren bei der Archivierung von Recyclingpapieren sind momentan überhaupt nicht abschätzbar ... Recyclingpapiere (sollten) nur dort verwendet werden, wo eine Archivierung absolut ausgeschlossen werden kann.“; sowie Manfred Anders, Recycling-Papier. Ein archivierungsfähiges Material?, in: Restaura 103 (1997), S. 478-481.

¹⁵ Vgl. hierzu und im Folgenden Bodo Uhl, Die Verfilmung als Mittel der Bestandserhaltung, in: Weber (Hg.), Bestandserhaltung, S. 339-351.

den. Das bei der Formatkonvertierung (Verfilmung, Digitalisierung) die Originale durch Personal und Geräte im geeigneten Klima pfleglich zu behandeln sind, versteht sich von selbst.¹⁶ Die Kosten für die Mikroverfilmung liegen zum Teil über, zum Teil aber auch deutlich unter den oben skizzierten Massensäuerungsverfahren.

Erlauben Sie mir bitte, dass ich auf ihrer Tagung auch den bei Archivaren nicht unumstrittenen Begriff der „Ersatzverfilmung“, der gelegentlich euphemistisch auch „Erhaltungsverfilmung“ genannt wird, erwähne. Er bedeutet, dass eine Ersatzüberlieferung auf Mikrofilm geschaffen wird, um die originalen Vorlagen durch Vernichtung oder allmählichen Verfall auf Dauer entbehrlich machen zu können, die Information aber zu erhalten. Eine solche Formatkonvertierung, die selbstredend sinnvoll nur für massenhaft gleichförmige Einzelfallakten, für Zeitungen oder für solches Archivgut, das zu sehr geschädigt ist und bei dem eine aufwendige Restaurierung nicht lohnt, in Betracht kommt, sehen zum Teil auch die Archivgesetze einzelner Bundesländer als ultima ratio vor.¹⁷ Selbstverständlich kommt die Ersatzverfilmung nicht in Frage für Archivgut mit hohem intrinsischen Wert, also solchen Archivalien, denen ein eigenständiger überlieferungsbedingter äußerer oder formaler Wert zu eigen ist oder für Archivgut, das aus rechtlichen Gründen im Original dauernd aufbewahrt werden muss.¹⁸

Die Verfilmung von Archivgut im Rahmen der Bestandserhaltung ist der Digitalisierung z. Z. immer noch überlegen. Die Bildqualität ist etwas höher, vor allem aber die Alterungsbeständigkeit und die Systemlebensdauer. Schließlich ist die Wirtschaftlichkeit berechenbarer als beim Digitalverfahren. „Mikrofilm, rechtzeitig eingesetzt und richtig verarbeitet, ist und bleibt der einzige alterungsbeständige und dauerhaft wirtschaftliche Massenspeicher für verlorene, beschädigte oder in ihrer Erhaltung gefährdete Papiere. ... Der Mikrofilm verbaut keine Nutzungsform der Zukunft. Umgekehrt aber gleiche der Versuch, elektronische Systeme heutigen Typs als Langzeitspeicher einzusetzen, der sprichwörtlichen Reise ins Ungewisse.“ so Frieder Kuhn, der Leiter des Instituts für Erhaltung von Archiv- und Bibliotheksgut in Ludwigsburg.¹⁹ Das schließt selbstredend nicht aus, von Beständen mit hoher Nutzungsfrequenz zusätzliche digitale Konversionen mit ihren Vorteilen der ortsunabhängigen, schnellen Verfügbarkeit anzubie-

ten und diese von zuvor erstellten Mikrofilmen herzustellen. Die digitale Konversion kann auf diese Weise Funktionen der Schutzverfilmung erfüllen, zur Ersatzüberlieferung im Sinne der Bestandserhaltung ist sie aus den obengenannten Gründen (noch) nicht geeignet.²⁰

Was tun?

Seit rund anderthalb Jahrzehnten ist nun die Problematik des Papierzerfalls verstärkt ins Bewusstsein der interessierten Öffentlichkeit und der Fachwelt gerückt. So konnten durch einen Spendenaufruf der Wochenzeitung DIE ZEIT vor 1½ Jahren 2,4 Mio. DM für die Massensäuerung der Bestände des Deutschen Literaturarchivs in Marbach eingeworben werden! Bei der Aus- und Fortbildung der Archivare wird seit einigen Jahren verstärkt das „Bestandserhal-

¹⁶ Vgl. hierzu grundlegend Gerhard Banik, Risiken bei der Verfilmung und Digitalisierung von Archiv- und Bibliotheksgut aus konservatorischer Sicht, in: Digitale Archive und Bibliotheken, hg. von Hartmut Weber und Gerald Meier (Werkhefte der staatlichen Archivverwaltung Baden-Württemberg, Serie A Heft 15), Stuttgart 2000, S. 311-324, bes. S. 319-322.

¹⁷ Uhl, Verfilmung, S. 346.

¹⁸ Vgl. dazu grundlegend, Angelika Menne-Haritz, Nils Brübach, Der intrinsische Wert von Archiv- und Bibliotheksgut. Kriterienkatalog zur bildlichen und textlichen Konversion bei der Bestandserhaltung. Ergebnisse eines DFG-Projektes (Veröffentlichungen der Archivschule Marburg Nr. 26), Marburg 1997.

¹⁹ Frieder Kuhn, Schöne neue Datenwelt. Vom Nutzen und Schaden sogenannter Archivierungssysteme, in: Weber, Bestandserhaltung, S. 355-360, hier: S. 360. Zu dieser Problematik und zum Folgenden vgl. auch Marianne Dörr/Hartmut Weber, Digitalisierung als Mittel der Bestandserhaltung? Abschlußbericht einer Arbeitsgruppe der Deutschen Forschungsgemeinschaft, in: Zeitschrift für Bibliothekswesen und Bibliographie 44 (1997), S. 53-76, hier: bes. S. 53-56; sowie Hartmut Weber, Abschlußbericht zur Digitalisierung von Archivgut liegt vor, in: Der Archivar 50 (1997), Sp. 686; ferner Gerald Meier, Internationales Kolloquium zur Digitalisierung von Archiv- und Bibliotheksgut in Ludwigsburg, in: Der Archivar 52 (1999), S. 140f. Zur rechtlichen und wirtschaftlichen Problematik, Hartmut Weber, Rechtsfragen und Wirtschaftlichkeitsüberlegungen beim Mikrofilmeinsatz, in: Der Archivar 41 (1988), Sp. 85-96.

²⁰ Vgl. dazu zuletzt grundlegend Hartmut Weber, Langzeitspeicherung und Langzeitverfügbarkeit digitaler Konversionsformen, in: Digitale Archive und Bibliotheken, hg. von Hartmut Weber und Gerald Meier (Werkhefte der staatlichen Archivverwaltung Baden-Württemberg, Serie A Heft 15), Stuttgart 2000, S. 325-342; sowie Hans Rütimann, Bestandserhaltung in einer digitalen Welt, ebda., S. 303-310. Beide befürworten das kostengünstige sogenannte Hybridsystem, i.e. Mikrofilm zur Bestandserhaltung und die Digitalisierung vom Mikrofilm zur Nutzung und Verteilung der Informationen.

tungsmangement"²¹ vermittelt und auch die Archivgesetze des Bundes und der Länder führen die Bestandserhaltung als wesentlichen gesetzlichen Auftrag der Archive in ihren Archivgesetzen auf.²²

Im Februar 1995 verabschiedete die Kultusministerkonferenz der Länder der BR Deutschland im Anschluss an die Empfehlungen der (von 1989-1992 bestehenden) Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Papierzerfall“ vom Juni 1992 ihre Empfehlungen zur Erhaltung der vom Papierzerfall bedrohten Archivbestände. Die prophylaktischen und therapeutischen Kernforderungen ihres integrativen Bestandserhaltungskonzeptes lauten:

- zur künftigen Vermeidung des Papierzerfalls konsequente Verwendung von alterungsbeständigen Papieren im Sinne der DIN/ISO-Norm 9706 für Schriftgut von potentiell bleibendem Wert,
- verstärkter Einsatz für die „passive Konservierung“,
- Intensivierung der Aus- und Fortbildung der Archivare im Bereich Bestandserhaltung,
- Ausweitung und Rationalisierung der Restaurierungskapazitäten der Archivträger,
- Förderung der Weiterentwicklung von Verfahren der Massenkonservierung und Massenrestaurierung,
- systematische Verfilmung von gefährdetem Schriftgut im Rahmen der Schutz- und Ersatzverfilmung und Bereitstellung von modernen und leistungsfähigen Lesegeräten für die Benutzung.

Auf diesem vorgeschlagenen Weg muss fortgeschritten werden. Auch die Archivare sind durch die Entwicklung von Archivierungsmodellen mit strengen Kriterien für die künftige Übernahme von Schriftgut – wie im Lande NRW im staatlichen Bereich weitgehend geschehen – in die Pflicht zu nehmen, damit keine überflüssige und redundante Überlieferung gebildet wird. Auch sollte m.E. der Aspekt der Nachkassation unverzeichneter aber auch verzeichneter gefährdeter Archivgutbestände vorsichtig in Erwägung gezogen werden. Eine gründliche Erschließung der Archivbestände durch eine klare Verzeichnung der Akteninhalte, in deren Folgen eine noch gezieltere Bestellung der Akten möglich wäre, beugt überflüssigen Bestellungen aus den Magazinen und damit physischen Stress der Archivalien vor. Schließlich haben die Archivare und Magazinverwalter darauf zu achten, das gefährdete Akten und Bestände nicht mehr zur Benutzung vor-

gelegt werden. Momentanes Benutzerinteresse muss dem Erhaltungsinteresse untergeordnet werden. Archivgut ist kein Mengenverbrauchsgut für eine Forschergeneration, sondern ein einmaliges Kulturgut. Auch zukünftige Generationen haben Anspruch auf im Original erhaltene Archivalien!

Das Problem ist erkannt, auch dass aus vielerlei Gründen mehrgoleisig vorgegangen werden muss, um den Papierzerfall, zumindest aber den drohenden Informationsverlust zu bekämpfen, aber die Umsetzung einmal gefällter Entscheidungen und verabschiedeter Empfehlungen in die Praxis bereitet in Anbetracht der in jeder Hinsicht eingeschränkten Mittel enorme Schwierigkeiten. Die Lösung des Massenproblems liegt – neben der relativ preiswerten und effektiven Prävention – in der Bereitstellung von längerfristig abgesicherten, hohen finanziellen Mitteln durch Haushaltsverpflichtungsermächtigungen für die regelmäßige Inanspruchnahme von Dienstleistungen der Massenentsäuerung, der Mengenrestaurierung und der Großmengenverfilmung bei gewerblichen Unternehmen. Im Bereich der Massenkonservierung könnte dies auch zu weiteren Preissenkungen und Produktverbesserungen der Anbieter führen, wie die Betreiber durchaus glaubhaft versichern und wie in der Vergangenheit auch geschehen. Daneben muss neben den kleinen Restaurierungswerkstätten in den einzelnen Archiven vor Ort auch weiterhin an zentrale Restaurierungseinrichtungen in kommunaler oder staatlicher Trägerschaft gedacht werden, wie die schon seit Jahren in Münster, Brauweiler, Bückeburg oder Ludwigsburg erfolgreich arbeitenden oder an zukunftsweisende Kooperationsmodelle wie zwi-

²¹ Vgl. dazu Angelika Menne-Haritz, Archivausbildung für das 21. Jahrhundert. Das neue Kurrikulum für die Ausbildung der Archivreferendarinnen und Archivreferendare an der Archivschule Marburg, in: *Der Archivar* 53 (2000), S. 126-131, hier: S. 128. Dies. Die Bestandserhaltung in der archivischen Aus- und Fortbildung. Eine Qualifikation zur Verantwortung für die Zukunft, in: Weber (Hg.), *Bestandserhaltung*, S. 187-196.

²² So lautet § 1 Satz 1 des Archivgesetz des Landes Nordrhein-Westfalen vom 16. Mai 1989: „Die staatlichen Archive haben die Aufgabe, Unterlagen von Behörden, Gerichten und sonstigen Stellen des Landes auf ihre Archivwürdigkeit hin zu werten und die als archivwürdig erkannten Teile als Archivgut zu übernehmen, zu verwahren und zu ergänzen, zu erhalten und instand zu setzen, zu erschließen und für die Benutzung bereitzustellen“ Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Nordrhein-Westfalen Nr. 26 vom 13. Juni 1989, S. 302ff. Unterstreichung durch den Verfasser.

schen dem Bund und der Neschen AG, die ab dem Frühjahr 2001 in Gebäuden des Bundesarchivs in Dahlwitz-Hoppegarten gemeinsam nach dem „Bückerburger Modell“ die Massenentsäuerung und -konservierung in Angriff nehmen.²³

Die Aufforderung des jetzigen Präsidenten des Bundesarchivs Prof. Dr. Hartmut Weber, die er bereits 1992 in der Zeitschrift für Bibliothekswesen im Hinblick auf den Abschlußbericht der obengenannten Arbeitsgruppe „Papierzerfall“ aussprach: „... lasst mich auch endlich Taten sehn!“ hat prinzipiell, trotz mancher Fortschritte und Verbesserungen in der „passiven Konservierung“, bei der Verfilmung, bei der Aus- und Fortbildung oder bei der allmählichen Durchsetzung der DIN/ISO-Norm 9706, nichts an ihrer Gültigkeit verloren.²⁴

Struggle against paper decay? – Mass deacidification as a means of stock conservation.

The problem of paper, produced since the middle of the 19th century, that is threatened by acidification and embrittlement is known for more than a hundred years. Modern mass deacidification technologies like the „Battelle-paper save procedure“ or the „Bückerburger conservation procedure“ nowadays do exist, which can extend the lifespan of paper even for centuries. The amount of funds for this kind of conservation are far from being sufficient. The good old microfilm, eventually combined with digitalisation, is a suitable alternative and completion for mass deacidification in order to preserve the information at least. Prophylactic means like adequate storage and wrapping of the archival material in proper magazines or the production of paper according to DIN/ISO-norm 9706 may also be a very helpful means to prolong the lifetime of files, maps and books. All these aspects have to be considered in an integrative concept of stock conservation.

²³ Rainer Hofmann, Bundesarchiv und Neschen sind Partner bei der Papierentsäuerung, in: *Der Archivar* 53 (2000), S. 137.

²⁴ Hartmut Weber, „...lasst mich auch endlich Taten sehn! Zum Abschlussbericht der Bund-Länder-Arbeitsgruppe „Papierzerfall“, in: *Zeitschrift für Bibliothekswesen* 39 (1992), S. 386-405. Dort sind auch die Empfehlungen der Bund-Länder-Arbeitsgruppe Papierzerfall abgedruckt, S. 402ff.

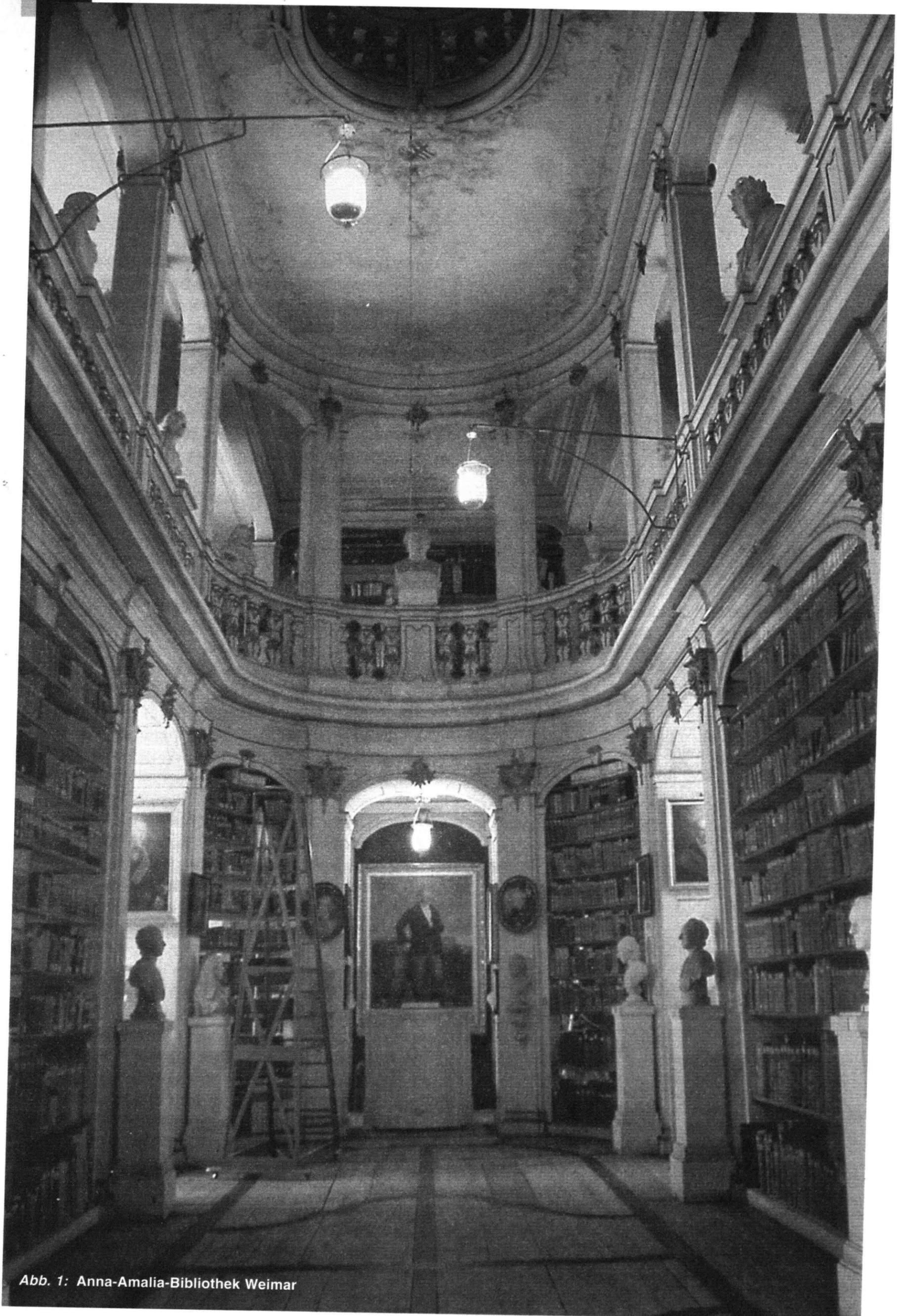


Abb. 1: Anna-Amalia-Bibliothek Weimar

Topographische statistische Schadenserhebung

Topographische statistische Schadenserhebung in den historischen Räumen der Anna-Amalia-Bibliothek in Weimar

von Robert Fuchs

Am 16. März 1756 wurde Anna Amalia von Braunschweig von ihrem Vater mit dem 18-jährigen Herzog von Sachsen-Weimar-Eisenach vermählt. Bereits im Jahr nach ihrer Hochzeit brachte Anna Amalia am 3. September 1757 den ersehnten Erbprinzen Carl August zur Welt. Noch bevor ihr zweiter Sohn Constantin am 8. September 1758 geboren wurde, verstarb nach nur zweijähriger Ehe im Mai 1758 ihr Mann Ernst August. Für ihren erst ein Jahr alten Sohn übernahm sie schon kurz darauf im Alter von 19 Jahren die Regierungsgeschäfte. Sie reformierte vor allem das Sozialwesen in dem kleinen, hochverschuldeten Staat und verbesserte durch geschickte Förderung von Wissenschaft und Kunst die wirtschaftlichen Verhältnisse. Sie holte die Dichter und Denker in die Provinz, die Weimar berühmt machen sollten. Zuerst Wieland, dann Goethe und Herder, denen später andere Geistesgrößen folgen sollten. Anna Amalia förderte als Herrscherin im Herzogtum Sachsen-Weimar-Eisenach die Kunst, brachte aber auch die Finanzen des kleinen Staates in Ordnung.

Im ehemaligen „Grünen Schösschen“ von 1565 wurde in der Zeit von 1761-1766 auf Initiative der Herzogin Anna Amalia eine Bibliothek eingerichtet. 1766 zog die frühere Bibliothek aus dem Stadtschloss in das neue Gebäude. Damit war eine öffentliche Nutzung des reichen Bestands der Bibliothek möglich. Die mehr als 300 Jahre alte Bibliothek verfügt mit dem Rokokosaal über einen der beeindruckendsten Bibliotheksräume in Deutschland (Abb. 1).

Abb. 1: Anna-Amalia-Bibliothek Weimar. Der Rokokosaal befindet sich im ersten Obergeschoss. Die Bücherregale in der Mitte des Raumes sind in Form eines Ovals angeordnet. Der Raum erstreckt sich bis in das zweite Obergeschoss, das mit einer Balustrade zum ovalen Innenraum abschließt. In der Decke ist die kleinere ovale Öffnung zum Dachgeschoss sichtbar.

Am 3. September 1775 übergab Anna Amalia die Regierungsgeschäfte an ihren volljährigen Sohn Carl August. Dieser warb schon kurz darauf Johann Wolfgang von Goethe an seinen Hof und ernannte ihn 1776 zum Geheimen Legationsrat, mit Sitz und Stimme im Ministerrat. Der Dichter war in diesem Amte außerordentlich pflichtbewusst und arbeitete zum Beispiel an Steuerfragen, beim Wege- und Wasserbau und an der Reformierung der Jenaer Universität. Besonders wichtig war sein Engagement für den Bergbau. Das verarmte Land war auf seine Bodenschätze und auf neue Arbeitsplätze angewiesen. Aber Goethe war nicht nur als Minister tätig, er leitete auch das Weimarer Komödienhaus, das spätere Hoftheater und von 1797 - 1832 erhielt er die Oberaufsicht über die Bibliothek. Er veranlasste auch, dass der Turm aus dem 15. Jh. mit der Bibliothek verbunden und mit einbezogen wurde (Abb. 2 - 4). Mit einem

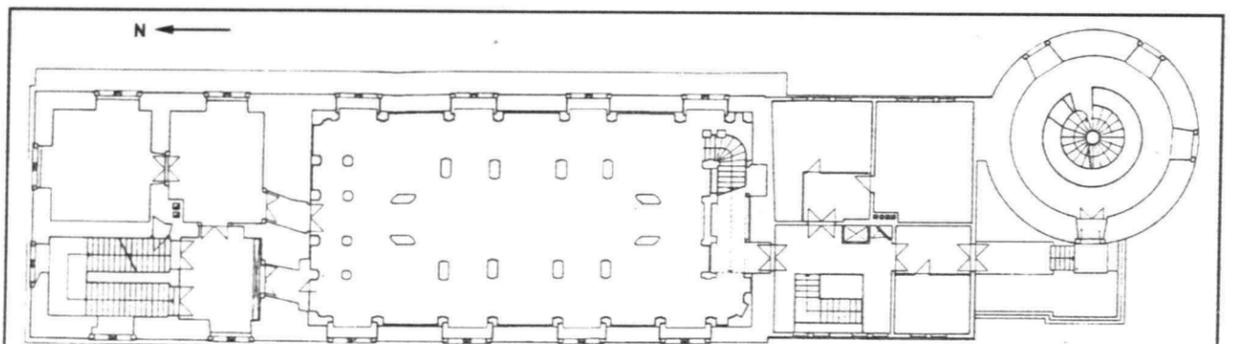


Abb. 2: Grundriss des ersten Obergeschosses. Erfasst sind auch die durch Goethe veranlassten Verbindungsbauten zum mittelalterlichen Turm rechts, der auch mit Bücherregalen versehen ist.

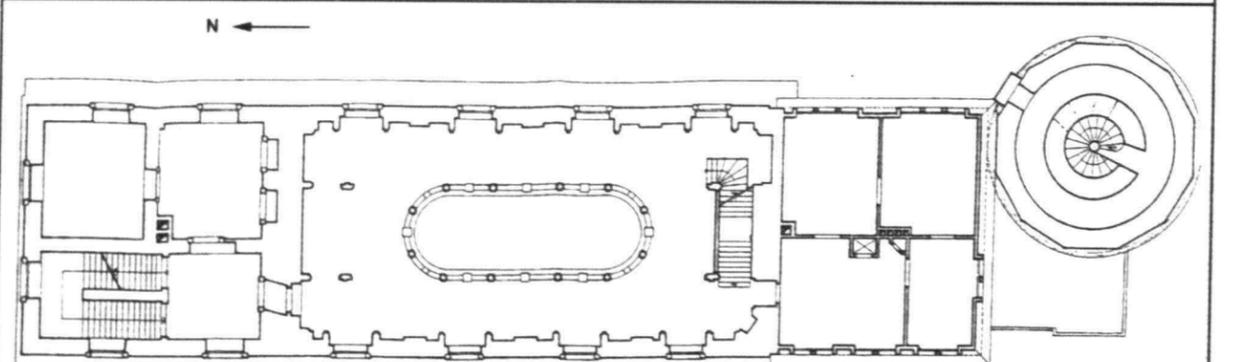


Abb. 3: Grundriss des dritten Obergeschosses

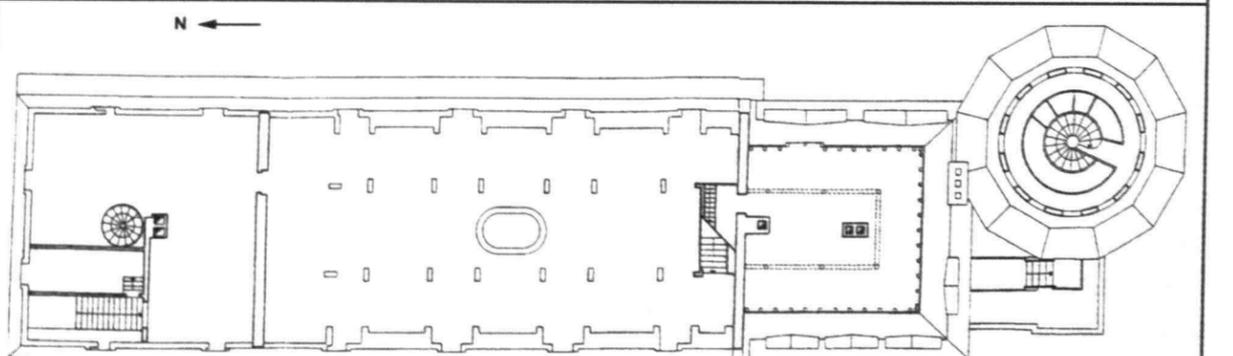


Abb. 4: Grundriss des Dachgeschosses

Buchbestand von heute insgesamt über 850.000 Bänden stellt sie eine namhafte und einmalige literarische Schatzkammer dar. Neben den Kunstgegenständen enthält sie u. a. Spezialsammlungen zur deutschen Klassik, zur thüringischen Geschichte, die Bibliothek der Deutschen Shakespeare-Gesellschaft sowie eine 20.000 Bände umfassende Faustbibliothek.

Der historische Bibliothekssaal im Stile des Rokoko beherbergt neben den etwa 90.000 Büchern auch Kunstschätze wie Büsten (Abb. 5), Gemälde, Zeichnungen und Globen und ist heute als eine der bedeutendsten Sehenswürdigkeiten der Stadt voll im Besuchsprogramm der Touristen einbegriffen. Nach der Öffnung der Mauer wurden Sanierungsprogramme für die vielen Sehenswürdigkeiten Weimars aufgestellt. Die Bibliothek mit ihren großen Schätzen steht mit im Zentrum der denkmalpflegerischen Bemühungen. Sie stellt mit ihrem historischen Bestand ein besonderes Schmuckstück nicht nur für die Stadt, sondern auch für ganz Deutschland dar. Das alte Gebäude zu sanieren ist aber eine besondere Herausforderung an die Baudenkmalpflege. Die Sanierung muss äußerst behutsam durchgeführt werden, damit nicht durch übereifrige Maßnahmen der Charakter und noch wesentlicher das in den vergangenen Jahrhunderten bewährte Klima in der alten Bauhülle so verändert wird, dass sich in der Zukunft Schädigungen durch moderne Baumaßnahmen ausbilden. Durch ein Projekt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt angeregt, wurden in den Jahren 1998/1999 in Diskussionen mit der örtlichen Baudenkmalpflege mögliche Veränderungen durch Sanierungsmaßnahmen erörtert. Es wurden in der Zwischenzeit verschiedene Klimamessungen (Deutsche Zentrum für Handwerk, Fulda) durchgeführt und angeregt durch unsere Ergebnisse auch weitere Messungen (Dichtigkeit des Baukörpers, Windmessungen) veranlasst.

Das Gebäude besteht aus einer Steinhülle, auf die ein großes hölzernes Walmdach aufgebracht wurde. Die Bibliothek beginnt erst im 1. Obergeschoss mit dem Rokokosaal (Abb. 1, 2), der sich in seiner Mitte bis in das 2. Obergeschoss (Abb. 3) erstreckt. Darüber befindet sich das Dachgeschoss, das über eine kleine ovale Öffnung mit dem Barocksaal verbunden ist

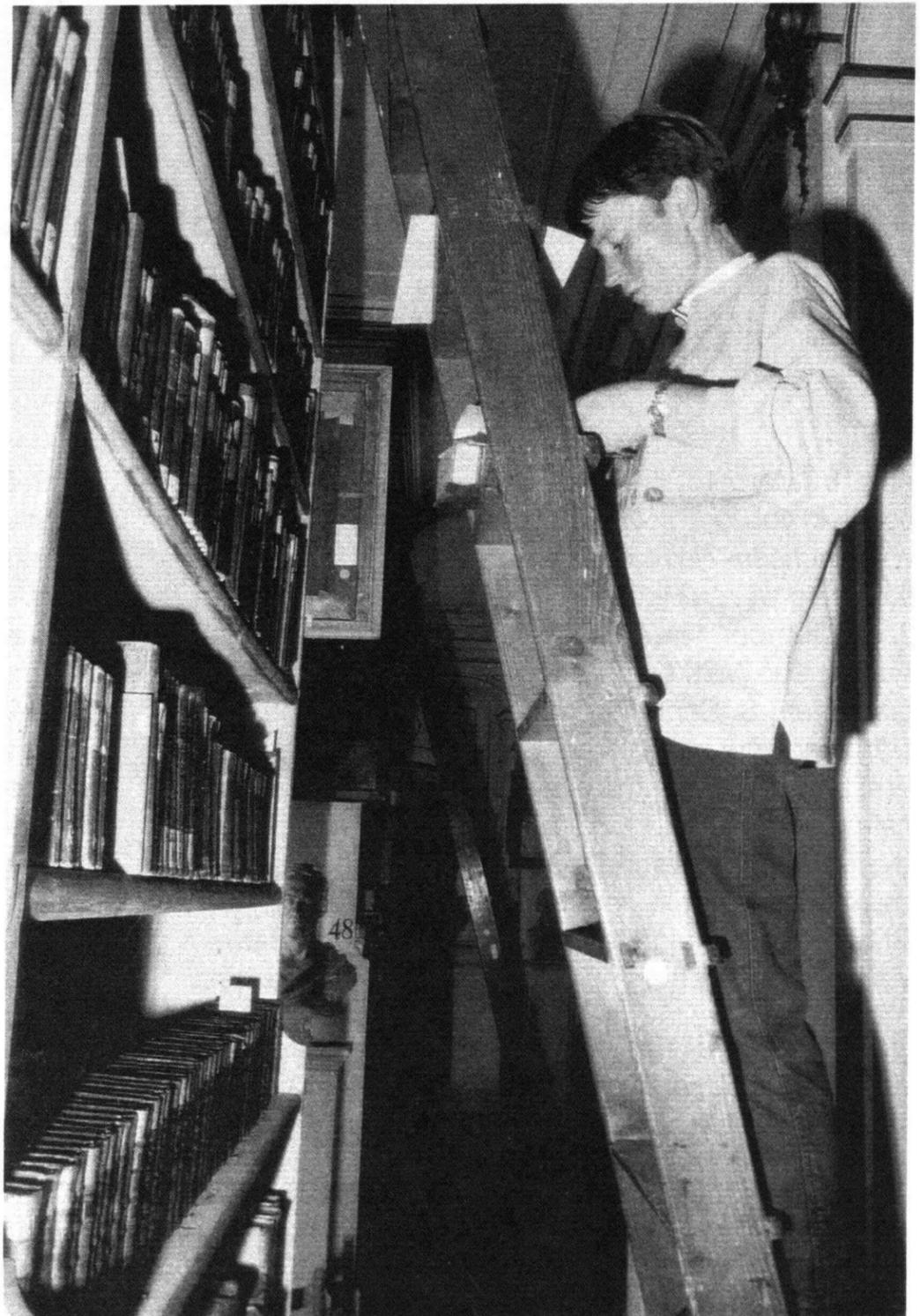


Abb. 5: Studenten der Fachhochschule Köln bei der stratigraphischen Erfassung der Buchschäden im Rokokosaal

(Abb. 4). Es ist von unten nicht einsehbar und im Laufe der Zeit mit vielen Regalen zugestellt worden. Direkt unter dem Dach befindet sich noch der Dachboden, der jedoch nicht isoliert ist. Hier wurden nach der Wiedervereinigung viele Kisten mit Büchern aus wohl enteignetem privaten Besitz gefunden, ungeschützt der Witterung und den Tauben preisgegeben. Hier schlummerten manche nicht gehobenen Schätze, die inzwischen wissenschaftlich erfasst und katalogisiert werden konnten.

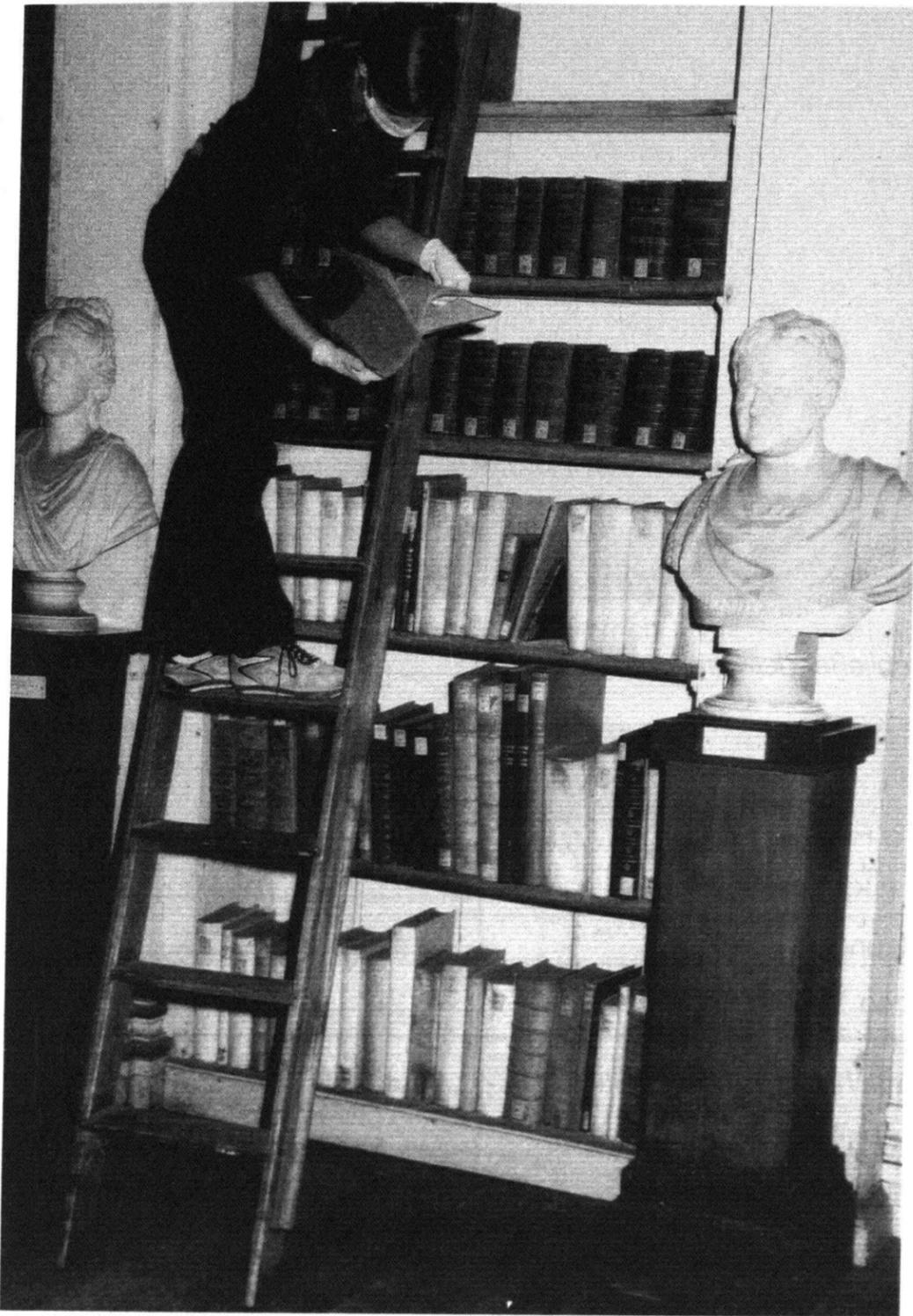


Abb. 6: Topographische Schadenserfassung durch Mitglieder der Studienrichtung Restaurierung und Konservierung von Schriftgut, Graphik und Buchmalerei der Fachhochschule Köln.

Topographische Erfassung von Schäden in den Büchern der Bibliothek

Durch die langjährige Beschäftigung mit den Schädigungen und der Restaurierung von Büchern kam uns die Idee, dass der Einfluss des Klimas in der Bibliothek auch in den Büchern selbst gespeichert sein muss. Die Aufstellung der Bücher ist im historischen Raum seit etwa 1830 bis heute im wesentlichen unverändert. Die klimatisch bedingte Veränderungen der letzten zwei Jahrhunderte sind im Buch enthalten und in Form verschiedener Schädigungen gespeichert.

Papier, d. h. Cellulose, ist ein guter Speicher für alle möglichen klimatischen Einflüsse. Jedesmal, wenn in der Bibliothek die relative Feuchtigkeit ansteigt, wird sie von der Cellulose als steigende Objektfeuchte aufgenommen. Daher ist normalerweise in Bibliotheken mit vielen Büchern pro Raumvolumen die Feuchtigkeit relativ konstant. Das Papiermaterial wirkt quasi als Feuchtepuffer. Die ansteigende und

abfallende Objektfeuchte kann jedoch auch verschiedene Schäden hervorrufen. Das Papier wird wellig, der Einband verzieht sich, die im Papier enthaltenen Schadstoffe werden transportiert, die Korrosion wird erleichtert. Diese Schäden könnten statistisch erfasst werden, indem man sie in Listen protokolliert.

Selbstverständlich sind die Schäden im Buch auch vom jeweilig verwendeten Material abhängig. Doch da die Bücher in den Regalen nicht nach Materialien angeordnet sind – sie sind eher zufällig verteilt – sind statistische Ermittlungen genau genug, damit eine Auswertung erfolgen kann. Die Ansammlungen von Schäden an klimatisch ungünstigen Orten der Bibliothek sollten somit räumlich zu erfassen sein. Für eine gute Statistik müssen allerdings möglichst viele Bücher aufgenommen werden. Dies kann sehr gut mit Hilfe einer Gruppe von Studenten erfolgen. Die kleine eingetübte Gruppe kann in relativ kurzer Zeit die nach bestimmten

Gesichtspunkten aufgestellten Fragebögen eine Schadenserhebung durchführen.

In Abstimmung mit der Stiftung Weimarer Klassik (R. Frebel) und der Leitung der Bibliothek (Dr. Michael Knoche, Dr. Jürgen Weber) wurde zuerst am 10. Mai 1999 (1 Tag) in den historischen Räumen der Anna-Amalia-Bibliothek in Weimar eine statistische Schadenserhebung durchgeführt. Eine Gruppe von 15 Personen (zwölf Studenten und drei Begleitpersonen) arbeitete einen Tag lang an verschiedenen Regalen. Die Untersuchung sollte zuerst zeigen, ob anhand der Schäden in den Büchern die Klimaeinflüsse der letzten 200 Jahre ablesbar sind und ob sich an verschiedenen Stellen des Bibliotheksgebäudes unterschiedliche Klimaschädigungen manifestieren. Über die topographische Verteilung von bspw. Feuchteschäden müssten Schäden in der Bauhülle oder schlechte Klimatisierungen in Ecken zu erfassen sein. Nachdem dies positiv verlaufen war, wurde die Schadensaufnahme an anderen Regalen am 19. Mai bis 23. Mai 2000 (3 Tage) mit einer kleineren Gruppe (zehn Personen) erneut durchgeführt. Es sollte nun getestet werden, ob auch in den anderen Geschossen unterschiedliche Schäden auftreten und ob sie vielleicht sogar über die Stockwerke hinweg von einander abhängig sind.

Die Fragebögen

An die Studenten wurden Listen vergeben, die nach folgenden Gesichtspunkten gegliedert waren (nebenstehende Tabelle):

In den Formularen wurden für die einzelnen Regale, teilweise sogar für einzelne Regalbretter, Strichlisten geführt, die anschließend ausgewertet werden konnten. Für die Erhebung war zunächst nur wichtig, die durch Klima hervorgerufenen Schäden aufzunehmen. Dazu wurden die Schadensfälle in drei Kategorien eingeteilt: starke, mittlere und geringe Schäden. Die dazu gestellten Fragen waren: Ist der Schaden so groß, dass das Buch möglichst bald restauriert werden sollte; ist er so, dass die Restaurierung noch warten kann und liegt nur eine leichte Beschädigung vor, die das Buch nicht gefährdet.

Um dem Restaurator bei der Behebung der Schäden behilflich zu sein, wurden in die restaurierungsbedürftigen Bücher Papierstreifen unterschiedlicher Färbung (olivfarben = starker Schaden, grau = mittlerer Streifen) eingelegt. Nach der ersten Kampagne wurden auch die Streifen noch weiter gekennzeichnet: ist die obere Kante schräg abgeschnitten oder abgerissen, bezieht sich der Schaden auf den Buchblock; für Schäden am Einband wurde die obere Kante gerade gelassen. Für eine spätere Auswertung wurden die Schäden in den Fragebögen detaillierter erfasst und nach Schimmel, mechanischen Schäden, Verwerfungen und Stock-

	Standort / Regal Anzahl der Bücher (Strichliste)
Einband <i>(gerade abschließender Streifen)</i> – Säureschaden – Schimmel – gebrochene Rücken / Fälze – abgerissene Kapitale – Verschmutzungen – Lichtschaden	
Buchblock <i>(schräg gerissener Streifen)</i> – Schimmel (Wasserschaden) – mechanische Schäden – Wellungen / Verwerfungen – Stockflecken	
Schwere Schäden <i>(olivfarb. Streifen)</i> (nicht mehr benutzbar, möglichst bald restaurieren)	
Mittlere Schäden <i>(graue Streifen)</i> (Restaurierung kann noch warten)	
Geringe Schäden (Buch ist nicht gefährdet)	
Zusätzliche Bemerkungen <i>(in Worten)</i> Bspw. Bleiweißverschwärzung	

flecken untergruppiert. Dazu kommen noch die Licht- und Säureschäden und Schäden an der Einbandmechanik.

Da es sich um einen völlig neuartige Schadenserhebung handelt, wurde 1999 vor Ort entschieden, dass zuerst einmal die Schäden in den Fensterischen erfasst werden sollten. Dort wurden Lichtschäden beobachtet und erwartet, dass durch die

Sonneneinstrahlung weitere besonders starke Schäden verursacht wurden. Diese Ergebnisse sollten mit einigen Raumregalen verglichen werden, die nicht dem direkten Licht ausgesetzt waren. Bei der ersten Erfassung wurden 3759 Bücher aufgenommen. Bei

der zweiten Kampagne im Jahre 2000 wurde vor allem Regale im Dachgeschoss und im 2. Obergeschoss erfasst. Inzwischen sind die Klimaschäden von insgesamt 12.092 Büchern erfasst. In der Auswertung verteilen sich die Schäden folgendermaßen:

Regalnummer	Schäden		
	stark	mittel	gering
R1(innen) drittoberster Boden	1	24	48
R1(innen) 5.Boden v. oben	0	6	75
R1(innen) 2. Boden v. unten	1	9	42
R1 gesamt	2	39	165
R3 4 Böden	4	27	127
R4 14 Böden	13	86	596
R8	2	12	376
R10b oben	1	13	75
R10b Mitte	0	4	46
R10b unten	0	8	28
R10b gesamt	1	25	149
R13/14	4	21	204
R17 unten	10	40	129
R17 oben links	4	17	77
R17 gesamt	14	57	206
R18 links	5	11	639
R18 rechts	0	1	703
R18 gesamt	5	16	1342
R21 1. + 2. Boden	3	9	77
R21 3. Boden	0	0	55
R21 4. Boden	2	4	31
R21 5. Boden	0	0	45
R21 6. + 7. Boden	0	1	95
R21 gesamt	5	13	303
R28 unterster + zweitunterster Boden	0	7	75
R30 unterster Boden	0	11	33
R30 2. unterster Boden	0	20	35
R30 3. unterster Boden	0	6	61
R30 4. unterster Boden	0	1	52
R30 5. unterster Boden	0	1	45
R30 6. unterster Boden	0	20	39
R30 7. unterster Boden	0	9	25

Auswertung der Fragebögen

Bei der Auswertung fiel auf, dass weniger Schäden vorlagen als von uns zuerst vermutet. Es waren kaum Schimmelschäden oder Stockflecken zu finden. Dies weist auf einen gut durchlüfteten Raum hin. Auch die Bücher in den Fensterregalen waren nicht so stark geschädigt, wie vermutet. Sicherlich sind dort stärkere Lichtschäden auszumachen, die wohl auf die in der wechselhaften Vergangenheit manchmal fehlenden Vorhänge zurückzuführen sind. Doch die klimatisch bedingten Schäden hielten sich in Grenzen. Ein Vergleich mit der Erhebung in der Bibliothek der Franckeschen Stiftungen in Halle zeigt, dass dort weitaus mehr Klimaschäden zu finden sind.¹

Topographische Schadensverteilung

Jeder historische Raum befindet sich durch die Nutzung und das natürliche Klima in einem Gleichgewicht, das weitestgehend durch die Fenster und die verwendeten Bauma-

¹ Auch in Halle wurde eine statistisch topographische Erhebung durchgeführt. Sie wird in diesem Jahr in RESTAURO veröffentlicht

Regalnummer	Schäden		
	stark	mittel	gering
R30 8. unterster Boden	0	10	65
R30 9. unterster Boden	0	7	102
R30 gesamt	0	85	457
R36 vollständig	33	60	1314
R37 vollständig	4	20	566
R42 Süd	0	8	444
R42 unterer Boden	0	2	39
R42 2. Boden v. unten	0	1	61
R42 5. + 6. Boden v. unten	0	5	105
R42 3: + 4: Boden v. unten	1	4	102
R42 7. + 8. Boden v. unten	0	3	113
R42 gesamt	1	23	864
R50 1.+2. Boden v. unten	0	0	40
R50 3.+4. Boden v. unten	0	1	87
R50 5. + 6. Boden v. unten	0	0	96
R50 7. + 8. Boden v. unten	0	3	113
R50 unterster + zweitunterster Boden	0	0	40
R50 3. + 4. Boden	0	1	87
R50 5. + 6. Boden	0	0	96
R50 7. Boden	0	4	52
R50 links	0	0	331
R50 gesamt	0	9	942
R55 17 Böden	31	111	644
R56 11 Böden	16	25	1149
R64 rechts	3	21	359
R64 links	0	22	357
R64 gesamt	3	43	716
R67 oberster Boden	0	1	33
R67 Mitte (5.v.oben)	0	2	43
R67 Mitte(5.v.unten)	4	10	54
R67 unterer Boden	3	12	25
R67 zusammen	7	25	155
R70	0	10	36
R76	40	116	482
R77	7	29	471
Fensterische EE	15	46	351
Fensterische F2	29	47	227
Fensterische F5	2	17	229
Fensterische F7 links	3	4	65
Fensterische F7 unter Fensterbank	1	2	16
Fensterische F7 gesamt	4	6	81
Fensterische T	23	46	95
Fensterische V	10	25	263
Fensterische X	3	13	169
Gesamtmenge	239	1061	12313

Tab. I:

Ausgewertete Fragebögen aufgelistet nach den Schadens-kategorien: „stark“, „mittel“ und „schwach geschädigt“. Bei der Erfassung ganzer Regale wurde bei der zweiten Kampagne noch einmal in die verschiedenen Regalböden unterteilt. Beim Zeichnen der topographischen Karten (Abb. 7-9) wurden die einzelnen Werte jedoch pro Regal zusammengefasst. Sie sind in der Tabelle fett hervorgehoben.

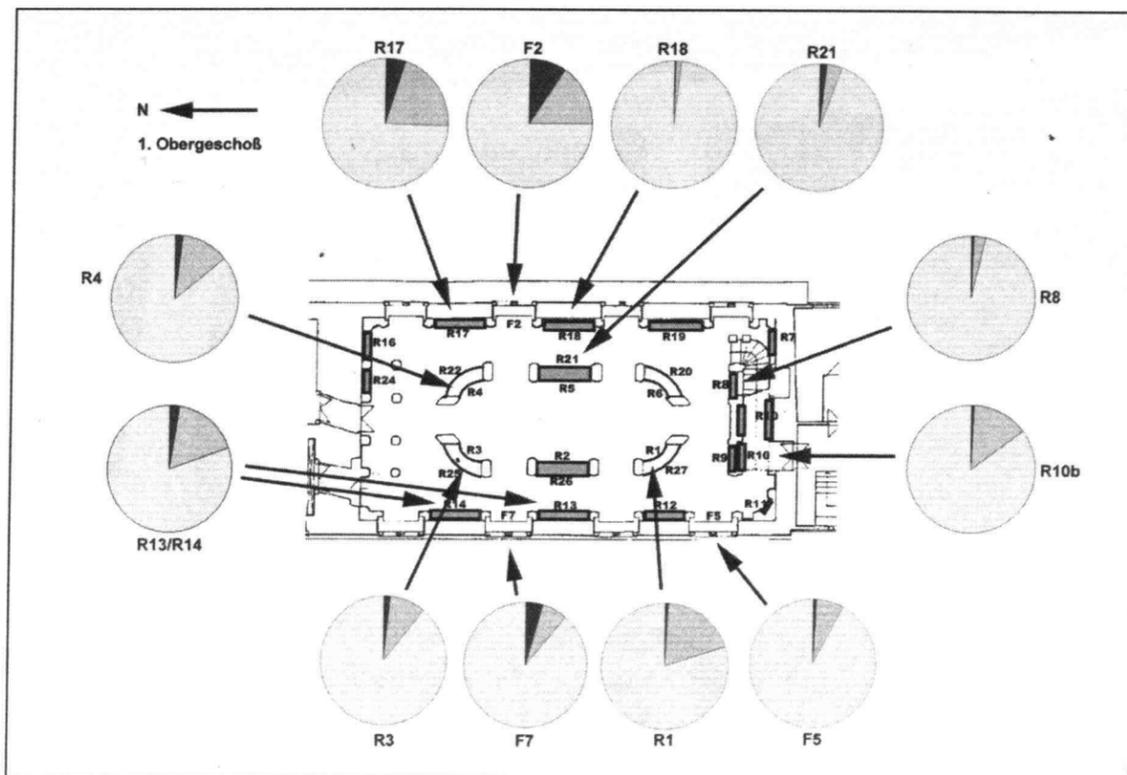


Abb. 7: Topografische Karte der Verteilung der Schäden im ersten Obergeschoß. Der Anteil der starken Klimaschäden ist dunkel, die mittelstarken Schäden grau und die leichten Schäden hell wiedergegeben.

terialien vorgegeben wird. Wenn der Raum, wie in Weimar, zudem nicht heizbar ist, bestimmt die Beschaffenheit der Fenster und Türen, sowie die gegebenen Undichtigkeiten am Baukörper den Klimagradienten im Gebäude. Die natürlichen Lüftungsmöglichkeiten lassen feuchte und trockene Luft eindringen und wieder austreten. Die Erfassung der in den Büchern gespeicherten Klimaschäden sollte eine topographische (örtliche Verteilung in der Ebene, also horizontal), sowie stratigraphische (örtliche Verteilung in die Höhe, also vertikal) Analyse der Bauschäden ermöglichen. Daher wird zuerst die Verteilung der starken und mittleren Schäden in den verschiedenen Stockwerken dargestellt. Anschließend werden die beobachteten Phänomene interpretiert.

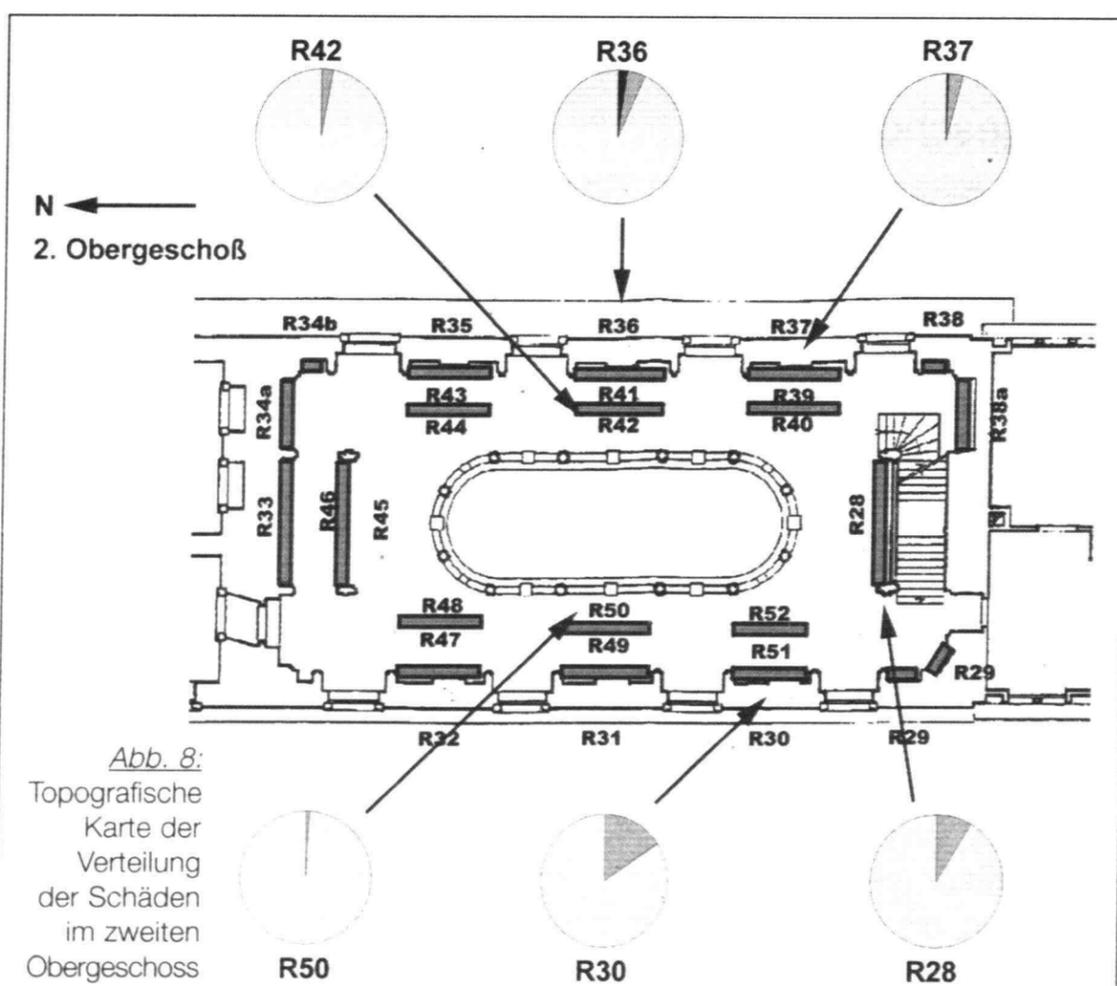


Abb. 8: Topografische Karte der Verteilung der Schäden im zweiten Obergeschoß

Schäden im ersten Obergeschoß

Zuerst fällt auf, dass im ersten Obergeschoß relativ wenig starke Schäden zu finden sind. Die Schäden in den Fensternischen F2, F5 und F7 sind auffällig stärker, als in den übrigen Regalen. Die Bücher der Wandregale zwischen den Fensternischen R13, R14, R17, R18 sind ebenfalls stärker geschädigt, als die im Raum aufgestellten Regale R1, R3, R4, R8, R10b, R21. Dennoch ist ein deutliches Gefälle zwischen Osten und Westen zu beobachten. Die Regale R17, F2 zeigen mehr starke und mittlerer Schäden, als die Regale R13,

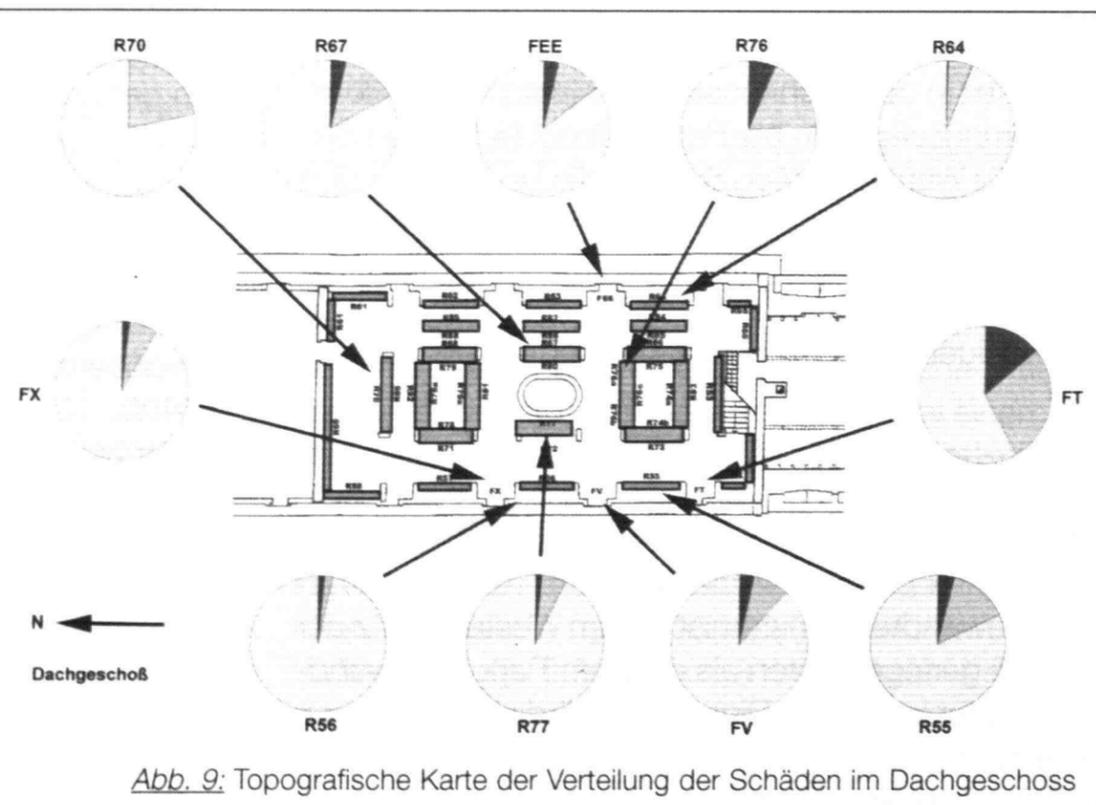


Abb. 9: Topografische Karte der Verteilung der Schäden im Dachgeschoß

Abb. 10:
Bleiweißverschwärzungen
im Buchspiegel,
hervorgerufen durch
Kondenswasserbildung

R14, F5, F7. In vertikaler Richtung sind die oberen Regale stärker geschädigt, als die unteren (Tab. I).

Schäden im zweiten Obergeschoss

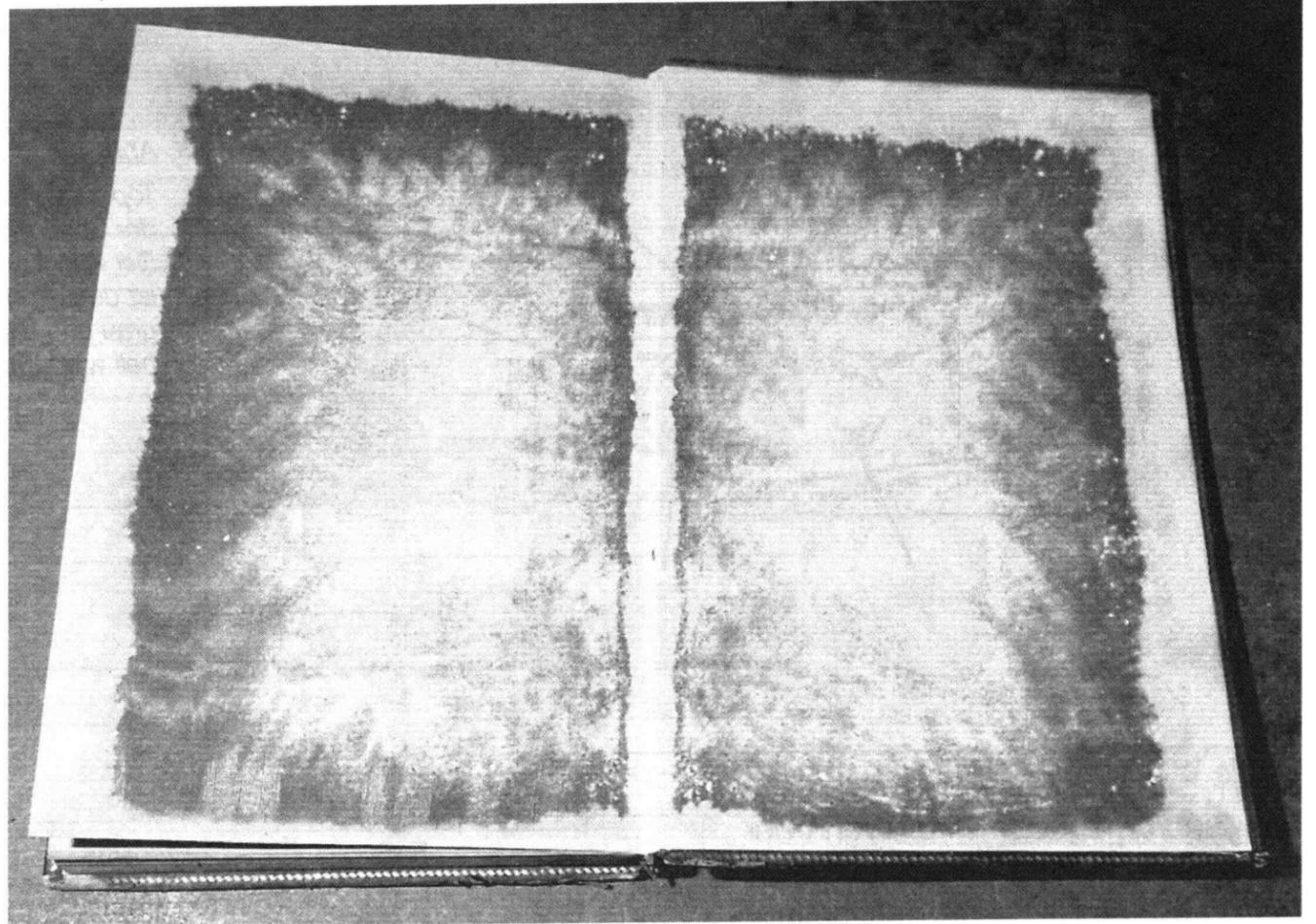
An den Büchern im zweiten Obergeschoss sind ebenfalls die auf der Ostseite R36, R37 stärker als die auf der Westseite R30 geschädigt. Die Bücher in den Regalen im Innern des Raumes R28, R42, R50 zeigen keine starken Schäden. Die vertikale Schadensverteilung ist nicht signifikant unterschiedlich. Dies liegt in diesem Stockwerk an den teilweise häufig reparierten und restaurierten Bänden. Daher wurde auch auf eine umfassendere statistische Untersuchung verzichtet.

Schäden im Dachgeschoss

Die Schäden der Fensterregale FEE, FT, FV, FX sind gravierender als die der äußeren Wandregale R55, R56, R64. Wieder sind die Bücher im östlichen Bereich stärker geschädigt, als im Westen. Aber auch diejenigen, die sich in den im Rauminnern aufgestellten Regale R67, R70, R76, R77 befinden weisen starke Schäden auf. Auffällig ist der Bereich der Fensterische FT. Nach optischer Kontrolle wurde eine Undichtigkeit in der Dachkonstruktion festgestellt. Kleine Wasserrinnsale liefen bei Regen direkt hinter den Büchern die Wand hinunter. Sie sind die Ursache für den starken Schaden im Innern der Bücher. Die vertikale Schadensverteilung ist hier der im ersten Obergeschoss entgegengesetzt: die oberen Regalböden weisen weniger Schäden als die unteren auf (R67).

Auswertung der Verteilung der Klimaschäden

Überraschend war, dass die Schäden in den dem Wetter zugewandten Fensterischen im Westen (Platz der Freiheit) geringer waren als die dem Park zugewandten Fenster im Osten. Dies muss mit den besonderen klimatischen Bedingung der Bibliothek in Weimar zusammenhängen. Eine beständige horizontale und



vertikale Querlüftung muss hier eine Rolle spielen. Die stärkeren Schäden auf der Wetterseite (Westen) sind nur in den Regalen unmittelbar unter den Fenstern zu finden. Dort beweisen Wasserlaufspuren auf der Wand, dass Schlagregen direkt durch die undichten Fenster hinter die Bücher eindringen kann. Die Regale in den Fensterwangen links und rechts scheinen jedoch so gut belüftet zu sein, dass die eindringende Feuchtigkeit sofort wegtransportiert wird. Es konnten nur wenige gravierenden Feuchteschäden beobachtet werden. Der Anteil des feuchteren Parkklimas, das sich durch die Bäume in unmittelbarer Nachbarschaft länger hält, bewirkt jedoch auf Dauer einen stärkeren Einfluss der Feuchtigkeit auf der Ostseite.

Die oberen Geschosse zeigen eine stärkere Schädigung als das erste Obergeschoss. Die Wärme kann vertikal zirkulieren, und durch die Wärmekonvektion ist es im zweiten Obergeschoss und vor allem im Dachgeschoss wärmer als im ersten Obergeschoss. Daher sind wohl auch die oberen Regale im Dachgeschoss weniger durch Feuchte geschädigt als die in der untersten Bibliotheksetage.

Lokale Bildung einer Bleiweißverschwärzung

In einigen speziell gefertigten Büchern sind Bleiweißverschwärzungen im Spiegel zu beobachten (Abb. 10). Hier hat sich auf der mit Schellack oder Wachs glänzend gemachten weißen Papieroberfläche der Spiegel durch den Einfluss von Feuchtigkeit Kondenswasser gebildet. Nur bei ausreichender Feuchte kann das weiße Pigment Bleiweiß in der Papierbeschichtung der Spiegel mit dem Wasserstoffsulfid der Umweltschadgase zu schwarzem Bleisulfid reagieren. Diese Verschwärzung hat sich auch in Büchern gebildet, die in Regalen im Rauminnern stehen. Dort sollte sich eigentlich durch die gute Luft-

zirkulation kein Mikroklima bilden. Doch die wasserabweisende Lackierung der Spiegelpapiere hat in dem kleinen Spalt der sich gegenüberliegenden Spiegel zu vorübergehender Kondenswasserbildung geführt. Sie ist an der merkwürdigen Verteilung der Verschwärzung gut zu erkennen. Die Bildung eines Mikroklimas an bestimmten Stellen in den Regalen muss durch Messungen direkt in Büchern untersucht werden.

Überlegungen zur zukünftigen Klimatisierung des Bibliothekraumes

Bevor die vorgenannten Erkenntnisse in ein Modell für die zukünftige Klimatisierung oder für bauliche Veränderung des historischen Gebäudes führen kann, sind weitere Klimamessungen erforderlich. Die Querlüftung des Gebäudes in horizontaler und vertikaler Richtung scheint in der Vergangenheit eine große Rolle bei der Vermeidung größerer Schäden gespielt zu haben. Es muss daher unbedingt versucht werden, die natürliche Luftströmung an verschiedenen Orten im Gebäude zu erfassen. Auch muss untersucht werden, wie sich diese Luftzirkulation in den Buchreihen im Regal auswirken. Zudem sollte die Dichtigkeit des Gebäudes geprüft werden.

Die statistisch erhobene horizontale und vertikale Stratigraphie der Schäden in den Büchern muss nun in Beziehung mit möglichen Luftbewegungen gesetzt werden. Schäden in Regalen, die sich in der Durchluft oder im Windschatten in der Bibliothek befinden, sollen miteinander verglichen werden. An verschiedenen Stellen werden im Raum Windmessungen durchgeführt. Ihr Standort ist durch die ausgeführte Schadenskartierung relativ genau bestimmbar. Luftzirkulation und Dichtigkeit wird zur Zeit von Mitgliedern des Handwerkszentrums Fulda (besonders durch Wulf Eckermann) gemessen. Ihre Ergebnisse werden bei der anstehenden Sanierung berücksichtigt werden müssen.

Mit Hilfe von „Messbüchern“, in die Feuchtesensoren eingebracht werden, soll zudem ermittelt werden, von welcher Seite die Feuchtigkeit in das Buch einwandert. Die Sensoren sollen die Feuchtebewegungen im Buch und in einem bestimmten Regal nachvollziehbar machen. Es sollen die Fragen geklärt werden: Kommt die Raumfeuchtigkeit eher durch den vorderen oder oberen Schnitt oder durch den Rücken in das Buch?

Feuchteaufnahme durch Bücher

Eine wichtige Rolle bei der Ausbildung des Raumklimas in einer Bibliothek spielt die Feuchteaufnahme der Bücher in den Regalen. Die Bücher selbst wirken wie ein Puffer für äußere Feuchteschwankungen. Daher wurden erste Untersuchungen zur Feuchteaufnahme verschiedener Büchern aus unterschiedlichen Papiersorten gemacht. Dazu wurden Bücher in einer Klimakammer jeweils ein Tag bei gleichbleibender Temperatur (21° C) unterschiedlichen Feuchtigkeiten ausgesetzt und gewogen. Die Wasseraufnahme konnte so mit einer Analysenwaage gravimetrisch bestimmt werden:

Folgende vier Bücher wurden dazu herangezogen:

Goethe: Goethes Werke, 50. Band, Hermann Böhlaus Nachfolger Weimar 1900. Halbleinenband. Der Buchblock besteht aus sauerem Holzschliffpapier.

Heine: Fritz H. Eisner (Hrsg.), Heinrich Heine: Briefe 1850-1856, Bd. 23, Akademie Verlag Berlin 1972. Ganzleinenband. Der Buchblock besteht aus schwach gestrichenem holzhaltigem Papier. Es ist schwach sauer.

Altertum: Hugo Muik: Kunst und Leben im Altertum, F. Tempsky, Wien 1909. Ganzleinenband. Der Buchblock ist aus Kunstdruckpapier gefertigt.

Wald: Pavol Dobšinský, Der verwunschene Wald, Werner Dausien Verlag, Hanau 1976. Pappband mit Schutzfolie. Das Buch ist auf dichtes schwach saures Holzschliffpapier gedruckt.

Die Untersuchung ergibt, dass stark saures Holzschliffhaltiges Papier am meisten Wasser aufnehmen kann; stark geleimtes oder gestrichenes Kunstdruckpapier nur etwa die Hälfte. Geht man in einem Bereich von Feuchteschwankungen zwischen 20-70% rF aus, dann stellt sich eine durchschnittliche Wasseraufnahme von 8,275g Wasser heraus. Bei einem Bestand von 90.000 Büchern im Rokkosaal werden demnach 744.750 g = 744,75 kg Wasser aufgenommen und wieder abgeben. In einem Schwankungsbereich von 20-90% rF und bei einer durchschnittlichen Aufnahme von 26,3625 g würden sogar 2372,625 kg (= 2,3 t oder 2,3 m³) Wasser in den Büchern gespeichert werden. Das Papier der Bücher in der Anna-Amalia-Bibliothek kann demnach eine beträchtliche Menge Wasser aufnehmen und wieder

RF [%]	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	Delta zwischen 20-90% [g]	Delta Zuwachs um %	Delta zwischen 20-70% [g]
<i>Goethe</i>	1118,85	1118,75	1119,10	1121,45	1126,30	1130,00	1136,30	1151,95	33,1	2,6	11,15
<i>Heine</i>	1156,65	1156,45	1156,65	1158,35	1162,00	1165,00	1170,05	1185,50	28,85	2,5	8,35
<i>Altertum</i>	1103,80	1103,70	1103,90	1106,00	1109,55	1113,25	1117,95	1131,45	27,65	2,5	9,45
<i>Wald</i>	990,45	990,25	990,25	991,00	993,00	994,60	996,90	1006,30	15,85	1,6	4,15

Tab. II: Feuchteaufnahme verschiedener Bücher bei vorgegebenem Klima (21° C)

abgeben, was zu einem relativ konstanten Klima führt. Dazu kommt eine beständige Querlüftung, die verhindert, dass sich z. B. Schimmelflecken bilden können. Nur an Stellen, an denen sich durch ein Mikroklima Kondenswasser bilden kann kommt es zum Schimmelbefall bzw. manchmal zur Bleiweißverschwärzung.

Zusammenfassung

Die statistische stratigrafische bzw. topografische Erfassung von Schäden in Büchern einer Bibliothek ist

in Weimar zum ersten Mal angewendet worden. Aus den statistisch erfassten Klimaschäden konnten Rückschlüsse auf Schäden und Klima im Gebäude gezogen werden. Aus diesen Erkenntnissen wurden Vorgaben für eine zukünftige Klimatisierung des sanierten historischen Gebäudes ermittelt. Diese mussten erfolgen, bevor der Neubau begonnen wird, der die beiden historischen Gebäuden (Bibliothek und altes Schloss) verbinden soll. Das Klima der historischen Bibliothek darf auch nicht durch eine evtl. andere Klimatisierung der unterirdischen Verbindung zusätzlich belastet werden.

Aus der Apotheke in die Restaurierungswerkstatt

Aus der Apotheke in die Restaurierungswerkstatt

Plädoyer für die Erforschung des Einsatzes pharmazeutisch genutzter Antimykotika zur Bekämpfung papierrelevanter Schimmelpilze am Beispiel von Clotrimazol

von Johannes Kistenich

Einführung

Auch mehr als 80 Jahre, nachdem Pierre Sée 1917 die Beteiligung von Schimmelpilzen an der Papierzerstörung aufdeckte¹, bildet das Thema „Schimmel“ einen zentralen Gegenstand konservatorischer wie restauratorischer Forschung und Praxis im Rahmen der Erhaltung² von Archiv- und Bibliotheksgut als „Langzeitsicherung des intellektuellen Erbes“³.

Zwei Arten der Objektschädigung von Kulturgütern in einem umfassenderen Sinne durch Schimmelpilze sind hierbei zu unterscheiden: Die Zersetzung organischer Materialien und deren Anfärbung.

¹ Kerner-Gang, Waltraut: Maßnahmen zur Bekämpfung von Mikroorganismen an Archivalien. Ein Bericht über Untersuchungen aus der Fachgruppe 5.1 „Biologische Materialprüfung“ der Bundesanstalt für Materialprüfung Berlin-Dahlem [maschschr. o.D., o.J. ca. 1976] S. 2. Bei der exogenen Schädigung von Papier durch Schimmelpilze handelt es sich um Biodeterioration (unerwünschte Äußerungen der Eigenschaften eines Materials, die durch die Lebensfähigkeit von Organismen hervorgerufen werden); Reiss, Jürgen: Schimmelpilze: Lebensweise, Nutzen, Schaden, Bekämpfung, Berlin u.a. 1986, S. 155. Zur Zersetzung von Cellulose durch Schimmelpilze vgl. ebd. S. 155-161, hier v.a. S. 158f.

² Zum Stellenwert der Bestandserhaltung in der aktuellen archivwissenschaftlichen Diskussion (in Auswahl): Brinkhus, Gerd/Weber, Hartmut: Bestandserhaltung – eine Herausforderung unserer Zeit. Ein Programm des Landes Baden-Württemberg zur Erhaltung von Archiv- und Bibliotheksgut. In: Der Archivar 42 (1989) Sp. 373-388. Weber, Hartmut: Integrative Bestandserhaltung von Archiv- und Bibliotheksgut. In: Der Archivar 44 (1991) Sp. 77-83. Empfehlungen zur Restaurierung und Konservierung von Archiv- und Bibliotheksgut. Blaubeurer Empfehlungen, mit einer Einleitung von Weber, Hartmut/Brinkhus, Gerd. In: Der Archivar 44 (1991) Sp. 557-568. Archivtag in Dresden. Sektion IV: Papierzerfall als Bedrohung der historischen Überlieferung. In: Der Archivar 48 (1995) Sp. 97-112 (u.a. mit Beiträgen zum Battelle- und zum Bückeburger Verfahren zur Massenentsäuerung). Weber, Hartmut (Hg.): Bestandserhaltung. Herausforderung und Chancen (Veröffentlichungen der staatlichen Archivverwaltung Baden-Württemberg 47) Stuttgart 1997. Die Erhaltung und Instandsetzung des Archivguts gehört zu den konstituierenden und gesetzlich fixierten Grundsätzen archivischen Arbeitens; vgl. exemplarisch das Gesetz über die Sicherung und Nutzung öffentlichen Archivguts im Lande Nordrhein-Westfalen (Archivgesetz Nordrhein-Westfalen): „Die staatlichen Archive haben die Aufgabe, Unterlagen von Behörden und Gerichten und sonstigen Stellen des Landes auf ihre Archivwürdigkeit hin zu werten und die als archivwürdig erkannten Teile des Archivguts zu übernehmen, zu verwahren und zu ergänzen, zu erhalten und instand zu setzen, zu erschließen und für die Benutzung bereitzustellen, sowie zu erforschen und zu veröffentlichen“ (§1 Abs. 1); Gesetzes- und Verordnungsblatt für das Land Nordrhein-Westfalen – Nr. 26 vom 13. Juni 1989, S. 302-304, hier S. 302. Zur Papierrestaurierung und -konservierung (in Auswahl): Zeisler, P./Hamm, U./Göttsching, L.: Sicherung und Zerfall bedrohten Schriftgutes in Archiven und Bibliotheken, Teil I: Untersuchungen zum Zustand von Papier in Archiven und Bibliotheken, Darmstadt 1991. Hendriks, Klaus B.: Der endogene Zerfall von Archiv-

gut – ein zwangsläufiges Phänomen? In: Weber, Bestandserhaltung (1997, wie zuvor) S. 21-44. Hofenk de Graaff, Judith H.: Waves of Knowledge: Trends in der Papierrestaurierung. In: Papier-Restaurierung. Mitteilungen des IADA 1 (2000), Nr. 1, S. 2-5, zu Schimmel vgl. S. 4. Zum Papierrestaurierungs- und Papierkonservierungsbedarf in den Archiven des Landes Nordrhein-Westfalen vgl. Kießling, Rickmer: Massenkonservierung und Massenrestaurierung bei Papierzerfall. Erhebungen und Ergebnisse einer Arbeitsgruppe des Westfälischen Archivamtes, der staatlichen Archivverwaltung des Landes Nordrhein-Westfalen und der Archivberatungsstelle Rheinland. In: Der Archivar 47 (1994) Sp. 615-628: Von 345 lfd. km Archivalien aus der Zeit nach 1850 sind etwa 293 lfd. km (85%) geschädigt und müssen konservatorisch behandelt werden, 43 lfd. km müssen restauriert werden. Dies entspricht nahezu allen auf industriell gefertigtem Papier entstandenen Archivalien. Zur Frage der Massenentsäuerung vgl. (in Auswahl): Höing, Hubert: Die Konservierungsanlage im Niedersächsischen Staatsarchiv in Bückeburg. Bericht über den Probetrieb und seine Ergebnisse. In: Der Archivar 50 (1997) Sp. 71-82. Feindt, Wilfried/Rudolph, Hans-Volker/Schiewe, Siegfried/Werthmann, Barbara: Papierkonservierung nach dem Bückeburger Verfahren. Anlagenvariante und naturwissenschaftliche Ergebnisse. In: Restauo 1998, S. 120-125. Rudolph, Pascale/Pentzien, Simone/Krüger, Jörg/Kautek, Wolfgang/König, Eberhard: Laserreinigung von Pergament und Papier. Experimente an Modellsystemen und historischen Originalen. In: Restauo 1998, S. 396-402.

Schimmelbefall auf Papier: Grundlegend neben Reiss (wie Anm. 1) ist Ewald, Gustav: Mikroorganismen als Schädlinge in Bibliotheken und Archiven. In: Bibliothek und Wissenschaft 3 (1966) S. 13-112. Zuletzt zusammenfassend: Trick, Iris/Vohrer, Uwe: Mikroorganismen. Ursachen für die Zerstörung von Archivalien und Büchern. In: Papierrestaurierung 1 (2000) Nr. 5, S. 2-6. Hinzuweisen ist auch auf die für die Bestandserhaltung einschlägigen RAMP Studies; für die Frage des Schimmelbefalls v.a.: Prevention and treatment of mold in library collections with an emphasis on tropical climates: A RAMP study. Prepared by Mary Wood Lee. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. PGI-88/WS/9, Paris 1988, 81 S. (www.unesco.org/webworld/ramp/html/r8809e/r8809e00.htm), Stand Mai 2001). Study on integrated pest management for libraries and archives. Prepared by Thomas A. Parker. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. PGI-88/WS/20, Paris 1988, 119 S. (www.unesco.org/webworld/ramp/html/r8820e/r8820e00.htm), Stand Mai 2001). Planning, equipping and staffing an archival preservation and conservation service: A RAMP study with guidelines. Prepared by Michael Roper. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. PGI-89/WS/4, Paris 1989, 78 S. Study on mass conservation techniques for treatment of library and archives material. Prepared by the Regional Centre of the IFLA Core programme FAC, Deutsche Bücherei Leipzig. Edited by Wolfgang Wächter under the supervision of Helmuth Röttsch. United Educational, Scientific and Cultural Organization. PGI-89/WS/14, Paris 1989, 49 S. (www.unesco.org/webworld/ramp/html/r8914e/r8914e00.htm), Stand Mai 2001). The preservation and restoration of paper records and books: a RAMP study. Prepared by Carmen Crespo and Vicente Vinas. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. PGI-84/WS/25, Paris 1984, VI, 115 S. Traditional restoration techniques: A RAMP study. Prepared by V. Vinas and R. Vinas. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. PGI-88/WS/17, Paris 1988, 80 S. (www.unesco.org/webworld/ramp/html/r8817e/r8817e00.htm), Stand Mai 2001).

³ De Lusenet, Yola: Die europäische Kommission für Bestandserhaltung. In: Der Archivar 49 (1996) Sp. 649-652, hier Sp. 651.

Schimmelpilze sind Pflanzen, denen die Pigmente zur Photosynthese fehlen. Sie können folglich nicht Kohlendioxid der Luft in organische Verbindungen umwandeln, sondern gewinnen ihre Nährstoffe durch die enzymatische Zersetzung organischer Substrate, auf denen sie sich ansiedeln und wachsen, beispielsweise Holz, Textilien, Papier, Pergament oder Stärke in Klebern. Die Schimmelpilze vermehren sich durch Sporen in außerordentlich großer Zahl, die durch Luftströmung transportiert und verbreitet werden und für die rasche Ausbreitung des „Schimmels“ verantwortlich sind. Finden die Sporen nicht unmittelbar günstige Keimbedingungen vor, können sie Jahrzehnte selbst unter recht extremen Bedingungen überdauern, bevor sie in einer geeigneten Umgebung erneut keimen. Durch das Keimen der Sporen entstehen fadenartige Hyphen, die in ihrer Gesamtheit das mit bloßem Auge erkennbare Mycel, den „Schimmel“ bilden. Dieser ist häufig gefärbt und verursacht Stockflecken auf dem Substrat. Mit der Zeit bildet das Mycel in die Luft wachsende Trägerhyphen, an deren Enden, den Sporangiosporen bzw. Konidien, bei der für die papierrelevanten Schimmelpilze typischen ungeschlechtlichen Vermehrung neue Sporen produziert werden.

Schimmelpilze zeichnen sich durch eine weit reichende Anspruchslosigkeit aus, was etwa den pH-Wert (i.d.R. Optimum bei pH 4,5-6,5) die Art des organischen Substrats, das sie zersetzen, die Beeinflussung durch Licht oder die Anwesenheit anderer Substanzen wie Sauerstoff und Spurenelemente angeht. Wichtigste Voraussetzung für das Wachstum ist der Wassergehalt des Substrats. Zum Auskeimen ist eine relative Luftfeuchtigkeit von mindestens 60-70% nötig (Optimum: 80-85%). Das Temperaturoptimum schwankt je nach Spezies zwischen etwa 20 und 35°C⁴. Unter den mehr als 100.000 beschriebenen Schimmelpilzen befinden sich etwa 20, die für die Papierschädigung maßgeblich verantwortlich sind⁵. Das Spektrum der Untersuchungsfelder zur Schimmelpilzproblematik bei Archiv- und Bibliotheksgut erstreckt sich auf die Ursachen und Bedingungen für Entstehung und Wachstum von Schimmelpilzen, auf den Nachweis und die Identifizierungsmöglichkeiten (aktiven) Befalls, auf die Prophylaxe zur Minderung des Risikos neuer Schäden, auf vielfältige, darunter großtechnische Verfahren zur Behandlung kontaminierter Papiere und die Überprüfung dieser Verfahren bzw. der eingesetzten Substanzen hinsichtlich ihrer

Einflüsse auf die Schreib- und Beschreibstoffe, bis hin zu Fragen des Gesundheits-, Arbeits-⁶ und Umweltschutzes beim Umgang mit befallenen Objekten bzw. mit den Stoffen zur Pilzbekämpfung. Das bis in die Gegenwart ungebrochene Interesse an diesem Forschungsgebiet zeigen exemplarisch die beiden Aufsätze des Schweden Mattias Nittérus in der Zeitschrift *Restaurator*⁷ und der Beitrag von Bruno Klotz-Berendes in der Zeitschrift *Bibliotheksdienst*⁸ aus dem Jahre 2000, wie auch die Tatsache, dass sich eine Tagung im Rahmen der Münchener Messe für Museumstechnik (MUTEC) im Juni 2001 speziell dem Thema Schimmel an Kulturgütern widmen wird⁹. Die

⁴ Reiss (wie Anm. 1) S. 1-5, 13, 156f. Fuchs, Robert: Schädlingsbekämpfung an befallenen Schrift- und Archivgut: Vergleich alter und neuer Verfahren – Moderne Untersuchungen zur Veränderung der Molekülstruktur. In: John, Hartmut (Hg.): Dem „Zahn der Zeit“ entrissen! Neue Forschungen und Verfahren zur Schädlingsbekämpfung im Museum (Publikationen der Abteilung Museumsberatung/Landschaftsverband Rheinland, Rheinisches Archiv- und Museumsamt 2) Köln 1997, S. 53-83, hier S. 55f. Steemers, Ted: Befall von Papier und Pergament. In: John (wie zuvor) S. 38-46, hier S. 41. Klotz-Berendes, Bruno: Schimmelpilzbefall in Bibliotheken. Vorkommen, Gefährdungen, Bekämpfung. In: *Bibliotheksdienst* 34 (2000) S. 47-58, hier S. 48-51.

⁵ Eine Zusammenstellung archivrelevanter Schimmelpilze bieten Neuheuser, Hanns Peter/Schata, Martin: Gesundheitsvorsorge in Archiven. Zur Gefährdung durch Schimmelpilz-Kontamination im Umgang mit Archivgut. In: *Der Archivar* 47 (1994) Sp. 119-128, hier Sp. 127f.: *Alternaria tenuis*, -*alternata*; *Aspergillus amstelodami*, -*flavus*, -*fumigatus*, -*fischeri* Wehmer, -*niger*, -*ochraceus*, -*repens*, -*ruber*, -*versicolor*; *Aureobasidium pullulans*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium brevicompactum*, -*chrysogenum*, -*notatum*, -*frequentans*, -*purpurogenum*; *Wallemia sebi*.

⁶ Zu Aspekten des Arbeitsschutzes hinsichtlich der Wirkung von Schimmelpilzen (Mykosen, Mykoallergosen, Mykotoxikosen): Reiss (wie Anm. 1) S. 132-154. Pantke, Michael/Kerner-Gang, Waltraut: Hygiene am Arbeitsplatz – Bakterien und Schimmelpilze. Mykosen. Mykoallergosen, Hygiene-Maßnahmen. In: *Restaurator* 1/1988, S. 50-58. Vgl. die Vorsorgeregeln bei: Neuheuser/Schata (wie Anm. 5), Sp. 119-128. Schata, Martin/Winkens, Andreas: Schimmelpilzbelastung in Archiven. In: John (wie Anm. 4) S. 11-22: Bei 32% der Archivmitarbeiter zeigte sich ein Verdacht auf Schimmelpilzsensibilisierung (gegenüber 10-15% bei der Gesamtbevölkerung). Benke, Rainer: Mikroorganismen und Gefahrstoffe am Arbeitsplatz: Vorsorgemaßnahmen. In: John (wie Anm. 4) S. 23-30. Fuchs (wie Anm. 4) S. 54, 61. Petersen, Karin: Methoden zum Nachweis mikrobieller Besiedlung von Kulturgut. In: John (wie Anm. 4) S. 91-97, hier S. 91. Haberditzl, Anna: Was tun mit schimmelbefallenen Archivalien und Büchern? Betrachtungen zum Allheilmittel Desinfektion. In: Weber, Bestandserhaltung (1997, wie Anm. 2) S. 259-281, hier S. 265-270. Klotz-Berendes (wie Anm. 4) S. 47.

⁷ Nittérus, Mattias: Fungi in Archives and Libraries. A Literary Survey. In: *Restaurator* 21 (2000) S. 25-40. Ders.: Ethanol as Fungal Sanitizer in Paper Conservation. In: *Restaurator* 21 (2000) S. 101-115.

⁸ Klotz-Berendes (wie Anm. 4).

⁹ Vgl. www.fungi-info.de (Stand Mai 2001).

lebhaft wissenschaftliche Diskussion ist letztendlich Ausdruck dafür, dass bis heute befriedigende Lösungen für das Problemfeld „Schimmel“ gerade im Hinblick auf Papier fehlen, wie auch Anna Haberditzl 1997 konstatierte: „Das Problem der Behandlung schimmelbefallener Archivalien und Bücher ist trotz mannigfaltiger Untersuchungen bis heute nicht völlig zufriedenstellend gelöst. Das wirkungsvolle, billige, einfach anzuwendende Bekämpfungsmittel, ohne alle Nebenwirkungen natürlich, bleibt ein Desiderat und wird vermutlich noch nicht so bald gefunden werden“¹⁰.

Anforderungsprofil für Substanzen zur Schimmelpilzbekämpfung

Damit sind bereits wesentliche Eckpunkte für das Anforderungsprofil an Substanzen zur Schimmelpilzbekämpfung genannt, die sich teils aus allgemeinen Grundsätzen konservatorischer und restauratorischer Arbeit¹¹ ableiten, teils Eigenheiten der Schimmelpilze Rechnung tragen.

- Die Substanz soll angesichts der Vielzahl unterschiedlicher Schimmelpilzspezies ein möglichst breites Wirkungsspektrum gegenüber den papier-schädigenden Schimmelpilzen und deren Sporen aufweisen.
- Die Substanz soll als Feststoff, in der Gasphase oder in geeigneten Lösungsmitteln zum Einsatz kommen, die eine spezifische Behandlung gegen Schimmelpilz und eine Kombination mit anderen Restaurierungs-/Konservierungsmaßnahmen ermöglicht, beispielsweise der (Massen-) Entsäuerung.
- Die Substanz darf weder Schreib- noch Beschreibstoff (in unvertretbarem Maße bzw. irreversibel) schädigen.
- Der Fortbestand des Kulturguts in seiner entstehungs- und gebrauchsbedingten Überlieferungsform und in seinen historischen Funktionszusammenhängen ist zu sichern.
- Von der Substanz soll keine (unvertretbare) Gefährdung im Sinne des Arbeits- und Gesundheitsschutzes für Personen ausgehen, welche die Substanz anwenden bzw. im Anschluss mit den Archivalien und Büchern umgehen.
- Die Applikation der Substanz soll mit möglichst geringem apparativen Aufwand durchführbar sein, um den Einsatz in kleineren Restaurierungswerkstätten zu gewährleisten.

- Die Substanz soll auch für eine großtechnische Verwendung einsetzbar sein.
- Die Substanz und das Lösungsmittel sollen unproblematisch zu beschaffen und kostengünstig sein (Wirtschaftlichkeit).
- Die Behandlung ist zu dokumentieren um den Eingriff transparent und augenfällig zu machen.

Forschungsstand: Prophylaxe und Teilsterilisation

Die Forschung hat im Zusammenhang der Schimmelpilzproblematik bzw. der Bekämpfung von Mikroorganismen im Allgemeinen gerade während des vergangenen Jahrzehnts die Bedeutung der Prophylaxe unter dem Schlagwort „passive Bekämpfung“ hervorgehoben¹². Hierzu zählen Aspekte wie die sorgfältige Reinigung der Archivalien und Bücher, die Sauberkeit im Magazin (regelmäßiges Wischen und Desinfizieren, Luftaustausch, Einsatz von Staubsaugern mit entsprechenden Filtern, Verwendung von Archivschachteln mit Luftschlitzen) und die Klimakontrolle bzw. der Einsatz von Klimatechnik (relative Luftfeuchtigkeit <50-55%, Temperatur <15-18°C, konstantes Raumklima).

Mithilfe solcher Maßnahmen kann das Auskeimen der Sporen verhindert bzw. die Verbreitung keimfähiger Sporen eingeschränkt, deren Fortexistenz gleichwohl nicht unterbunden werden. Keimfähige Sporen sollten aber beseitigt werden, da es sonst z.B. selbst bei vorübergehenden Schwankungen der klimatischen Bedingungen zu einem sprunghaften Wachstum des Schimmels kommen kann. Neben die Prophylaxe muss demnach noch eine „Teilsterilisation“¹³ treten.

¹⁰ Haberditzl (wie Anm. 6) S. 259. Vgl. in diesem Sinne etwa auch Waltraut Kerner-Gang: „Das Problem der Restaurierung und Konservierung pilzbefallenen Archivmaterials ist aber immer noch nicht zufriedenstellend gelöst“; Kerner-Gang (wie Anm. 1) S. 2.

¹¹ Vgl. insbesondere: Empfehlungen zur Restaurierung und Konservierung von Archiv- und Bibliotheksgut (wie Anm. 2) Sp. 561f.

¹² Zu Entscheidungsabläufen, ob eine Schimmelpilzbekämpfung notwendig ist vgl. Haberditzl (wie Anm. 6) S. 274-280. Hödl, Ingrid: Prophylaktische, konservatorische und restauratorische Maßnahmen bei Pilz- und Bakterienbefall auf Archivgut. In: Weber, Bestandserhaltung (1997, wie Anm. 2) S. 247-258. Klotz-Berendes (wie Anm. 4) S. 58. Nittérus, Fungi (wie Anm. 7) S. 36.

¹³ Zur terminologischen Unterscheidung: Desinfektion: eine glatte, geschlossene Oberfläche wird für eine kurze Zeit keimfrei gemacht (bei rauen Oberflächen wie Papier überhaupt nicht möglich). Sterilisation: völlige Beseitigung aller Keime, d.h. das Abtöten aller Lebewesen einschließlich der keimfähigen Teile (d.h. bei Schimmelpilzen: Vernichtung von Mycel und Sporen); Fuchs (wie Anm. 4) S. 60f.

Voraussetzungen sind die Prüfung von Neuzugängen auf Pilzbefall sowie regelmäßige stichprobenartige Kontrollen der Bestände auf Pilzkontamination, sei es beispielsweise durch Wischtestern, durch Bio-Counter oder durch mit Nährlösung getränkte Wattestäbchen¹⁴. Die Ergebnisse solcher Tests ermöglichen es, „gegen aktive Pilze ... adäquate Maßnahmen zu treffen“¹⁵, denn es ist mit den Worten von Robert Fuchs „nicht sinnvoll, Schriftgutmaterial vollständig zu sterilisieren, um es dann in die nicht-sterilen Magazine zu bringen. ... Es reicht völlig aus, nur die lebenden Mikroorganismen, die aktiv die Materialien zersetzen, bei einer Teilsterilisation abzutöten“¹⁶.

Forschungsstand: Chemische und physikalische Behandlungsmethoden

Die beiden bislang gängigsten Verfahren zur Behandlung Schimmel befallener Archivalien und Bücher sind die Begasung mit Ethylenoxid und die Gammabestrahlung. Beide Alternativen sind nicht für den Einsatz in kleineren Restaurierungswerkstätten geeignet, sondern lediglich großtechnisch durchführbar und hinsichtlich der Einflüsse auf das Archiv- und Bibliotheksgut nicht unbedenklich. Die Verwendung des hochexplosiven, zudem toxisch, teratogen, karzinogen und mutagen wirkenden Ethylenoxids (im Gemisch mit Kohlendioxid oder Freonen) stößt in den letzten Jahren verstärkt auf Bedenken wegen der Schädigung des Papiers infolge der Reaktivität der Substanz und wegen der Bildung von Glykol, dass sich in die Cellulose einlagert und den Nährboden für einen Neubefall mit Schimmel darstellt. Zudem sind merkliche Einflüsse auf Farbstoffe nachgewiesen. Wegen der gesundheitsschädigenden Wirkungen ist der Grenzwert auf 1 ppm beschränkt und macht ein langwieriges „Auslüften“ der behandelten Stücke erforderlich¹⁷.

Die Gammabestrahlung erweist sich angesichts der Entstehung von Radikalen als ähnlich problematisch für die Papiereigenschaften¹⁸.

Neben diesen beiden Verfahren sind eine kaum mehr überschaubare Fülle alternativer chemischer Substanzen und physikalischer Methoden auf ihre Wirkung gegen papierrelevante Schimmelpilze hin erforscht und angewandt worden¹⁹, darunter Ethanol²⁰, Isopropanol, Formalin, Methylbromid, Blausäure, diverse Phenolderivate und quartäre Ammoniumverbindungen²¹. Bei einer Vielzahl der eingesetzten Stoffe handelt es sich um toxische Verbindungen, für eine ganze Reihe der Substanzen wurden zudem schädli-

che Einflüsse auf Schreib-, Farb- und Beschreibstoffe festgestellt. Nicht selten gingen die Ansätze zur Schimmelpilzbekämpfung von der zweifelhaften An-

¹⁴ Zu Wischtestern (Millipore-Tester) auf keimfähige Sporen („Monitoring“); Haberditzl (wie Anm. 6) S. 261f. Zum Test mit Bio-Counter (Messgerät auf Bio-Luminiszenz-Basis) und zur Probe auf lebensfähige Pilze mit einem mit Nährboden imprägnierten Wattestäbchen; Steemers (wie Anm. 4) S. 42, 44. Über andere Nachweismethoden zu mikrobieller Besiedlung von Kulturgut vgl. Petersen (wie Anm. 6) S. 91-97. Vgl. auch: Kowalik, Romuald: Microbiodegradation of Library Materials. In: Restaurator 1980, S. 99-114; 1984, S. 61-115.

¹⁵ Steemers (wie Anm. 4) S. 39.

¹⁶ Fuchs (wie Anm. 4) S. 75

¹⁷ Ballard, Mary W./Baer, Norbert S.: Ethylen Oxide Fumigation: Results and Risk Assessment. In: Restaurator 1986, S. 143-168. Mann, Jörg: Untersuchungen zur Anwendung von Ethylenoxid und Gamma-Strahlung bei der Bekämpfung papierschädigender Pilze – ein wichtiger Schritt zur Rettung wertvoller Altbestände an Büchern der Universitätsbibliothek zu Leipzig, Diss. Leipzig 1991, S. 31-60. Kübler, Thomas/Vogels, Nikolaus: Ethylenoxid-Sterilisation zur Bestandserhaltung von Archivalien. Eine ausführliche Darstellung am Beispiel des Stadtarchivs Dresden. In: ABI-Technik. Zeitschrift für Automation, Bau und Technik im Archiv-, Bibliotheks- und Informationswesen 15 (1995) S. 435-437. Zur Problematik: Kaldewey, Olaf: Ethylenoxid (ETO) – Untersuchungsergebnisse aus den USA, die Anlaß zum Nachdenken geben. In: Restauro 1988, S. 159. Fuchs (wie Anm. 4) S. 68-71. Hödl (wie Anm. 12) S. 253f. Haberditzl (wie Anm. 6) S. 270-272. Benke (wie Anm. 6) S. 23f. Keine routinemäßige Begasung mit Ethylenoxid bei Schimmelpilzbefall. In: Archiv-Kurier, hg. v. Landschaftsverband Rheinland/Rheinisches Archiv- und Museumsamt 9/1997, S. 1f. Nittérus, Fungi (wie Anm. 7) S. 32f. Klotz-Berendes (wie Anm. 4) S. 55-57. Betreffend die Einflüsse auf Farben und Beschreibstoffe vgl. Fuchs (wie Anm. 4) S. 66-73. Hahn, Oliver: Chemische Schädlingsbekämpfung. Risiken für Pigmente und Farbstoffe. In: Restauro 1999, S. 275-279.

¹⁸ Bors, J./Kühn, W./Bardon, A.: Untersuchungen zur Möglichkeit der Bekämpfung papierzerstörender Pilze durch Gammastrahlen. In: Das Papier 22 (1968) S. 180-185. Mann (wie Anm. 17) S. 60-74. Mann, Jörg/Wildführ, Wolfgang/Langguth, Helmut/Teichert, Eleonore: Gammastrahlen zur Schimmelpilzbekämpfung bei Büchern. In: Restauro 2/1992, S. 114-119. Giomar Carneiro Tomazello, Maria/Wiendl, Frederico Maximiliano: The Applicability of Gamma-Radiation to the Control of Fungi in Naturally Contaminated Paper. In: Restaurator 1995, S. 93-99. Haberditzl (wie Anm. 6) S. 271. Nittérus, Fungi (wie Anm. 7) S. 34f. Gerlach, Annette: Schimmel in der Anhaltinischen Landesbücherei in Dessau. Erfahrungen bei der Bekämpfung durch Gammastrahlen. In: Restauro 7/2000, S. 518-522.

¹⁹ Vgl. etwa die Zusammenstellungen bei Fuchs (wie Anm. 4) S. 60-65. Nittérus, Fungi (wie Anm. 7) S. 31-35.

²⁰ Nittérus, Ethanol (wie Anm. 7) S. 101-115.

²¹ Phenolderivate wie Thymol, Pentachlorphenol (PCP)/Natrium-Pentachlorphenolat, Natrium-Tetrachlorphenol, Natrium-Trichlorphenol, para-Chlor-meta-Kresol (CMC = *Preventol*), Orthophenylphenol (OPP = *Preventol O*), Salizylanilid (*Shirlan*), n-Phenylsalizylanilid, *Nipagin* (4-Hydroxy-bezoessäure-methylester), Natrium-Orthophenylphenol (*Dowicide*). Quaternäre Ammoniumsalze wie Lauryl-dimethyl-carboxymethylamid. Ferner: Natriumhypochlorit, Quecksilbersalze, organische Quecksilberverbindungen, Sublimat, Benzoessäureester, *Parabene*, Sulfurylfluorid, *Vikane*, Hexacyclohexan (*Lindan*), ätherische Öle, Ethanol, Isopropanol, Irgasan P 7, Wasserstoffperoxid, Kaliumpermanganatbleiche, Ozon, Chlor, Chlordioxid, Chloramin T (p-Toluolsulfonchloramidnatrium), Inertbegasung mit Kohlendioxid und/oder Stickstoff, Lawendelextrakt.

nahme aus, bei der Holz- und Saatgutkonservierung bzw. Schädlingsbekämpfung in der Landwirtschaft und im Vorratsschutz angewandte Fungizide ohne weiteres auf die Behandlung von Papieren übertragen zu können²². Zu den alternativen physikalischen Verfahren zählen die Anwendung von UV-Bestrahlung (unter Zugabe von Ozon, Wasserstoffperoxid), Mikrowellenstrahlung, Gefriertrocknung oder die Einwirkung von Hitze (Plasmatechnik). Eine weitere untersuchte Alternative stellt das Einsiegeln etwa in Polyethylenfolien dar²³.

Versuchsreihe

Ziel der zwischen Oktober und Dezember 2000 in der Restaurierungswerkstatt des Staatsarchivs Detmold durchgeführten und vom Landschaftsverband Rheinland/Rheinisches Archiv- und Museumsamt unterstützten Versuchsreihe²⁴ war der Test alternativer chemischer Behandlungsmöglichkeiten. Zunächst verfolgt das Projekt einen neuen Ansatz, indem exemplarisch mit Clotrimazol²⁵ ein pharmazeutisch eingesetztes Breitband-Antimykotikum der Imidazol- bzw. Azolgruppe in die Versuchsreihe aufgenommen wurde. Eingesetzt wurden die 1%-ige Spraylösung, die unter dem Produktnamen „Canesten“²⁶ in Apotheken vertrieben wird, eine 5%-ige ethanolische sowie eine 10%-ige methanolische Lösung. Ferner wurde ein Löschpapier mit der 10%-igen methanolischen Clotrimazol-Lösung getränkt, getrocknet und anschließend drei Tage mit Testpapieren in eine Polyethylenfolie eingeschweißt und gepresst.

Aufgegriffen wurden in der Versuchsreihe darüber hinaus Anregungen der bereits erwähnten Studie von Mattias Nittérus, der auf die Verwendbarkeit von Vitamin-K-Derivaten durch Hemmung der am Papierabbau beteiligten Enzyme und auf ein Forschungsdefizit hinsichtlich der Anwendung von Antibiotika hinweist²⁷. In die Versuchsreihe exemplarisch einbezogen wurden das natürliche Vitamin K (Phytomenadion)²⁸ in einer 2,5%-igen ethanolischen Lösung und jeweils ein typischer Repräsentant zweier Antibiotika-Gruppen mit Oxytetracyclin (aus der Gruppe der Tetracyclin-Antibiotika)²⁹ in einer 1%-igen verdünnten essigsäuren Lösung sowie Erythromycin (aus der Gruppe der Makrolid-Antibiotika)³⁰ in 5%-iger Chloroformlösung. Das schlechte Löslichkeitsverhalten in gängigeren Lösungsmitteln machte die Heranziehung solch eher ungewöhnlicher Lösungsmittel bei den Antibiotika notwendig.

Die Auswahl der vier Testpilzstämme, nämlich *Aspergillus versicolor*, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium brevicompactum* und *Trichoderma virens* sowie die Versuchsdurchführung orientierten sich an den Standards, die das Bundesamt für Materialforschung und -prüfung (BAM) 1974-1976 bei einer Untersuchung von Substanzen zur Schimmelpilzbekämpfung im Auftrag des Niedersächsischen Staatsarchivs Bückeburg anwandte:

Auf Malzextrakt-Agar in geschlossenen Petrischalen der Firma Dr. Möller & Schmelz (Göttingen) wurden die von der Deutschen Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen (Braunschweig) gelieferten Teststämme im Trockenschrank bei 25°C vermehrt; wegen des Wachstumsoptimums bei 20°C wurden lediglich die Schalen mit *Penicillium brevicompactum* hier, wie auch in den folgenden Schritten, bei Raumtemperatur in einem verschlossenen Archivkarton unter dem Abzug gelagert³¹. Nach vier Tagen war ein deutlicher Bewuchs des Nährbodens festzustellen. Es bildete(n) sich in den Schalen mit

²² Fuchs (wie Anm. 4) S. 61.

²³ Kerner-Gang (wie Anm. 1) S. 3-10.

²⁴ Für die Unterstützung des Projekts danke ich besonders der Leiterin des Nordrhein-Westfälischen Staatsarchivs Detmold, Frau Ltd. StaD Dr. J. Prieur-Pohl, dem Ausbildungsleiter, Herrn OSTAR Dr. H. Niebuhr, sowie den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Restaurierungswerkstatt unter Leitung von Herrn M. Frankenstein. Für die Übernahme von Sachkosten und die Bereitstellung eines Trockenschanks für die Dauer der Versuchsreihe gilt mein Dank ferner Herrn Dr. N. Kühn und Herrn Dr. H. Budde vom Landschaftsverband Rheinland/Rheinisches Archiv- und Museumsamt.

²⁵ Clotrimazol: 1-(2-Chlor-Alpha, Alpha-diphenylbenzyl)imidazol; $C_{22}H_{17}ClN_2$; relative Molmasse: 344,84; Schmelzpunkt: 147-149°C.

²⁶ Canesten-Lösung/Spray (BAYER): 1%-ig: 1 g enthält gelöst in Isopropylalkohol unter Zusatz von Macrogol 400 und Propylenglycol bzw. Isopropyl myristat.

²⁷ Nittérus, Fungi (wie Anm. 7) 33f.

²⁸ Phytomenadion: 2-Methyl-3-phytyl-1,4-naphthochinon; $C_{31}H_{46}O_2$; relative Molmasse: 450,68; Schmelzpunkt: -20°C.

²⁹ Oxytetracyclin: 4 Beta-Dimethylamino-1,4,4a,5,5a,6,11,12a-octahydro-3,5 Beta, 6 Alpha, 10,12a Beta-hexahydroxy-6-methyl-1,11-dioxo-2-naphthacencarboxamid; $C_{22}H_{24}N_2O_9$; relative Molmasse: 460,44; Schmelzpunkt: 200°C (aus Aceton unter Zersetzen); pH 4,5-7,5 (1%ige wässrige Lösung).

³⁰ Erythromycin: 13 Alpha-Ethyl-3 Alpha-(Alpha-L-cladinoseoxy)-6 Beta, 11 Alpha, 12 Beta-trihydroxy-2 Alpha, 4 Beta, 6,8 Alpha, 10 Beta, 12-hexamethyl-9-oxo-5 Alpha- (3,4,6 tridesoxy-3-dimethylamino-Beta-D-glycero-L-threo-hexopyranosyloxy)-13-tridecanolid; $C_{37}H_{67}NO_{13}$; relative Molmasse: 733,92; Schmelzpunkt: 135-140°C (aus Wasser), getrocknet bei 56°C und 1,06 kPa), nach Erstarren und erneutem Schmelzen 190-193°C.

³¹ Nach: Reiss (wie Anm. 1) S. 34. Neuheuser/Schata (wie Anm. 5) Sp. 127f.

- *Aspergillus versicolor* ein dunkelgrüner, mit der Zeit rötlicher Schimmelpilzbewuchs mit auffallend langen braunschwarzen Hyphen,
- *Cladosporium herbarum* ein olivgrünbrauner, dichter Bewuchs, der etwas in die Höhe rankt,
- *Penicillium brevicompactum* dunkelgrüne Punkte bei überwiegend flachem Wachstum,
- *Trichoderma virens* eine weiß-wollige Schicht, die sich nach einigen Tagen hellgrün färbte.

An der reinen Werkbank wurden die Pilzkulturen auf mehrere mit Malzextrakt-Agar gefüllte Petrischalen verteilt, mit Papierstreifen von 1 cm x 3 cm eines hadernhaltigen Papiers (1. Hälfte 19. Jh.) und eines holzschliffhaltigen Papiers (1950-er Jahre) belegt, die Schalen verschlossen und im Trockenschrank bei 25°C aufgestellt (Ausnahme *Penicillium brevicompactum*: Abzug).

Nach sechs Tagen waren die Papiere stark bewachsen und besonders stark bei *Cladosporium herbarum* und *Penicillium brevicompactum* Stockflecken zu beobachten. Die befallenen Papiere wurden an der reinen Werkbank von dem Malzextrakt-Agar entfernt und in sterile Petrischalen zum Trocknen unter dem Abzug bei Raumtemperatur aufgestellt.

Nach 10 Tagen Trockenzeit erfolgte die Einwirkung der Testsubstanzen, wobei je ein hadernhaltiges- und ein holzschliffhaltiges Papier 30 Minuten, 2 und 5 Stunden in die genannten Lösungen getaucht wurde. Im Falle von Canesten wurden beide Papierseiten mit einem kräftigen Sprühstoß behandelt und die Testpapiere dann noch 2 h in der Sprühlösung belassen. Nach Einwirkung der Substanzen wurden die Testpapiere jeweils 30 Minuten in einem geeigneten Lösungsmittel (destilliertes Wasser bzw. Ethanol) gespült, anschließend in neue, mit Malzextrakt-Agar gefüllte Petrischalen gelegt und wiederum bei 25°C im Trockenschrank aufgestellt (Ausnahme *Penicillium brevicompactum*: Abzug). Die Petrischalen wurden über 3 Wochen regelmäßig kontrolliert und die Ergebnisse protokolliert. Nach 21 Tagen ergab sich das in Tabelle 1 präsentierte Bild³².

Die mit Phytomenadion, Oxytetracyclin und Erythromycin behandelten Testpapiere waren bereits nach vier Tagen stark bis sehr stark bewachsen

	T _{min} °C	T _{max} °C	T _{opt} °C	pH	aw
<i>Aspergillus versicolor</i>	3-5 4-5	37-40 38-40	25-30	3-8	0,75-0,95
<i>Cladosporium herbarum</i>	-7 - - 5	30-32	24-25	3,1- 7,7	0,85-0,98
<i>Penicillium brevicompactum</i>	-3	32	20	2-6	0,85-1,0
<i>Trichoderma virens</i>					

und dabei zeigte sich kaum ein Unterschied zu den (unbehandelten) Blindproben.

Hinsichtlich des Einsatzes von Vitamin-K-Derivaten ist zu konstatieren, dass allenfalls einzelne Derivate antimykotische Wirkung aufweisen, das natürlich vorkommende Vitamin K (Phytomenadion) jedoch nicht. Hatte Nittérus in seinem Beitrag noch unbestimmt davon gesprochen, einzelne Derivate seien in der Lage, für den Celluloseabbau verantwortliche Enzyme zu hemmen, so liefert nunmehr die Ankündigung eines Vortrags der Schwedinnen Ann Hallström und Jennie Arvidsson für die Schimmelpilztagung im Rahmen der MUTEK im Juni 2001 einen Hinweis, wonach Vitamin K₃ (Menadion) zur Schimmelpilzbekämpfung bei Bibliotheksgut einsetzbar ist.

Aus der Vielzahl an Antibiotika werden nur wenige pharmazeutisch als Antimykotika eingesetzt. Im wesentlichen sind dies Griseofulvin, Amphotericin B, Nystatin und Natamycin, von denen Nystatin bei der Behandlung Schimmel befallener Kulturgüter Anwendung gefunden hat. Die Ergebnisse der hier vorgestellten Untersuchungsreihe legen nahe, dass darüber hinaus der Einsatz von Antibiotika gegen Schimmelpilze insgesamt wohl wenig erfolgversprechend ist, wenngleich in Anbetracht der Größe dieser Substanzklasse eingehende Studien notwendig wären, um zu gesicherten Erkenntnissen zu kommen.

Zu einem anderen Ergebnis führen die Tests mit Clotrimazol. Zwar zeigte sich auch bei den mit Canesten, also der 1%-igen Lösung, besprühten sowie bei den zwischen mit 10%-iger Clotrimazol-Lösung getränkten und getrockneten Löschpapiere gepressten Testpapieren ein rascher und starker

³² Zeigt sich nach drei Wochen kein erneuter Bewuchs, kann man von der Wirksamkeit der Substanz ausgehen: Kerner-Gang (wie Anm. 1) S. 14.

Wiederbewuchs und bei den mit 5%-iger Clotrimazol-Lösung behandelten Testpapieren in einzelnen Petrischalen nach einer Woche schwaches Wachstum, lediglich bei *Trichoderma virens* ein stärkeres. Bei der 10%-igen Clotrimazol-Lösung war auch nach drei Wochen noch kein Wiederbewuchs festzustellen, mit einer Ausnahme ausgerechnet bei der fünfstündigen Behandlung des hadernhaltigen Papiers. Diese Ausnahme dürfte auf Sporenflug zwischen Petrischalen zurückzuführen sein, zeigt sich doch, dass der Bewuchs gerade dort auftrat, wo in den benachbarten Schalen ein besonders starkes Wachstum festzustellen war. Um hier die Ergebnisse abzusichern wurde ein weiterer Test durchgeführt, diesmal mit einer 13%-igen (gesättigten) methanolischen Lösung von Clotrimazol. Dabei wurden vier stark mit *Trichoderma virens* befallene Testpapiere (je zwei hadern- und holzschliffhaltige Papiere) 2 Stunden eingetaucht und anschließend 30 Minuten in Methanol getaucht. Nach dem Aufbringen auf die mit Nährboden gefüllten Petrischalen zeigte sich auch nach drei Wochen überhaupt kein neuer Bewuchs. Man wird daher davon ausgehen können, dass der „Ausreißer“ bei der ersten Testreihe auf eine erneute Kontamination nach der Behandlung zurückzuführen ist.

Die Wirkungsweise der Imidazol- bzw. Azol-Antimykotika³³

Clotrimazol zählt zur Gruppe der Imidazol- bzw. Azol-Antimykotika und wirkt fungistatisch, in höheren Konzentrationen fungizid. Der antimykotische Effekt basiert im wesentlichen auf einer Hemmung der Biosynthese von Ergosterol, einem Hauptbestandteil der Zellmembran (Plasmamembran) von Pilzen, auf der Stufe der C-14a-Demethylierung.

Begeben wir uns zum besseren Verständnis auf die Ebene der Molekularbiologie der Zelle. Biologische Zellen sind umgeben von einer so genannten Plasmamembran, bestehend aus Lipiden, d.h. v.a. aus Fettsäurederivaten und Steroiden wie beispielsweise Ergosterol in den Pilzzellen oder Cholesterol bei Säugern, einerseits sowie Proteinen andererseits. Die Plasmamembran trennt wie eine „Grenze“ den extrazellulären Raum vom Zellinneren (Cytoplasma) und steuert wie ein „Grenzwächter“ den Ein- bzw. Austritt einzelner Stoffe über Kanäle und Pumpen (Proteine). Mittels dieser selektiven Durchlässigkeit (Permeabili-

tät) wird ein von der Umgebung der Zelle abweichendes intrazelluläres Milieu geschaffen und aufrecht erhalten. Biologische Membranen sind flüssig und ihre Fluidität u.a. abhängig von der Art und der Zusammensetzung der Lipide; verändert sich die molekulare Zusammensetzung, so hat dies Auswirkungen auf die Membraneigenschaften und damit auf die biochemischen Prozesse in der Zelle.

Die Imidazol- bzw. Azol-Antimykotika wie Clotrimazol hemmen nun die Biosynthese des Ergosterols, eines unverzichtbaren Hauptbestandteils der Plasmamembran von Pilzzellen. Konkret wird die Abspaltung einer Methylgruppe als Ameisensäure an der Position C-14 der Ausgangsverbindungen Lanosterol bzw. Eburicol verhindert.

Das für diese Abspaltung der Methylgruppe verantwortliche Enzym, die C-14a-Demethylase (CYP51A1), benötigt für die erforderliche dreistufige Oxidation der Methylgruppe zur Ameisensäure als Sauerstoffüberträger so genanntes Cytochrom P₄₅₀. Dabei handelt es sich um ein Protein, das in seinem Zentrum eine Eisenporphyrin- oder Häm-Gruppe enthält, wie sie auch am Sauerstofftransport im Blut beteiligt ist. Indem nun die Imidazol- bzw. Azol-Antimykotika die noch freie, für den Sauerstofftransport bestimmte Koordinationsstelle des Eisenkomplexes durch einen Stickstoff (Position N₃) des Imidazolrings besetzen, wird die Abspaltung der Methylgruppe verhindert und damit kein Ergosterol gebildet. Stattdessen kommt es

³³ Einen grundlegenden Überblick zur Wirkungsweise der Imidazol- bzw. Azol-Antimykotika bieten Hartman, P. G./Sanglard, D.: Inhibitors of Ergosterol Biosynthesis as Antifungal Agents. In: Current Pharmaceutical Design 3/1997, S. 177-208, v.a. S. 179-185. Zum Einsatz von Enzyminhibitoren in der Restaurierungspraxis vgl. Nikolova, Diana: Proteinase Inhibitors from Vegetables and their Application in Enzymatic Conservation Treatments. In: Restaurator 14 (1993) S. 199-216. Mutschler, Ernst: Arzneimittelwirkungen. Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie, Stuttgart 1991⁶, S. 620-623. Roth, Hermann J./Fenner, Helmut: Pharmazeutische Chemie III. Arzneistoffe. Struktur – Bioreaktivität – Wirkungsbezogene Eigenschaften, Stuttgart – New York 1988, S. 115-120. Speziell zu Clotrimazol vgl. Bundesvereinigung deutscher Apothekerverbände, ABDA-Datenbank, Wirkstoffdossier zu Clotrimazol (Stand September 1995, mit weiterführenden Literaturhinweisen). Zu den hier kurz skizzierten biochemischen Grundlagen vgl. die Abschnitte in den einschlägigen Handbüchern von Stryer, Lubert: Biochemie, Heidelberg 1990⁵. Alberts, Bruce/Bray, Dennis/Lewis, Julian/Raff, Martin/Roberts, Keith/Watson, James D.: Molekularbiologie der Zelle, Weinheim 1986. Lehninger, Albert L.: Prinzipien der Biochemie, Berlin – New York 1987. Als kurze Einführung sei hingewiesen auf: Schlimme, Eckhard: Biologische Chemie (Chemische Arbeitsbücher 2) Heidelberg 1983.

zu einer Anreicherung von Vorstufen und zur Bildung anderer Steroide, die für die Pilzzelle nicht verwendbar sind³⁴.

Es kommt noch hinzu, dass durch die Hemmung der C-14a-Demethylase eine weitere Verbindung nicht abgebaut wird, nämlich Nicotinamidadenindinucleotidphosphat (NADPH). Die größere Verfügbarkeit dieser Verbindung in der Zelle führt zu Veränderungen in der Zusammensetzung der Fettsäuren. Es kommt infolgedessen zur verstärkten Bildung mehrfach ungesättigter Fettsäuren bzw. gesättigter Fettsäuren kürzerer Kettenlänge, welche die Zelle nicht nutzen kann und diese schädigen.

Die Hemmung der Ergosterolbiosynthese sowie die Veränderungen im Fettsäurestoffwechsel der Pilzzelle führen zu Veränderungen der Zusammensetzung und damit der Eigenschaften wie Permeabilität und Fluidität der Membranen mit der Konsequenz, dass die Aufnahme essenzieller Substanzen wie Purin- und Pyrimidinvorstufen für die DNA-Synthese gehemmt wird und andererseits für RNA- und Proteinbiosynthese notwendige Substanzen wie Aminosäuren aus der Zelle austreten können. Ferner kommt es zu einer Deregulierung der Chitin-Biosynthese, einer für den Aufbau der Zellwände und die Zellteilung wesentlichen Substanz.

Höhere Konzentrationen von Imidazol- bzw. Azol-Antimykotika in Pilzzellen hemmen zudem weitere Enzyme, die wie die C-14a-Demethylase eine Häm-Gruppe enthalten, nämlich die Cytochrom-c-Peroxidase und die Katalase. Diese beiden Enzyme kommen in den Mitochondrien und den Peroxisomen vor, in Zellbestandteilen also, die für die Energieversorgung der Zellen zuständig sind bzw. für den Abbau von Molekülen. Infolge der Hemmung dieser Enzyme kann die Pilzzelle Zellgifte wie Peroxide nicht mehr abbauen, was zum Zelltod führt. Dieses Phänomen bezeichnet man als „Hydrogenperoxid-Autodigestion“ und ist maßgeblich für die fungizide Wirkung dieser Antimykotika verantwortlich.

Schließlich sei noch darauf hingewiesen, dass in höheren Konzentrationen Imidazol- bzw. Azol-Antimykotika die Bildung von Steroiden wie Ergosterol bereits auf einer früheren Stufe, d. h. vor der Umwandlung von Lanosterol bzw. Eburicol, behindern, indem sie den geschwindigkeitsbestimmenden Schritt am Beginn der Steroidsynthese hemmen, die Hydroxymethylglutaryl-CoA-Reduktase.

Fazit

Das seit 1973 pharmazeutisch als Antimykotikum eingesetzte Clotrimazol tötet in einer 10%-igen alkoholischen Lösung bei einer Behandlungszeit von maximal 30 Minuten zuverlässig den Befall der getesteten papierrelevanten Schimmelpilzstämme ab, wobei möglicherweise auch kürzere Einwirkzeiten schon ausreichen könnten; hier wären weitere Tests notwendig. Die 10%-ige Anwendung entspricht übrigens exakt der in der Humanmedizin für die einmalige Behandlung eingesetzten Dosis. Bei äußerlicher (topischer) Anwendung von Clotrimazol wurde keine Toxizität beobachtet, auf Karzinogenität, Mutagenität oder teratogene Effekte gibt es keine Hinweise. Die Anwendung von Clotrimazol in der Konservierungs- und Restaurierungstechnik wäre demnach unter den Gesichtspunkten des Arbeits- und Gesundheitsschutzes als unbedenklich einzuschätzen. Zudem handelt es sich um eine vergleichsweise kostengünstige Chemikalie, sodass auch unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit die Verwendung von Clotrimazol erwägenswert ist.

Hinsichtlich der Applikation wäre eine Einzelblattbehandlung auch in kleineren Restaurierungswerkstätten denkbar, indem die Blätter, stabilisiert durch Siebe in die Lösung getaucht und anschließend gewaschen werden. Eine bedarfsabhängige, fakultative Ergänzung großtechnischer Einzelblattverfahren zur Massenentsäuerung nach dem Bückeburger Verfahren um eine Stufe zur Schimmelpilzbekämpfung wäre zumindest grundsätzlich denkbar.

Näher untersucht werden muss noch der Einfluss der alkoholischen Clotrimazolösung auf die Schreib- bzw. Farbstoffe. Nach Untersuchungen vor etwa zehn Jahren wird der Farbstoff-Fixiermittel-Komplex beim Einsatz ionischer Farbstoffe mit entgegengesetzt geladenen Oligo- bzw. Polymeren, wie sie etwa mit einer Polymersalzsuspension aus Mesitol NBS³⁵ und Re-

³⁴ Die humane Cytochrom-P₄₅₀-abhängige Steroidsynthese wird durch Azolantimykotika nur geringfügig oder gar nicht beeinflusst. Man nimmt an, dass die Hemmung der Cholesterin-Biosynthese bei Säugern durch verstärkte Nutzung des Cholesterins aus der Nahrung kompensiert wird; Bundesvereinigung deutscher Apothekerverbände, ABDA-Datenbank, Wirkstoffdossier zu Clotrimazol.

³⁵ Bayer AG: Kondensationsprodukt aus höhermolekularen aromatischen Sulfonsäuren; Nachbehandlungsmittel zur Verbesserung der Nassechtheit von Färbungen mit Säurefarbstoffen auf Polyamid.

win EL³⁶ (im Verhältnis 1,2% : 6% in demineralisiertem Wasser) beim Bückeburger Konservierungsverfahren verwendet werden, durch polare organische Lösungsmittel „mehr oder weniger“ gespalten. Die Verwendung des in niederen Alkoholen wie Methanol und Ethanol unlöslichen Cyclododecankäme bei Einzelblattbehandlung in Restaurierungswerkstätten nur in Betracht, sofern die damit zu schützenden Bereiche nicht vom Schimmel befallen sind³⁷.

Überprüft werden derzeit die möglichen Veränderungen der Papiereigenschaften durch die Substanzeinwirkung. Herr Wilfried Feindt hat sich dankenswerterweise bereit erklärt, die beschleunigte Alterung nach ISO 5630-3:1986 bei $80 \pm 0,5^\circ\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchtigkeit von $65 \pm 1\%$ über 48 Tage durchzuführen. Es ist dem Entgegenkommen der Neschen AG (Bückeburg) in Person von Herrn Klaus Dieter Vogt zu verdanken, dass im Anschluss Messungen von pH-Wert, Bruchkraft, Bruchdehnung und Brucharbeit bei der Neschen AG erfolgen können. Bei einer ersten pH-Wert-Bestimmung auf der Papieroberfläche in der Restaurierungswerkstatt in Detmold ergab sich bei den holzschliffhaltigen Testpapieren eine Steigerung des pH-Werts von ca. 4,5 auf 6,4 und bei den hadernhaltigen Testpapieren von 5,0 auf 6,3.

In ihrer Einführung zu den Blaubeurener Empfehlungen zur Konservierung und Restaurierung von Archiv- und Bibliotheksgut konstatieren Hartmut Weber und Gerd Brinkhus: „Gefährdetes Archiv- und Bibliotheksgut zu erhalten, ist eine Herausforderung nicht nur an die Restauratoren, die mit ihrem Können und dem Geschick ihrer Hände Kulturgut instandsetzen. Die Herausforderung richtet sich auch an die Naturwissenschaften, ohne deren Mithilfe Fortschritte in einer fachgerechten und wirkungsvollen Behandlung von Alterungsschäden nicht möglich wäre. Nicht zuletzt ist aber der Fachmann, der Archivar oder Bibliothekar, gefordert.“³⁸ Dieser Vortrag soll verstanden werden als Plädoyer im notwendigen Dialog von Restaurierungspraxis, naturwissenschaftlicher Forschung und archivischen Interessen für eine weitere Erforschung des Einsatzes pharmazeutisch genutzter Antimykotika bei der Bekämpfung papierrelevanter Schimmelpilze. Insofern steht die begrenzte Versuchsreihe am Staatsarchiv Detmold am Anfang eines bislang recht viel versprechenden Ansatzes. Insbesondere die Antimykotika des Imidazol- bzw. Azoltyps scheinen ein lohnenswertes Forschungsfeld

für weitere Studien zu sein, wobei in Abwägung von Lösungsseigenschaften und Wirtschaftlichkeit insbesondere Ketoconazol und Isoconazol als Alternativen zu Clotrimazol Erfolg versprechen.

³⁶ Chemische Fabrik Tübingen: Kationenaktives stickstoffhaltiges Kondensationsprodukt mit Formaldehyd; Nachbehandlungsmittel zur Verbesserung der Nassechtheit von Direkt- und Reaktivfärbungen auf Cellulosefasern.

³⁷ Bredereck, Karl/Blüher, Agnes: Die Fixierung moderner Schreibstoffe auf Papier. Möglichkeiten, praktische Aspekte und Grenzen. In: *Restauro* 1/1992, S. 49-56, Zitat S. 56. Feindt/Rudolph/Schiewe/Werthmann (wie Anm. 2) S. 120, 122. Bandow, Cornelia: Cyclododecan in der Papierrestaurierung. Fixierung von wasserlöslichen Farben vor der Nassbehandlung. In: *Restauro* 5/1999, S. 326-329. Wimmer, Tanja/Haberditzl, Anna: Neue Fixierverfahren im Praxistest: Wasserempfindliche Farbstoffe auf einer modernen Akte. In: *Restauro* 7/1999, S. 532-538.

³⁸ Empfehlungen zur Restaurierung und Konservierung von Archiv- und Bibliotheksgut (wie Anm. 2) Sp. 557.

Tabelle 1: Ergebnis der Versuchsreihe nach drei Wochen

				Aspergillus versicolor	Cladosporium herbarum	Penicillium brevicompactum	Trichoderma virens
Blindproben			hadernhalt. Papier	+	++	++	++
			holzschliffhalt. Papier	++	++	++	++
Clotrimazol	1% ("Canesten")	1 x Sprühen	hadernhalt. Papier	++	++	++	++
			holzschliffhalt. Papier	++	++	++	++
	5% (Ethanol)	½ h	hadernhalt. Papier	-	-	-	++
			holzschliffhalt. Papier	-	+	-	++
		2 h	hadernhalt. Papier	-	-	-	-
			holzschliffhalt. Papier	-	-	-	++
		5 h	hadernhalt. Papier	-	(+)	-	-
			holzschliffhalt. Papier	-	-	(+)	-
	10% (Methanol)	½ h	hadernhalt. Papier	-	-	-	-
			holzschliffhalt. Papier	-	-	-	-
		2 h	hadernhalt. Papier	-	-	-	-
			holzschliffhalt. Papier	-	-	-	-
		5 h	hadernhalt. Papier	-	-	-	++
			holzschliffhalt. Papier	-	-	-	-
	10% (Methanol)	Löschpapier	hadernhalt. Papier	++	++	++	++
			holzschliffhalt. Papier	++	++	++	++
Phytomenadion	2,5% (Ethanol)	½ h	hadernhalt. Papier	++	++	++	++
			holzschliffhalt. Papier	++	++	++	++
		2 h	hadernhalt. Papier	++	++	++	++
			holzschliffhalt. Papier	++	++	++	++
		5 h	hadernhalt. Papier	++	++	++	++
			holzschliffhalt. Papier	++	++	++	++
Oxytetracyclin	1%	½ h	hadernhalt. Papier	++	++	++	++
			(verd. Essigsäure)	holzschliffhalt. Papier	++	++	++
		2 h	hadernhalt. Papier	++	++	++	++
			holzschliffhalt. Papier	++	++	++	++
		5 h	hadernhalt. Papier	++	++	++	++
			holzschliffhalt. Papier	++	++	++	++
Erythromycin	5% (Chloroform)	½ h	hadernhalt. Papier	++	++	++	++
			holzschliffhalt. Papier	++	++	++	++
		2 h	hadernhalt. Papier	++	++	++	++
			holzschliffhalt. Papier	++	++	++	++
		5 h	hadernhalt. Papier	++	++	++	++
			holzschliffhalt. Papier	++	++	++	++

- kein Bewuchs. (+) schwacher Bewuchs. + starker Bewuchs. ++ sehr starker Bewuchs

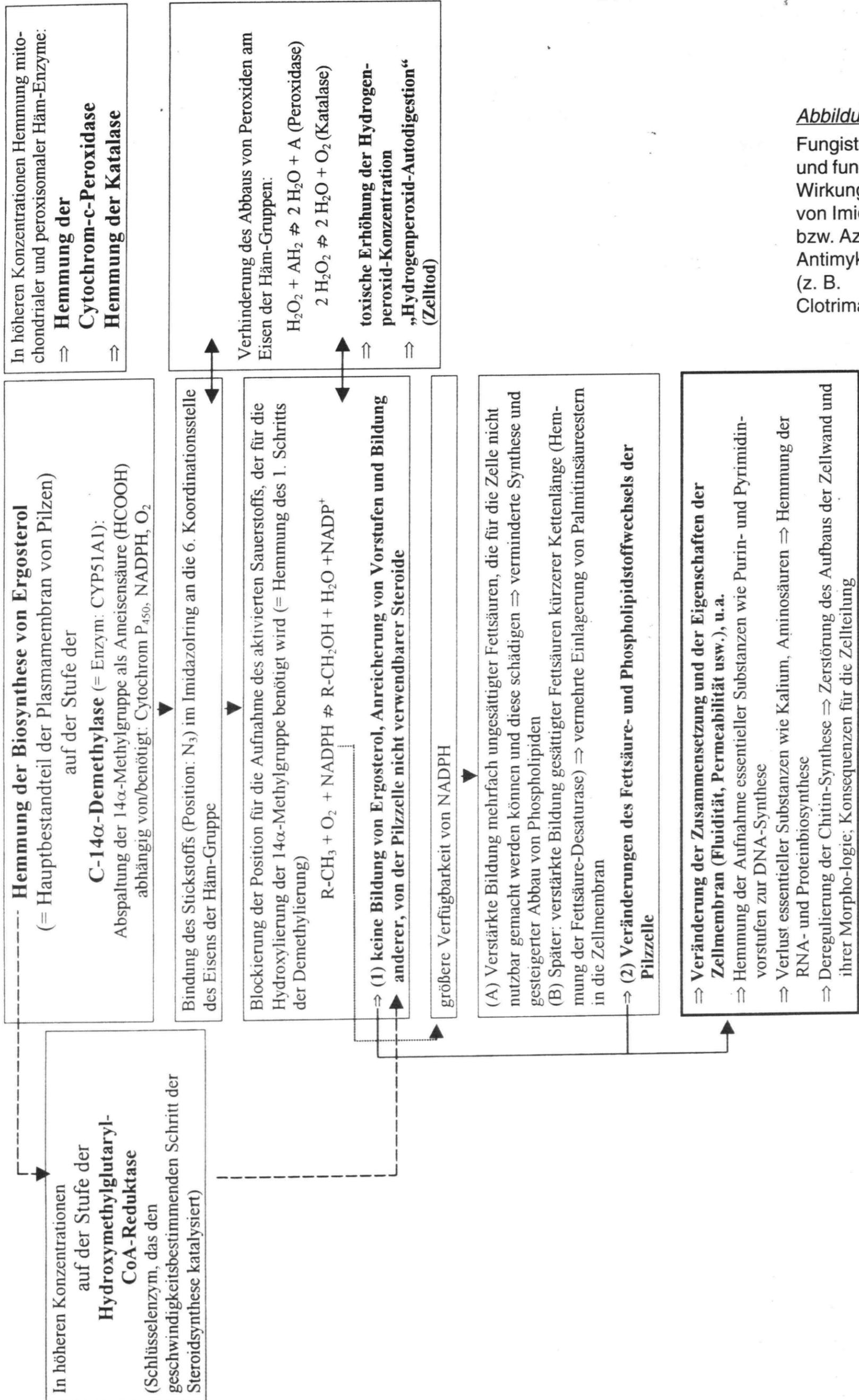
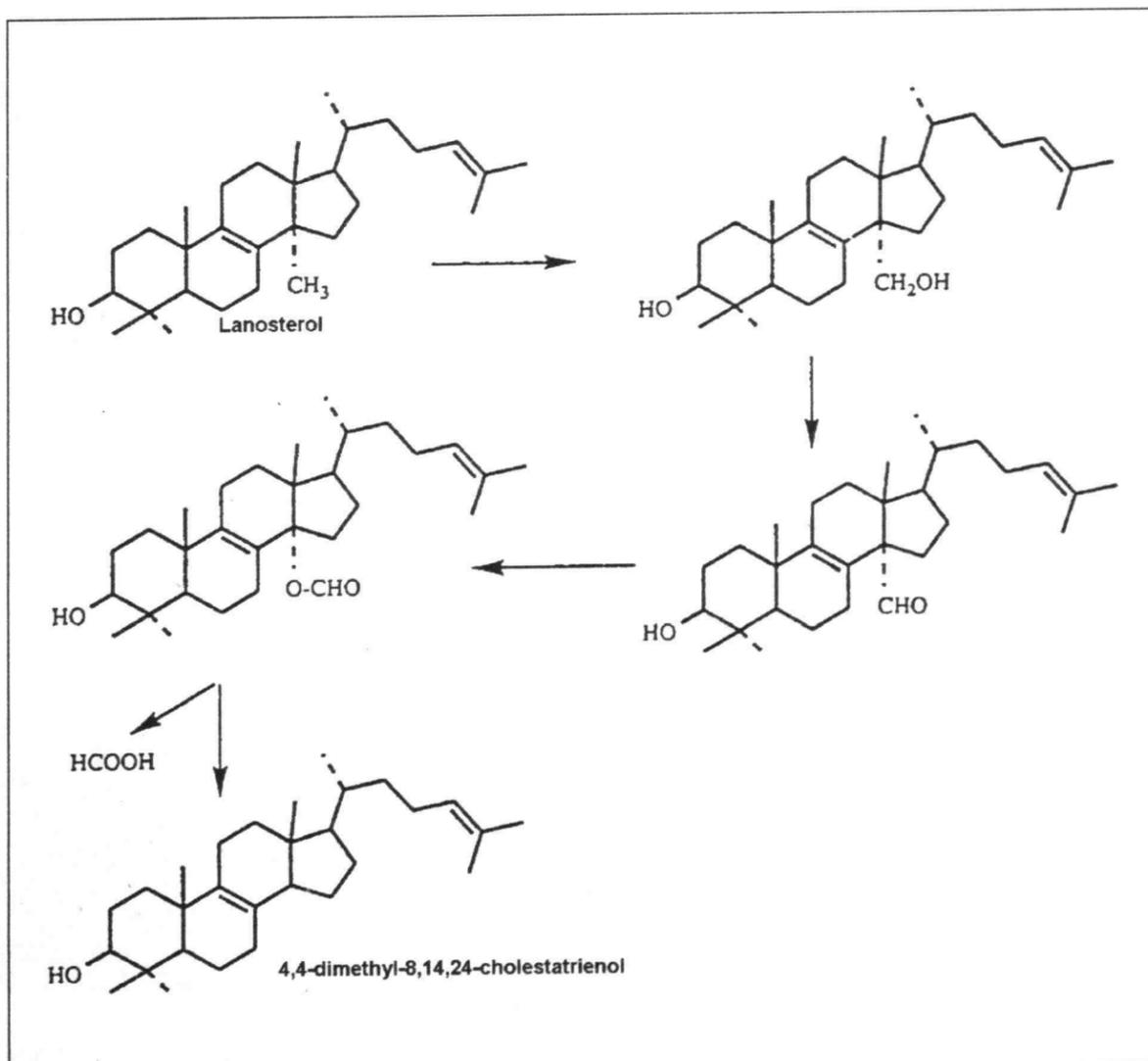
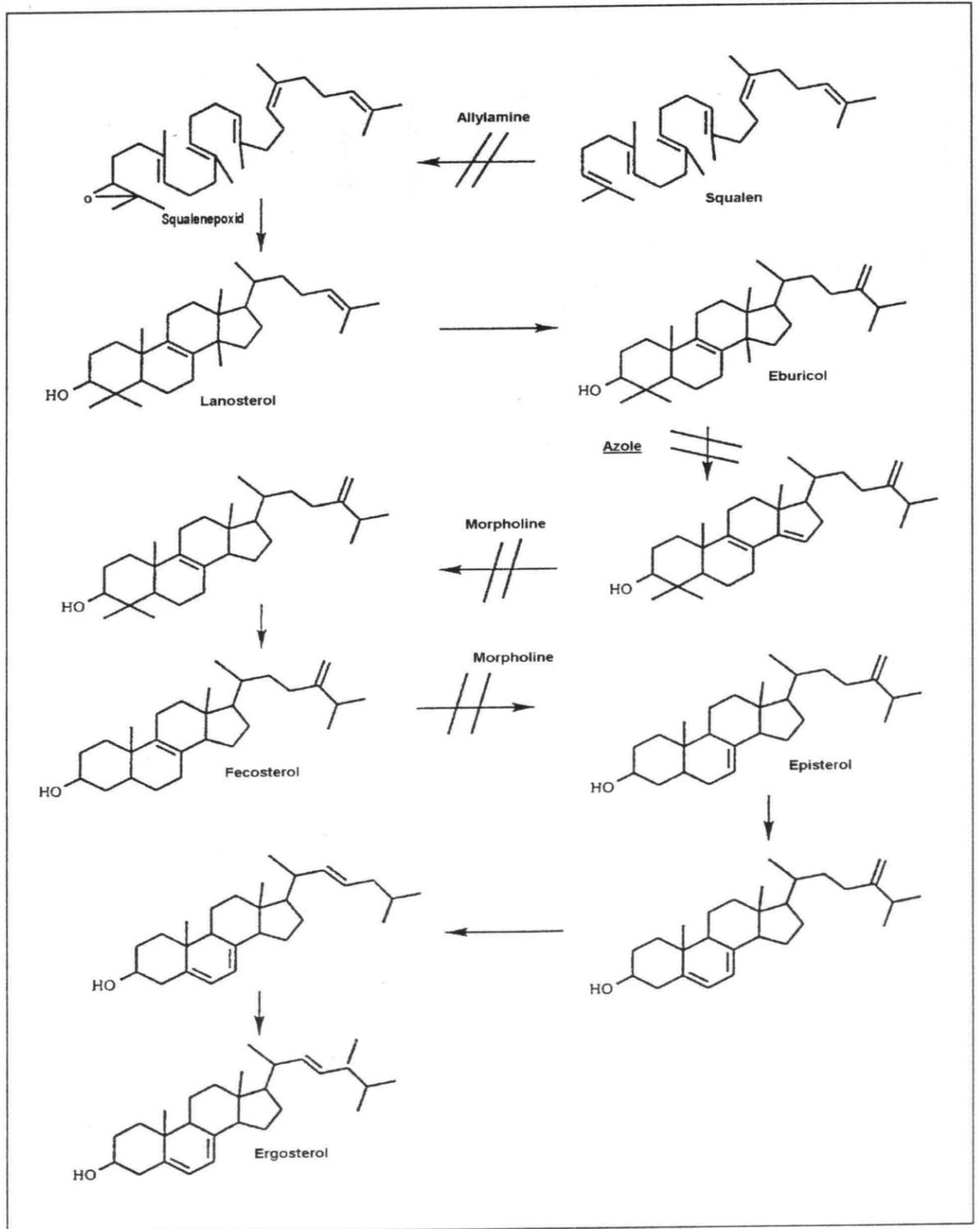


Abbildung 1:
Fungistatische und fungizide Wirkung von Imidazol- bzw. Azol-Antimykotika (z. B. Clotrimazol)

Abbildung 2:
Ergosterolbiosynthese in Pilzen
und Wirkungsweise der
C-14a-Demethylase

(1) Hauptschritte
der Ergosterol-Biosynthese
in Pilzen.
Die Abfolge der
Reaktionsschritte variiert
bei unterschiedlichen
Spezies



(2) *CYP51A1*
katalysierte Demethylierung
von Lanosterol an der
Position C-14.
Bei vielen Pilzen ist Eburicol
statt Lanosterol Substrat
dieser Reaktion

Nach: Hartman/Sanglard
(wie Anm. 33) S. 180, 182.

Name	Clotrimazol	Bifonazol	Miconazol	Ketoconazol	Itraconazol	Isoconazol
Struktur						
Summenformel	$C_{22}H_{17}ClN$	$C_{22}H_{18}N_2$	$C_{18}H_{14}Cl_4N_2O$	$C_{26}H_{28}Cl_2N_4O_4$	$C_{35}H_{38}Cl_2N_8O_4$	$C_{18}H_{14}Cl_4N_2O$
Löslichkeit	leicht löslich		Aceton, DMF	Dichlormethan	Dichlormethan	Methanol Ethanol
	löslich	Alkohol, DMF, DMSO Wasser (bei pH=6: <0,1mg/100ml)	Ethanol 1:9,5 Chloroform 1:2 Ether 1:15 Isopropanol 1:4 Methanol 1:5,3	Methanol		
schwer löslich	Wasser, Benzol, Toluol		Wasser (praktisch unlöslich)	Wasser (praktisch unlöslich), Ethanol (wenig löslich)	Wasser (unlöslich), Ethanol (schwer), Dichlormethan (wenig)	Wasser (praktisch unlöslich)
Basizität	pKa=4,7		pKa=6,7			
Wirkungsspektrum	breit, u.a. Aspergillus-, Cladosporium-, Penicillium-, Mucor-, Madurella-Arten	breit, u.a. Aspergillus-, Cladosporium-, Madurella-Arten	breit, u.a. Aspergillus-, Cladosporium-, Madurella-Arten	breit, u.a. Aspergillus-, Cladosporium-, Madurella-Arten	sehr breit, u.a. Aspergillus-, Cladosporium-Arten	breit, u.a. Aspergillus-, Penicillium-Arten
Handelsnamen (Bsp.)	Canesten, Antifungol, Apocanda, Azutrimazol, Benzoderm, Canifug	Mycospor, Bifomyk	Daktar, Monistat	Nizoral	Sempera, Sporanox	Travogen

Tabelle 2:
Antimykotika des Imidazol- und Azoltyps (Auswahl)

Lichtschutz für Papier

Lichtschutz für Papier

Lichtschutz für Papier

von Matthias Stappel

Grundlagen

Licht ist elektromagnetische Strahlung mit Teilchen- und Wellencharakter. Die Sonnenstrahlung umfasst die kurzen energiereichen Wellenlängen des UV-Bereiches bis hin zum energiearmen langwelligem IR-Bereich. Dazwischen liegt der erwünschte sichtbare Wellenlängenbereich (Abb. 1).

Ein Lichtstrahl (Abb. 2) der durch eine Fensterscheibe geht teilt sich in Reflexion, Transmission und Absorption auf. Reflexion entsteht bei glatten Flächen, wobei das Licht spiegelnd zurück geworfen wird. Der Reflexionsverlust bei Fensterglas beträgt ca. 4% bei senkrechtem Lichteinfall, ist aber stark vom Winkel abhängig, bei flachen Winkeln kann er bis zu 100% betragen. Der Transmissionsgrad gibt das Verhältnis durchgelassenes Licht zum aufgestrahlten Licht an, bei Fensterglas ca. 90%. Das durchstrahlte Material absorbiert bestimmte Wellenlängen, wobei beispielsweise das Glas warm wird.

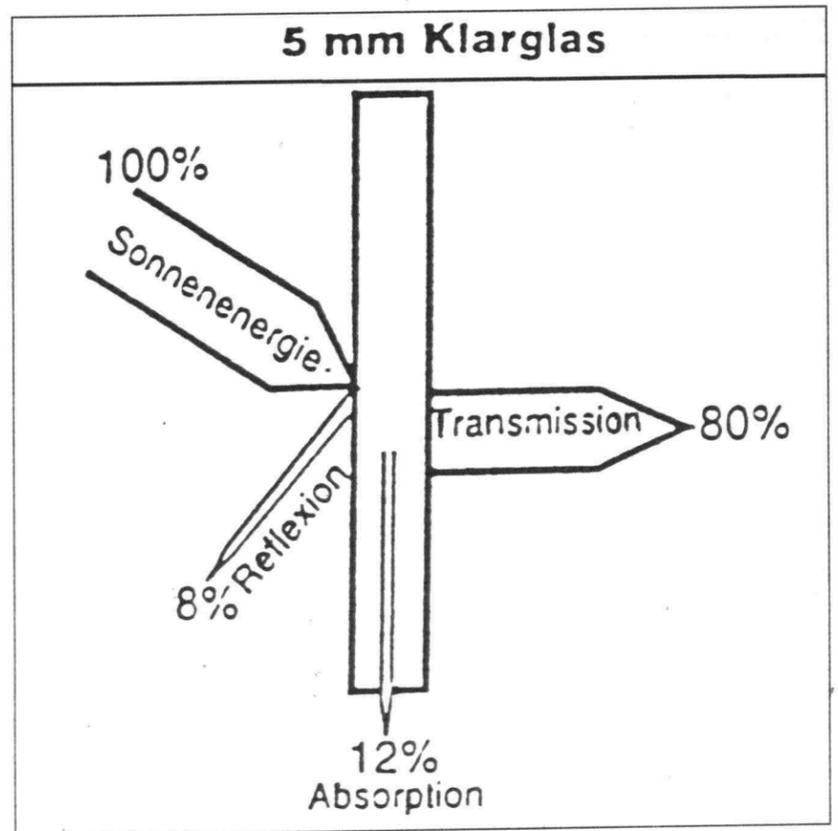
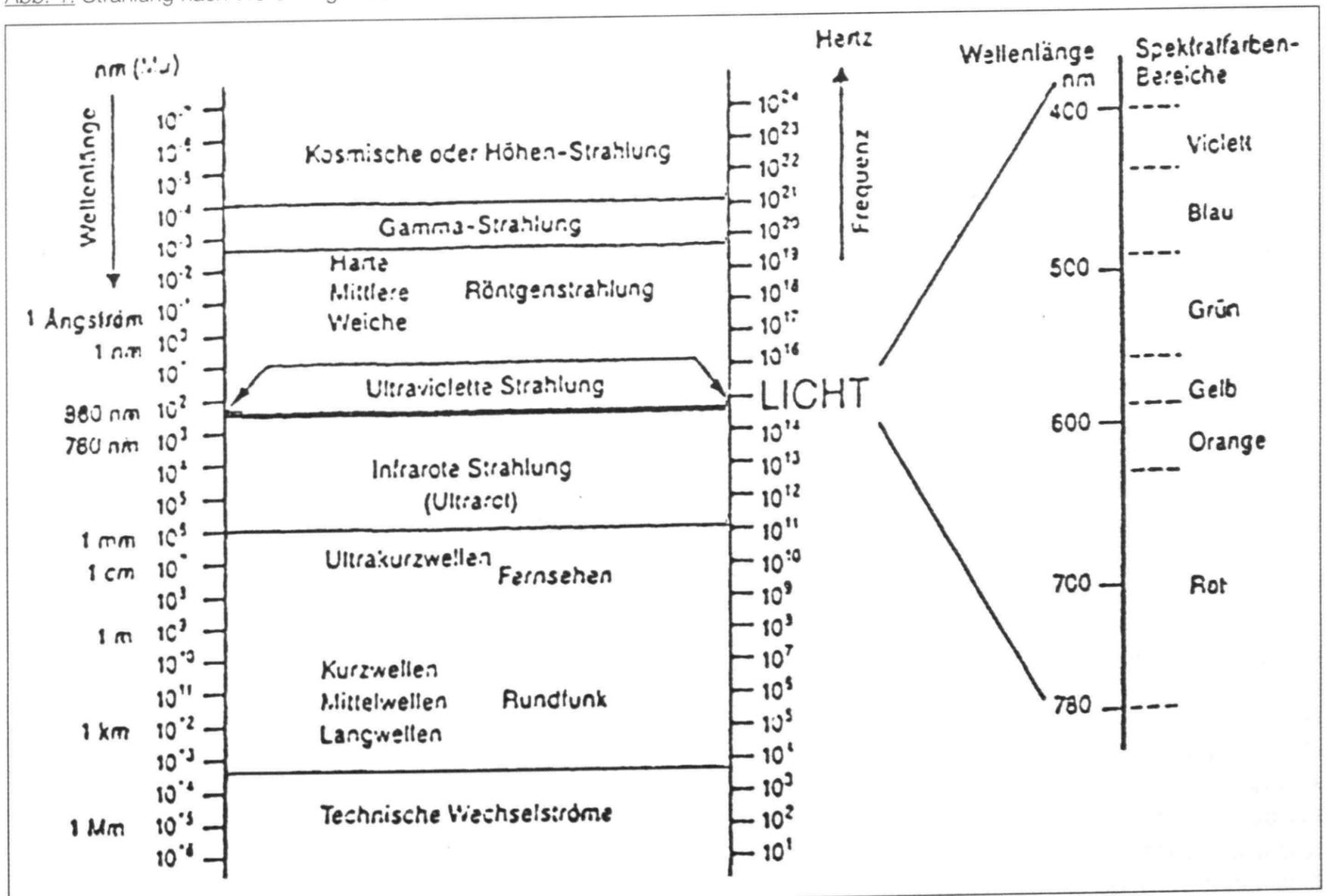


Abb. 2: Transmission, Reflexion

Abb. 1: Strahlung nach Wellenlängen sortiert



Sonnenlicht

Farbtemperatur außen 6300° Kelvin, Wellenlängenbereich 160-5000 nm, Beleuchtungsstärke blauer Himmel horizontal gemessen ca. 90.000 lx, bedeckter Himmel ca. 5000 lx, Farbtemperatur Innenraum $5500-6000^{\circ}$ K. Nur das lebendige sich verändernde Tageslicht schafft Ambiente! Dies muss bei allen Nachteilen, die das Sonnenlicht hat, vorausgeschickt werden. Die Strahlungsverteilung der Sonne verändert sich täglich, örtlich und im Jahresverlauf sehr stark. Der Verlauf der Strahlung, ob direkt oder gestreut, ändert nichts an der Strahlungsverteilung, sondern nur an der Intensität.

Kunstlicht

Nach der künstlichen Beleuchtung mit Feuer und Kerzen war das Gaslicht um 1900 „die“ künstliche Lichtquelle. (Elektrolicht war teuer). Die Nachteile waren neben der hohen Feuergefahr die Schadstoffbelastung durch die Verbrennungsprodukte wie Ruß und Schwefeldioxid (vgl. roter Lederverfall). Die wichtigsten Anforderungen an Kunstlicht bestehen in einer guten Lichtausbeute, gute Farbwiedergabe und Schadensvermeidung.

Glühlampe

Lebensdauer 1000 Stunden, geringe Lichtausbeute 14 lm/W (Lumen/Watt), hoher IR- (ca. 95%!) und geringer UV-Anteil, gute Farbwiedergabe, seit 1900 im Einsatz. In der Glühlampe wird ein Wolframdraht durch Strom zur Weißglut gebracht. Der hitzebeständige Quarzglas Kolben ist mit einem Schutzgas gefüllt, so dass der Draht nicht verglüht.

Leuchtstofflampe

Kenndaten: Lebensdauer 7500 Stunden, Lichtausbeute 58 lm/W, hoher UV-Anteil, geringer IR-Anteil, seit 1950 im Einsatz. Die Leuchtstofflampe besteht aus einer gasgefüllten Quarzglasröhre (Argon/Krypton o.ä.), deren Atmosphäre mit Quecksilberdampf versetzt ist, wodurch beim Anlegen einer hohen Spannung eine Entladung entsteht, die viel energiereiche UV-Strahlung (254 nm) abgibt. Das Licht wird durch Lumineszenz

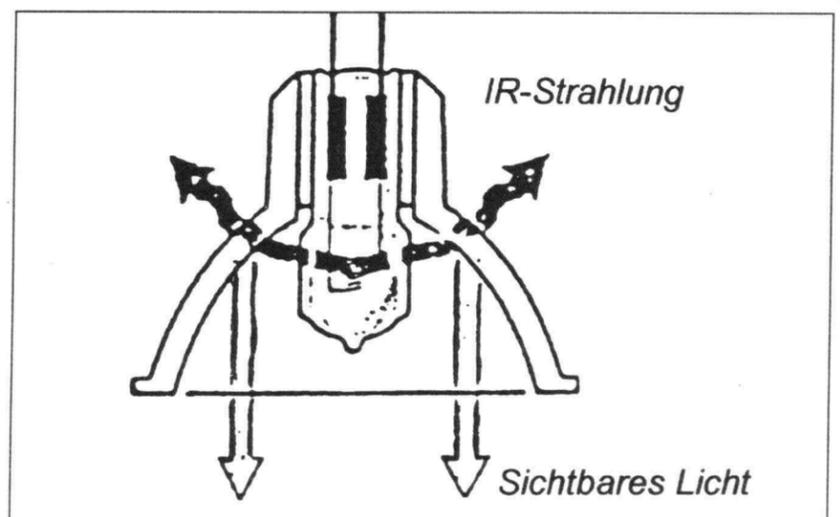


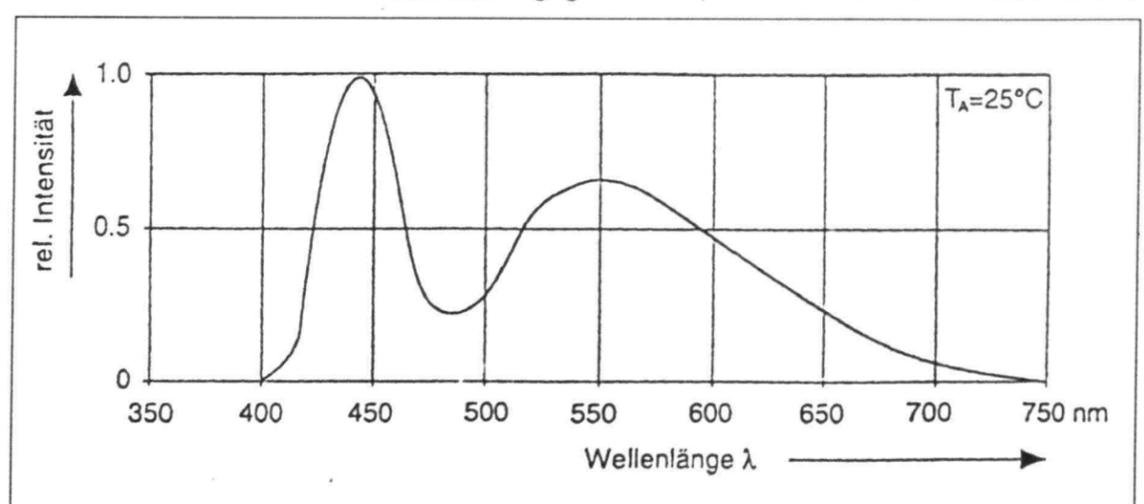
Abb. 3: Cool beam

erzeugt. Der Leuchtstoff (weißes Pulver aus Alumina-ten, Boraten bzw. seltenen Erden) wird von den UV-Strahlen zum Leuchten angeregt. Das Vorschaltgerät (Trafo, Drossel) transformiert die Spannung hoch, wobei er sich auf ca. $60-80^{\circ}$ C aufheizt. Sonderformen: Die Drei-Banden-Leuchtstofflampe hat drei Strahlungsmaxima um 450 nm (blau), 540 nm (grün) und 610 nm (rot) und eine Lichtausbeute von 70-100 lm/W. Fünf-Banden-Lampen tragen die Bezeichnung „de Luxe“ und haben eine sehr gute Farbwiedergabe. Vollspektrumlampen haben einen verstärkten UV-Anteil und werden von einigen Restauratoren gerne für die Retusche benutzt, da der UV-Anteil Tageslichtcharakter verleihen soll.

Halogenglühlampe

Kenndaten: Lebensdauer 2000-2500 Stunden, Lichtausbeute 16-22 lm/W, hoher IR- und mittlerer UV-Anteil (Filterung teilweise fest eingebaut „UV-Stop“), seit 1970 im Einsatz. Hier handelt es sich um eine gas-

Abb. 4: Abgegebenes Spektrum einer weißen Leuchtdiode



gefüllte Glühlampe, deren Zusatz von Jod oder Brom bewirkt, dass der Wolframdampf sich nicht mehr am Glas niederschlägt, sondern zum Draht zurückwandert. Eine Sonderform ist die Kaltlicht-Reflektorlampe („Cool beam lamp“ *Abb. 3*), bei der eine nur IR-durchlässige Reflexionsschicht auf dem Glas die IR-Strahlung nach Hinten abgibt und das restliche Licht nach vorne reflektiert. Die Reflexionsschicht ergibt ein Licht mit Perlmutterglanz, Lebenserwartung 2000-5000 Std.

Glasfasertechnik

Kenndaten: geringer IR-Anteil, mittlerer UV-Anteil, seit 1990 im Museumseinsatz. Eine Halogenlampe wird über Linsen in eine bewegliche Glasfaser geleitet. Je länger die Glasfaser ist, desto schlechter ist die Lichtausbeute und desto grüner wird das Licht. Die Faseroptik ermöglicht es, Licht um Ecken zu leiten. Die Lichtleiter aus Glasfasern bestehen aus verspiegelten Hohlleitern. Die Fasern können neben Glas auch aus Kunststoff (PMMA) sein. Gute Vitrinenbeleuchtung, wenn das luftgekühlte Aggregat außerhalb vom Vitrinenraum angebracht wird. Die Wärmeabfuhr erfolgt durch einen Ventilator. Hierbei sollte man darauf achten, dass er keine Vibrationsgeräusche erzeugt, welche durch die Vitrine noch verstärkt werden.

Weißer Leuchtdioden

Kenndaten: Lebensdauer 100.000 Stunden, Lichtausbeute 20 lm/W (steigt noch), kein UV-Anteil, kein IR-Anteil (*Abb. 4*), einfache Technik, für gute Farbwiedergabe weiße und gelbe Dioden kombinieren. Bei den Leuchtdioden handelt es sich um Halbleiter, die als grüne oder rote Kontrolllampen von Stand-by-Schaltungen bekannt sind. Erst 1995 wurden die weißen Dioden erfunden. Zusätzlich wurde die Leistung deutlich gesteigert, so dass der Einsatz als Flächenlicht jetzt schon möglich ist.

Schadensgrundlagen

Für das Entstehen eines Schadens sind drei Faktoren wichtig: Materialeigenschaften, Umweltbedingungen, Zeit. Alle drei Faktoren hängen direkt zusammen. Zeitungs- bzw. Recyclingpapier sind die für Lichtalterung anfällige Materialien, die schon ab einer Schwellenbelastung von 5 Wh/m² sichtbare

Alterungserscheinung wie Verbräunung und größere Brüchigkeit zeigen. Im Vergleich dazu ist das Haderpapier mit 1200 Wh/m² recht stabil. Zeitungspapier hat ungünstige Alterungseigenschaften (Material). Wenn es in einem UV-reichen Licht wie dem Sonnenlicht (Umwelt) ausgesetzt wird, dann altert und verbräunt das Papier sehr schnell (Zeit). Der Schaden kann vermieden werden wenn die drei Faktoren beeinflusst werden, also die Umweltbedingungen günstiger gestaltet werden, d. h. UV-frei, oder wenn die Ausstellungszeit sehr kurz gehalten wird oder wenn es durch ein Objekt mit besseren Materialeigenschaften ausgetauscht wird, wie Haderpapier.

Dabei darf aber nicht vergessen werden, dass das Altern eine „Einbahnstraße“ ist. Jede Belastung, auch wenn man den Schaden nicht sofort sieht, verringert die Lebenserwartung, wie ein Lebenserwartungskonto, von dem nur abgehoben werden darf.

Ausbleichen

Anorganisches Material (Metall, Stein) wird durch optische Strahlung eigentlich nicht belastet. Dagegen reagieren organische Materialien, besonders Farbstoffe sehr schnell und intensiv auf Strahlung. Solche Schäden fallen besonders neben unverbleichten Stellen auf, beispielsweise in Falten von Textilien oder unter dem Schmuckrahmen bzw. Passepartout (als „Lichtstrahlen“ bezeichnet). Das Ausbleichen von Farben geht anfangs sehr rasch voran, später langsamer. Unbelichtete Farben verändern sich schneller als bereits geschädigte. Unbelastetes Material, wie die Buchmalerei einer mittelalterlichen Handschrift, welche ständig im Dunkeln aufbewahrt wurde, ist besonders empfindlich. Ausgebleichte Farben sind kaum mehr anfällig.

Das Ausbleichen von Naturfarbstoffen ist feuchteabhängig. Bei hoher Feuchte und starker Lichtbelastung verblassen sie schneller als bei niedriger Feuchte und gleicher Lichtbelastung. Ebenso scheint es sich mit dem Versauern von Papier zu verhalten. Hohe Feuchtegehalte begünstigen eine Versauerung während der Lichtalterung. Neben der Luftfeuchte führen Sauerstoff, Luftschadstoffe und große Objektanfälligkeit zu einer erhöhten Schädigung wobei UV-Licht über die Radikalbildung als Katalysator wirkt. Verantwortlich für das Ausbleichen sind zu ca. 80 % die UV-Strahlung, zu 7,5 % der sichtbare

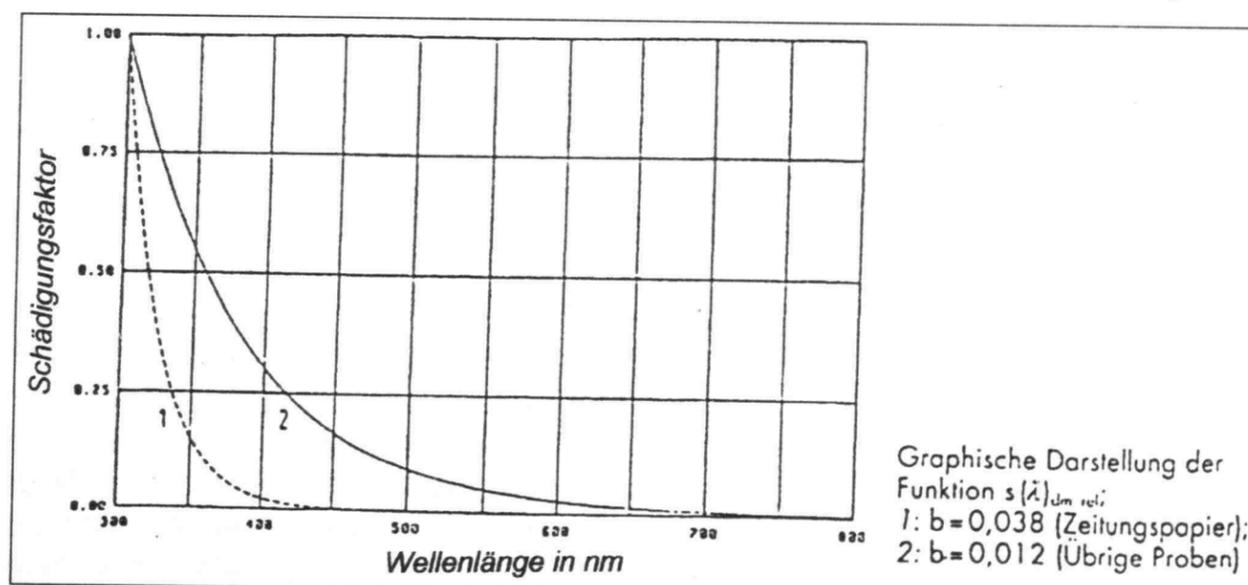
Wellenlängenbereich, zu 7,5% die IR-Strahlung und mit ca. 5% sind andere Faktoren zum Umwelteinfluss (Luftfeuchte, Verschmutzung...) daran beteiligt (vgl. Abb. 5).

Aquarelle sind besonders empfindlich, weil die Farben nur dünn aufgetragen sind und dadurch eine große Oberfläche haben. Die meisten Naturfarbstoffe bleichen schneller als synthetische. Photoreaktionen wie das Ausbleichen, sind direkt von der Lichtintensität und deren Einwirkungszeit, sowie dem Wellenlängenbereich abhängig. Das Verbleichen erfolgt zuerst schnell, dann immer langsamer.

Papierschäden

Jedes Material ist nur in einem speziellen Wellenlängenbereich empfindlich, der sich bis in den sichtbaren Bereich erstrecken kann. Am Beispiel Papier soll die Problematik angedeutet werden. Das Zeitungs- und Recyclingpapier enthält Lignin. Lignin wiederum besteht zum Teil aus Stilben, dessen Doppelbindungen leicht oxidieren. Dabei entstehen Radikale, die zu Vergilbung und, durch Zersetzung des Materials, bei der freie Säuren entstehen, zur Versprödung des Papiers führen (kürzere Molekülketten → verminderte Reißfestigkeit). Zeitungspapier reagiert hauptsächlich auf UV-Licht. Oberhalb von 400 nm ist die Objektempfindlichkeit gering, so dass Zeitungspapier im UV-freien Licht viel beständiger ist (Abb. 5). Das Vergilben von Papier (vorzugsweise bei hohen Temperaturen) beziehungsweise das Verbleichen (vorzugsweise bei niedrigen Temperaturen) ist temperaturabhängig.

Abb. 5: schnelle Alterung ligninhaltigen Papiers im UV-Bereich



Strahlungsschäden

Das UV-Licht ist hauptsächlich für Lichtschäden, wie das Ausbleichen verantwortlich. Als grobe Faustregel kann angenommen werden, dass das Verhältnis der UV-Anteile von Sonnenlicht : Leuchtstofflampen : Glühlampen etwa 100:10:1 beträgt. Im Freien hat das Sonnenlicht bei blauem Himmel eine UV-Belastung von ca. 1000 $\mu\text{W}/\text{lm}$ (Mycrowatt/Lumen), Glühlampenlicht dagegen ca. 30-60 $\mu\text{W}/\text{lm}$. Gefiltertes Licht sollte weniger als 10 $\mu\text{W}/\text{lm}$ haben. Die Schäden durch das sichtbare Licht sind im Vergleich zum UV-Bereich niedriger einzuschätzen (Abb. 5). Die langwellige, eher energiearme IR-Strahlung erzeugt kaum Lichtschäden, dafür aber einer Erhöhung der Temperatur und dadurch eine Klimaänderung. Die erhöhte Temperatur erzeugt eine schnellere Alterung. Als Faustregel kann bei einer Temperaturerhöhung um 100° C mit einer doppelt so schnellen Alterung bei organischem Material gerechnet werden. Außerdem zeigt sich das Phänomen, dass nicht jedes organische Material gleich auf die verschiedenen Wellenlängen reagiert. Dafür sind die verschiedenen chemischen Bindungen mit ihren speziellen Empfindlichkeiten für einzelne Wellenlängen verantwortlich (Abb. 6). Daneben hat es sich gezeigt, dass nicht jede absorbierte Wellenlänge gleich einen Schaden erzeugt, sondern durch Energieabgabe in Form von Wärme oder Licht (Fluoreszenz, Lumineszenz) reagieren kann.

Maßnahmen

Eine gute Wahrnehmung erfolgt wenn das Objekt heller ist als die Umgebung, deshalb sollte die Wand in der Ausstellung „dunkler“ sein. Bei Untersuchungen

wurde festgestellt, dass 300 lx angenehmer sind als 150 lx, was nicht verwundert. Auffallend war aber, dass 150 lx Tageslicht angenehmer als 300 lx Kunstlicht empfunden wurden. Bei den für empfindliche Objekte empfohlenen 50 lx muss sich das Auge erst langsam anpassen, ca. 10 Minuten. Hier kann eine Lichtschleuse, das heißt immer dunkler werdende Ausstellungsräume hilfreich sein.

Abb. 6:
Chemische Bindung
und kritische
Wellenlänge

Kritische Wellenlängen (nm) für chem. Verbindungen	
C≡N (Nitril)	138
C≡C	144
C=O	166
C=C	200
C=S	224
C-C (aromatisch)	233
C-H (Azetylen)	239
C-F	243
O-H	263
C-H (Ethylen)	273
C-H (Methan)	295
Si-O	325
C-O	333
S-H	333
N-H	345
C-C (aliphatisch)	362
C-O (Ether)	366
C-Cl	371
S=S	381
Si-H	386
Si-C	413
C-N (Nitromethan)	426
C-S	438
O-O (Peroxid)	452
N-N (Hydrazin)	782

Wenn die Fläche gleichmäßig angestrahlt wird reichen 100-200 lx aus und das Gemälde erscheint angenehm beleuchtet. Für den Schaden spielt die Intensität alleine keine Rolle, sondern die Dauer muss berücksichtigt werden. Bei 1000 lx in 1 Stunde oder 1 lx in 1000 Stunden ist der Schaden gleich, außer dem durch Wärme entstandenen Schaden.

Zeitbegrenzung (ganzer Wellenlängenbereich)

Die einfachste und effektivste Schutzmaßnahme besteht in der Verkürzung der Beleuchtungszeit. Z. B.: kürzere Wechselausstellung, Kürzung der wöchentlichen Öffnungszeiten an besucher-schwachen Tagen, während der geschlossenen Zeit konsequent das Tageslicht abhalten (Elektrische Metallrolläden) bzw. nicht ausgestellte Objekte in ein dunkles Magazin, Lichtregie mit Bewegungsmeldern, Druckknopf bis hin zum Einwurf einer Münze. Wenn konsequent nur die Verdunklung bei geschlossenem Museum benutzt werden, sollen nur 70% Schaden entstehen. Die Praxis zeigt aber je komplizierter die Technik ist, desto teurer und störanfälliger ist sie.

Mengenbegrenzung (ganzer Wellenlängenbereich)

Aus konservatorischer Sicht wäre die totale Vermeidung von Sonnenlicht und der Einsatz gefilterten Kunstlichts die beste Möglichkeit. Das fensterlose Museum wird leider aus ästhetischen Gründen selten durchgeführt, wobei eine Minderung einfach durch Dimmen, das Einsetzen einer kleineren Wattzahl oder die Erhöhung des Abstandes erzeugt werden könnte. Deshalb können folgende Gegenmaßnahmen greifen:

- Feste Einbauten: Sprossen vor den Fenstern, Verkleinern des Fensterausschnitts, Lichtschächte oder Stellwände, indirekten Beleuchtung über weiße Wandanstriche (Titanweiß absorbiert bis zu 80% des UV-Anteils), eingefärbtes Glas, weiße Wandfarbe auf Scheibe für Notmagazin, Gewebe zwischen Isolierglasscheibe („Thermolux“), Milchglas, Gussglas, verspiegeltes Glas, Graufolie, kleine Fenster, nur Nordfenster, Oberlichter, hoch angebrachte Fenster, Glassatteldach usw.

- Variable Einbauten: verstellbare Prismenstrukturen (Acrylglas) am Fenster, Lamellen (automatisch durch Lichtfühler oder von Hand geregelt) außenliegende (Bewitterung, Sturmschaden?) bzw. innenliegende (Wärmebelastung im Raum) Rollos, Rolläden, Jalousien, Markisen, Lamellen, Raffstore, textile Vorhänge wie Nesselstoff innen bzw. alubeschichtete Kunstfasern für außen, Aluminiumrolläden usw.

Neuentwicklung

Thermotrope Fenster (Abb. 7) wurden vom Fraunhoferinstitut in Zusammenarbeit mit anderen Firmen entwickelt. Durch die thermotrope Schicht wird selbständig aus einem durchsichtigen Glas bei einer Temperatur über 35° C ein weißes, diffus reflektierendes Glas. Der Einsatz dieses intelligenten Glases liegt in der Vermeidung von Überhitzung von Gebäuden, also der Absorption und Reflexion der IR-Strahlung bei gleichzeitiger Lichtmengenreduzierung. Dabei wird die thermotrope Schicht, ein Hydrogel zwischen

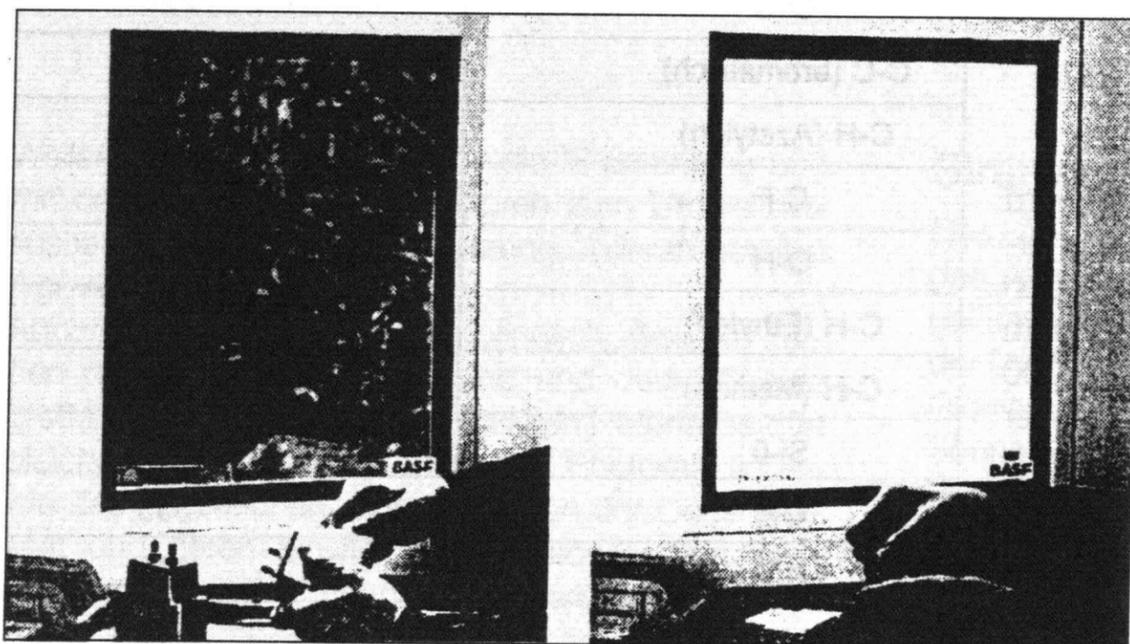


Abb. 7: Thermotropes Fenster in klarem bzw. streuendem Zustand

den Isoliergläsern bzw. eine Folie, mit steigender Temperatur immer undurchsichtiger, bis zu einem Transmissionsgrad von 13 %.

Spiegelfolien (hauptsächlich IR-Bereich)

Spiegelfolie werden mit Metalloxid und auf die Scheibe geklebt. Am besten in den Innenraum einer Isolierglasscheibe bei deren Produktion. Es ist aber auch kein Problem die Folie auf alte Fenster im Innenraum aufzukleben zu lassen. Die Glasfläche muss nur glatt sein. Gussglas ist also ungeeignet. Es gibt verschiedene Farben Gold, Silber und Bronze. Der Haupteinsatz der Verspiegelung liegt in der Begrenzung des Wärmeeintrags durch die IR-Strahlung, um so einen Treibhauseffekt zu vermeiden. Außerdem bieten sie einen guten Sichtschutz. Alle aufgeklebte Folien bieten einen Splitterschutz, was in manchen Bereichen wie z. B. bei der Verglasung von Bildern wichtig sein kann. Über die Streudichte der Metalloxide können verschiedene Transmissionsraten von 15 bis 70 %, ohne spezielle Filterung einzelner Wellenlängen. Bei der Graufolie verhält es sich ähnlich. Es wird hier keine IR-Strahlung gespiegelt, sondern nur die gesamte Lichtmenge reduziert.

Filterung (UV-Bereich)

Durch die Atmosphäre und das darin enthaltene Ozon wird aus dem Sonnenlicht die ganze UV-C-Strahlung herausgefiltert. Durch normale Isolierglasscheiben wird der gesamte UV-B-Bereich bis

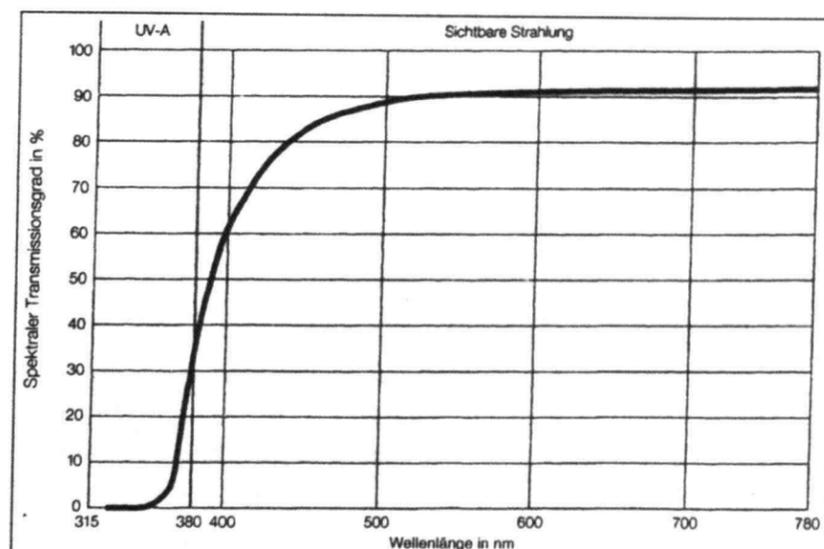
310 nm abgehalten und zudem der UV-A-Bereich auf ca. 40% reduziert. Für alle Filter ist die Kantenlage der wichtigste Wert. Die Kantenlage wird in nm angegeben und bezeichnet die Stelle an der 50% der maximalen Sperrwirkung erreicht werden. Je steiler der Anstieg, desto besser ist die Wirkung. Die im Museumsbereich eingesetzten Filter haben aber fast alle die gleiche Steigung, weshalb dieser Faktor vernachlässigt

werden kann. Die optimale UV-Filterwirkung sollte etwas in den sichtbaren Bereich gehen. Kantenlagen von 380 bis 400 nm werden empfohlen, so hat der UV-Glasfilter Uvilex mit 397 nm eine optimale Kantenlage (Abb. 8). Bis 410 nm gibt es keine Farbverschiebung. Bei längeren Wellenlängen entsteht durch den Filter ein Farbstich. Ausnahmsweise kann auch ein Filter bis 450 nm bei s/w-Fotos bzw. einfarbigen Bildern eingesetzt werden, weil der leichte Gelbstich durch gedimmtes Glühlampenlicht und Zeit für die Augenadaptation ausgeglichen werden kann.

UV-Schutzfilter

Die erste deutlich orangegelbe UV-Schutzfolie hat eine Sperrwirkung für den Bereich von 310-460 nm. Sie wurde 1949 in der USA für die Vitrine der Unabhängigkeitserklärung benutzt. Durch gelbliche Filter für die Beleuchtung wurde der Raum mit einem gelblichen Licht versehen und es dauerte nur wenige Minuten bis die Augen die farbliche Umstellung

Abb. 8: Kantenlage 387 nm bei Uvilex



vollzogen hatten, dann sah die Urkunde weiß aus. Die Haltbarkeit der ersten Foliengeneration war nicht gut, u. a. Blasenbildung. Heutige moderne Polyester- bzw. PET-Folien sollen eine Haltbarkeit von 10 bis 50 Jahren haben. Für den UV-Bereich gibt es spezielle UV-Schutzfolien (= Spiegelfolien) die optisch nur eine kaum wahrnehmbare Farbveränderung verursachen. Die Filterwirkung im UV-Bereich beträgt bis zu 99,9 %. Solche Folien werden auf Isoliergläser geklebt (mit Acrylaten bzw. PS-Klebern). Bei der ersten Generation von UV-Schutzfolien wurden 30-50 $\mu\text{W}/\text{lm}$ am Objekt empfohlen. Heutige Folien ermöglichen niedrigere Werte bis zu 2 $\mu\text{W}/\text{lm}$. UV-Schutzfolien sind auch als Röhren, sogenannten Tubes erhältlich. Diese lassen sich sehr einfach über Leuchtstoffröhren schieben. Die Folien sind mit UV-Blockern versehen.

Neben den Folien filtern viele Kunststoffe, beispielsweise einige Acrylglasarten, UV-Licht. Hier ist die Dicke, ab ca. 4 mm, von ausschlaggebender Bedeutung. UV-absorbierendes Acrylglas Uvalite oder UV Perspex CR absorbieren bis 400 nm die gesamte UV-Strahlung. Bei Lexan bzw. Makrolon handelt es sich um ein Polycarbonatglas das eine große UV-Absorption (ca. 99 %, dickenabhängig) hat. Die farblosen Kunststoffsorten Makrolon Longlife 283 sowie Makrolon Longlife Plus 293 sind für Strahlen unter 380 nm undurchlässig und daher als farbloses Verglasungsmaterial geeignet. Durch die Longlife-Beschichtung besteht die Gefahr des Vergilbens des Trägermaterials Makrolon nicht mehr so stark.

Filter im Einsatz vor Kunstlichtquellen sollten eine geringe Temperaturwechselempfindlichkeit haben. Einige Folien vertragen die hohen Temperaturen mancher Lichtquellen nicht. Besonders IR-Filter für Kunstlicht erwärmen sich stark und müssen deshalb aus speziellen Glas hergestellt werden wie beispielsweise „Calflex“. UV-Filterglas für Kunstlichtbeleuchtung mit guten Temperaturwechseleigenschaften ist beispielsweise das „Uvilex 3902“ (Abb. 8). Neben den Gläsern und Folien besteht auch die Möglichkeit UV-Schutzlacke aufzutragen. Sie sind besonders für unebenes Glas geeignet, wo ein Aufkleben von Folie nicht möglich ist. Die Haltbarkeit ist aber sehr eingeschränkt, man spricht von wenigen Jahren, da sie zu geringe mechanische Stabilität besitzen. Außerdem baut sich der Zusatz des UV-Fängers (Tinovin?) mit der Zeit ab. Zudem beträgt die Filterwirkung nur 90 %.

Messmethoden

- elektrische: Luxmeter für den sichtbaren Wellenlängenbereich. Die Messung beruht auf der Stromabgabe einer Solarzelle (Siliziumfotodiode). UV-Meßgerät funktionieren genauso, wobei die Solarzelle ihren Strom nur aus dem UV-Bereich bezieht.
- mathematisch: Rechenschieber von CCI. Über die Zeit, Beleuchtungsstärke und Schadensfaktor kann der optimalen Abstand je nach Lichtquelle und maximaler Ausstellungsdauer usw. ausgerechnet werden. Man kann sich alle Einzelwerte auch aus den Datenblättern der Lampenherstellern und aus dem Hilbert (s.o.) selbst zusammen rechnen.
- Farbreaktionen: Blaustandard für Langzeitmessung (ca. 1 Monat und länger). Er wurde für die Lichtechtheitsprüfung von Textilfarben entwickelt. Die geeichten, blau gefärbten Wollstreifen verblasen in einer vorgegebenen Zeit. So sind für die empfindlichste Lichtechtheitsstufe 1 ca. 70 Stunden Belichtung bei 1000 lx Tageslicht gerade noch erlaubt. Höhere Belastung führt zu einer sichtbaren Ausbleichreaktion. Für die Messung muss die eine Hälfte lichtgeschützt werden, beispielsweise durch eine schwarze Kartonhülle. Durch regelmäßige Kontrolle kann der Zeitpunkt der ersten Verbleichung festgestellt werden. Außerdem kann Recycling- bzw. Zeitungspapier benutzt werden, das noch schneller verbräunt, aber nicht geeicht ist.

Da bei dem umfangreichen Thema vieles nur kurz angerissen werden konnte soll noch auf die verwendete und empfehlenswerte Literatur verwiesen werden:

Literatur

- Dirk Ferlmann, Lichtschutz in Ausstellungen, Diplomarbeit FH Köln 1997
 Günter S. Hilbert, Sammlungsgut in Sicherheit, Berlin 1996, 2. Auflage
 Matthias Stappel, Lichtschutzseminar, Lüttinghof 2000 (Tagungsunterlagen Jan. 2000)
 Christoph Waller, www.cwaller.de

Spannbrett

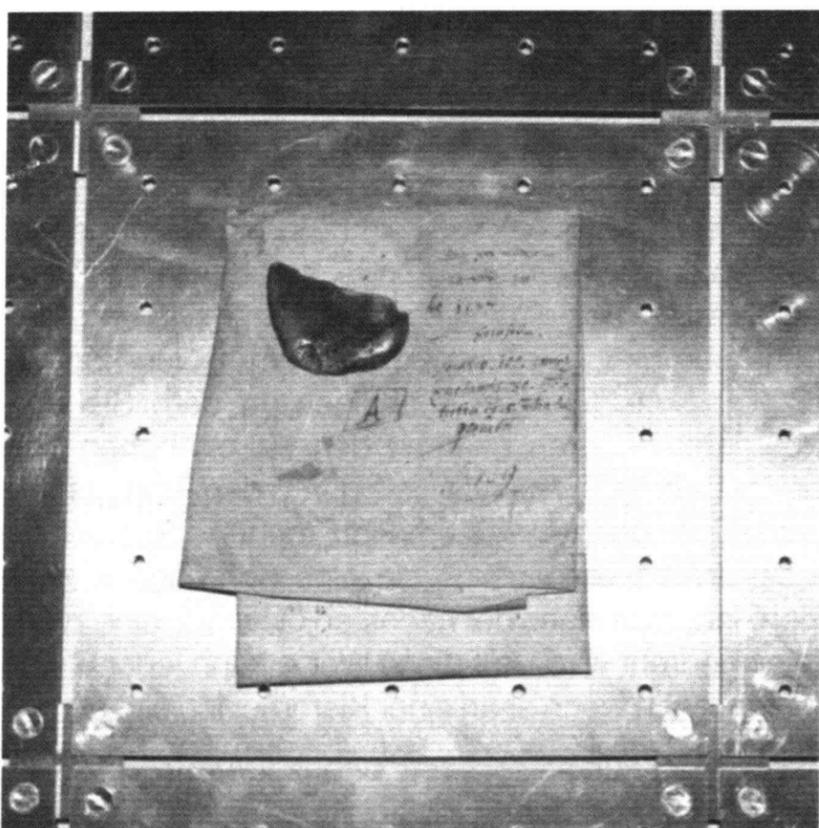
Spannbrett zum Planlegen

Spannbrett zum Planlegen für Urkunden mit aufgedrückten Siegeln

von Jürgen Hoffeberth

In vielen Archiven lagern große Bestände an Pergamenturkunden mit abhängenden oder aufgedruckten Siegeln. Diese Bestände stellen die Archive vor besondere Probleme, was die Lagerung und somit auch den Platzbedarf betrifft. Die heute gängigste Lagerung ist die in den sogenannten Urkundentüten, etwas seltener planliegend in Schränken und die Ausnahme ist die hängende Aufbewahrung, die unter dem Begriff „Kölner System“ bekannt ist. Die beiden letztgenannten sind in den meisten Archiven aus räumlichen und finanziellen Gründen nicht zu realisieren.

Abb. 1: Urkunde mit Siegel (1073 Siegfried von Mainz) aufgefaltet



Um zumindest die ältesten Urkunden (9.-13. Jh.) mit den aufgedruckten Siegeln in Zukunft schonender zu archivieren, wurde 1997 im Staatsarchiv Darmstadt beschlossen, diesen Teil des Bestandes, sowie alle Überformate und andere als wertvoll (in Absprache mit dem Referenten) angesehenen Urkunden herauszunehmen und sie planliegend in Schränken zu lagern. Bedingt durch das Format der Urkunden sind diese bis zu sechsmal gefaltet, um sie in den Urkundentüten unterbringen zu können. Das Falten der Urkunden war zur Zeit ihrer Entstehung die übliche Art der Aufbewahrung und wurde erst mit dem Auftrag an die Archive zum dauernden Erhalt ein konservatorisches Problem.

Zwei Probleme waren im Zusammenhang mit dieser Maßnahmen zu lösen: Wie sollten die Urkunden in

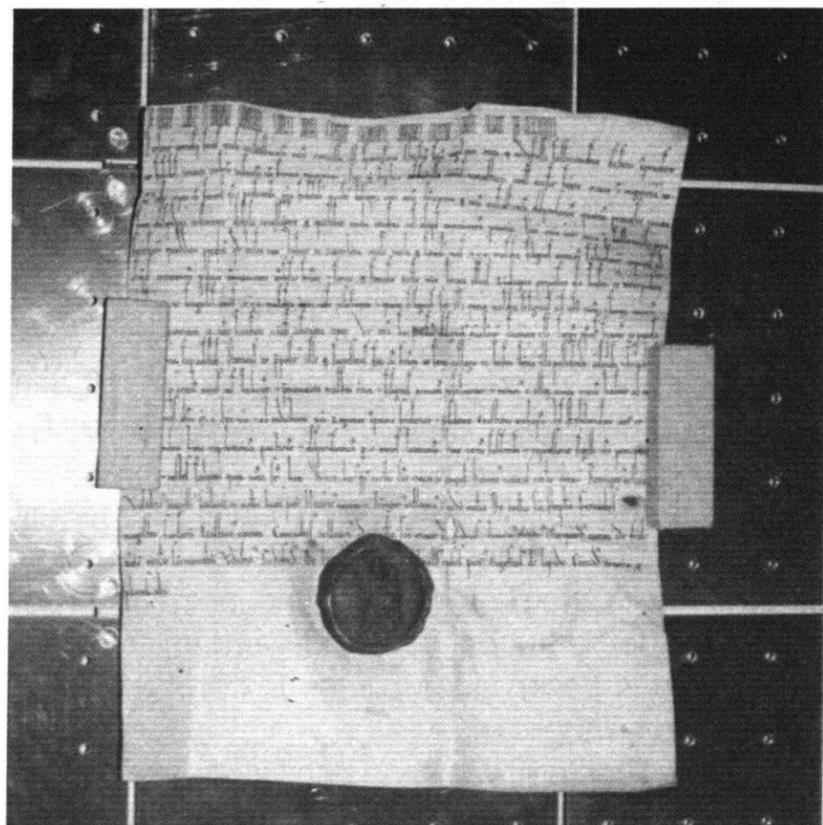


Abb. 2: Urkunde mit Siegel (1073 Siegfried von Mainz) gefaltet

den Schränken aufbewahrt werden? Wie kann, insbesondere den Urkunden mit den aufgedruckten Siegeln, die durch das Falten entstandene Spannung genommen werden?

Ersteres wurde dadurch gelöst, dass die Urkunden auf dafür angefertigte Tableaus aufgelegt werden. Wegen den doch sehr unterschiedlichen Formaten der Urkunden werden diese individuell für jede Urkunde angefertigt. Da es sich um einen überschaubaren Teil der Urkundenbestände handelt ist dieser, nicht unerhebliche, Aufwand vertretbar und auch zu rechtfertigen. Die Tableaus sind aus einer 1,5 mm Wellpappe und einem 1,5 mm Passepartoutkarton angefertigt. Der Passepartoutkarton wird in der Breite der Urkunde 4 cm und in der Höhe 8-10 cm größer zugeschnitten. Dies ist notwendig um genügend Platz für die Urkunde, die Klemmleiste und eine Textzeile zu haben, auf der die wichtigsten Daten der Urkunde vermerkt werden. Die Wellpappe wiederum sollte vierseitig je 2 cm größer sein und an den Ecken abgerundet werden, um ein Verstoßen der Ecken zu verhindern. Die Klemmleiste besteht aus einem 4 cm breiten und 2 mm dicken Streifen aus Makrolon, in den in 5 cm Abständen 6 mm Löcher mit einem Abstand vom unteren Rand bis Lochmitte von 1,5 cm gebohrt sind. Die Wellpappe gibt dem ganzen Stabilität bei geringem Gewicht, den nur ein stärkerer Karton bei höherem Gesamtgewicht gewährleistet

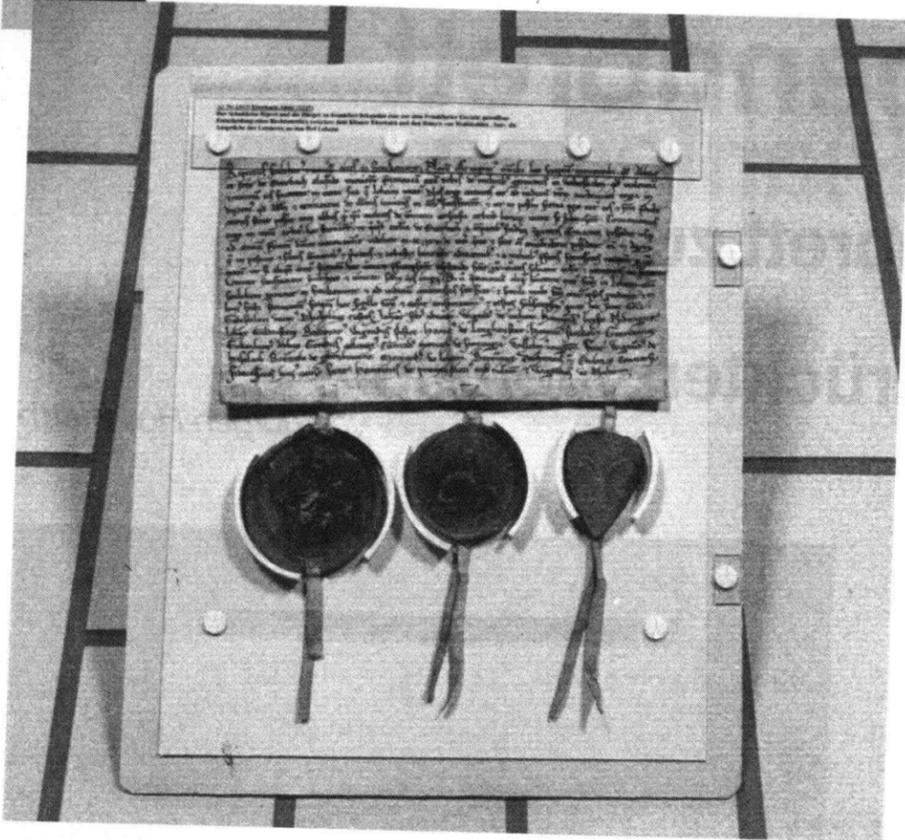


Abb. 3: Urkunde mit Tableau
(Signatur A1 Nr. 141/5 Eberbach,
Abtei 1225)

hätte. Verbunden werden die Teile wiederum mit den Buchschrauben, wie sie auch bei den Klemmen für das Spannbrett verwendet werden.

Unter der Wellpappe wird noch eine Mappe mit Schrauben angebracht, in der z. B. die Fotos usw. untergebracht werden können, die auch von der Rückseite der Urkunde gemacht werden, um dem Benutzer das Lesen auch dieser Texte, soweit vorhanden, zu ermöglichen.

Das zweite Problem, wie kann den Urkunden mit den aufgedruckten Siegeln, die Spannung genommen werden, um sie planlegen zu können, erforderte einige Überlegungen, an deren Ende die Idee mit dem Spannbrett stand.

Das Spannbrett

Die ursprüngliche Idee einen Spannrahmen zu verwenden, wurde von mir sehr schnell wieder verworfen, da sich gezeigt hat, dass durch den nach unten offenen Rahmen die Gefahr des Durchhängens des Siegels zu groß ist. Auch wäre ein Rahmen wegen der zum Teil doch sehr großen Formate der Urkunden in vielen Fällen zu klein gewesen. Das Spannbrett hingegen ist ein flexibles Modulseystem, welches dem jeweiligen Format der Urkunden angepaßt werden und bei nicht gebrauch zerlegt und sehr platzsparend verwahrt werden kann. Die einzelnen Module sind aus Aluminium in der Größe von 25 x 25 cm und einer Stärke von 5 mm gefertigt. In regelmäßigen Abständen von 5 cm sind in diese Platten Löcher gebohrt (25 je Modul) und ein Gewinde eingefräßt. Mit Verbindungsstegen können die Module zu der jeweils benötigten Größe zusammengestellt werden. Ein Verziehen der einzelnen, Platten beim Verschrauben wird mit den Abstandhaltern verhindert.

Als weiteres Zubehör wird benötigt: Buchschrauben aus Messing, Gummiringe, Holzstäbchen, Klemmen aus Macrolon, Lochschrauben und Löschkarton.

Anwendung des Spannbrettes

Nachdem an der Urkunde die notwendigen Vorarbeiten (Reinigung) abgeschlossen sind, kann mit dem Aufspannen begonnen werden. Schneiden Sie sich einen Karton (Löschkarton) in der Größe der Urkunde zu, auf den das Objekt aufgelegt wird, welcher auch während des Spannens unter der Urkunde verbleibt und dem Schutz des Siegels dient. Beim Setzen der Klemmen muss darauf geachtet werden, dass diese so dicht wie möglich angesetzt werden. Kleinere Risse an den Rändern bilden kein Risiko, müssen aber von den Klemmen erfaßt werden. Die Klemmen sind wegen der besseren Haftung mit einem Löschkarton beklebt, der leicht ausgetauscht werden kann. Durch die beiden äußeren freien Löcher der Klammern werden nun die Gummiringe gezogen und einmal verschlungen. Richten Sie nun die Urkunde auf der Platte nach der Mitte aus und schrauben gegenüber eines jeden Ringes eine der Ringschrauben in die Platte ein, ziehen Sie den Ring durch die Öffnung der Schraube und verschlingen ihn einmal. Nun können Sie die erste Spannung anlegen, in dem Sie den Schrauben drehen und mit den Holzstäbchen das ganze fixieren, wozu das Holz durch den Ring geführt wird. Es können mit einem Holz mehrere Schrauben festgestellt werden. Eine einzelne Schraube wird fixiert, indem in eines der nächsten Gewinde eine zweite eingedreht wird. Auf diese Weise kann jeder Gummiring, auch wenn er an einer Klammer ist, einzeln gespannt werden.

Abb. 4: Brett von der Rückseite mit Abstandhaltern und Verbindungselement

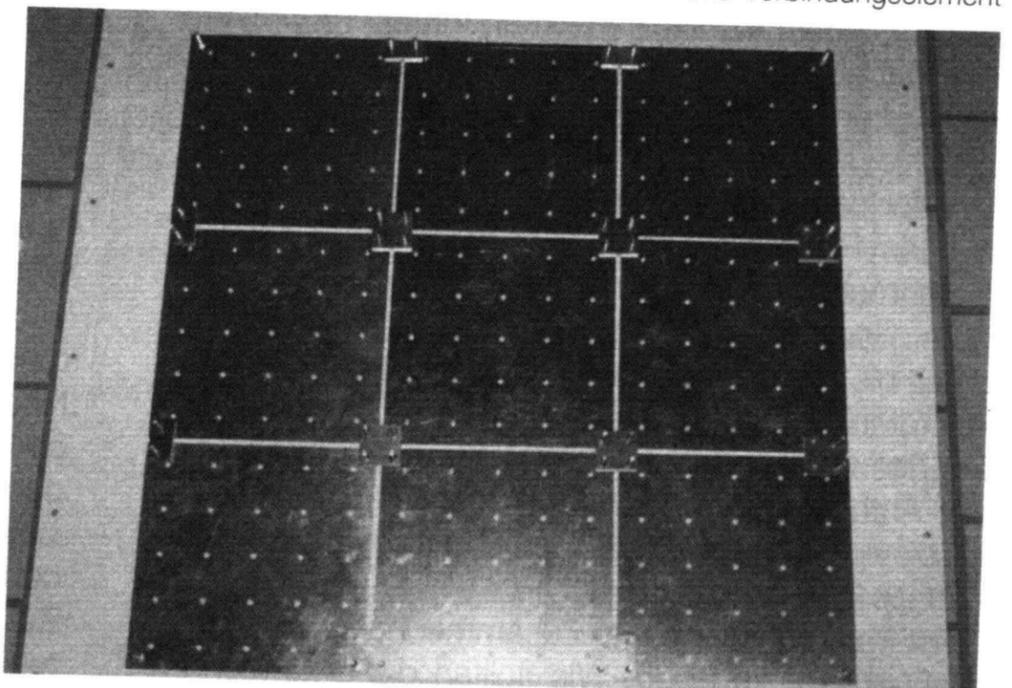


Abb. 5:
Aufgespannte Urkunde

Diese erste Spannung sollte keinesfalls zu straff ausgelegt sein, um der Urkunde noch genügend Spiel zu geben. Mit einem 50 % Wasser-Alkoholgemisch wird das Objekt nun eingesprüht, wobei das Siegel abgedeckt werden muß. Sprühen Sie nicht direkt auf die Urkunde, sondern lassen Sie es von oben als feinen Nebel niedergehen. Warten Sie einige Minuten, bis die Urkunde die Feuchtigkeit aufgenommen hat. Nun kann noch einmal nachgespannt werden, bis auf jedem Gummiring etwa die gleiche Spannung anliegt. Durch Antippen der Ringe lässt sich dies gut kontrollieren. Je nach den klimatischen Verhältnissen im Raum

kann die Urkunde nach zwei bis drei Tagen von dem Brett abgenommen werden. Soweit man das bei einem Pergament sagen kann liegt es nun plan, ohne wieder dazu zu neigen, sich in den vorherigen Zustand zurückzufalten. Wie bei der Bearbeitung von Pergament notwendig, sollte die Urkunde aber anschließend noch einige Zeit unter leichter Beschwerung bleiben, um dem Pergament sein „Gedächtnis“ wieder zugeben. Hierbei ist unbedingt mit entsprechenden Maßnahmen auf den Schutz des Siegels zu achten.

Es soll hier noch einmal darauf hingewiesen werden, dass diese Methode ausschließlich dazu dienen soll, bei Pergamenten mit aufgedruckten Siegeln die Spannungen, welche durch das Falten entstanden sind, auf möglichst schonende Art herauszunehmen. Bei Pergamenten mit abhängenden Siegeln und einem Umbug ist dies nur bedingt möglich, weil der Umbug nicht völlig von den Klammern erfasst wird und sich deshalb nach dem Trocknen hochstellen kann.



Ein Spannrahmen Grundelement besteht aus:

- 9 Platten a 25 x 25 cm (Montiert 75 x 75 cm)
- 12 St. Verbindungselemente
- 50 St. Gummiringe
- 20 St. Klemmen
- 50 St. Ringschrauben
- 50 St. Muttern
- 50 St. Schrauben
- 25 St. Rundholzstäbchen

Der Preis des Spannbretts beträgt in dieser Ausführung ca. 613,55 Euro plus Steuer und Versand. Jedes weitere Element mit Zubehör ca. 65,46 Euro plus Steuer und Versand.

Entwicklung: Jürgen Hoffeberth, Restaurator, Hessisches Staatsarchiv, Karolinenplatz 3, 64289 Darmstadt, Tel. 06151 / 165963, Fax 06151 / 165901
Herstellung und Vertrieb: Belo Restaurierungsgeräte GmbH, Dipl.-Rest. K. F. Bergmeier, Ernst-Hänßler-Str. 16, 79585 Steinen, Tel. und Fax 07627 / 1703



Fensterentwurf von Pfarrer Reinhardt

Glasfensterentwürfe

Restaurierung von Glasfensterentwürfen

Restaurierung von Glasfensterentwürfen

Paulikirche Mülheim an der Ruhr

von Marcus Janssens

Im Jahr 1999 bin ich in der Restaurierungswerkstatt des Stadtarchivs Mülheim an der Ruhr mit 28 außergewöhnlichen Objekten konfrontiert worden, die dringend restauriert werden mussten. Es handelt sich dabei um 28 Glasfensterentwürfe auf Karton aus den 50er Jahren, die für die Paulikirche in Mülheim an der Ruhr angefertigt wurden.

Geschichte

Die erste lutherische Kirche an der Delle verdankte ihre Entstehung dem Grafen Wilhelm Wirich v. Daun, Herr zu Broich. Er schenkte der Gemeinde ein Grundstück mit der Maßgabe, dass an diesem Ort eine Kirche und ein Pfarrhaus errichtet werden sollte. In den Jahren von 1672-1707 wurde der Bau errichtet.

Im 19. Jh. wuchs die evangelische Gemeinde in Mülheim an der Ruhr so stark an, das man mit dem Platz in dem alten Gebäude nicht mehr aus kam. Außerdem beklagte sich der damalige Pfarrer Richter über den schlechten baulichen Zustand und den starken Zug-

wind innerhalb der Kirche. Der Neubau der lutherischen Kirche, der schon in den 40er Jahren des 19. Jh. geplant war, musste immer wieder wegen der geringen Geldmittel der Gemeinde verschoben werden.

Im September 1879 wurde mit dem Abbruch der alten Kirche und mit dem Bau des neuen Gotteshauses begonnen. Es sollte eine Kirche im „frühgotischen Stil“¹ werden, nach den Plänen des Krefelder Bau- meisters und Architekten August Hartel. Im Herbst des Jahres 1880 war der Bau mit dem etwa 50 m hohen Turm, mit Ausnahme der Fenster und der inneren Ausgestaltung, vollendet. Schenkungen und Spenden ermöglichten der Gemeinde den Innenausbau. So erhielt die Gemeinde als Stiftung drei Chorfenster und auch weitere Kirchenausstattung.

Als am 9. Oktober 1887 der Zusammenschluss der reformierten und lutherischen Gemeinde zur Evangelischen Altstadtgemeinde Mülheim an der Ruhr erfolgte, gingen die Paulikirche und die Petri- kirche in den Besitz der Altstadtgemeinde über.

Abb. 1: Das neue Gotteshaus

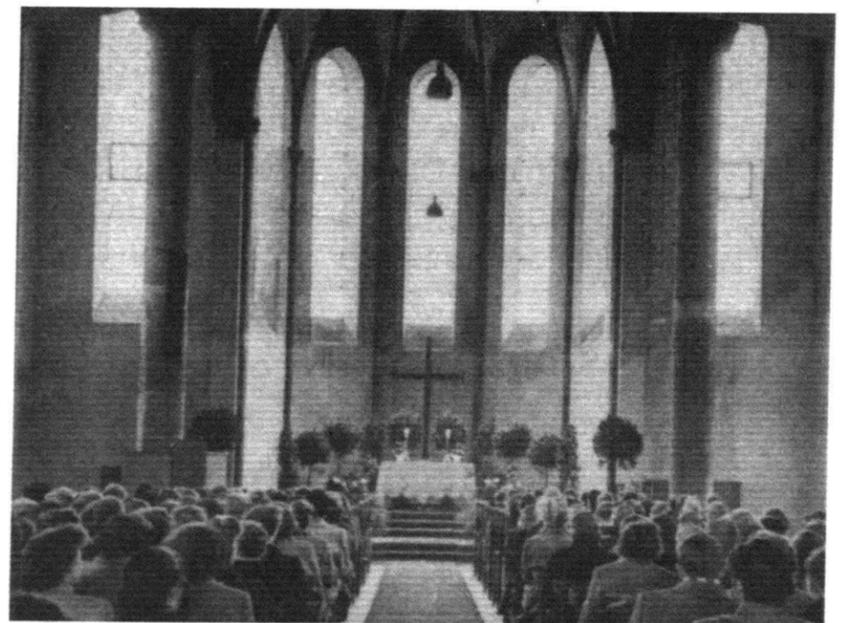


Abb. 2: Gottesdienst 1949

Nach schweren Kriegsschäden im Zweiten Weltkrieg konnte die Paulikirche in den Jahren 1948/49 notdürftig wiederhergestellt werden. Weihnachten 1949 wurde der erste Gottesdienst abgehalten. In den Jahren bis zur umfassenden Renovierung 1953, traten an die Stelle der Holzverschalungen Fenster. Ende Februar 1953 wurde das von Grund auf renovierte Gebäude wieder eröffnet. Große Verdienste um das neue Gotteshaus hatte sich Pfarrer Reinhardt erwor-

¹ Neogotischen Stil

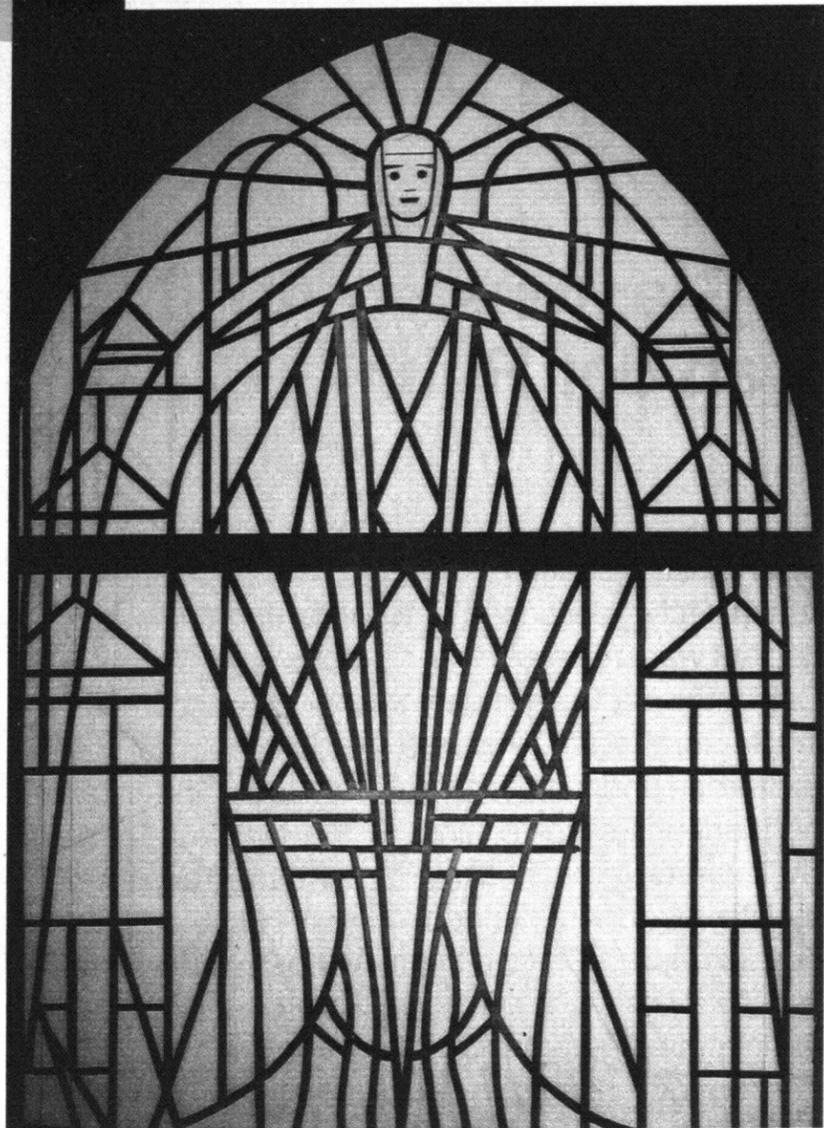


Abb. 3: Fensterentwurf von Pfarrer Reinhardt

ben. Er entwarf die neuen Fenster und das neue Gestühl, aus seiner Feder stammen auch die Entwürfe zur neuen Kanzel und zum Altar.

Pfarrer Reinhardt legte insgesamt drei Entwürfe für die farbigen Fenster des Chores vor. In den zwei früheren Entwürfen waren überlebensgroße Gestalten eingezeichnet. Diese Vorschläge wurden abgelehnt, der dritte Entwurf nutzte dagegen zwei Felder der Fenster für ein Bildmotiv. Das bedeutete vier Bilder je Fenster und 28 Bilder für die gesamte Fensterwand. Die Planung und der Einbau erfolgten bis ins Jahr 1958.

Abb. 4: Fensterentwurf, Ausschnitt mit Überarbeitungen von Pfarrer Reinhardt



Am 27. Juni 1971 wurde die Paulikirche geschlossen, am 1. September 1971 erteilte das Hochbauamt der Stadt Mülheim an der Ruhr der Altstadtgemeinde die Abbruchgenehmigung. Die Kirche wurde Stück für Stück abgetragen, dabei gingen auch die Chorfenster verloren. Einziges Zeugnis dieser Fenster und ihrer Schönheit sind die heute noch vorhandenen Entwürfe im Format 1:1 von Pastor Reinhardt. Nach einer längeren Odyssee gelangten sie Mitte der Neunziger Jahre ins Stadtarchiv Mülheim an der Ruhr.

Arbeitsablauf

Nach der ersten Besichtigung der Objekte und einigen Recherchen musste ich feststellen, dass man die 28 zum größten Teil farbigen Entwurfszeichnungen jahrelang in einem Heizungskeller gelagert und sie noch zusätzlich auf der Rückseite mit Paket- bzw. Teppichklebeband notdürftig repariert hatte. Eine Restaurierung war dringend notwendig geworden, da die mechanischen Schäden behoben und der Karton entsäuert werden musste. Infolge der Lagerung der Objekte in einem Heizungskeller und der minderen Papierqualität war der PH-Wert auf 4,5-5 gesunken. Des Weiteren wiesen die Entwürfe starke Verschmutzungen durch Staub auf, partiell hatten sich die Farbschichten gelöst und lagen lose auf dem Papier auf.

Das größte Problem bei diesem Projekt waren jedoch nicht das Objekt selber, sondern die Realisierung in einer räumlich relativ kleinen Werkstatt und

bei einem knappen Haushaltsetat. Um das ganze Projekt und die daraus resultierenden Kosten für Material und Gerätschaften übersehen zu können, erstellte ich als erstes ein Restaurierungskonzept. Aus diesem ist zu ersehen, welche Arbeitsgänge angedacht waren und welche Materialien dafür benötigt würden.

Ein weiteres Problem stellte die wässrige Reinigung und Entsäuerung dar. Jedoch ließ sich dieses mit Hilfe einer einfachen Wanne lösen. Dieses als Stecksystem aus Dachlatten (Kanthölzer 4 x 4 x 200 cm) und Teichfolie (300 x 300 cm) konzipierte Becken, kann Objekte bis zu einer Größe von 2 x 2 m fassen.

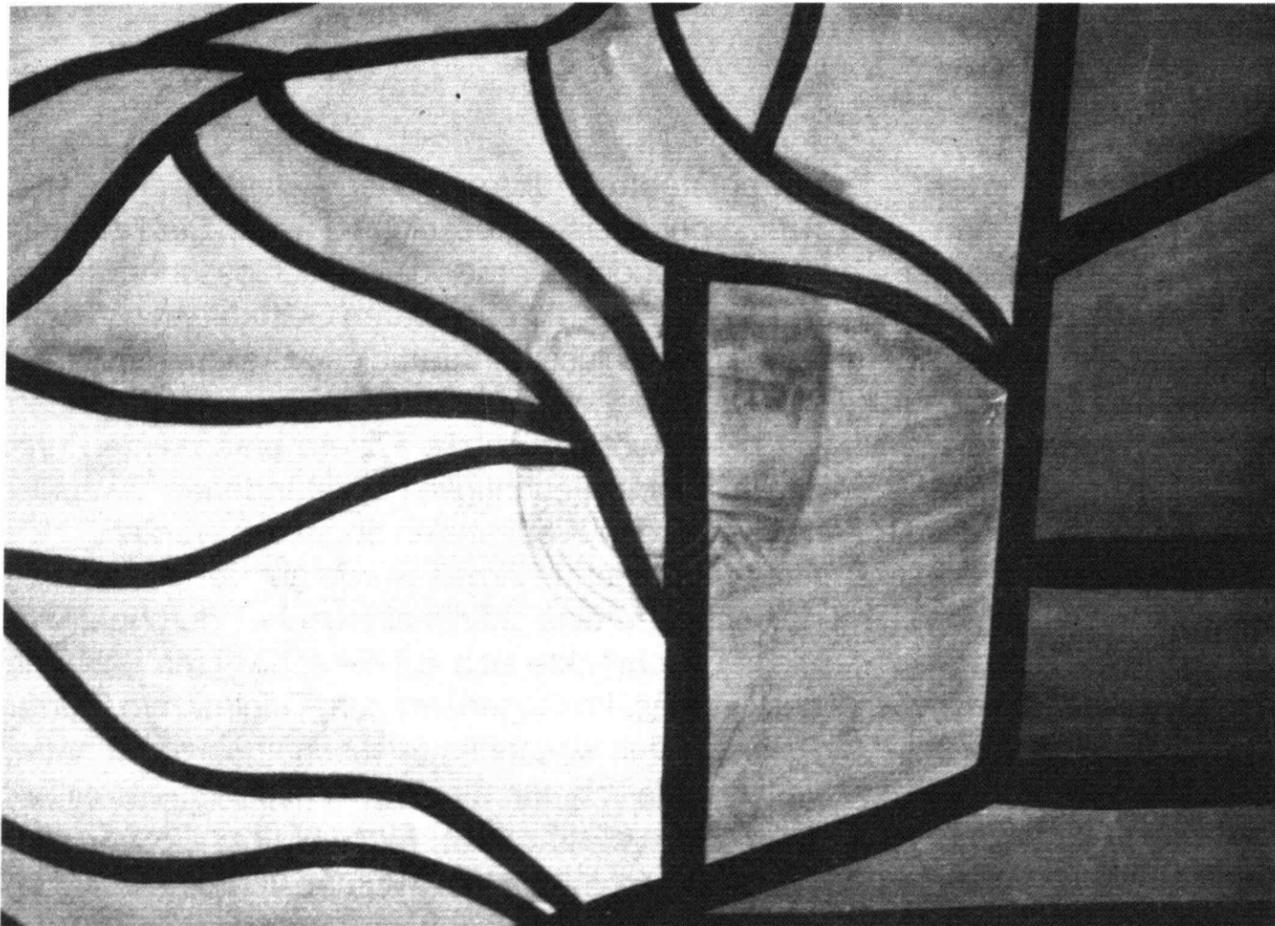
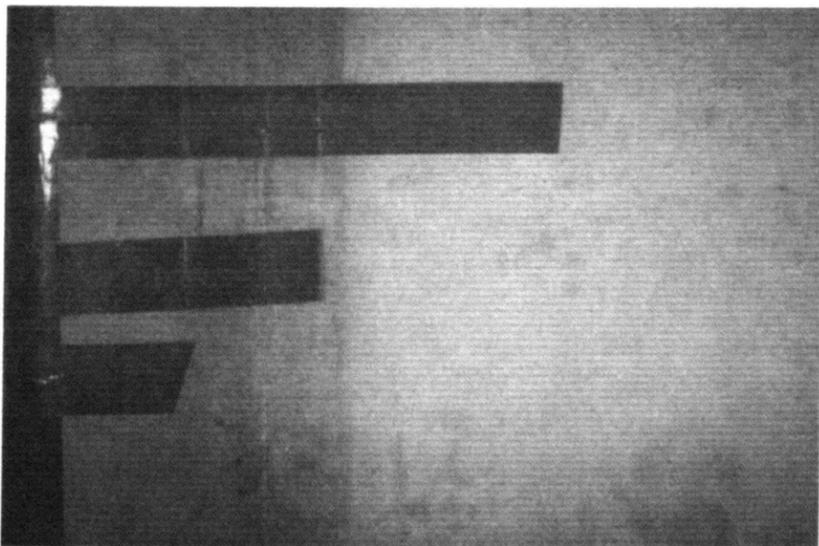


Abb. 5: Fußabdruck

Die 28 Entwürfe wurden von der Vorderseite mit den verschiedensten Radierprodukten mechanisch gereinigt, wobei sich weiches Radierpulver von der Firma Akachemie bewährte, stärkere Verunreinigungen wie z. B. die vorhandenen Fußabdrücke auf der Vorderseite ließen sich mit Radiergummi und Radiermaschine entfernen.

Die Verklebungen mit Paket- und Teppichklebeband auf der Rückseite wurden mechanisch, mit Hitze und/oder Benzin abgenommen. Dabei wurde in kleinen Schritten gearbeitet, so dass man den jeweilig bearbeiteten Bereich auf mögliche Veränderungen der vorderen Farbschicht beobachten konnte. Die übrigen starken Verschmutzungen wurden mit Radierprodukten entfernt. Sehr starke Verschmutzun-

Abb. 6: Verklebung mit Paketklebeband



gen durch Tierkot wurden mit der Radiermaschine und Glasfaserstiften abgenommen.

Nach der Trockenreinigung wurden sämtliche Farben auf ihre Beständigkeit hin überprüft, diese Ergebnisse wurden in einer Skizze festgehalten. Verschiedene Rottöne und Blautöne erwiesen sich als kritisch, jedoch kurzzeitig als wasserbeständig. Die weißen Korrekturen die Pfarrer Reinhardt angebracht hatte, erwiesen sich als sehr schwierig, da sie sich sofort auflösten, wenn sie mit

Wasser in Berührung kamen. Außer bei der weißen Korrekturfarbe verzichtete ich auf eine Fixierung der Farben. Als Fixierung benutzte ich Cyclododecan als gesättigte Lösung in Petrolether². Diese Lösung wurde in mehreren Schichten mit einem Synthetikhaarpinsel aufgetragen. Damit es zu einer völligen Hydrophobierung der abzudeckenden kritischen Partien und Farbstoffe kam, wurden die mit Cyclododecan behandelten Bereiche im nachhinein mit einem beheizbaren Spachtel erhitzt. Das aufgebrachte Cyclododecan bildete nur eine locker aufliegende kristalline Schicht mit einer geringen Haftung am Untergrund, durch das Erhitzen verschmolz diese zu einer wasserundurchlässigen Schicht. Diese Vorgehensweise erwies sich als sehr vorteilhaft, da man mit dem flüssigen Cyclododecan sehr genau und gezielt arbeiten kann.

Um die anderen Farben aber nicht unnötig zu gefährden, wurde der Wässerungsvorgang in zwei Abschnitte unterteilt. Der erste Teil der Wässerung wurde schwimmend durchgeführt, so dass nur die Rückseite mit dem entmineralisiertem und mit Magnesiumcarbonat gepufferten Wasser in Berührung kam. Nach 30-45 Min. wurden die Objekte für 30-60 Sek. untergetaucht, so dass auch der aufliegende Schmutz auf der Vorderseite abgewaschen wurde.

² Petrolether 30-40

Anschließend wurde das Objekt mit Hilfe eines Stabes langsam aus dem Wässerungsbecken herausgehoben und auf Löschkarton plangelegt. Mit einer Rolle aus weißen Frotteehandtüchern wurde das auf der Oberfläche stehende Wasser vorsichtig aufgesaugt und somit die überschüssige Feuchtigkeit aufgenommen. Diese Rolle wurde langsam über das ganze Objekt gerollt. Durch die weißen Frotteehandtücher konnte man beobachten, ob sich Farbschichten auf- bzw. ablösten. Damit die Handtücher die Feuchtigkeit optimal aufnehmen konnten, wurden diese vorher mehrmals in der Waschmaschine gewaschen, wobei keine aufhellerhaltigen Waschmittel³ oder aber Weichspüler verwendet wurden. Nach der wässrigen Behandlung wies das Papier einen PH-Wert von 7,5-8 auf.

Nach der 14tägigen Sublimierung des Cyclododecans konnten die weiteren Arbeitsschritte erfolgen. Die Nachleimung der Entwürfe wurde mit einer 1% Methylcelluloselösung durchgeführt, bestehend aus Tylose MH 300 und entmineralisiertem, schwach gepuffertem Wasser. Die Lösung wurde zum größten Teil mit einem japanischen Pinsel aufgetragen. Bei instabilen Bereichen, in denen sich Farben gelöst hatten, die sich nicht schon durch die Wässerung wieder mit dem Träger verbunden hatten, wurde die Nachleimlösung aufgesprüht. Durch die Nachleimung wurden auch die letzten lose aufliegenden Farbpartikel gefestigt.

Wegen der Größe der Objekte wurde die Nachleimung in zwei Schritten durchgeführt. Es konnte immer nur das halbe Objekt behandelt werden, da es keine Möglichkeiten gab das ganze Objekt in einem Arbeitsgang zu pressen. Die aus dieser Arbeitsweise resultierenden Verwerfungen im mittleren Bereich der Objekte wurden im nachhinein durch mehrtägiges Beschweren mit zwei alten schweren Schreibtischplatten entfernt. Die Schreibtischplatten boten sich an, da sie die benötigte Größe hatten und mit Resopal beschichtet waren; ein weiteres, wenn nicht sogar das wichtigste Argument war, dass ich diese Platten kostenlos zur Verfügung gestellt bekam.

Die Fehlstellen und Risse wurden von der Rückseite mit Japanpapier und „trockenem Kleister“ geschlossen. Der Kleister ist nach der japanischen Methode gekocht worden. Bei einem Mischungsverhältnis von einem Teil modifizierter Weizenstärke und vier Teilen Flüssigkeit⁴ und einer langen Koch-

zeit entsteht ein dicker, zäher Kleister, welcher als „trockener Kleister“ bezeichnet wird. Die Fehlstellenergänzungen sowie die geschlossenen Risse wurden mit einem beheizbaren Glättkolben getrocknet. Im Anschluss konnten diese Stellen, mit Sandsäcken beschwert, nochmals für einige Stunden trocknen, wobei sich die Fasern entspannten und die durch die Feuchtigkeit entstandenen Verspannungen in den Klebestellen abgebaut wurden.

Als abschließende Arbeit wurde auf der Vorderseite der Entwürfe eine „Minimalretusche“ durchgeführt. Diese beschränkte sich auf die schwarzen Bereiche des Randes. Im Gegensatz zum Original, wo Pfarrer Reinhardt mit wasserfester Tusche gearbeitet hatte, verwendete ich für die Retuschierung wasserlösliche Aquarellstifte der Firma Faber-Castell. Die Nachleimung mit Methylcellulose diente bei der Retusche als Trennschicht, damit die Farbpigmente nicht in das Papier eindringen und ohne Probleme wieder entfernt werden können.

Es ist immer wieder im Gespräch, ob Retuschen angebracht sind, doch da diese Entwürfe für Ausstellungszwecke verwendet werden sollen und durch die Fehlstellen eine starke Beeinträchtigung des Gesamteindruckes entstand, habe ich mich in Absprache mit dem zuständigen Referenten zu der Vorgehensweise entschlossen.

Durch meinen Stellenwechsel in die Restaurierungswerkstatt des Nordrhein-Westfälischen Hauptstaatsarchivs im Frühjahr 2000 konnten nicht alle 28 Entwürfe fertiggestellt werden, so dass bei einigen Blättern noch die Fehlstellenergänzung mit Japanpapier fehlt. Jedoch die Papierentsäuerung und Festigung der Farben ist bei allen Objekten durchgeführt worden, so dass meine Nachfolgerin oder mein Nachfolger auf dieser Stelle im Stadtarchiv Mülheim an der Ruhr die Arbeit ohne große Probleme beenden kann.

³ Empfehlenswert sind die Waschmittelsysteme der Firma Spinnrad.

⁴ Entmineralisiertes und mit MgCO₃ gepuffertes Wasser

Die Restaurierung

Die Restaurierung

Die Restaurierung zweier Andachtsbilder Klosterarbeiten des 19. Jahrhunderts

von Inken Weyand

Einleitung

1998 wurden in der Fachhochschule Köln zwei kleine Andachtsbilder restauriert. Eines der Bilder zeigt St. Johannes und das andere St. Agnes. Das Andachtsbild des St. Johannes wurde von meiner Kollegin Susanne Mehwald restauriert, das der St. Agnes von mir. Bei beiden Objekten war zum damaligen Zeitpunkt Datierung, Herkunft und Verwendungszweck unbekannt. Neben der Restaurierung sollten zu den eben genannten Punkten nähere Informationen herausgefunden werden.

Objektbeschreibung

Beide Andachtsbilder sind einander im Aussehen sehr ähnlich und in der gleichen Art und Weise gestaltet. Als Trägermaterial dient ein maschinell hergestelltes Büttenpapier mit einer feinen Siebstruktur. Die Inkarnate der zentralen Bildminiaturen, sowie die Gestaltungselemente der Umgebung sind aus ver-

schiedenen Kupferstichen ausgeschnitten und nachträglich koloriert. Einige dieser Kupferstiche stammen ursprünglich wohl aus ein und demselben Blatt. Die Bekleidung der zentralen Figuren ist mit verschiedenen Textilien gestaltet. Vorwiegend im unteren Bereich sind die Andachtsbilder mit Glimmersand verziert. Eingerahmt ist die jeweilige Darstellung durch ein schmales, goldfarbenes Band, auf dem an allen vier Ecken rosettenförmige Pailletten aufgenäht sind. Über jeder Bildminiatur befindet sich der Namenszug des, bzw. der Heiligen. Beide Spickelbilder lagen lose auf einer Nadelholzplatte, die vermutlich als Rückwand gedient hat.

Mit Hilfe des Völkerkundlichen Museums in Kevelaer und durch eine Literaturrecherche konnte festgestellt werden, dass es sich bei den beiden Bildern um sogenannte Spickelbilder, eine Form des kleinen Andachtsbild handelt.

Das kleine Andachtsbild ist eine kleinformatige Darstellung mit religiösen und didaktischen Bildinhalten,

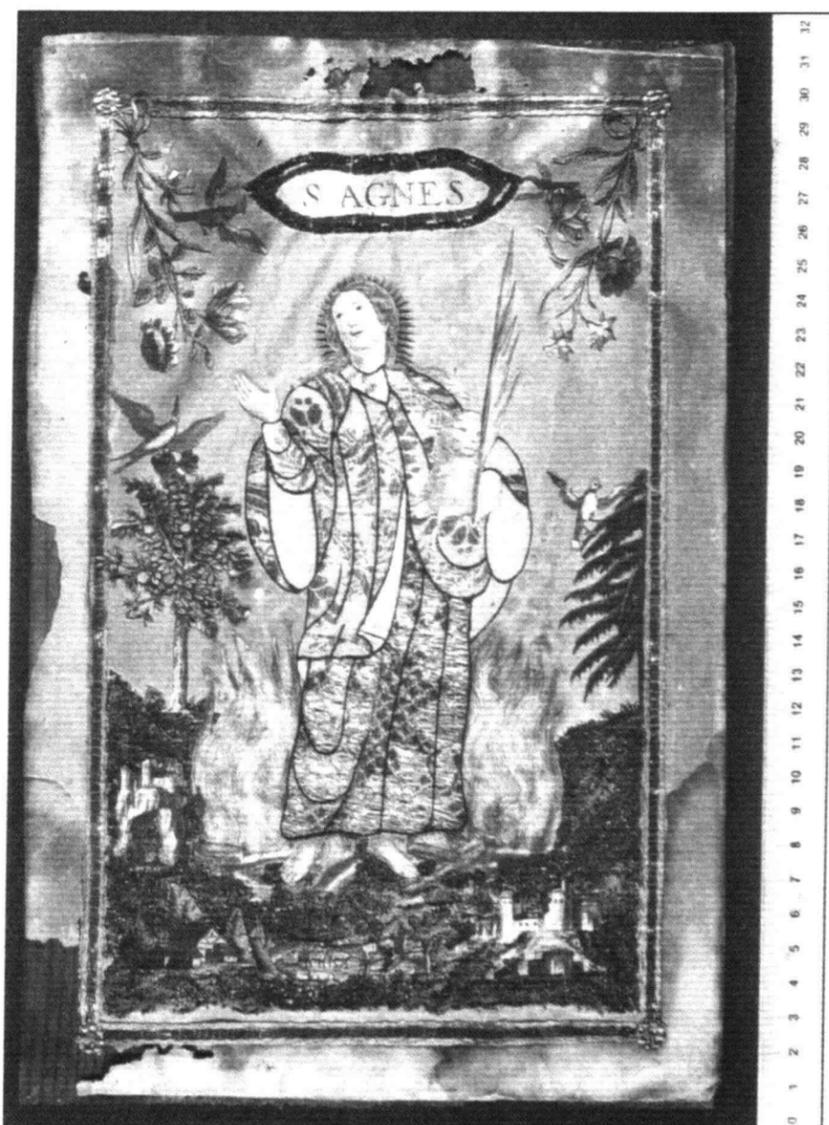


Abb. 1 und 2: Die beiden Andachtsbilder vor der Restaurierung. Durch die Fehlstellen am linken Rand der St. Agnes kann man deutlich die Nadelholzplatte erkennen.

bei dem besonders gerne Heilige dargestellt wurden. Es entstand im 14. Jh. als Wallfahrtserinnerung sowie aus popularisierter Betrachtungsfrömmigkeit und wurde zur häuslichen Andacht aufgestellt.

Beim Spickelbild handelt es sich um eine typische Form des kleinen Andachtsbildes des 17. und 18. Jh., das vor allem in Süddeutschland und den Nachbarländern hergestellt und verbreitet war. Der Begriff Spickelbild erklärt sich folgendermaßen: Als Spickel bezeichnet man ein keilförmiges Stoff- oder Papierstück. Bei gespickelten Arbeiten wurde der Hintergrund und die Umrahmung einer zentralen Bildminiatur gestaltet, indem man florale und figürliche Szenen mit kleinen dekorativen Stoffläppchen und Papieren beklebte und mit Pailletten, Goldfolie und Glasperlen verzierte. Im Allgemeinen wurden diese Arbeiten in Klöstern hergestellt.

Im 19. Jh., dem Zeitalter der Industrialisierung, verliert das Andachtsbild immer mehr an Bedeutung und wird zunehmend schnell produzierte, volkstümliche Massenware für die Wallfahrt. Lediglich die hochwertigeren Spickelbilder wurden nach wie vor in Klöstern gefertigt.

Die Verzierungen mit aufgeklebten Papier- oder Stoffstückchen und Metallpailletten wurden aus dem vorhergehendem Jahrhundert übernommen und veränderte sich kaum. Lediglich die Verzierung mit Glimmersand und die Einrahmung durch einen Goldrand kamen als Gestaltungselemente hinzu.

Da beide Spickelbilder mit diesen Verzierungen der Biedermeierzeit gestaltet wurden, konnte nach Abschluss der Recherche folgendes Ergebnis festgehalten werden: Es handelt sich bei den beiden Arbeiten um Stücke aus dem 19. Jh., die in der Tradition des 18. Jh. gefertigt wurden. Vermutlich stammen sie aus einem Kloster, da es sich eindeutig um zwei der qualitätsvolleren und liebevoll gestalteten Arbeiten handelt. Eine Zuordnung zu einem bestimmten Konvent oder Kloster ist jedoch kaum möglich, da keines der Bilder signiert war. Sicher ist, dass beide Spickelbilder auf Grund der großen Ähnlichkeit aus der gleichen Gegend, bzw. aus dem gleichen Kloster stammen müssen.

Anhand der Ikonographie konnte zumindest bei der Abbildung der St. Agnes den Herkunftsort betreffend eine Vermutung angestellt werden. Neben ihren üblichen Attributen wie dem Lamm, dem Scheiterhaufen und dem Palmzweig, deuten die dargestellten Vögel sowie die Zweige eines Nadelbaumes auf eine kleine

Legende aus der Gegend der Etsch und des Wipp- und Eisacktals. Nach dieser heiraten am St. Agnes Tag die Vögel und die ersten Lerchen erscheinen.

Schadensbeschreibung

Bei beiden Spickelbildern zeigten sich folgende Schäden: Die Verwendung von Holz als Rückwand führte zu einer Verbräunung des Trägerpapiers durch lichtinduzierte Ligninwanderung. Wie auf der Rückseite der Darstellungen erkennbar, waren die durch verschiedene aufgeklebte Materialien abgedeckten Bereiche nicht verbräunt, sondern zeigten die ursprüngliche Färbung. Das gleiche Phänomen war auf der Holzplatte sichtbar.



Abb. 3: Die Rückseite des Spickelbildes „S. Agnes“. Deutlich ist zu erkennen, dass die auf der Vorderseite durch Aufkleben verschiedener Materialien abgedeckten Bereiche nicht verbräunt sind.



Abb. 4: Die Nadelholzplatte des Spickelbildes „S. Johannes“ zeigt das gleiche Phänomen. Die abgedeckten Bereiche zeigen die ursprüngliche Farbe des Nadelholzes.

Das Trägerpapier erwies sich außerdem in manchen Bereichen als brüchig und zeigte bereits mehrere Risse. Bei dem Spickelbild der St. Agnes war es bereits zu Materialverlusten und somit zu größeren Fehlstellen am linken Rand gekommen. Eine Fehlstelle am oberen Rand des Blattes wurde durch Insektenfraß verursacht. Das Fraßbild deutet auf Silberfischchen (*Lepisma saccharina* L.) als Schädling hin.

Auffällig war zudem die starke rußähnliche Verschmutzung, die sich hauptsächlich im oberen Drittel der Bilder befand. Vermutlich wurden die Andachtsbilder stehend, bzw. hängend aufbewahrt, so dass sich der Oberflächenschmutz verstärkt im oberen Teil absetzen konnte.

Durch die Verwendung unterschiedlicher Materialien kam es, wahrscheinlich infolge von Klimaschwankungen, im Trägerpapier zu Spannungen, die schließlich zu starken Verwellungen überwiegend im oberen Bereich führten.

Beide Bilder wiesen im unteren Bereich einen starken Wasserrand auf und kleinere Teile der aufgeklebten Motive waren umgeknickt.

Restaurierungsmaßnahmen

Ziel der Restaurierung sollte die Stabilisierung und Sicherung des brüchigen Papiers sein und eine optische Verbesserung durch Reduzierung der Wasserränder und der Verwellungen.

Die Restaurierung der beiden Andachtsbilder stellte jedoch eine besondere Herausforderung dar, die in dem Aufeinandertreffen mehrerer Materialien begründet war. Es galt Behandlungsmöglichkeiten zu finden, die für jeden Bestandteil geeignet waren.

So war bei der zuerst anstehenden Trockenreinigung zu beachten, dass das Reinigungsmaterial nicht krümeln durfte, da es sich sonst unter die aufgeklebten Papierteichen oder in die Textilien gesetzt hätte und hier nur noch unzureichend zu entfernen gewesen wäre. Die mechanische Belastung war so gering wie möglich zu halten um Folgeschäden des geschwächten Papierträgers zu vermeiden.

Versuche mit unterschiedlichen Reinigungsmaterialien zeigten, dass ein Polyvinylradiergummi die beste Möglichkeit zur Entfernung des Oberflächenschmut-



Abb. 5 und 6: Detailaufnahme des oberen Bereiches des Spickelbildes „S. Johannes“ vor der Restaurierung mit der rußähnlichen Oberflächenverschmutzung und den starken Verwellungen. Nach der Restaurierung ist der Schmutz entfernt und die Verwellungen deutlich reduziert.



zes bot. Es wurde in kleine Scheiben geschnitten, um auch die schmalen Zwischenräume der aufgeklebten Papiere zu reinigen. Das Papier wurde lediglich abgetupft, um unnötige mechanische Belastung zu vermeiden.

Eine weiterführende Reinigung war notwendig, um Wasserränder und die starke Verbräunung zu reduzieren. Durch den Aufbau der Spickelbilder und durch die wasserempfindliche Kolorierung war jedoch der Einsatz von Feuchtigkeit kritisch und auf ein Minimum zu reduzieren. Eine Lösung dieses Problems stellte die Behandlung der Bilder mittels Aerosol auf dem Saugtisch dar. Der Einsatz der Feuchtigkeit konnte mit Hilfe des Ultraschallbedampfers sehr gut kontrolliert werden. Durch die Kombination mit dem Saugtisch wurde der Schmutz in einen unterliegenden Löschkarton gesogen. Gleichzeitig ermöglichte er eine schnellere Trocknung der empfindlichen Spickelbilder.

Während der Feuchtreinigung gelang es außerdem, die starken Verwellungen im oberen Bereich mit Hilfe eines Falzbeins zu glätten. Um eine Knickbildung durch einen zu starken Sog zu vermeiden, wurde der regelbare Saugtisch zunächst auf niedrigste Stufe gestellt und im Laufe der Behandlung leicht erhöht. Die behandelten Partien wurden anschließend zwischen Parafil und Löschkarton leicht beschwert getrocknet. Auf Grund der starken Deformationen war es nicht möglich, die Falten und Knicke komplett zu entfernen, jedoch deutlich zu mindern.

Um dem Papier neue Stabilität zu geben, wurden beide Blätter von der Rückseite mit einer Tyloselösung (Tylose MH 300, ca. 1%) besprüht. Auch diese Behandlung erfolgte auf dem Saugtisch, um ein schnelles Eindringen der Nachleimlösung und eine schnelle Trocknung der Blätter zu ermöglichen.

Die Risssschließung und Fehlstellenergänzung erfolgte mit Japan- und Büttenpapier. Bei der Auswahl des Klebstoffes wurde darauf geachtet, dass er so wenig Wasser wie möglich enthielt, da es sonst zu erneuten Verwellungen oder Wasserrändern gekommen wäre. Klucel G 6%ig in Ethanol erwies sich bei den Spickelbildern als geeignet. Mit diesem Klebemittel wurden auch die umgeknickten Teile der Kupferstiche wieder befestigt.

Da vor allem die Fehlstellenergänzungen bei der St. Agnes durch einen anderen Farbton optisch auffielen, wurden die Ergänzungen mit Hilfe von Aquarellfarben angeglichen. Die Reversibilität der Retusche war ge-



Abb. 7: Das Spickelbild „S. Agnes“ nach der Restaurierung.

geben, da sie lediglich auf dem Ergänzungsmaterial ausgeführt wurde und somit jederzeit wieder entfernbar ist.

Zur weiteren Aufbewahrung und zum Schutz der Andachtsbilder wurde ein Passepartout und eine neue Rückwand angefertigt. Die Holzplatten, die ehemals als Rückwand dienten, wurden den Bildern beigelegt.

Schluss

Die beiden Spickelbilder S. Johannes und S. Agnes unterscheiden sich von vielen anderen Objekten durch ihre Materialvielfalt. Gerade diese Materialvielfalt stellt eine besondere Herausforderung an den Restaurator, denn es gilt einen Weg in der Restaurierung zu finden, der diesen Materialkombinationen gerecht wird. Häufig stößt man bei der Behandlung solcher Objekte auf von ihnen gesetzte Grenzen. Die Spickelbilder sind ein gutes Beispiel dafür, dass man trotz dieser Grenzen mit einem doch verhältnismäßig geringen Aufwand ein gutes Ergebnis erzielen kann.

Literatur

- Adolf Spamer, Das kleine Andachtsbild von 14. bis 20. Jh., München 1930
- Manfred Brauneck, Religiöse Volkskunst, Köln 1978
- Herta Wescher, Die Geschichte der Collage, Köln 1974
- Hermann Neubert, Klosterarbeiten aus fränkischen Sammlungen, Dettelbach 1993

Restaurierung und Konservierung

Restaurierung und Konservierung einer Papierkasché-Büste des 18. Jahrhunderts aus der Karton-Fabrik Ludwigslust

von Katharina Kleine

Einleitung

Dreidimensionale, aus übereinander kaschierten Papierlagen gefertigte Papierobjekte, werden als Papierkasché-Objekte bezeichnet. Dabei werden Papierstücke oder -streifen mit einem Bindemittel in Formen gedrückt, über eine Form gelegt oder freihand geformt. Papiermaché hingegen bezeichnet eine formbare Masse aus Papierbrei (zerstampften Fasern), der auch Bindemittel und Füllstoffe zugegeben werden können.

Wahrscheinlich waren die ersten dreidimensionalen Papierobjekte Helme, die im 5. Jh. in China gefertigt wurden. In Europa wurden Papierreste etwa seit dem 14. Jh. zu Papiermaché- und Papierkasché-Objekten verarbeitet. Es wurden sowohl kleine religiöse Ob-

Abb. 1: Seitenansicht der deformierten Papierkasché-Büste von Herzog Friedrich von Mecklenburg vor der Restaurierung.



jekte, als auch Masken und Raumdekorationen daraus hergestellt. Verschiedenste Materialien wie Stein, Marmor, Gold, Bronze, Porzellan u.v.m., wurden in ihrer Art imitiert.

Papiermaché- und -kasché war im Prinzip immer ein Materialersatz, aber deshalb nicht minderwertig oder billig. Der Preis der Objekte richtete sich nach der Art der Fassung. In Deutschland lag die Blütezeit zwischen 1750 und 1830. Mit der Einführung holzhaltiger Papiere sanken Qualität und Wert der Papierobjekte, die um 1920/30 schließlich vom Kunststoff abgelöst wurden.

Objektbeschreibung

Die vorliegende Papierkasché-Büste stellt Herzog Friedrich von Mecklenburg-Schwerin dar. Sie wurde zwischen 1786 und 1789 in der Karton-Fabrik Ludwigslust in Mecklenburg hergestellt. Die

Fabrik entstand um 1764 und existierte bis 1835. Sie fertigte anfangs ausschließlich dreidimensionale Papierobjekte für die Hofkirche und das Residenzschloss. Ab 1785 wurden die Papierkasché-Objekte (z.B. Büsten, lebensgroße Skulpturen) auch exportiert.

Als Modell für die Papierkasché-Abformungen diente die Marmorbüste des Herzogs von Mecklenburg, die der Hofbildhauer Rudolf Kaplunger zwischen 1780 und 1785 schuf¹.

Da die Büste starke Unterschneidungen aufwies, war zur Herstellung der Papierkasché-Abformungen eine Unterteilung in mehrere Negativformen, die als Gipsabformung von der Marmorbüste genommen wurden, erforderlich.

Durch genaues Beobachten von Rissverläufen und Bruchkanten konnten fünf Teilformen rekonstruiert werden. Zwei, auf Stoß mit Leim verklebte Formen, gliedern die Büste in Vorder- und Rückteil. Sie sind an den Nahtkanten mit Holzstäbchen verpflockt. Drei weitere Teilformen wurden im Sockelbereich durch überlappende Papierlagen angesetzt.

¹ Die Marmorbüste ist 85 cm hoch, 56 cm breit, 36 cm tief und befindet sich in der Staatlichen Kunstsammlung Schwerin.

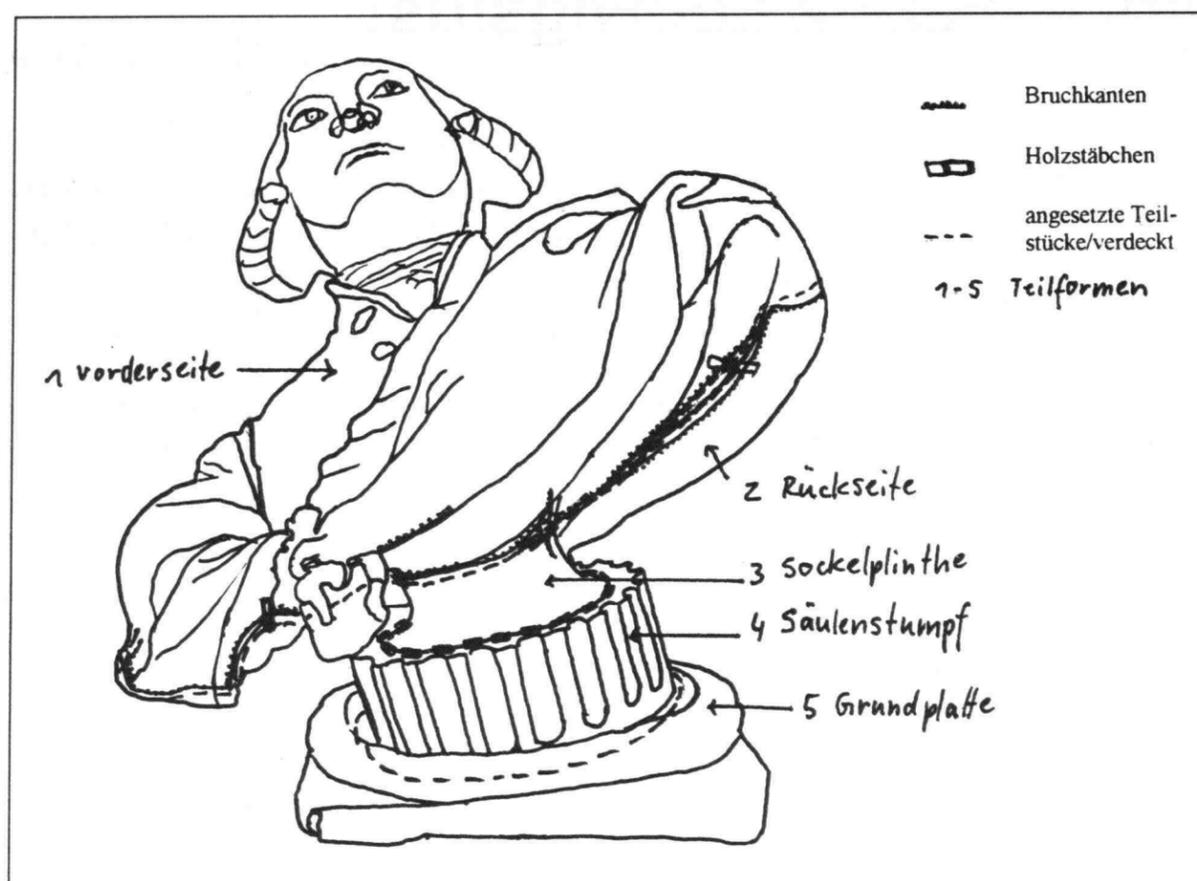


Abb. 2: Ansicht der rekonstruierten Teilformen.

Schadensbeschreibung

Die Büste stand etwa 50 Jahre lang unter extrem ungünstigen Bedingungen auf einem undichten Dachboden², was zu einer starken Deformierung führte. Dadurch war die Stabilität der Büste stark minimiert und ein selbstständiges Stehen fast unmöglich. Die Deformierung war auf eine Gewichtszunahme des Papierkaschés durch langanhaltende, hohe Feuchte, sowie direkte Feuchtigkeitseinwirkungen in Form von Kondens- und Regenwasser, zurückzuführen.

Durch ihr hohes Eigengewicht, sowie bereits vorhandene Risse und Brüche, sank die Büste in sich zusammen.

Besonders an der Grundplatte führte dies zum Aufblättern und durch anschließende Schmutzeinlagerungen zum steinharten Verbacken des Papierkaschés. Zahlreiche, von alten Zeitungspapierreparaturen verdeckte Risse und Brüche im Papierkasché waren wieder aufgeplatzt und hatten sich verstärkt. Durch die Deformierung waren Total- und Teilverluste, Lockerung und Schollenbildung der Fassung zu beobachten. Die ursprünglich grüne Malschicht war durch Ausspülen des wasserlöslichen Überzugs mit dem Blaupigment Berliner Blau nun großflächig gelb ausgewaschen. Der Ocker der Malschicht trat ebenfalls an Tropfenspuren, verursacht durch heruntergelaufenes Wasser, zum Vorschein.

Besonders im unterem Bereich war die Büste von einer dicken Staub- und Schmutzschicht überzogen. Vor allem in den ausgewaschenen Bereichen wies sie graue Flecken durch Staubeinlagerungen auf. Im Inneren des Sockels hatten Mikroorganismen und Insekten ihre Spuren hinterlassen und den Papierträger in seiner Substanz geschwächt.

Zur Herstellung der Papierkasché-Abformungen wurden Papierstückchen mit Kleister übereinander kaschiert und mit Schwämmen oder Bürsten in die Gipsnegativformen gedrückt. Nach dem Trocknen wurden die Abformungen aus den Formen genommen, zusammengesetzt, nachbearbeitet, geschliffen, geleimt, grundiert und farbig gefasst.

Die Schichtstärke des Papierkaschés variiert zwischen drei und fünf Millimeter und besteht aus etwa dreißig Papierlagen. Unbeschriebene sowie beschriebene Hadernpapierstücke bilden das Papierkasché. Für die erste und letzte Schicht wurde dickeres blaues Hadernpapier verwendet, da dieses besonders stabil und reißfest ist. Bei den verwendeten Papieren handelt es sich um wiederverwendete Akten der Kanzleien Herzog Friedrichs, aus denen wahrscheinlich alle Objekte, die in Ludwigslust hergestellt wurden, bestehen.

Die Leimfarbenfassung der Büste ist mit der einer gefassten Holzskulptur vergleichbar. Auf einer unterschiedlich starken Kreide-Leim-Grundierung, die über einer Proteinleimschicht aufgetragen wurde, liegt die ursprüngliche, hellrosafarbene, steinimitierende Fassung der Büste. Darüber befindet sich die jetzige, dunkelgrüne Bronzepatina imitierende Malschicht mit bronzierten Bereichen. Die Büste wurde vermutlich im Zuge einer früheren Reparatur Ende des 19. Jh. neu gefasst. Das konnte u. a. von einem losen, auf „Dezember 1871“ datierten, Zeitungsausschnitt im Inneren der Büste hergeleitet werden.

² Die Universitätsbibliothek Rostock bekam die Büste 1789 von Großherzog Friedrich Franz I. geschenkt. Etwa Mitte des 20. Jh. wurde sie auf den Dachboden ausgelagert.

Abb. 3: Eine mit Japanpapier ergänzte Ecke der Grundplatte nach dem Begradigen.

Restaurierungskonzept

Das wichtigste Ziel der Restaurierung war, eine Möglichkeit für die Rückformung der Büste zu entwickeln, und dadurch ihre Stabilität und Standfestigkeit wiederherzustellen. Für die konservative Aufbewahrung muss eine herausnehmbare Stützkonstruktion für das Büsteninnere konstruiert werden. Mit Hilfe einer reversiblen Retusche soll ein einheitlicher Gesamteindruck geschaffen werden.

Das größte Problem stellte die Materialkombination von flexiblem Papierkasché und starrer Fassung dar. In dem widersprüchlichen Verhalten beider Materialgruppen ist u. a. die Ursache bereits vorhandener Schäden zu suchen.

Restaurierungsmaßnahmen

Große Teile des lose anhaftenden Schmutzes waren durch die Trockenreinigung mit Hilfe eines Pinsels und Absaugen entfernbar. Lockere und abblätternde Malschichtbereiche wurden zuvor mit Hausenblase-Tragant-Emulsion gefestigt. Nach dem Vernetzen mit Alkohol wurde diese mittels Pinsel bzw. Spritze an den entsprechenden Bereichen injiziert. Der verwendete Proteinleim ist alterungsbeständig, im Prinzip reversibel und verursacht durch seinen geringen Brechungsindex keine Farbvertiefung der Malschicht.

Da der Oberflächenschmutz, insbesondere in der Malschicht eingelagerte Staubpartikel, durch die Trockenreinigung nicht entfernt werden konnten, war eine Feuchtreinigung notwendig.

Feuchtreinigung

In Versuchen wurde die Reinigungswirkung verschiedener unpolarer und polarer Lösungsmittel getestet. Das polare Lösungsmittel Wasser löste zwar den als polar identifizierten Oberflächenschmutz am besten, stellt aber gleichzeitig eine Gefahr für die, ebenfalls wasserlösliche, Malschicht dar. Daher kam Wasser nur in modifizierter Form, z. B. angedickt als Gelkompre-



in Frage. Diese ermöglicht einen zeitlich und räumlich begrenzten, gut kontrollierbaren Auftrag des Lösungsmittels.

In Tests erwies sich eine Celluloseether-Gelkompre-
sse aus Tylose MH 4000 (4 %) in demineralisiertem Wasser, als am besten geeignet. Sie erzeugte weder Glanz noch Verdunkelung, war transparent³ und nahezu restlos abnehmbar. Der Auftrag erfolgte mit dem Pinsel. Nach kurzer Einwirkzeit wurde das Gel mit Wattestäbchen abgenommen und z. T. mit leicht angefeuchteter Watte nachgereinigt.

Mikroorganismen im Sockelinneren wurden zuerst mechanisch, anschließend mit Aceton erfolgreich entfernt.

Facings

Zur Sicherung der Malschicht während der Rückformung war eine temporäre Sicherung gelockerter Malschichtbereiche mit Facings notwendig, um gelöste Malschichtschollen in Position zu halten und ein genaues Einpassen derselben zu ermöglichen. In Tests erwies sich ein 10g/m² Japanpapier mit Klucel G in Aceton (4 %) als geeignet. Das Klucel wurde von außen durch das Facing hindurch aufgetragen und war auch bei hoher Feuchte stabil. Es ließ sich mit Aceton schnell anlösen und war zusammen mit dem Facingpapier nahezu ohne

³ Die Transparenz ermöglichte eine optische Kontrolle der Malschicht.



Rückstände abnehmbar. Die wasserempfindliche Malschicht wurde dadurch nicht gefährdet oder gar angelöst.

Fehlstellenergänzung

Die Fehlstellenergänzung am Papierkasché erfolgte zuerst an der Grundplatte. Das Verhalten des Papierkaschés beim Einbringen von Feuchtigkeit konnte dort gut beobachtet und erprobt werden. Einknickte, gerissene Bereiche der Grundplatte wurden partiell mit Wasserdampf (Aerosolgenerator) erweicht, das Papierkasché leicht auseinandergebogen, und Schmutz entfernt. Dann wurden Japanpapierstücke zwischen die Papierkaschélagen geschoben, als Klebstoff diente Weizenstärkekleister. Durch Aufkleben weiterer Japanpapiere auf die Ergänzung wurde die Stärke des Papierkaschés angeglichen.

Die ergänzten Bereiche wurden von gepolsterten Pappen und Klemmen zusammengepresst. Die noch feuchten Seitenflächen der Grundplatte, wurden an Klemmen, an denen Schnüre mit Gewichten befestigt waren, in ihre ursprüngliche Position gezogen und trockneten so. Nach dem Trocknen konnten die ergänzten Bereiche begradigt werden.

Abb. 4: Die in der Holzkonstruktion hängende Büste in der Klimakammer.

Rückformung

Es konnte angenommen werden, dass das Papierkasché durch Feuchtigkeit wieder erweichbar sein würde, da die Deformierung auch durch den Einfluss von Feuchtigkeit verursacht worden war, und weder Harze noch Öle im Papierkasché nachgewiesen wurden. Allerdings ist auch die Fassung, in der die wasserempfindlichen Bindemittel Kleister und Proteinleim nachgewiesen wurden, feuchteempfindlich. Sie könnte im schlimmsten Fall anweichen und abplatzen, was bei der Wahl der Rückformungsmethode unbedingt ausgeschlossen werden sollte.

Die Büste musste bei der Rückformung längere Zeit gleichmäßig hoher Feuchte ausgesetzt werden, wobei möglichst nur das Innere, also das Papierkasché, nicht aber die Fassung, direkt gefeuchtet werden sollte. Unter Berücksichtigung und Abwägung dieser Fakten, wurde schließlich eine verstellbare, gepolsterte Holzkonstruktion, die auch als Klimakammer diente, als Halterung für die Büste konstruiert.

Über den Schlauch eines Ultraschallzerstäubers wurde Wasserdampf direkt ins Innere der Büste geleitet, wobei Vertiefungen mit Zellstofftüchern ausgelegt wurden, um Wasser-Ansammelungen zu vermeiden. Die Relative Feuchte wurde über ein, in der Büste platziertes Haarhygrometer, ständig kontrolliert. Die Büste wurde nun in der Klimakammer langsam an höhere Feuchte (ca. 60 %) gewöhnt, die dann kurzzeitig auf bis zu 85-90 % erhöht wurde. Dabei wurde die Fassung ständig auf eventuelle Veränderungen hin kontrolliert, was nicht der Fall war. Als das Papierkasché innen feucht und flexibel genug war, wurde die Plastikplane abgenommen, und mit der Rückformung begonnen.

Die am stärksten deformierten Bereiche konnten durch vorsichtiges Drücken und partielles Feuchten mit Wasserdampf Stück für Stück in ihre ursprüngliche Lage zurückgeformt werden. Die gepolsterten Holzleisten, welche die Büste von unten stützten, wurden dabei zeitgleich an die jeweilige Position angepasst.

Aufgeblätternes Papierkasché wurde in seine einstige Anordnung gebracht und mit Kleister verklebt. Die Fehlstellenergänzung erfolgte mit stabilem Japanpapier. Erschwerend kam hinzu, dass praktisch blind gearbeitet werden musste, da die Büste innen nicht überall einsehbar war.

Gelöste Malschichtschollen wurden mit Kleister am Untergrund befestigt. Von außen wurden sie, wie

auch geschlossene Brüche, mit schnelltrocknenden Facings fixiert. Dadurch erhielten diese Bereiche bis zur vollständigen Trocknung eine gewisse Stabilität. Sandsäckchen dienten zum Beschweren.

Nach der Trocknung wurden alle ergänzten Bereiche, Risse und Brüche von Innen nochmals mit Japanpapier verstärkt. Die Büste trocknete in dieser Position komplett aus.

Nach der Rückformung war die Büste 79 cm hoch, 55 cm breit und 30 cm tief (Maße vorher: 70 x 54 x 50 cm). Das heißt sie ist um fast zehn Zentimeter „gewachsen“, und durch das Aufrichten in der Tiefe um fast zwanzig Zentimeter „geschrumpft“.

Abb. 5: Die restaurierte Büste nach der Retusche.

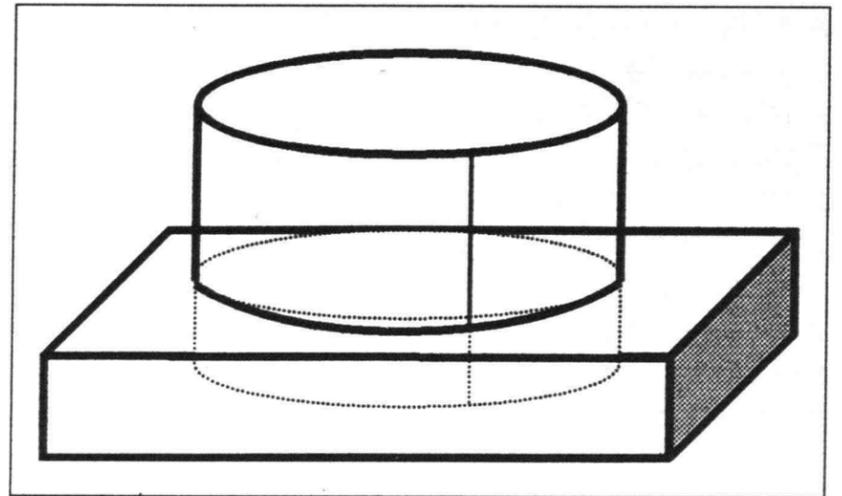


Abb. 6: Skizze der Karton-Stützkonstruktion für das Innere der Büste.

Kittungen

Die Bereiche der Büste, welche durch totalen Verlust der Fassung, Brüche, oder Papier-Ergänzungen, größere Niveauunterschiede in der Oberfläche aufwiesen, wurden mit einer geeigneten Kittmasse an das umgebende Fassungs niveau angeglichen. In Tests erwies sich ein spachtelfähiger Kreide-Gips-Kitt aus Champagner und Bologneser Kreide, mit 10 % Zellulosefaserzusatz und Hasenleim als Bindemittel, am geeignetsten. Er schrumpfte kaum, hatte eine glatte Oberfläche, war druckfest und reversibel. Entsprechende Bereiche der Fassung wurden damit ausgekittet und nach dem Trocknen glatt geschliffen.

Retusche

Die Fassung wirkte aufgrund vieler Fehlstellen, ausgewaschener und gekitteter Malschicht-Bereiche sehr unruhig. Daher sollte sie retuschiert werden. Das Ziel der Retusche war, die Oberfläche optisch zu schließen und der Büste wieder ein einheitliches Gesamtbild zu geben.

Da die unzähligen kleinen Fehlstellen sehr schlecht partiell mit einer Retusche-Trennschicht gegenüber der Originalmalschicht abgegrenzt werden können, soll die gesamte Büste mit einer Trennschicht, die gleichzeitig auch als Schutzüberzug dient, überzogen werden. Nach Testreihen, aufbauend

auf Retusche-Testreihen von Elke Menzel⁴, erwies sich eine Gelatine-Trennschicht (3 %) auf wässriger Basis, in Kombination mit einer alkohol-löslichen Retusche von Klucel E in Ethanol (2 - 4 %) und Pigmenten, als am besten geeignet.

Die Trennschicht erzeugte keinerlei Verdunkelung und nur einen sehr matten Glanz. Dieser war mit dem ursprünglich vorhandenen Glanz an gut erhaltenen Malschicht-Bereichen vergleichbar. Die alkohollösliche Retusche blieb reversibel, ohne die Trennschicht oder die Originalmalschicht anzulösen, was in den Testreihen eindeutig nachgewiesen werden konnte.

Stützkonstruktion

Eine Stützkonstruktion aus stabilem, säurefreiem Karton wurde für den Sockel der Büste angefertigt, um die Grundplatte zu entlasten und die Büste im Sockelbereich zu stabilisieren. Die Stütze wurde so konstruiert, dass die Büste ca. zwei Millimeter über der Auflagefläche „schwebt“, und die Grundplatte dadurch nicht mehr belastet wird. Durch die klebstofffreie Verarbeitung bleibt die Stützkonstruktion jederzeit ohne Beschädigung der Büste herausnehmbar.

Dieser Artikel basiert auf der Diplomarbeit „Die Restaurierung und Konservierung einer Papierkasché-Büste aus der Ludwigsluster Karton-Fabrik aus dem späten 18. Jh.“, die von Katharina Kleine im Jahr 2000 an der FH Köln, im Fachbereich Restaurierung und Konservierung von Schriftgut, Grafik und Buchmalerei, geschrieben wurde. Für ausführlichere Erläuterungen kann auf diese zurückgegriffen, oder die Autorin kontaktiert werden. (siehe Adressenliste der NRW-Tagung 2001). Ich freue mich auf Ihre Anregungen, Fragen oder Kritik zu diesem Thema!

Literatur

- Gertrud Fehring, Studien zur Verwendung von Papiermaché in der Kunst. Diplomarbeit der Schule für Gestaltung Bern 1986.
- Gabriele Grünebaum, Papiermaché – Geschichte, Objekte, Rezepte. Köln 1993.
- Ursula Haller, Studien zur Herstellung und Anwendung von Lösungsmittel- Gelen, -Pasten und -Kompressen in der Restaurierung. Diplomarbeit, Akademie der Bildenden Künste Stuttgart 1994.
- Kristina Hegner, Ob Nymphe oder Herzog – alles Pappmaché Teil I. In: Mecklenburg Magazin 3/1991 (8.2.1991), Schwerin 1991, S.3.; Boom mit Luther und Karoline Teil II. In: Mecklenburg Magazin 4/1991 (22.2.1991), Schwerin 1991, S. 13.
- Claudia Horbas, Papiermaché und Marmorstück. Begleitheft zur Ausstellung im Kunstgewerbemuseum Berlin (4.5.-1.8.1997) Teil III, Fortdruck aus den Weltkunst-Ausgaben 6/7 und 8, München 1997.
- Olaf Karlson, Ein Pappmaché-Pferd aus Halle. In: Restauro Heft 2/1998, S. 102-106.
- Heike Kramer, Schloß Ludwigslust. Hrsg. Staatliches Museum Schwerin, Kunst-sammlungen, Schlösser & Gärten, Schwerin 1997.
- Elke Menzel, Restaurierung und Konservierung eines chinesischen Applied Faces-Fächers des 19. Jh.. Diplomarbeit Fachhochschule Köln 1997.
- Carsten Milbret, In Schloß Ludwigslust ist auch die Venus aus Pappe. In: Der Holznagel (Mitteilungsblatt der Interessengemeinschaft Bauernhaus e.V.) Bd. 24/1989, 1989, S. 18-24
- Lidiana Miotto, The restoration of Papermaché: the Statue of St. Joseph Patriarch. In: Kermes (Art Conservation Restoration), 32/1998, S. 17-29.
- Ulrich Schiessl, Techniken der Faßmalerei in Barock und Rokoko (... daß alles von Bronze gemacht zu sein schiene). Stuttgart 1998.
- Christoph Zindel, „Die Madonna mit dem Pardefell“ von Jacopo Sansovino. In: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung 6/1992, S. 95-138.

⁴ Elke Menzel: Diplomarbeit an der FH Köln, „Restaurierung und Konservierung eines chinesischen Applied Faces-Fächers des 19. Jh.“, z.T. veröffentlicht in Arbeitsblätter NRW-Papierrestauratoren, Heft 7/2000, S. 30-37.

Bückerburger

Konservierungsverfahren

Die Zukunft des Bückerburger Konservierungsverfahrens

von Klaus Dieter Vogt

Ich freue mich, Sie heute, als Fortsetzung verschiedener Vorträge, Besuche bei uns im Werk auf dem großen Kongress in Bückeburg im Oktober letzten Jahres, nun über die Fortschritte in der Weiterentwicklung und die Zukunft des Verfahrens informieren zu können.

Sie werden wissen, dass wir nach der Übernahme des Verfahrens vom Land Niedersachsen im Jahre 1996 sehr viel in die Maschinenentwicklung und die Weiterentwicklung der Rezepturen investiert haben. Insgesamt schätzen wir das Volumen einschließlich des Maschinenbaus auf 2,6 Mio. DM bis heute.

Die jetzige Maschine in Bückeburg arbeitet, im Gegensatz zu dem 3-Bad-Verfahren des Prototyps, den wir vom Niedersächsischen Staatsarchiv übernommen haben, mit 2 Bädern. Wir haben das Entsäuern und das Nachleimen in einem Bad vereinigt und dadurch noch erhebliche Verbesserungen in der Papierverfestigung erzielt, als das bis zu dem Termin möglich war.

Viele weitere Versuche waren nötig, um die Rezeptur jetzt auf eine Ein-Bad-Mischung zu bringen, und an dieser Stelle gilt unser uneingeschränkter Dank auch Herrn Wilfried Feindt, der mit seinen eigenen Versuchen sehr viel dazu beigetragen hat, dass wir heute so weit sind.

Alle drei Komponenten in einem Bad vereint ergeben Verbesserungen bei der Verfestigung der Farben und Tinten, ausgezeichnete Werte bei der Alkalireserve und dem pH Wert und auch die Festigkeitswerte bei den Testpapieren sehen sehr gut aus.

Mit diesen Erkenntnissen war es nun möglich, die nächste Maschine mit ganz anderen Kapazitäten zu bauen. Wer an dem Kongress in Bückeburg teilgenommen hat, weiß, dass besonders die begrenzten Kapazitäten der jetzigen Maschine beklagt wurden. Während ich hier zu Ihnen spreche, wird die neue Maschine, die wir in den Räumen des Bundesarchivs in Berlin-Dahlewitz-Hoppegarten aufstellen, gerade probemontiert.

Sie sind das erste Auditorium außerhalb unseres Hauses, dass diese Maschine nicht nur theoretisch vorgestellt bekommt, sondern auch die ersten Bilder der vormontierten Maschine sehen kann. Allerdings waren zum Zeitpunkt des Fotografierens die Siebe noch nicht montiert, aber die Bilder geben Ihnen schon einen kleinen Einblick, welche Dimensionen die Anlage hat.

Einige Angaben technischer Art

Die Anlage wird mit einem Doppelsieb zur Tränkung und einem weiteren für die Trocknung arbeiten. Die Arbeitsbreite wurde so gewählt, dass drei Blätter DIN A 4 quer eingezogen werden. Das Sieb gibt uns aber darüber hinaus auch die Möglichkeit, größere Dokumente bis zu einer Breite von ca. 100 cm durchlaufen zu lassen.

Das Sieb selbst ist nicht nur zum Transport gedacht, sondern soll als Tränkungssieb die Dokumente auf dem gesamten Durchlaufweg permanent tränken. Es nimmt jeweils das Dreifache seines Gewichtes an Flüssigkeit auf und der Austausch mit dem Dokument ist identisch einem Tauchverfahren ohne Sieb in ein Bad. Die Tränkungszeit beträgt 6,5 Minuten und dabei läuft das Sieb durch vier Bäder und wird zusätzlich noch einmal mit der Flüssigkeit beduscht. Die Umlenkwalzen haben einen Durchmesser von 600 mm. Der Transport wurde so berechnet, dass es auf der gesamten Strecke nicht zu irgendwelchen Reibungen auf der Papieroberfläche kommt, sondern der absolut schonende Durchlauf des Papiers gewährleistet ist.

Viele Probleme, die es in den Anfängen mit den Rahmen gab, sind dadurch von vornherein ausgeschlossen.

Bevor die getränkten Dokumente auf ein Trockensieb übergeben werden, werden sie beidseitig abgesaugt. Die Absaugung hat den gleichen Effekt, wie ein Abgautschen. Danach erfolgt die Übergabe auf das Trocknungssieb – ebenfalls als Doppelsieb ausgebildet. Dieses Sieb umläuft fünf Trockenzylinder mit jeweils 800 mm Durchmesser. Wir werden durch entsprechende Steuerung die Dokumente mit einer Restfeuchte von ca. 5 - 6% ausfahren, um die bestmögliche Planlage zu erreichen.

Die Maschine ist weitgehend durchschaubar konstruiert. Da sie, aufgrund der Platzverhältnisse in Berlin Hoppegarten, direkt vor der Fensterfront steht, haben wir nur die wichtigsten Teile verkleidet und den Rest in einem Alu-Ständerwerk aufgestellt. Die Anlage ist modular aufgebaut. Der Probetrieb ist in Berlin.

Die Maschine ist ca. 19,5 m lang, 3 m hoch und 2 m breit. Bei einer Geschwindigkeit von 3 m pro Minute für normales Papier liegt der Ausstoß bei einem Zweischichtbetrieb bei ca. 9,5 Mio. Blatt, Akten mit reinem Durchschlagpapier können aufgrund der einfacheren Tränkung mit einer Geschwindigkeit von ca. 5 m ge-

fahren werden. Damit würde sich der Ausstoß bis auf 15,8 Mio. Blatt steigern lassen; wir können also konservativ mit einem Ausstoß von ca. 11 Mio. Blatt im Zweischichtbetrieb bzw. 5,5 Mio. im Einschichtbetrieb rechnen.

Damit haben wir zusätzlich zu dem vom Bundesarchiv garantiertem Sockelumsatz noch erhebliche Kapazitäten für andere Archive und Institutionen frei. Ca. sechs Wochen nach der Aufstellung werden die automatischen Zuführungen aufgestellt werden, die die Dokumente dann automatisch und vorsichtig zwischen die Doppelsiebe legen.

Auch die Follierung haben wir neu überdacht. Wir können in wenigen Wochen anbieten, zusätzlich zu der gewünschten laufenden Nummer auch die Bezeichnung der Akte auf jedes Dokument zu drucken, wobei der gesamte Druck nicht größer zu sein braucht als die jetzige Follierung. Schriftgröße, Schriftart und Anordnung der Zeilen können frei gewählt werden.

Dadurch wird sich die jetzige Vorbereitung der Akten etwas ändern, und zwar in zwei Stationen. Vorbereitung 1 ist für die Durchsicht, das Enteisen und die Reinigung zuständig, hier werden auch die Seiten mit Zetteln gekennzeichnet, die in den Bypass gehen sollen – also nicht für den Maschinendurchlauf geeignet sind. Vorbereitung 2 sorgt für die Follierung, nimmt anschließend die Bypass-Seiten heraus und legt den Stapel in die Maschine ein. Nach Maschinendurchlauf und erfolgten Bypassarbeiten werden dann die Akten wieder zusammengestellt und ausgeliefert.

Ein neues EDV-Programm ermöglicht es, jede Akte mit ihrer Seitenzahl zu erfassen, im Durchlauf zu verfolgen, die im Bypass zu bearbeitenden Blätter ebenfalls mit ihren Nummern darzustellen und später automatisch ein Protokoll zu jeder Akte zu schreiben.

Wir haben in der Zwischenzeit den Maschinendurchlauf mit Sieben bei uns im Hause simuliert, um zu sehen, inwieweit sich die erzielten Werte von der jetzt praktizierten Anwendung unterscheiden. Die Messwerte liegen alle im Rahmen der bisherigen sehr guten Ergebnisse, teilweise sogar leicht darüber. Wir gehen diese neue Maschine also sehr optimistisch an und sind auch der Meinung, dass der schonende Transport mittels Sieb gegenüber den bisherigen Rahmen eine deutliche Verbesserung darstellt.

Wie Sie sicherlich wissen, arbeiten wir mit Hochdruck an einer kleinen Maschine, die an die Archive verkauft

oder verleast werden soll, denen es nicht möglich ist, ihre Dokumente außer Haus zu geben bzw. die selbst die Entsäuerung nach dem „Bückeburger Verfahren“ durchführen möchten.

Auch hier hat uns, wie Sie sich denken können, dass neue Einbadverfahren weiter gebracht. Aufgrund der neuesten Erkenntnisse mussten wir die Maschine, bzw. deren Trockenstrecke leicht verlängern, so dass wir jetzt auf eine Gesamtlänge von ca. 2,8 m kommen werden. Als Breite haben wir 90 cm vorgesehen, die Höhe wird in etwa Schreibtischhöhe sein.

Diese Maschine arbeitet ebenfalls mit einem Doppelsieb. Die Trocknung wird auf IR-Basis erfolgen und eine Glättungsstation ist auch vorgesehen. Der neue Prototyp soll Ende Mai 2001 zur Verfügung stehen, und die erste Serie werden wir voraussichtlich nach den Sommerferien 2001 auf dem Markt haben.

Wir arbeiten derzeit an einer Verbesserung der Lagermöglichkeiten der Einbad-Flüssigkeit. Viele Anfragen liegen auch aus dem Ausland vor, und die ersten zwei Maschinen werden voraussichtlich im Iran aufgestellt werden. Dort ist natürlich durch die langen Transportwege die Lagerdauer und der Nachschub der Flüssigkeit besonders wichtig. Wir streben ein Shelf-Life der Flüssigkeit von sechs Monaten und eine Verwendungsmöglichkeit im geöffneten Zustand von mindestens einer Woche an.

Wird die Maschine verleast, wird sie mit einer Dokumenten-Erkennungszelle ausgerüstet, die die Flächen der durchgelaufenen Papiere misst. Eine Abrechnung erfolgt dann über Quadratmeter. Beim Verkauf gehen wir von einem Verkaufspreis von knapp unter 100.000,- DM (50.000 €) aus. Der reine Materialpreis für die Entsäuerung dürfte später unter 0,05 DM (2,5 Cent) für eine DIN A4 Seite liegen.

Außerdem arbeiten wir mit Hochdruck an einem System zur Entsäuerung von gebundenem Material, über das ich aber jetzt im einzelnen noch nichts sagen kann.

Die Neschen AG möchte mit Ihrem Archivcenter in allernächster Zeit einen Rundumservice für nahezu alle Papierschäden bieten.

Das „Bückeburger Verfahren“ wird nach wie vor der wichtigste Baustein in diesem Angebot sein, und ich denke, dass wir die Basisarbeit der Archive in Bückeburg bisher erfolgreich weitergeführt haben, und das soll auch in Zukunft so bleiben.

Das Alterungsverhalten von Eisengallustinten

Das Alterungsverhalten von Eisengallustinten

Was ist Tintenfraß?

von Oliver Hahn

Chemie der Eisengallustinten

Die in verschiedenen Kulturen und Epochen verwendeten Schreib- und Zeichenflüssigkeiten lassen sich grob in zwei Gruppen unterteilen. Bei den Tinten handelt es sich um Farbstofflösungen (z. B. Gerbstofftinten), mit Tuschen bezeichnet man Dispersionen von Pigmenten in einem Bindemittel (z. B. Sepia-, Ruß- oder Metalltuschen). Eisengallustinten bilden einen Grenzfall; bei der Herstellung des löslichen Eisen(II) gallussäurenkomplex handelt es sich um eine Tinte, die nach dem Verschreiben und Oxidation durch den Luftsauerstoff entstehenden unlöslichen Eisen(III)gallate können als Tuschen bezeichnet werden.

Eine Eisengallustinte wird durch Mischen von natürlichem Eisenvitriol [mineralisches Eisen(II)sulfat] mit Gallapfelextrakten hergestellt. Durch Oxidation mit dem Luftsauerstoff entsteht daraus der schwarze schwerlösliche Eisen(III)gallat- bzw. Eisen(III)pyrogallatkomplex [1]. Perfekte Eisengallustinten werden nur dann gebildet, wenn Gallussäure und Eisen(II)sulfat im stöchiometrischen Verhältnis von (1:1) gemischt werden [2]. Da die Mischungen meist nicht genau hergestellt werden können – Rinden- oder Gallapfelextrakte enthalten unterschiedliche Mengen von Gallussäure, das verwendete Vitriol besteht nicht nur aus Eisensulfat [3, 4], sondern

enthält meist Kupfer-, Mangan-, Aluminium- und Zinksulfat – entstehen ihrer Zusammensetzung nach nicht perfekte Eisengallustinten, die zusätzlich Gerbstofftinten sowie nicht umgesetzte Mineralien enthalten.

Als Extraktionsmittel zur Gewinnung des Gallapfelextraktes finden sich in den Rezepturen Wasser, Wein, Bier oder Essig; zur Stabilisierung der Tinte wird meist ein unterschiedlicher Anteil eines Bindemittels (Gummi arabicum) zugesetzt. Die variable Zusammensetzung der Tinten (verbunden mit weiteren Faktoren, insbesondere bei wechselnder Luftfeuchtigkeit) bewirkt eine Anzahl unterschiedlicher Alterungsmechanismen. Diese können von der Verbräunung oder Verfärbung der ehemals schwarzen Schrift über das Abpulvern der abgebauten Tinte bis hin zu dem stark schädigenden Tintenfraß reichen [5, 6].

Das Alterungsverhalten von Eisengallustinten

Zwischen den verschiedenen alterungsbedingten Korrosionserscheinungen und dem eigentlichen Tintenfraß ist in jedem Falle zu unterscheiden, da erstere zwar zur Zerstörung der Schrift führen können und restauratorisch behandelt werden müssen, nicht aber den Schriftträger zerstören. Schwerpunkt dieses Aufsatzes bildet die Darstellung der chemischen Prozesse beim Tintenfraß auf Papier, daher soll hier auf die übrigen Alterungserscheinungen nicht eingegangen und auf die weiterführende Literatur [7] verwiesen werden.

Tintenfraß

Die destruktive Wirkung von Eisengallustinten auf den Schriftträger, Papier oder Pergament, beruht auf einer Überlagerung verschiedener chemischer Prozesse:

- der natürlichen Alterung des Schriftträgers (Papier, Pergament, Papyrus)
- der Zusammensetzung der Tinten
- dem Vermögen einzelner Tintenbestandteile, chemische Reaktionen mit den Trägermaterialien einzugehen

Eine wesentliche Beeinflussung erfolgt durch Umwelt- und Lagerungsbedingungen, durch wechselnde Temperatur, insbesondere aber durch die relative Feuchte und deren Schwankungen.

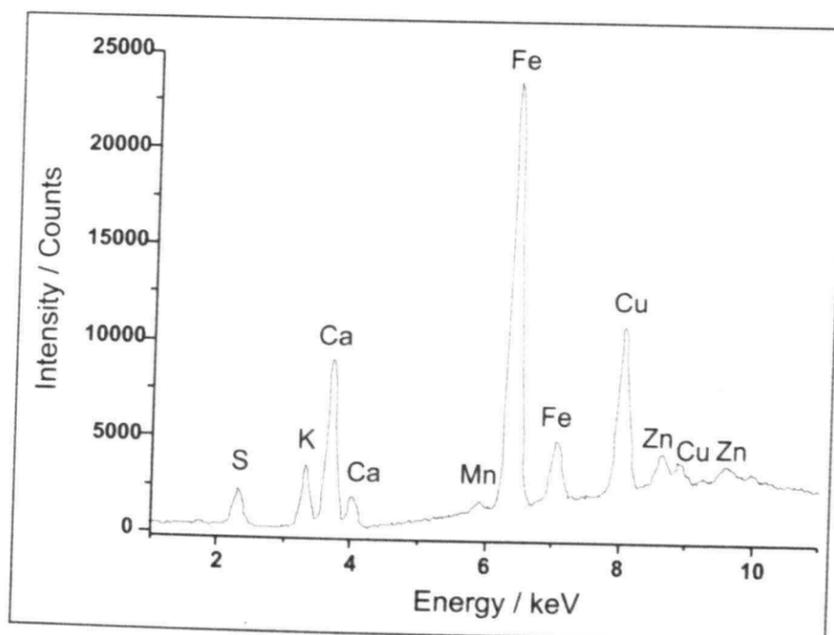


Abb. 1: RFA-Spektrum einer Eisengallustinte (18. Jh.); neben dem Hauptbestandteil Eisen(vitriol) sind die Nebenbestandteile, bzw. Spuren von Kalium, Kupfer, Zink und Mangan deutlich zu erkennen. Der Schwefelpeak resultiert aus dem Sulfatgehalt; der auffällig hohe Calciumanteil ist wahrscheinlich auf eine Behandlung der Tinte mit einem wässrigen, gepufferten System im Rahmen einer Restaurierung zurückzuführen.

Saure Hydrolyse

Als eine Ursache des Tintenfraßes auf Papier gilt allgemein die Aufspaltung der glykosidischen Bindungen der Polysaccharide durch saure Hydrolyse. Die Tatsache, daß viele mit Eisengallustinte beschriebenen Texte nicht geschädigt sind, zeigt, daß die bereits bei der Herstellung eingebrachte Säure (pH ~ 2) (siehe nachfolgende Tabelle) alleine nicht das Phänomen des Tintenfraßes verursachen kann.

Vitriolmischung ¹	Extraktionsmittel	pH-Wert
Fe	Wasser	~ 1.9
Fe/Cu 9:1	Wasser	~ 1.8
Fe	Essig	~ 1.7
Fe/Cu 9:1	Essig	~ 1.7
Fe	Wein	~ 2.0
Fe/Cu 9:1	Wein	~ 1.7

Tab.1: pH-Werte einiger frisch hergestellter Eisengallustinten

Zwei Abbaureaktionen führen zum Zerfall des Schriftträgers, einerseits die Oxidation der Cellulose, katalysiert durch lösliche Übergangsmetallverbindungen, andererseits die bereits formulierte, saure Hydrolyse der Cellulose durch die bei der Tintenkorrosion freigesetzten Schwefelsäure:



Bildung von Schwefelsäure durch Oxidation des überschüssigen Fe^{2+} zu Fe^{3+}

Für den Ablauf beider Degradationsmechanismen ist die Anwesenheit von Wasser erforderlich. Beim Tintenfraß überlagern sich diese in individueller Weise und führen so zur hydrolytischen und oxidativen Spaltung der Cellulose. Es wird deutlich, dass die Degradation der Cellulose durch Entsäuerungsmaßnahmen alleine nicht gestoppt werden kann, da die katalytische Wirksamkeit der Übergangsmetallionen nicht unterbunden wird [8].

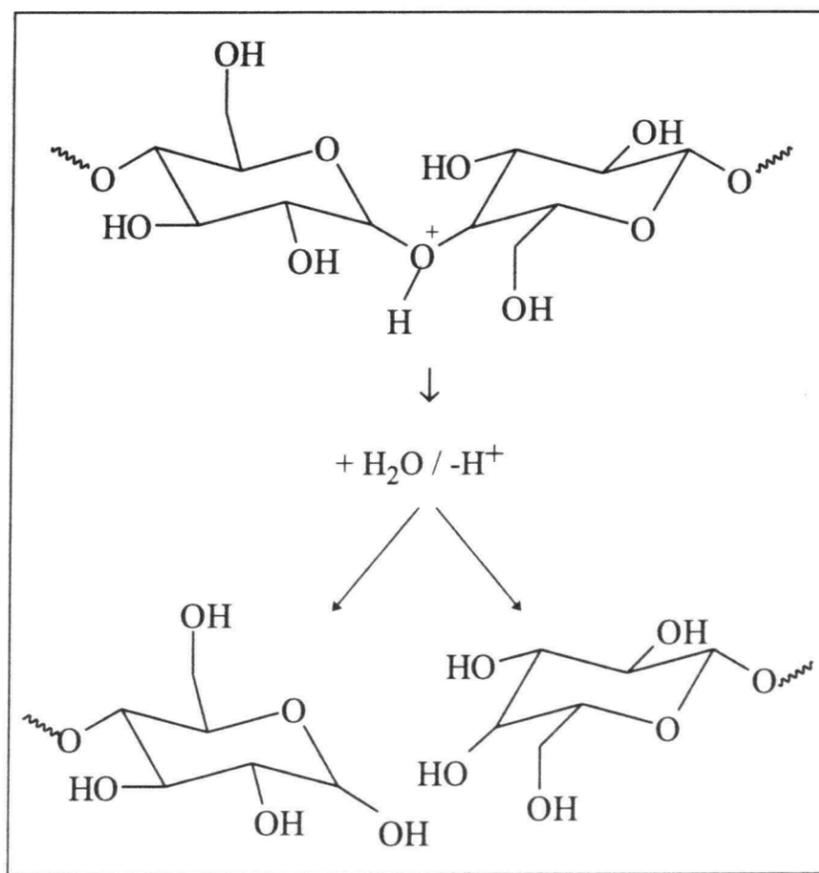
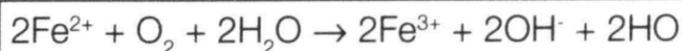


Abb.2: Saure Hydrolyse der Celluloseketten; die glykosidische Bindung (Acetalbindung) wird protoniert, in Anwesenheit von Wasser bildet sich das Halbacetal (links) und der 'Alkohol' (rechts).

Oxidation der Cellulose

Wasserstoffperoxid wird durch die katalytische Wirkung von Fe^{2+} -Ionen stufenweise zu Hydroxidionen reduziert, dabei entstehen intermediär gebildete Hydroxylradikale. Bei Anwesenheit von gesättigten, organischen Verbindungen (HR) reagieren die Hydroxylradikale auch mit diesen unter H-Abstraktion (Abb.4). Dieser Vorgang wird in der Literatur als *Fenton-Reaktion* bezeichnet. Eine daraus abgeleitete Reaktionsfolge wurde für den Abbau von Holzcellulose in Gegenwart von Fe^{2+} -Verbindungen vorgeschlagen [9]. Nach dem derzeitigen Stand der Forschung kann ein ähnlicher Mechanismus als wahrscheinliche Reaktionsfolge für die oxidative Spaltung der Cellulose (Abb. 3) über Peroxide als Zwischenprodukte zugrunde gelegt werden [10]. Die Bildung von Wasserstoffperoxid ist durchaus wahrscheinlich bei der Oxidation von Fe^{2+} zu Fe^{3+} durch Luftsauerstoff:



Oxidation von Fe^{2+} zu Fe^{3+} durch molekularen Sauerstoff

¹ FeSO_4 , bzw. $\text{FeSO}_4/\text{CuSO}_4$

Die einmal in Gang gesetzte radikalische Kettenreaktion führt zum Abbau des organischen Materials. Die oxidative Spaltung der Cellulose wird jedoch nicht nur von Eisenionen, sondern auch von weiteren Übergangsmetallionen wie Kupfer, Zink, etc. katalysiert [12]. Neben vielen weiteren Alterungsmechanismen bildet der Tintenfraß die extremste und gefährlichste Korrosion der Schrift und insbesondere des Schriftträgers. Die restauratorische Behandlung erweist sich als überaus komplex, wie die große Anzahl der Publikationen beweist. Für eine erfolgreiche Eindämmung der destruktiven Wirkung von Tintenfraß müssen die beiden Hauptursachen

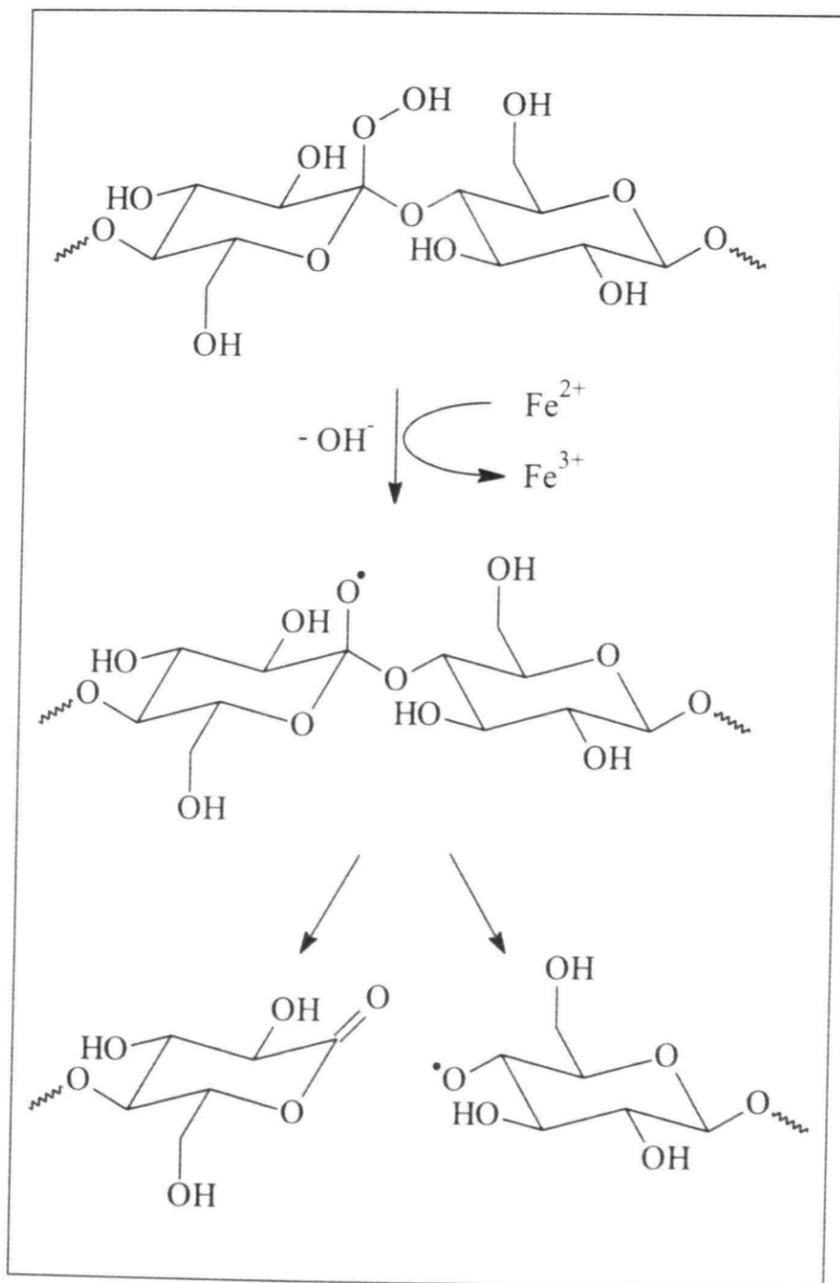


Abb.3: Eisen(II)-katalysierte, oxidative Spaltung von einem Cellulosehydroperoxid [11]; im gezeigten Fall wird von der Entstehung der Peroxidgruppe neben der β -glukosidischen Bindung ausgegangen. Eine der Fenton-Reaktion vergleichbare Reaktion führt zur Kettenspaltung, wobei ein Celluloseest mit Carbonylgruppe und ein Celluloseoxiradikal entsteht.

- der hohe Schwefelsäuregehalt, der zur hydrolytischen Spaltung der Cellulose führt
- die Wirksamkeit von Übergangsmetallionen als Katalysatoren beim oxidativen Abbau der Cellulose unterbunden werden.

$\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{OH}^- + \text{HO}^\bullet$	(1)
$\text{HO}^\bullet + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{HO}_2^\bullet$	(2)
$\text{HO}^\bullet + \text{RH} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{R}^\bullet$	(3)
$\text{R}^\bullet + \text{O}_2 \rightarrow \text{ROO}^\bullet$	(4)
$\text{ROO}^\bullet + \text{R}'\text{H} \rightarrow \text{ROOH} + \text{R}'^\bullet$	(5)

Abb.4: Reaktionsmechanismus der Fenton-Reaktion; (1) Spaltung eines Wasserstoffperoxidmoleküls unter Bildung eines Hydroxylions und eines Hydroxylradikals, (2) Entstehung eines Perohydroxylradikals, (3) Bildung organischer Radikale, (4) Bildung eines organischen Peroxoradikals, (5) Bildung eines organischen Peroxids unter Neubildung eines weiteren Radikals

Literatur

- [1] Ch. Kregel, Chemische Struktur historischer Eisengallustinten, Werkh. der Staatl. Archivverwaltung BW, Ser. A, Landesarchivdirektion, Heft 10, Hrsg. G. Banik und H. Weber, Stuttgart, 1999.
- [2] Ch.-H. Wunderlich, Geschichte und Chemie der Eisengallustinte, Restauro 6, S.414, 1994.
- [3] O. Hahn, H.-E. Gorny, Zerstörungsfreie Charakterisierung historischer Eisengallustinten mittels Röntgenfluoreszenzanalyse, Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, Heft 2, S.384, 2000.
- [4] E. Hickel, Chemikalien im Arzneischatz deutscher Apotheken des 16. Jahrhunderts unter besonderer Berücksichtigung der Metalle. Dissertation, Braunschweig 1963.
- [5] R. Fuchs, O. Hahn, D. Oltrogge, Geist und Seele sind verwirret ... Die Tintenfraß-Problematik der Autographen Johann Sebastian Bachs, Restauro 2, S.116, 2000.
- [6] R. Fuchs, D. Oltrogge, O. Hahn, Bericht der AG über die in der Staatsbibliothek zu Berlin PK vom 17.2.-26.2.98 untersuchten Bach-Autographen und deren Tintenfraß-Problematik, Wettlauf mit der Zeit, Bestandserhaltung in wissenschaftlichen Bibliotheken, Beiträge aus der Staatsbibliothek zu Berlin PK, Bd. 8, Wiesbaden 1998, S.155.
- [7] R. Fuchs, Der Tintenfraß historischer Tinten und Tuschen – ein komplexes, nie enden wollendes Problem, Werkh. der Staatl. Archivverwaltung BW, siehe Lit. [1], S.37 (1999).

- [8] G. Banik, Phänomene und Ursachen von Tintenfraß auf Papier – eine Einführung, *Werkh. der Staatl. Archivverwaltung BW*, siehe Lit. [1], S.13 (1999).
- [9] J. A. Emery, H. A. Schröder, Iron-Catalyzed Oxidation of Wood Carbohydrates, *Wood Science and Technology* 8, S.123 (1974).
- [10] G. Banik, H. Stachelberger, Phänomen und Ursachen von Farb- und Tintenfraß, *Wiener Berichte über Naturwissenschaft in der Kunst*. Hrsg. A. Vendl, B. Pichler, Bd. 1, Wien, S.188 (1984).
- [11] J. G. Neevel, Phytate als chemische Inhibitoren von Tintenfraß auf Papier, *Werkh. der Staatl. Archivverwaltung BW*, siehe Lit. [1], S.87 (1999).
- [12] G. Banik et al., Erscheinungen und Probleme des Kupferfraßes in der Buchmalerei, *Restaurator* 5, S.71 (1981/82).

Restaurierung von Tintenfraßschäden

Restaurierung von Tintenfraßschäden

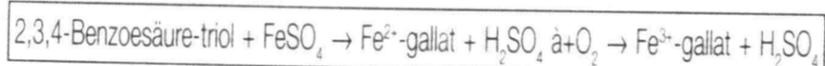
von Robert Fuchs

Bevor man sich mit den Möglichkeiten der Restaurierung von Tintenfraßschäden¹ beschäftigt, sollte man sich noch einmal mit den Verursachern des Tintenfraßes vertraut machen. Als Hauptursache des Tintenfraßes muss die schon bei der Herstellung produzierte Schwefelsäure angesehen werden. Ihre Beteiligung am Tintenfraß wurde bisher bei den meisten Untersuchungen unterschätzt oder einfach unterschlagen. Messungen haben aber ergeben, dass die Schwefelsäure sicherlich das größte Schadenspotenzial beim Tintenfraß ausmacht.

Daneben aber können auch die mineralischen Verunreinigungen der Tintenkomponenten und der Mangel an Bindemittel die Reaktion beschleunigen. Nicht zu vernachlässigen ist die Verbindung und Reaktion der Tinte mit dem Schreibgrund. Hier können die Tintenkomponenten gebunden, adsorbiert oder mobil angelagert sein. Auch die chemische Reaktion mit dem von der Herstellung im Pergament zurückgebliebenem Kalk spielt eine große Rolle. Zuerst soll auf die zur Eisengallus-Tintenbildung nötigen Bestandteile kurz eingegangen werden:

Eisengalluskomplex

Wesentlich zur Bildung des schwarzen Eisengallus-Tinten-Komplexes ist eine Mischung von Gallussäure und Eisensulfat (früher Eisenvitriol genannt) im stöchiometrischen² Verhältnis 1:1:



Die in vielen Gerbstoffen enthaltene Gallussäure (2,3,4-Benzoessäure-triol) reagiert mit dem mineralischen Eisensulfat zuerst zu einem unbeständigen löslichen leicht blauen Eisen(II)-gallat-Komplex und Schwefelsäure. An der Luft oxidiert der lösliche Eisen(II)-gallat-Komplex zum schwarzen und unlöslichen Eisen(III)-gallat-Komplex (Abb. 1). Der schwarze, bänderförmige Komplex verhakt sich im Papier- oder Collagengeflecht des Pergaments und wird so mechanisch, adsorptiv festgebunden. Bei der Alterung kann sich der Komplex zusätzlich durch chemische Reaktion binden. Diese perfekte Eisengallustinte ist völlig wasserfest und kann beim Wässern nicht ausbluten; sie ist im eigentlichen Sinn jetzt eine Tusche, da der schwarze Tintenkomplex sich wie ein Pigment verhält.

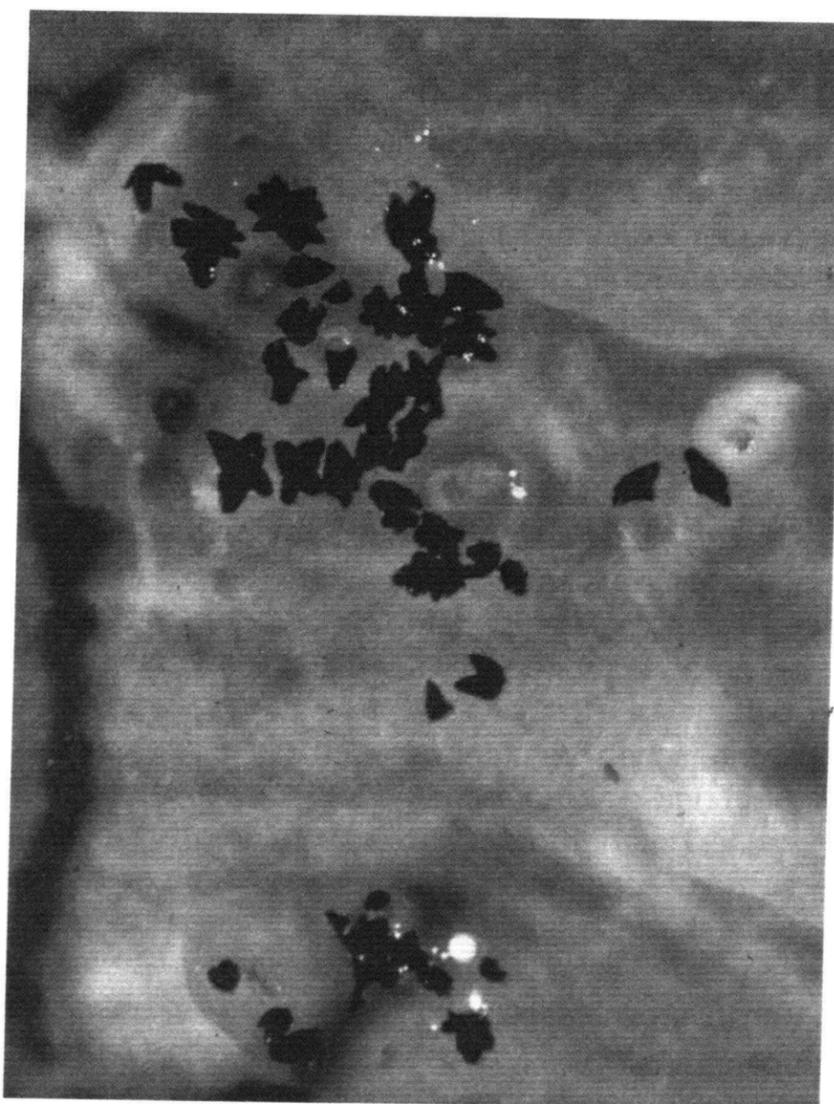


Abb. 1: Schwarze Kristalle des unlöslichen Eisengalluskomplexes

Werden die einzelnen Komponenten bei der Herstellung nicht im stöchiometrischen Verhältnis (also 1:1) gemischt oder liegen die Komponenten nicht als reine Stoffe vor, enthält eine an sich perfekte Eisengallustinte auch noch Reste von blutenden oder wasserunbeständigen Bestandteilen, sie ist imperfekt.³ Dies ist bei der restauratorischen Behandlung der Archivalien zu beachten.

¹ Allgemein versteht man unter dem Tintenfraß die Fraßerscheinung, die die schwarze Eisengallustinte auf Papier und Pergament hinterlässt. Daneben gibt es auch noch drei weitere andersfarbige Fraßerscheinungen, auf die in diesem Artikel nicht eingegangen werden soll. Vgl. dazu Robert Fuchs, Der Tintenfraß historischer Tinten und Tuschen – ein komplexes nie enden wollendes Problem, in: Tintenfraßschäden und ihre Behandlung, Gerhard Banik, Hartmut Weber (Hg.), Werkhefte der Staatlichen Archivverwaltung Baden-Württemberg, Serie A, Heft 10, Stuttgart 1998, S. 37-76, hier vor allem S.63-69.

² Unter stöchiometrischem Verhältnis versteht man ein molekulares Verhältnis, das dem der chemischen Reaktionsgleichung entspricht. In unserem Falle reagiert exakt ein Molekül Gallussäure mit einem Molekül Eisen²⁺-Ion.

³ Robert Fuchs, Der Tintenfraß (vgl. Anm. 1) S. 44-46.

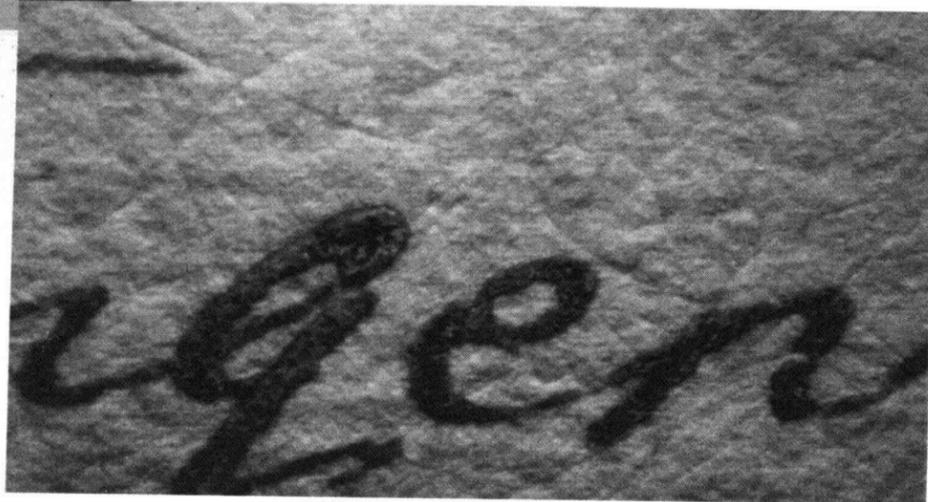


Abb. 2:

Eisenockerbeläge
auf Eisengallustinte,
Kirchenbuch von Dahn,
18. Jh.

Verunreinigungen

Die zur Herstellung nötigen Mineralien wie Eisensulfat sind erst in unserer Zeit chemisch rein darstellbar. Die organische Komponente Gallussäure ist bis heute noch schwierig völlig sauber zu bekommen, sie ist in der Natur (Eichengallen, Baumrinden) immer mit anderen Gerbsäuren vermischt. Schon in byzantinischer Zeit kannte man das „Brennen“ der Eichengallen, die durch trockenes Erhitzen von Galläpfeln die Menge an Gallussäure oft mehr als verdoppelte.⁴ Da die quantitative Bestimmung der Gallussäure bis heute schwer ist, war es selbst noch im 20. Jh. nicht einfach, eine völlig reine Eisengallustinte herzustellen. Dass es nahezu perfekte Mischungen gab, kann man daran erkennen, dass viele Tinten keinen Fraß zeigen.

Die natürlichen Verunreinigungen der Einzelkomponenten und die Zugaben von anderen Zusätzen, die bei der Tintenproduktion die Extraktion erleichtern oder den Prozess verbessern sollten, können sofort oder erst im Laufe der Zeit den Schreibgrund schädigen.

Eisensulfatmineralien enthalten je nach Herkunft auch Kupfer-, Mangan-, Magnesium-, Zink- oder Aluminiumsulfat;⁵ Gallussäure wurde aus Eichengalläpfeln und Rinden extrahiert, die oft nur 10 - 20% Gallussäure, daneben aber auch andere lösliche und unlösliche Gerbstoffe enthalten. Diese Gerbstoffe gehören zu den löslichen oder durch Kondensation unlöslichen, pigmentartig braunen Farbstoffen, mit denen bspw. die braunen Rindentinten (Dornentinte) in römischer Zeit gefertigt wurden.

Daher sind in Eisengallustinten häufig neben unlöslichen Produkten wie der Eisengallatkomplex auch wasserlösliche Farbstoffe und auch schädliche Stoffe enthalten. Die im wesentlichen am Tintenfraß beteiligten Stoffe sind die Schwefelsäure und die Fe^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} -sulfate. Von den Eisen- und Kupfer-Ionen ist bekannt, dass sie katalytisch beim Abbau von Papier und Pergament beteiligt sind. Die Wirkung der anderen Metallionen muss noch erforscht werden. Daher konzentriert sich die Behandlung des Tintenfraßes darauf, diese Schadstoffe durch chemische Reaktionen zu neutralisieren oder zu immobilisieren.

Schädliche Schwefelsäure

Neben den Gerbstoffen und schädlichen Metallionen sind auch aliquote Mengen Schwefelsäure vorhan-

den. Sie machen die Tinten schon bei der Herstellung stark sauer. Modernen Tinten wurde noch zusätzlich Säure in Form von bspw. Salzsäure zugegeben.

Verlangsamung der Reaktion durch Bindemittel

Die Schadstoffe, die den Tintenfraß verursachen sind nur wirksam, wenn sie löslich sind und bei Feuchtigkeitsschwankungen wandern. Daher sind alle Mittel, die ihre Wanderung verlangsamen oder gar zum Stehen bringen geeignet, den Tintenfraß aufzuhalten. So können die zur jeweiligen Tinte zugemischten Bindemittel wie Gummi arabicum oder seltener Proteinleime (Pergamentleim, Hausenblase etc.) die Reaktion stark verlangsamen, sie aber nicht eindämmen.

Immobilisierung

Die Schadstoffe können unwirksam gemacht werden, wenn sie durch Umwandlung in wasserunlösliche Produkte immobil sind. Sie können dann durch Klimaschwankungen nicht mehr hin- und herwandern und sich weiter verbreiten. Für eine Schadensreaktion müssen Ionen transportiert werden und sich verbinden können.⁶ Sind sie immobilisiert, kann ein Schadensmechanismus nicht ablaufen.

„Rosten“ der Tinten

Wenn gealterte Eisengallustinten untersucht werden, kann man immer wieder auf der Oberfläche farbige Beläge feststellen (Abb. 2). Sie stammen von Metallsalzen, die in der Tinte im Überschuss vorhanden sind.

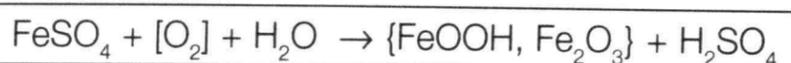
Nicht umgesetztes Eisensulfat kristallisiert beim Eintrocknen der Tinte in einer dünnen Schicht auf der

⁴ Robert Fuchs, Der Tintenfraß (vgl. Anm. 1), S. 42.

⁵ Christoph Krekel, Chemische Struktur historischer Eisengallustinten, in: Tintenfraßschäden und ihre Behandlung, Gerhard Banik, Hartmut Weber (Hg.), Werkhefte der Staatlichen Archivverwaltung Baden-Württemberg, Serie A, Heft 10, Stuttgart 1998, S. 25-36.

⁶ Es gibt auch Festkörperreaktionen, die allerdings dann eine sehr hohe Temperatur – meist über 1000°C – benötigen, um miteinander reagieren zu können. Bei Reaktionen von Gasen mit Festkörpern muss eine große Oberfläche für die Reaktion vorhanden sein. Beide Festkörperreaktionen sind für den Tintenfraß nicht relevant. Er wird bestimmt durch die Reaktionen von wandernden Ionen.

Schrift aus.⁷ Dort verwittert es schon nach wenigen Jahren und oxidiert zu stabilen gelben, roten oder braunen Eisenoxiden. Dabei werden wieder stöchiometrische Mengen von Schwefelsäure produziert:



Gealterte Schriftzüge und Noten aus Eisengallustinten mit Eisenüberschuss rosten demnach regelrecht. Die gebildeten gelben, braunen oder roten Eisenoxide⁸ sind unlöslich, immobil und daher sehr stabil, d. h. sie wandern nicht einmal bei Feuchtigkeitsschwankungen. Kupferionen scheiden sich als grüne, Zink, Mangan als weiße Beläge ab. Sie sind nicht so unlöslich wie die Eisenocker und können daher ihre katalytische Zersetzung bei Feuchtigkeitsschwankungen besser ausüben. Ihre Auswirkungen sind jedoch nur beim Kupfer erforscht.

Komplexierung

Häufig wird eine Behandlung mit einem Komplexbildner zur Stabilisierung der Schadionen vorgeschlagen. Komplexverbindungen sind in der Chemie als sehr stabile Verbindungen geschätzt.⁹ Dennoch sind Komplexe für die Konservierung nicht immer geeignet. Sie sind nicht selten wasserlöslich und können sich im Laufe der Zeit wieder umwandeln und sind dann nicht mehr stabil. Besser ist die Immobilisierung, da sich unlösliche Verbindungen auch nach langer Zeit nicht wieder auflösen können.

Als Komplexmittel für die schädlichen Eisenionen wurde vielfach Phytinsäure vorgeschlagen¹⁰. Diese Komplexierung ist aber nur bei löslichen Eisenionen möglich. Wenn das Eisensulfat durch Alterung schon in Eisenoxide umgewandelt wurde, ist der Eisen-„Oxidkomplex“ in jedem Falle stabiler als der Phytatkomplex. Zudem sind Phytatkomplexe nicht immobil, d. h. sie können durch Feuchtigkeitsschwankungen wandern und im Laufe der Zeit sich wieder zersetzen. Dazu kommt, dass bei einem Überschuss von Phytinsäure sich im Laufe der Zeit auch der sehr stabile Eisengalluskomplex in den unstabileren Phytatkomplex umwandeln kann. Die Komplexbildungskonstante von Eisenphytat unterscheidet sich von den Zink-, Kupfer- und Mangankomplexen, so dass bei der Anwesenheit dieser die verschiedenen Komplexbildungen in Konkurrenz treten können und bspw. nach längerer Zeit das komplexierte Eisen wieder freigesetzt werden und schädigen kann.

Zusätzlich produzierte Schwefelsäure

Zusätzlich zu der bei der Bildung des Eisengalluskomplexes produzierten Schwefelsäure wird bei der Oxidation des Eisenüberschusses weitere Säure gebildet. Neue Untersuchungen zeigen, dass diese große Menge an Schwefelsäure der Hauptverursacher des Tintenfraßes ist. Die Metallionen können die Hydrolyse des Schriftträgers katalysieren, müssen aber in geeigneter Menge vorhanden sein. Sie wirken nur in löslicher Form als bewegliche Ionen, nicht als immobilisierte Oxide.

Ungleichmäßiger Tintenfraß

Es ist immer wieder erstaunlich, dass manche Schriftstücke starke Tintenfraßschäden, andere kaum welche aufweisen. Auch ist der Tintenfraß oft nur an einigen Stellen auf einem Blatt zu sehen, während andere Bereiche völlig ungefährdet erscheinen. Hier spielt erstens die heterogene Mischung der Tinte im Tintenfass, die Aufnahme der Tinte mit der Feder und ihre ungleichmäßige Verbreitung auf dem Schriftstück, aber auch die Reaktion des Tintenkomplexes mit dem Schriftträger, das Eindringen und die Bindung mit dem Leimittel des Papiers eine hervorragende Rolle.¹¹ Die im Tintenfass aufbewahrte Tinte oxidiert schon kurz nach der Herstellung und während der Aufbewahrung im Tintenfass. Wenn die Tinte nicht genügend Bindemittel zur Dispersion des entstehenden

⁷ Robert Fuchs, Oliver Hahn, Doris Oltrogge: „Geist und Seele sind verwirret...“. Die Tintenfraß-Problematik der Autographen Johann Sebastian Bachs, in: *Restaura* 106.2, München 2000, S. 116-121. Analysen dazu vgl. auch Robert Fuchs, Oliver Hahn, Doris Oltrogge, Bericht über die in der Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz vom 17. 2.-26. 2. 98 untersuchten Bach-Autographen und deren Tintenfraß-Problematik, in: *Wettlauf mit der Zeit, Bestandserhaltung in wissenschaftlichen Bibliotheken*, Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz Berlin 1998, S. 155-167, Farbtafeln.

⁸ Gelber Ocker: FeOOH, roter Ocker Fe₂O₃, brauner Ocker Fe₂O₃.

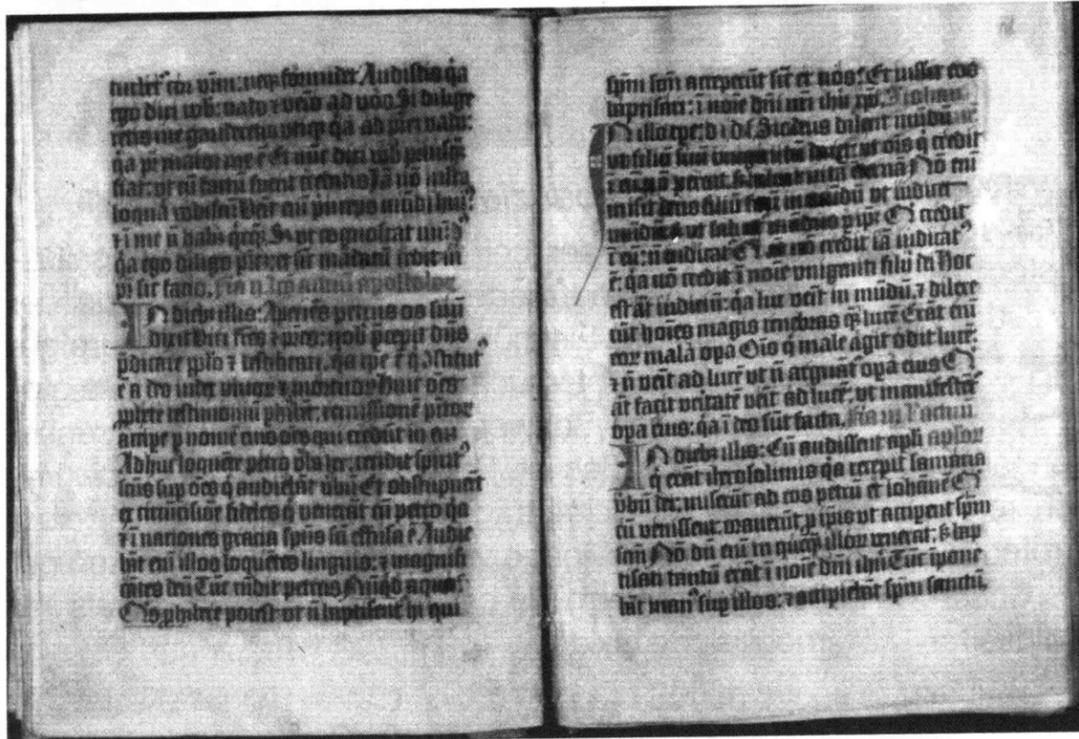
⁹ Birgit Reißland, Neue Restaurierungsmethoden für Tintenfraß mit wässriger Phytatlösung, in: G. Banik (vgl. Anm. 1), S. 113-220, hier speziell S. 134-135.

¹⁰ Johan G. Neevel, Phytate: a potential conservation agent for the treatment of ink corrosion caused by iron galls. In: *Restaurator* 16.3, 1995, S. 143-160. Ders.: Phytate als chemische Inhibitoren von Tintenfraß auf Papier. In: *Tintenfraßschäden und ihre Behandlung* / (Hrsg.) Banik, Gerhard; Weber, Hartmut. Stuttgart, 1999 (= Werkhefte der Staatlichen Archivverwaltung Baden-Württemberg: Serie A, Landesarchivdirektion ; H. 10), S. 87-111, und Birgit Reißland (vgl. Anm. 8).

¹¹ Robert Fuchs, Der Tintenfraß (vgl. Anm. 1), S. 43ff.

Abb. 3: Tintenfraßerscheinung:

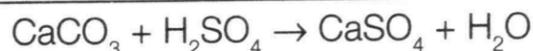
Der Tintenfraß ist ungleichmäßig in der Pergamenthandschriften verteilt und auf diesen Seiten nur rechts in der 4. bis 7. Zeile aktiv gewesen, Lektionar von 1520, Hildesheim Dom 67, f. 17v/18.



Eisengalluskomplexes enthält, fallen schon nach wenigen Tagen unlösliche Produkte, der schwarze Tintenkomplex und kondensierte Gerbstoffe¹² aus. Sie werden beim Verschreiben ungleichmäßig aus dem Tintenfass entnommen und ungleichmäßig auf dem Schreibuntergrund verschrieben. Dabei werden auch die schädlichen Ionen ungleichmäßig verteilt; es entsteht ein unregelmäßiges Schadensbild, obwohl offensichtlich immer mit der gleichen Tinte geschrieben wurde. (Abb. 3)

Schäden in Pergamenthandschriften

In Pergamenthandschriften sind weniger Tintenfraßschäden festzustellen, als in Papierhandschriften. Auf Pergament wird die schädliche Schwefelsäure, zumindest ein Teil davon, durch die Reaktion mit dem Restkalk aus der Herstellung durch die Bildung von Gips immobilisiert; die schädlichen wandernden Ionen werden in Form von Gips fest gebunden.



Daher sind auf Pergament Tintenfraßschäden nur dort zu finden, wo die Kalkmenge nicht ausgereicht hat. Diese Wirkung ist beim Papier meist nicht vorhanden, da die alkalische Reserve in alten Papieren meist zu gering ist. Das Schadenspotenzial durch evtl. vorhandene Metallionen wird dadurch jedoch nur bedingt durch die Bildung von Carbonaten eingeschränkt.

Restaurierung von mit Tintenfraß geschädigter Schriftstücke

Die Schadstoffe können entweder durch Auswaschen oder durch chemische Stabilisierung unschädlich ge-

macht werden. Die gefährlichen Ionen und die Schwefelsäure sind gut wasserlöslich. Durch Wässern sind sie leicht zu entfernen.

Auswaschen der Schadstoffe

Am einfachsten erscheint daher das Auswaschen der Schadstoffe mit Wasser. Doch nicht immer ist dies möglich. Nur bei wasserbeständigen Tinten kann ein Bad oder eine wässrige Behandlung erfolgen. Nicht selten enthalten Eisengallustinten auch wasserlösliche braune Bestandteile (kondensierte Gerbstoffe).

Hier müssen andere „wasserarme“ Wässerungsmethoden gefunden werden.

Ein Möglichkeit ist das Wässern mit 70%igem Alkohol, der nur 30 % Wasser enthält; noch höher konzentrierter Alkohol enthält noch weniger Wasser. Die Behandlung muss dann verlängert werden, um die Schadstoffe herauslösen zu können.

Dennoch gibt auch Tinten, die auch einer Alkoholbehandlung nicht standhalten. Sie können z. B. über eine Aerosolbefeuchtung auf dem Saugtisch langsam mit Feuchtigkeit „gewässert“ werden. Ebenfalls kann eine Behandlung auf dem Kapillarlvlies¹³, mit Kompressen oder mit aufgehärtetem Wasser erfolgen.

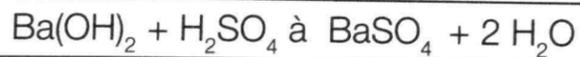
Chemische Stabilisierung der Schadstoffe

Auch eine Immobilisierung der Schadionen kann bei äußerst wasserempfindlichen Dokumenten erfolgen. Dabei werden schädliche Ionen nur örtlich an den Fraßstellen in schwerlösliche Verbindungen umgewandelt. Dies geschieht, wie erwähnt, bei der Reaktion von Schwefelsäure mit dem Kalk des Pergaments zu Gips. Sie ist auch auf Papierschriftstücken lokal zu vollziehen. Die Fraßstellen werden mit stark mit Ca-Ionen angereicherten Wasser oder mit einem mit Calciumcarbonat vermischem Klebstoff betupft. Noch erfolgreicher ist die Reaktion mit einer methanolischen Lösung von Bariumhydroxid ($\text{Ba}(\text{OH})_2$). Das Bariumhydroxid reagiert zu Bariumsulfat (BaSO_4), einer der unlöslichsten chemischen Verbindungen.¹⁴

¹² Robert Fuchs, Der Tintenfraß (vgl. Anm. 1), S. 39ff.

¹³ Susanne Tiemer, Kapillarreinigung, Untersuchungen zu ihren Grundlagen und Anwendungen in der Papierrestaurierung, Diplomarbeit Fachhochschule Köln 2001, Veröffentlichung in Vorb.

¹⁴ In 1 l Wasser lösen sich bei 18° nur 2,2 mg BaSO_4 .



Das Bariumhydroxid muss in Methanol gelöst werden, da es sich darin bedeutend besser löst. Gelöstes Barium ist giftig,¹⁵ daher sollte diese Lösung nur lokal und nur in den Mengen angewendet werden, die es benötigt, die Schwefelsäure zu binden. Am Ende dieses Artikels wird eine Modellrechnung für die Konzentration erfolgen.

Mechanische Stabilisierung

Nach einer chemischen Behandlung ist ein tintenfraßgeschädigtes Blatt immer noch nicht mechanisch stabilisiert. Kleinere Risse können mit Japanpapier, Papierfasern oder bei Pergamenthandschriften mit dünn geschärften Pergamentstücken erfolgen. Geeignete Klebstoffe sind bei Papier Kleister (Weizenstärke, Methylcellulosen), bei Pergament Hausenblase. Da durch unsere Untersuchungen bekannt ist, dass die Fraßreaktion durch Proteinleime (Gelatine, Hausenblase, Pergamentleim) verlangsamt wird, sollten bei der Reparatur auch derartige Klebstoffe bevorzugt angewendet werden. Für den Fall, dass noch nicht immobilisierte Schadionen vorhanden sind oder die Schadionen nicht ausgewaschen wurden, sollte eine zu große Zufuhr von Wasser in Form von dünnflüssigen Klebstoffen verhindert werden. Dickflüssige Klebstoffpasten verhindern, dass sich der Schaden evtl. ausbreiten kann.

Ein Problem ist die Stabilisierung von beidseitig beschriebenen oder bedruckten Blättern, wo die Reparatur zumindest auf einer Seite über die Schrift oder die Bemalung geklebt werden müsste. Hier ist eine Verunklarung der Schriftzüge selten tolerierbar. Bei Pergamentblättern kann die Risschließung mit stark ausgeschärftem Pergament erfolgen. Das verwendete Klebstoffgemisch Hausenblase/Tragant hat einen niedrigen Brechungsindex und macht die Überklebung fast unsichtbar. Wenn die Restaurierung sorgfältig ausgeführt wird, kann nur noch der Fachmann unterscheiden, auf welcher Seite der Riss überklebt wurde.¹⁶

Zur Immobilisierung kann der Klebstoff zuvor mit etwas Calciumcarbonat versetzt werden oder die Klebestelle mit der beschriebenen methanolischen Bariumhydroxidlösung betupft werden.

Sehr brüchige Blätter müssen ganzflächig kaschiert oder gespalten werden. In der Vergangenheit wurden die Blätter häufig mit Seidengaze mit sog. Chiffons kaschiert.

Hausenblase/Tragant – Klebstoff für Pergament:¹⁷

Ein abgewogenes Stück (für 2%ige Lösungen werden 4 g verwendet) Salianski Hausenblase wird eine abgemessene Menge (für eine 2%ige Lösung 96g Wasser) demineralisiertes Wasser zugegeben und für einige Stunden (bspw. über Nacht) eingeweicht. Dann werden die gequollenen, nun weißen Blasenstücke mit dem Wasser auf einem Wasserbad geschmolzen. Die Temperatur darf dabei 42 - 45°C nicht überschreiten, da sonst die Klebkraft stark abnimmt! Gleichzeitig werden für den 2%igen Ansatz 0,4g Tragantgummi mit 5 - 10 Tropfen Ethanol über Nacht gequollen. Sie werden am nächsten Morgen mit 96 ml Wasser vermischt. Es entsteht eine 0,4%ige gelblich-weiße Dispersion. Beide Lösungen werden zusammengeschüttet und gut gerührt. Somit erhält man 200 ml eine 2%ige Hausenblasenlösung mit 0,2 % Tragant, die bspw. auch im Kühlschrank gut verschlossen aufbewahrt werden kann. Vor dem Gebrauch sollte sie dann für 5 - 10 Sekunden in der Mikrowelle wieder homogenisiert werden. Wird eine höher konzentrierte Lösung oder geringere Mengen benötigt, kann man dies entsprechend berechnen. Die Tragantmenge sollte am besten ca. 10 % der Menge der Hausenblase entsprechen. In der letzten Zeit hat sich gezeigt, dass die im Handel befindliche weiße Hausenblase durch das Bleichen chlorhaltig ist. Daher sollte man nur noch die gelbe Salianski Hausenblase verwenden. Sie muss vor Gebrauch gereinigt werden, was sehr leicht geschehen kann. Dazu wird die Salianski Blase bspw. wie oben beschrieben 8%ig gelöst und durch einen Nylonstrumpf oder durch ein PE-Sieb gefiltert. Auf einer Folie oder Glasplatte kann sie ausgegossen und an sehr luftigem Ort (Digestorium!) getrocknet werden. Es entstehen durchsichtige Blätter, die beliebig lange trocken aufbewahrt werden können.

¹⁵ Für den Menschen sind 600mg/l Barium gefährlich.

¹⁶ Robert Fuchs, Christiane Meinert, Johannes Schrempf: Pergament, Geschichte – Material – Konservierung – Restaurierung (= Kölner Beiträge zur Restaurierung und Konservierung von Kunst- und Kulturgut 12), Köln/München 2001, S. 92f. – Ein hervorragendes Beispiel für die geglückte Risschließung von Grünspanfraß in einer von beiden Seiten bemalten Buchmalerei ist in der Diplomarbeit von Birgit Harand: Die Restaurierung und Konservierung des karolingischen evangeliars von St. Maria ad Martyres unter besonderer Berücksichtigung der Grünfraßschäden und der Kontaktkorrosionen an den Buchmalereien, Fachhochschule Köln 2000 erfolgt.

¹⁷ Übersetzung des Rezeptes aus: Robert Fuchs, New Consolidation techniques for fixing brittle paint layers in mediaeval book illuminations. Consolidation of brittle book illumination. – Development of a micro-dosage device for fixing brittle paint layers, in: Care and Conservation 4, Copenhagen 1999, S. 140-159, pl. XXI-XXVI. Vgl. hierzu auch Robert Fuchs (vgl. Anm. 15), S. 91.

Chiffonierung

Die Chiffonierung mit Seide schützte zwar die Blätter, wird heute aber nicht gerne gesehen, da die Schrift sehr stark abgedeckt wird. Seide wird zudem im neutralen und basischen Bereich nach einiger Zeit brüchig, wodurch die Chiffonierungen bspw. von Papyrus sich als unsinnig herausstellte, da nach 20 - 30 Jahren die Seidengazen zerfallen und nicht mehr schützen können. Bei Tintenfraß sind sie jedoch sehr stabil, da der niedrige saure pH-Wert die Seide stabilisiert. Erfolgt die Chiffonierung mit stark verdünntem Klebstoff, kann sich der Tintenfraß hinterher auch verbreiten und verstärken. Besser sind Kaschierungen mit dünnem Japanpapier.

Kaschierung

Für die ganzflächige Stabilisierung mithilfe von Japanpapier stand bisher eine Papierstärke von 5-10g/m² (das Japanpapier RK0 von Paper Nao hat ein Flächengewicht von 5g/m²) zur Verfügung. Es zeigte sich, dass dadurch die Schrift darunter immer noch ziemlich stark verunkelt wird. (Abb. 4)

Abb. 5: Selbst hergestelltes Gossamerpapier (1,7g/m²) liegt auf einem brüchigen holzschliffhaltigem Papier.

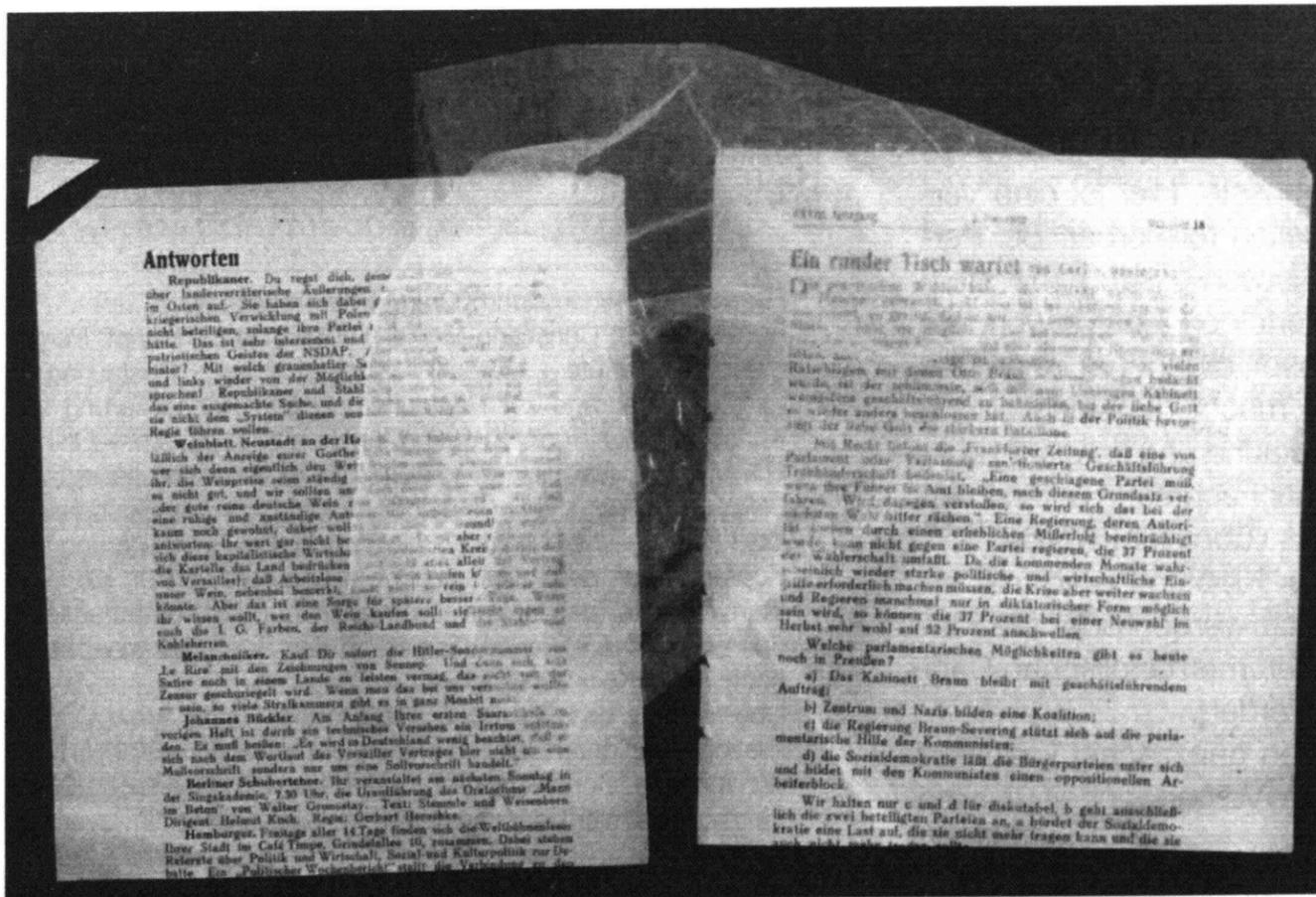
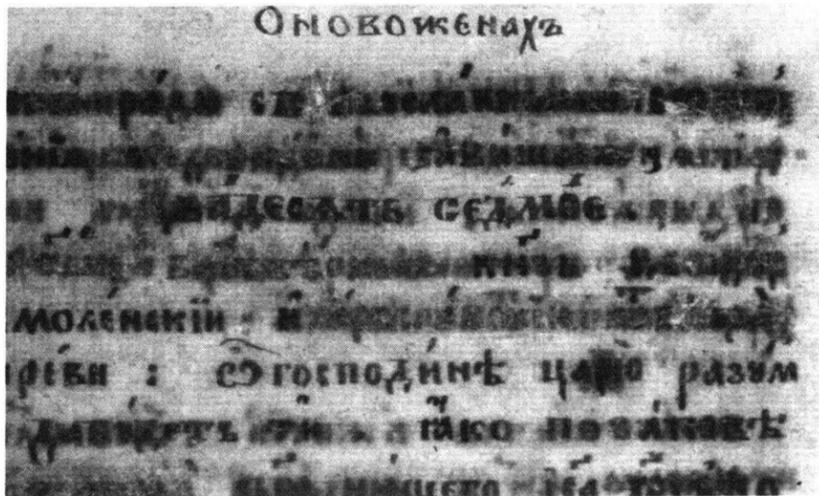


Abb. 4: Slawische Handschrift 16. Jh., die Tintenfraßgeschädigten Stellen sind mit Japanpapier gefestigt. Die Schrift ist durch die Papierfasern leicht verunkelt.



Spinnwebpapier (Gossamer Paper)

Inzwischen ist es möglich geworden, so dünne Japanpapiere herzustellen, dass sie wie Spinnweben auf der Schrift liegen und trotzdem das Papier wieder ausreichend stabilisieren. Sie sind selbst aber kaum sichtbar. Diese Spinnwebpapiere (engl: gossamer paper, Gespinstpapier¹⁸) können bis zu einem Flächengewicht von nur 1 g/m² bisher nur selbst hergestellt werden. (Abb. 5) Eine Produktion von RK00 (Paper Nao) mit einem Flächengewicht von 3,6g/m² wird demnächst auf den deutschen Markt kommen. Das hauchdünne Gossamerpapier wird aus Kozo und Mitsumatabast hergestellt.¹⁹ Dazu wird der Bast mit 1-1,5 Gew.% Soda (NaCO₃) in Wasser ca. 2 Stunden gekocht und anschließend gewaschen. Um die Fasern zu vereinzeln, wird der Bast mit einem Kantenholz geschlagen und im Wasser verteilt. Damit die Fasern in dem Wasser suspendiert bleiben, benötigt man ein

Dispergiermittel (2,5 %) in Form von Polyacrylamid (0,2%ig gelöst).²⁰

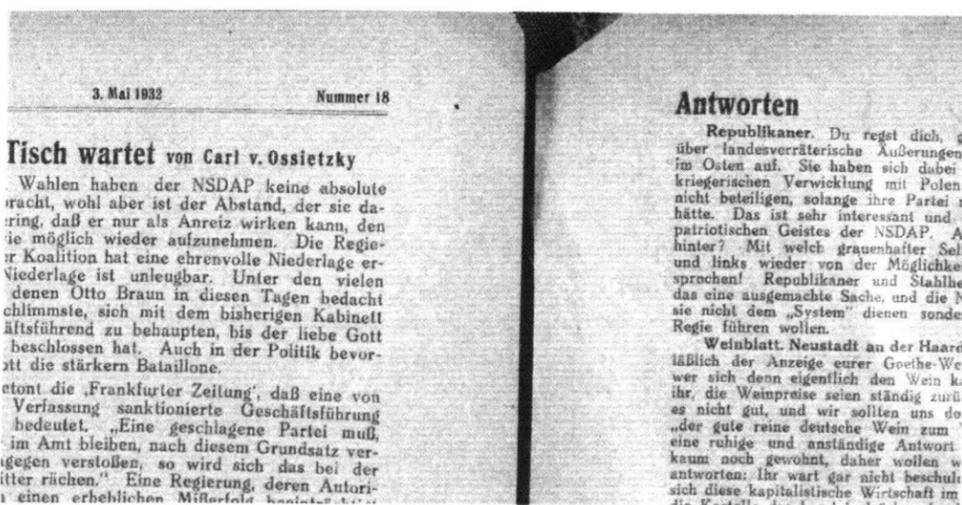
¹⁸ Pamela Spitzmueller, West / East: Harvey's 1628 'De Motu Cordis' Meets Mitsumata Gossamer. In: Erice 96: International Conference on Conservation and Restoration of Archive and Library Materials, Erice (Italy), CCSEM, 22nd-29th April 1996, Preprints / Istituto centrale per la patologia del libro, Rom 1996, S. 739-742.

¹⁹ Helmut Bansa, Ritsuko Ishii: What Fiber for Paper Strengthening? In: Restaurator 20. 3 + 4, 1999, S. 198-224.

²⁰ In Japan wird dazu der Wurzelextrakt von tororo-aoi benutzt.

Abb. 6:

Das rechte Blatt wurde mit dem Gossamerpapier kaschiert.
Die Lesbarkeit der Druckschrift ist nicht beeinträchtigt.
Nur in der speziellen Beleuchtung wird der leicht glänzende Kleister sichtbar.



Die fein verteilte Fasersuspension kann man dann direkt auf ein feines Sieb (Teflon oder PE)fasern und entweder direkt auf die zu stabilisierende Oberfläche aufgautschen oder über ein PE-Vlies übertragen. Bei letzterem kann das getrocknete Gossamer Papier zwischen zwei PE-Vliese gelegt, durch das Vlies mit Kleister angestrichen und dann auf das zu festigende Papier direkt übertragen werden.

Die Kaschierung kann auf beiden Seiten erfolgen. Um die Steigerung der Festigung zu prüfen, wurde ein stark geschwächtes holzhaltiges Papier von 1932 auf beiden Seiten mit einem Spinnwebpapier von 2g/m² kaschiert und mittels Berstdruckprüfverfahren vor und nach der Kaschierung gemessen:

Berstdruck vor der Behandlung:

Außenbereiche	31,	25	kPa
Mitte des Papiers	22,	22,	21 kPa
Innenfalz	15,	7	kPa

Das Papier war vor allem im Innenfalzbereich sehr stark abgebaut. Nach dem beidseitigen Laminieren mit Gossamer Papier (2,5g/m²) wurden folgende Messwerte ermittelt:

Außenbereiche	79,	83,	90	kPa
Mitte des Papiers	75,	76,	91	kPa
Innenfalz	73,	91,	81	kPa

Die Beständigkeit des Papiers hat sich um den Faktor 5 - 9 verbessert! Um die Stärke des Papiers besser bewerten zu können wurden die Werte mit denen anderer Papiere verglichen: Stark brüchiges Papier hat eine Bestfestigkeit von ca. 5 -10 kPa. Kräftiges Hadernpapier von ca. 90 - 98 kPa.

Daraus folgert, dass durch die beidseitige Kaschierung das brüchige Papier wieder eine Festigkeit von gutem Hadernpapier erhalten hat. Die Kaschierung ist nur mit

der Lupe zu sehen (Abb. 6). Diese neue Methode ist absolut reversibel und entspricht den restauratorischen Vorgaben. Dennoch wird heute zu oft das Spaltverfahren angewendet.

Papierspaltverfahren

Beim Spaltverfahren wird ein Papier von beiden Seiten mit einem kräftigem Trägerpapier und

Gelatine kaschiert. Danach wird es in einige Zeit in sogenannten Spaltbüchern feucht gehalten. Anschließend kann der geweichte Kern des Papiers durch Auseinanderziehen der Trägerpapiere in zwei Teile gespalten werden. Zur inneren Stabilisierung wird ein dünnes Kernpapier eingelegt und die beiden Teile wieder zusammen geklebt. Als letztes müssen die Trägerpapiere wieder entfernt werden, ohne dass die Verklebung des Kernpapiers sich öffnet. Dies geschieht mit einer 70°C heißen Enzymlösung, die die Gelatine auflöst. Der ganze Prozess ist sehr kompliziert und sollte nur von eigens geschulten Kräften ausgeführt werden.²¹

Dieser Prozess ist für das zu stabilisierende Papier ein starker Eingriff und in keinem Falle restauratorisch als reversibel anzusehen. Er war bisher für einige Fälle (Zeitungen, Archivgut) die einzige ökonomische und noch mögliche Art der Stabilisierung. Vorteil des Verfahrens ist, dass ein zweiseitig beschriebenes Blatt von innen her gefestigt wird. Nachteilig ist jedoch, dass bisher noch nie gemessen wurde, ob die Schadstoffe beim Spaltprozess herausgelöst werden. Vermutet wurde, dass z. B. die Schwefelsäure durch das Aufkleben der Trägerpapiere von der Gelatine festgehalten werden und im Papier verbleiben, wo sie nach Jahren ihre Zerstörung auch im gefestigten Papier ausüben können. Auch wurde bemerkt, dass Notenschriften bei dem Prozess teilweise zerstört werden. Die oftmals sehr dick geschriebenen Notenköpfe sinken bis auf die Rückseite in das Papier. Da beim begin-

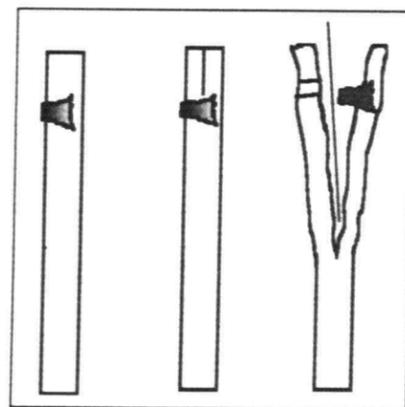
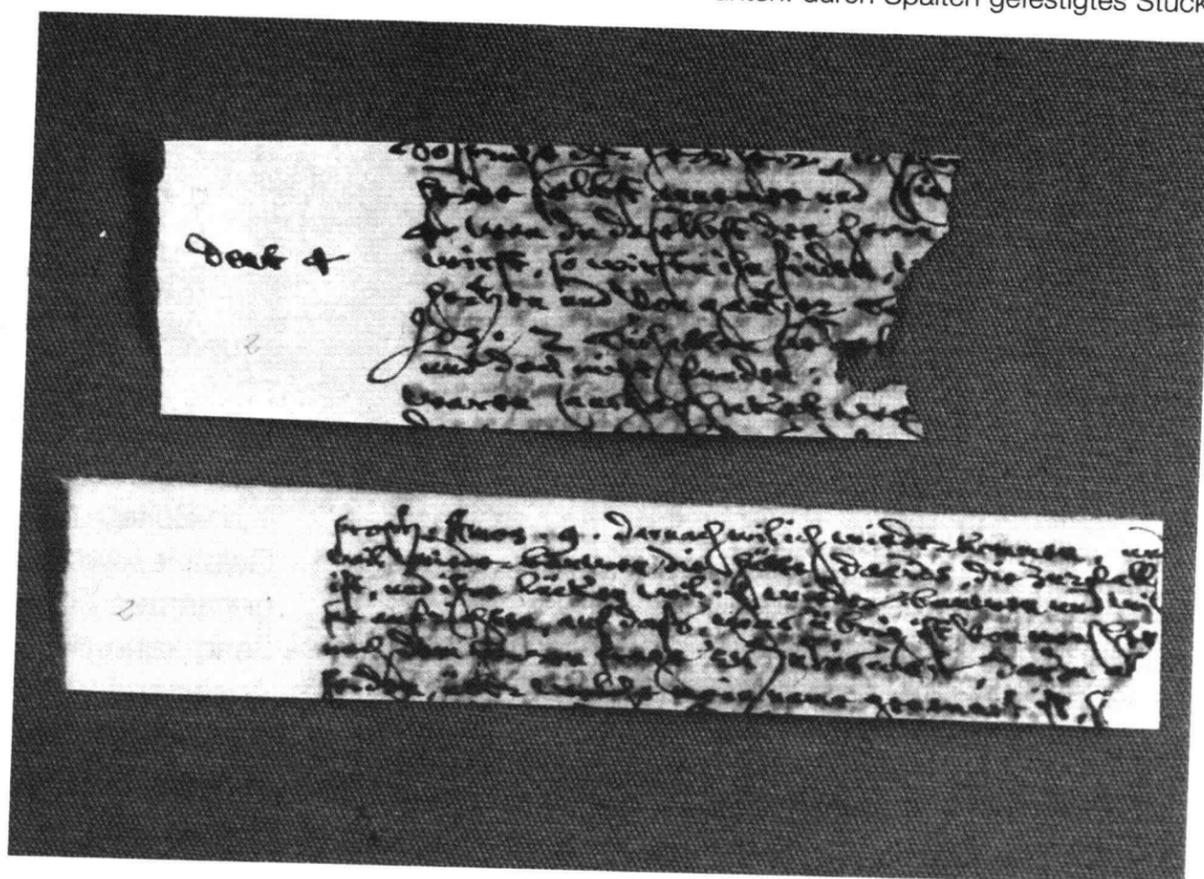


Abb. 7: Spaltfehler beim Spalten von Notenhandschriften

²¹ Eine neue Zusammenfassung der Prozesse findet sich bei Irene Brückle, Jana Dambrogio, Papierspaltung, Geschichte und Technik [1], PapierRestaurierung 1 Suppl. 2000, S. 75-90.

Abb. 8: Stark tintenfrassgeschädigtes Papier aus dem 18. Jh.
Oben: unbehandeltes Stück,
unten: durch Spalten gefestigtes Stück.



nenden Tintenfraß der Bereich im Papier um den Notenkopf herum geschwächt wird, wird dieser Tintenpropf immer wieder beim Spalten auf die Rückseite gezogen. Wenn dann das Kernpapier eingeklebt wird, befindet sich die Note hinten dem Kernpapier (Abb. 7) und ist nicht mehr zu sehen.²² Der Verlust von Noten ist für eine Komposition oft schwerwiegender, als der Verlust eines Buchstabens in einem Text. Daher sollten Notenschriften und kulturhistorisch bedeutende Texte niemals gespalten werden.

Quantitative Untersuchungen

Für die Untersuchungen des Schwefelsäuregehaltes wurde ein von beiden Seiten stark beschriebenes Papier aus dem 18. Jh., das einen starken Tintenfraß auswies, quantitativ auf Sulfationen untersucht. Die eine Hälfte des Papiers (Abb. 8) wurde von Günter Müller, Restaurierungswerkstatt der Universitätsbibliothek Jena gespalten.²³ Danach wurde 1 cm² von beiden Papiermustern mithilfe des Merckoquanttests (MERCK #110019) auf den Sulfatgehalt getestet:

Objekt	untersuchte Fläche	Sulfatgehalt	Sulfatgehalt pro m ²
Papier ca. 1800 Starker Tintenfraß	1cm ²	8,64 mg Sulfat	86,4g/m ² Sulfat
Papier ca. 1800 nach dem Spalten (Prozess Jena)	1cm ²	2,4 mg Sulfat	24 g/m ² Sulfat

Da das Flächengewicht des zweiseitig mit Eisengalustinte beschriebenen Papiers bei 146 g/m² lag, musste man erstaunt feststellen, dass eine unglaublich große Menge an Schwefelsäure vorhanden ist. Bisher sind solche Untersuchungen unterblieben. Der Schwefelsäuregehalt wurde bisher nur über die Schwefelbestimmung von REM-EDX-Analysen bestimmt.²⁴ Dies ist jedoch analytisch nicht sinnvoll, da das Element Schwefel bei dieser Analysenart nur schwer und ungenau festgestellt werden kann und man nicht unterscheiden kann in welcher Form

Schwefel vorliegt. Die Methode kann auch nicht unterscheiden zwischen fest gebundenem (immobilisiertem) und frei beweglichem Schwefel als Sulfat, man kann also dadurch nicht das Schadenspotenzial erfassen.

Für die halbquantitative Bestimmung von löslichem Sulfat ist die Merckoquant-Methode ausreichend. Hierzu wurde die 1 cm² große Probe mit 1 ml demineralisiertem Wasser homogenisiert und mittels Ultrazentrifuge der Faseranteil abzentrifugiert. Jeweils ein Viertel der überstehende Lösung wurde nach Vorschrift analysiert.

²² Robert Fuchs, Oliver Hahn, Doris Oltrogge: „Geist und Seele sind verwirret ...“ Die Tintenfraß-Problematik der Autographen Johann Sebastian Bachs (vgl. Anm. 7); Robert Fuchs, Oliver Hahn, Doris Oltrogge,

Bericht über die in der Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz vom 17.2.-26.2.98 untersuchten Bach-Autographen und deren Tintenfraß-Problematik (vgl. Anm. 7).

²³ An dieser Stelle sei Herrn Müller für die ausgeführte Spaltung des Papiers gedankt.

²⁴ Gerhard Banik, Herbert Stachelberger: Phänomene und Ursachen von Farb- und Tintenfraß, in: Wiener Berichte über Naturwissenschaft in der Kunst 1, 1984, S. 188-213; spez. Tab. 3. Herbert Stachelberger, Gerhard Banik, Manfred Schreiner, Franz Mairinger, Die Verteilung von Übergangsmetall-Ionen über den Querschnitt tintenfraßbefallener Trägermaterialien von Schriften und graphischen Kunstwerken. In: Beiträge Elektronenmikroskopische Direktabbildung von Oberflächen: BEDO 16, 1983, S. 321-328.

Bessere Ergebnisse werden noch mit der Potentiometrie erreicht, die auch noch im ppm und ppb-Bereich auswertbare Ergebnisse zeigt. Messungen mit dieser Methode werden zur Zeit an der FH Köln durchgeführt und zu gegebener Zeit veröffentlicht. Fest steht, dass bei sehr starkem Tintenfraß viel Schwefelsäure vorhanden ist. Es ist kein Wunder, dass dadurch das Papier so stark geschädigt ist. Diese Werte werden auch bei den zerfallenden, in der Masse geleimten, stark holzhaltigen, schlechten Papieren des 19. Jh. erreicht. Das tintenfraßgeschädigte Papier enthält fast die Hälfte seines Flächengewichtes Schwefelsäure. Nach dem Spalten sind davon immerhin noch ein Viertel vorhanden. Obwohl beim Spaltprozess mit viel Wasser gearbeitet wird, wird wie vermutet ein großer Teil der Schwefelsäure zurückgehalten. Das tintenfraßgeschädigte Papier enthält hinterher immer noch 15 % Schwefelsäure.

Neutralisierung durch Einbringen von alkalischer Reserve

Häufig wurde argumentiert, dass die durch die Eisengallustinte eingebrachte Säure mithilfe einer alkalischen Reserve neutralisiert werden könnte. Dazu sollte man sich zuerst klar machen, welche Mengen an alkalischer Reserve überhaupt in das Papier eingebracht werden kann.

Maximal können 20g Calciumcarbonat in 1 kg Papier, d. h. 2 Gew. % vom Papier aufgenommen werden, dabei ist die Oberfläche völlig mit Carbonatkristallen bedeckt. Die Kristalle sind auch noch bei 3,77 g/kg Papier (= 0.377 Gew. %) zu erkennen. Ein üblicherweise mit „Pufferlösung“ behandeltes Papier enthält 1g/kg Papier (= 0.01 Gew. %). Nachdem stöchiometrisch ein Calciumcarbonat-Molekül (MG 100.09 g) ein Schwefelsäuremolekül (MG 98.08 g) binden kann, entspräche dies einem molekularem Verhältnis von 100.09/98.08, demnach nahezu 1:1. Das bedeutet eine alkalische Reserve von 0.01 Gew. % kann auch nur 0.01 Gew. % Schwefelsäure binden. Das ist bei einem Restgehalt von 15 % Schwefelsäure nach dem Spalten und ohne Wässerung zu gering. Es muss demnach auf jeden Fall die Schwefelsäure durch Wasser oder durch ein Bad in mit Calcium angereicherterem Wasser entfernt werden. Auch muss bei oder nach dem Spaltprozess die Schwefelsäure durch ein zusätzliches Bad entfernt werden.

Behandlung mit methanolischer Bariumhydroxidlösung

In 100 ml Methanol lösen sich 7,54 g $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Ein Tropfen machen etwa 100 μl aus, d. h. in 1 Tr. sind 7,54 mg $\text{Ba}(\text{OH})_2$ gelöst. Wenn wie in unserem Falle 1 cm^2 stark tintenfraßgeschädigtes Papier 8.64 mg Sulfat enthält, werden dafür äquimolar 27,8 mg $\text{Ba}(\text{OH})_2$ zur Neutralisation benötigt. Dann sind zur völligen Immobilisierung der Säure 3-4 Tropfen der methanolischen Lösung nötig. Entsprechend geringer geschädigte Papiere benötigen nur 1-2 Tropfen.

Sulfat-Bestimmung

Um die erforderliche Menge exakt zu errechnen, müsste an den jeweiligen Stellen der freie (lösliche) Sulfatgehalt quantitativ bestimmt werden. Die genaueste Bestimmung kann mit der Potentiometrie erfolgen; sie ist jedoch nur vom Fachmann durchzuführen. Aber auch der gut eingearbeitete Restaurator kann die erwähnte Merckoquant-Bestimmung anwenden. Um nur zu überprüfen, ob überhaupt lösliches Sulfat vorliegt, kann man auch der qualitative Nachweis mit Bariumchloridlösung erfolgen²⁵. Dieser Test muss aber auch mit der erforderlichen Sorgfalt ausgeführt werden und sollte vorher geübt werden.

Zusammenfassung

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass beim Tintenfraß große Mengen an Schwefelsäure entstehen. Wahrscheinlich ist der hohe Schwefelsäureanteil die Hauptursache für einen Tintenfraßschaden. Angesichts der im Verhältnis geringen Mengen an freien (löslichen) Metallionen wird der Anteil der katalytischen Hydrolyse durch Metallionen verschwindend gering. Neue quantitative Analysen dieser Metallionen mithilfe Potentiometrie werden

²⁵ Arbeitsvorschrift: eine winzige Probe wird mit einem Tropfen demineralisiertem Wasser und einem Tropfen ca. 10%iger Salzsäure vermischt und auf einen Objektträger gegeben. Dazu wird ein Tropfen einer 2-molaren (0,6g/1 ml) Bariumchloridlösung gegeben. Ein weißer unlöslicher Niederschlag zeugt von Sulfat-Ionen. Dies ist am besten sichtbar, wenn unter dem Objektträger ein schwarzes Papier gelegt wird.

darüber mehr Auskunft geben. Fest steht, dass die Schwefelsäure entweder durch Wässern beseitigt oder durch Immobilisierung unschädlich gemacht werden muss. Auch sollte geklärt werden, welche Wässerungsverfahren (Bad, Saugtisch, Aerosol, Kompressen, Kapillarwässerung) für die Tinten akzeptable Reinigungen ohne Gefahr des Ausblutens darstellen.

Es gibt viele Stabilisierungsverfahren für brüchige Papiere, wobei das neue Gossamer-Verfahren sehr erfolgversprechend und vor allem auch reversibel ist. Wertvolles Material sollte nur mit ethisch verantwortbaren, reversiblen Methoden behandelt werden! Massenverfahren sind nur für künstlerisch weniger wertvolle Materialien (z. B. Zeitungen, Archivgut etc.) geeignet; dort muss auch ein geringer Verlust akzeptiert werden.

Das nicht reversible Spaltverfahren sollte verbessert werden und eignet sich keinesfalls für besonders wertvolle Objekte wie z. B. Bach-Autographen.

Die Behandlung von Tintenfraß

Die Behandlung von Tintenfraß anhand der Notenmanuskripte von Johann Sebastian Bach

von Wolfgang Wächter

Die Bearbeitung tintenfraßgeschädigter Autographe beginnt mit der Einordnung der Blätter in die Sicherheitshüllen. Diese Hüllen aus gepuffertem Karton dienen der sicheren Handhabung und dem gefahrlosen Transport zwischen den Arbeitsabläufen. Bei der Entnahme der Originale aus der konservatorisch einwandfreien Lagerungsverpackung begegnen uns ab und an abgebrochene Partikel vom Original. Schwerer Tintenfraß ist bei jeder Benutzungshandlung in der Substanz gefährdet, weil die extremen Festigkeitsunterschiede im Blatt zu Rissen und Brüchen führen.

Die Schäden zeigen sich nicht nur in den Notenköpfen als teilweise ausgebrochenes Papier, sondern auch in der Schwächung dieser Regionen, die auch im Auflicht an einem leichten weißen Schimmer erkennbar ist.

Um Substanzverluste zu vermeiden, wurden viele Autographenblätter vor Jahrzehnten in Chiffon eingebettet. Diese Maßnahme hat den Tintenfraßprozess nicht stoppen können, aber die Substanz bis heute gesichert. In Enzymkompressen werden die chiffonierten Blätter über Nacht einem Stärkeabbau unterzogen. Das Ziel dieser Maßnahme besteht im völligen Abbau der Stärke. Sowohl Amylopektin als auch Amylose werden abgebaut und in Lösung gebracht.

Mit den im ZFB verwendeten Enzymkompressen gelingt die Chiffonentfernung, ohne dass Originalpartikel gelöst oder transportiert werden. Abgelöst werden die verschiedensten Sicherungen, meist des gesamten Blattes, aber auch des „Falzbereiches“ oder nur lokal gefährdeter Stellen. Die örtlichen Verklebungen mit Japanpapier können in der Regel ebenfalls von den labilen Tintenaufträgen entfernt werden.

Nachdem alle Verklebungen gelöst sind, erfolgt das Beschichten der Originale mit Trägerpapier und Gelatine. Hier ist der letzte Zeitpunkt, wo etwa umgeknickte Ecken geglättet werden können. Zwischen den speziellen Pressmaterialien und bei reproduzierbaren Drücken wird die Spaltbarkeit der Blätter

hergestellt. Der Spaltvorgang findet unter Erhaltung der Büttenträger statt. Das manuelle Spalten, das seit über 100 Jahren bekannt ist, kann heute durch vollkommenere Vorbehandlung und tieferes Verständnis der Prozesse optimaler erfolgen (und im Standardfall sogar durch Maschinen realisiert werden). Sehr deutlich ist zu sehen, wie sich die Zellulosefasern voneinander lösen.

Ein Ziel der Innenbearbeitung besteht im Angleichen der unterschiedlichsten Blattfestigkeiten. Zuerst werden die aufgeschlagenen Blattseiten mit Kernkleber eingestrichen. Um eine Homogenisierung über die Flächen zu erreichen, werden die Fehlstellen und die geschwächten Blattbereiche mit einem Zellulosefaservlies bedeckt, die im Auflicht deutlich erkennbar werden. Durch leichtes Klopfen mit der Bürste können die Fasern angelegt und verteilt werden. Erst dann erfolgt das Einfügen des Kernmaterials, in diesem Fall ein 8 g/m² Zellulosematerial. Das passgenaue Schließen des Blattes auf dem Leuchttisch garantiert den Erhalt von Rippen, Stegen und Wasserzeichen.

Nach dem völligen Austrocknen der Sandwichs erfolgt wiederum mit Hilfe einer Enzymkompresse der Gelatineabbau. Eine Protease wirkt auf die vorhandenen Eiweiße hydrolysierend über Nacht ein. Ein gründliches Spülen schließt sich an. Dabei ist das Entfernen der Luftblasen wichtig, um lokal unausgespülte Bereiche zu vermeiden. Das Spülen entfernt sowohl die abgebaute Gelatine als auch die Eisen- und Kupferionen aus dem Sandwich. Nach dem Abgautschen unter leichtem Druck können die Trägerpapiere problemlos entfernt werden. Beim Ablösen des Trägers sind auf diesem häufig dunkle Abdrücke erkennbar. Dabei handelt es sich nicht um Tintenmasse, sondern um lösliche Abbauprodukte von Papier und Tinte.

Nach dem endgültigen Trocknen können die stabilisierten Originale in die Schutzkassetten zurückgeordnet werden.

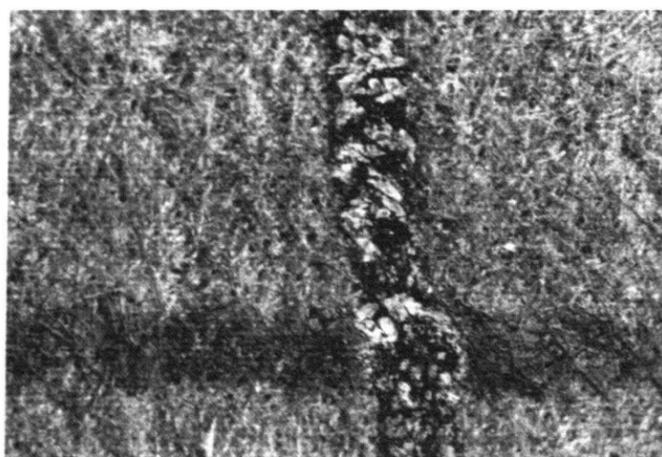
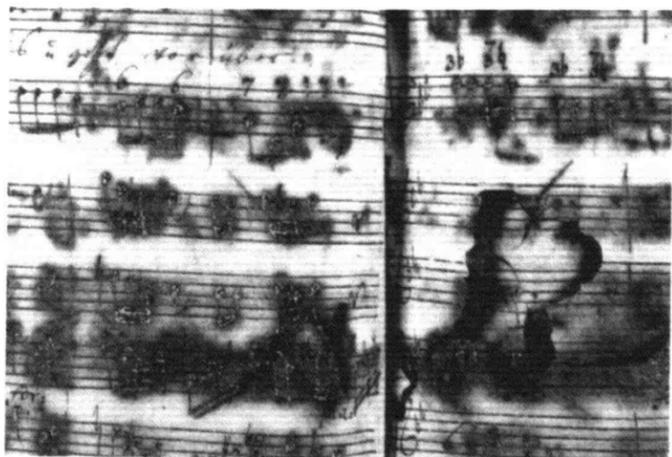


Bild 1:

Durch Tintenfraß geschädigtes Papier

Bild 2:

Mikroaufnahme:
Kristallbildung
auf Tintenzug
(Originalzustand)

Rescon

Rescon

Rescon

Bericht über die Erfurter Fachtagung für Konservierung und Restaurierung (30.11.-2.12.2000)

von Ingrid Joester

Vom 30. November bis 2. Dezember 2000 fand in der neuen Messe der Stadt Erfurt die dritte „rescon“ statt. Sie war Fragen der Konservierung und Restaurierung von Buch und Papier gewidmet. Eingeladen dazu hatten die drei Restauratorenverbände, und zwar der Restauratoren Fachverband e.V., die Vereinigung Deutscher Restauratorenverbände und die Internationale Arbeitsgemeinschaft der Archiv-, Bibliotheks- und Graphikrestauratoren. Dem Anliegen der rescon entsprechend fanden parallel zu den Fachvorträgen Firmenpräsentationen statt, die es den Teilnehmern erlaubten, neue Geräte und Methoden kennen zu lernen. Die Fachvorträge spannten den Bogen von Fragen der vorbeugenden Konservierung bis zur Behandlung schwer geschädigter Einzelobjekte. An den beiden eigentlichen Tagungstagen wurden insgesamt 20 Referate gehalten. Die Moderation machte Herr Dr. Gerd Brinkhus, der Leiter der Handschriftenabteilung der Universitätsbibliothek Tübingen, der das Institut für Erhaltung von Archiv- und Bibliotheksgut in Ludwigsburg eingerichtet hat.

Es würde den Rahmen meines Referats sprengen, wenn ich alle Vorträge vorstellen wollte. Erlauben Sie daher, dass ich nur auf diejenigen näher eingehe, die mir für Ihre eigene Arbeit wichtig zu sein scheinen.

Von allgemeinem Interesse ist der Vortrag von Herrn Dr. Helmut Bansa, dem Leiter des Instituts für Buchrestaurierung der Bayerischen Staatsbibliothek und der Fachakademie zur Ausbildung von Restauratoren in München, zu dem Thema „Normen zur Bestandserhaltung“. Er gab in seinem Vortrag einen Überblick über die wichtigsten DIN (Deutsche Industrienorm) bzw. ISO (International Organization for Standardization) Normen für den Archiv- und Bibliotheksbereich. Die DIN ISO 9706, die Sie inzwischen schon öfter zitiert finden können, befasst sich mit Papier für Dokumente, den Anforderungen für die Alterungsbeständigkeit. Die DIN ISO 11798 beinhaltet Alterungsbeständigkeit von Schriften, Drucken und Kopien auf Papier – Anforderungen und Prüfmethode. Demnächst tritt in Kraft die DIN VN 33901 bzw. ISO 11799, die die Anforderungen an die Aufbewahrung von Archiv- und Bibliotheksgut zusammenfasst. Schließlich gibt es noch die DIN ISO 11800, die sich mit Anforderungen an Bindematerial und -methoden befasst.

Einen Sachstandsbericht gab Herr Dr. Jürgen Heeg, Referent für wissenschaftliche Bibliotheken und elektronische Fachinformationen im Kultusministerium

von Sachsen-Anhalt, über Bestandserhaltung in wissenschaftlichen Bibliotheken. Grundlage der Maßnahmen, deren Durchführung in den einzelnen Bundesländern Heeg beleuchtete, bildete die KMK (Kultusministerkonferenz) – Empfehlung vom 8. Oktober 1993 zur Erhaltung der vom Papierzerfall bedrohten Bibliotheksbestände. Nach ihr sollten die Länder ab 1995 für Maßnahmen der Mikroverfilmung jährlich 1% des Anschaffungsetats zusätzlich bereitstellen. Der entsprechende Erlass des Landes NRW datiert vom 13. Februar 1995. Es ist eine Ad-hoc-Arbeitsgemeinschaft der Gruppe Bibliotheken bei der KMK gebildet worden, die feststellen soll, was von den Empfehlungen von 1993 verwirklicht wurde, und ein nationales Konzept erarbeiten soll. Zu dieser Arbeitsgemeinschaft soll auch ein Vertreter der Archive hinzukommen.

Frau Dr. Elisabeth Niggemann, die frühere Leiterin der Universitätsbibliothek Düsseldorf und jetzige Generaldirektorin der Deutschen Bibliothek Frankfurt, Leipzig, Berlin, stellte das Konservierungskonzept der Deutschen Bibliothek vor. Sie gab einen Überblick über die Geschichte der drei nunmehr unter einer Leitung vereinigten Institutionen und bekannte sich zur Konservierung der Bibliotheksbestände im Zentrum für Bucherhaltung in Leipzig, über das ich später noch etwas sagen werde, nach dem dort angewandten Battelle-Verfahren.

Ebenfalls mit Erfolg hat, wie Herr Dr. Hermann Simon von der Neuen Synagoge – Centrum Judaicum in Berlin herausstellte, das dortige Archiv bei der „Restaurierung schwerst geschädigter Objekte“ mit dem ZFB in Leipzig zusammengearbeitet.

Für uns alle von besonderer Bedeutung war der Vortrag von Frau Dr. Iris Trick, Mikrobiologin am Fraunhofer Institut, Stuttgart zu dem Thema „Mikrobielle Kontaminationen – Gefährdungspotential und Maßnahmen“. Sie spannte den thematischen Bogen von dem natürlichen Vorkommen von Mikroorganismen bis hin zur Biostoffverordnung und illustrierte ihn mit zahlreichen Folien. Die Kernaussagen des Textes können Sie nachlesen in Papier Restaurierung, Mitteilungen der IADA, Vol. 1 (2000) Nr. 5, S. 1-6. Die Folien zeigten u.a. das Vorkommen von Mikroorganismen in der Natur und ihre Aufgaben, ihre biotechnische Nutzung in unserer Zeit, z. B. bei der Herstellung von Wein, Bier, Käse, Sauerteig, Joghurt, Essig, die Auswirkungen mikrobiellen Wachstums auf Papier, die Übertragungswege für mikrobielle Zellen

(Luft, Kontakt über die Haut, orale Aufnahme) sowie die Auswirkungen von Pilzen auf Menschen. Pilze können hervorrufen Allergien, Mykosen oder toxische Wirkungen. Gesundheitliche Probleme können auch entstehen durch flüchtige Stoffe aus dem Pilzstoffwechsel, z. B. flüchtige Substanzen wie Hexan, Methylenchlorid, Benzol, Aceton. Konsequenzen beim Auftreten von Schimmelpilzen wären: bauliche Maßnahmen (Beseitigung von feuchten Stellen), technische Maßnahmen (Einbau von Filtern, Klimatisierung), Einstellung eines geeigneten Raumklimas (Temperatur, Feuchte, Lüftung, Licht), hygienische Maßnahmen (Reinigung, Desinfektion), Anpassung der Vorgehensweisen bei Benutzung von Archiven und Bibliotheken mit entsprechend geschädigten Beständen und bei Restaurierungsmaßnahmen, schließlich persönliche Maßnahmen wie Tragen von Schutzkleidung, regelmäßige ärztliche Kontrolle. Außerdem soll man die Ausbreitung und Vermehrung von Mikroorganismen vermeiden, indem man die Übertragungswege unterbricht. Zur Dekontamination verwies die Referentin auf unterschiedliche Sterilisationsverfahren, u. a. die Begasung mit Ethylenoxid, die Bestrahlung mit Gammastrahlen und die Plasmasterilisation, die sich noch in der Erprobungsphase befindet. Die Empfehlungen von Frau Dr. Trick hinsichtlich des Verhaltens im Umgang mit schimmelpilzbefallenem Archiv- und Bibliotheksgut decken sich mit den Empfehlungen, die die Archivberatungsstelle Rheinland vor einigen Jahren herausgegeben hat. Die Biostoffverordnung vom 27. Januar 1999 (Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen) findet auch Anwendung bei der Arbeit mit mikroorganismengeschädigten Objekten und bietet eine gesetzliche Grundlage für Arbeitsschutzmaßnahmen.

In den Bereich der Konservierung gehörten die Vorträge von Francesco Carmenati, Anja Grubitzsch und Renate van Issem bzw. Martin Liebetraut. Herr Carmenati vom Staatsarchiv Zürich stellte sein Konservierungskonzept eines Planarchivs vor. Er rechnete vor, dass die Archivierung von Karten in Regalen anstatt in Schubladen wirtschaftlicher ist und erläuterte die Mappen, die er für diese Aufbewahrungsform schuf. Karten und Pläne, die größer als DIN A0 sind, sollten hängend aufbewahrt werden, und zwar aufgezogen auf einer Tafel mit Wabenstruktur ähnlich wie beim Karibari, jedoch

aus preiswerterem Material. Wer von Ihnen sich intensiver dafür interessiert, kann seinen Aufsatz „Die Konservierung historischer Karten und Pläne. Erfahrungen im Staatsarchiv des Kantons Zürich mit rationellen Methoden der Lagerung und Instandsetzung“ nachlesen, der in dem von Hartmut Weber herausgegebenen Sammelband „Bestandserhaltung, Herausforderung und Chancen“, Veröffentlichungen der Staatlichen Archivverwaltung Baden-Württemberg, Bd. 47. 1997 S. 229-246 gedruckt ist.

Anja Grubitzsch vom Zentrum für Bucherhaltung in Leipzig erläuterte den „Preservation Reprint“ als eine alterungsbeständige, benutzerfreundliche, alternative Sekundärform zur Schonung des Originals. Neben der Mikroverfilmung und der Digitalisierung der zur Restaurierung auseinandergenommenen Bücher bietet das ZFB auch einen Reprint der Vorlage auf alterungsbeständigem Papier an in einer Auflage von 1 -100 Exemplaren.

Martin Liebetraut vom Göttinger Digitalisierungszentrum führte die Digitalisierung der Gutenbergbibel vor und zeigte, wie sich der Benutzer parallel zu den einzelnen Seiten Motive eines zeitgenössischen Musterbuches auf den Bildschirm holen kann. Zum Zweck der Digitalisierung hatte Manfred Maier aus Graz eigens eine Bücherwippe konstruiert.

Wie sehr die Restaurierung der Notenmanuskripte von Johann Sebastian Bach die Gemüter der Fachleute bewegt, haben Sie soeben miterlebt. Auch in Erfurt waren diese Notenmanuskripte Thema von Vorträgen. Besonders eindrucksvoll und einleuchtend war der Vortrag von Herrn Dr. Uwe Wolf vom Sebastian Bach Institut in Göttingen, der am ersten Tag abends im Gemeindesaal der Predigerkirche über „Originale Autographen aus der Sicht eines Musikwissenschaftlers“ sprach. Er erläuterte die für die Wissenschaft wichtigen Aspekte von un-restaurierten Autographen am Beispiel der Bachhandschriften und die Gefahr des Verlustes wichtiger Informationen durch die Restaurierung.

Nach Herrn Prof. Dr. Wolfgang Wächter vom Zentrum für Bucherhaltung in Leipzig, dessen Vortrag Sie soeben gehört haben, berichtete Herr Günter Müller, Leiter der Restaurierungswerkstatt der Universitätsbibliothek Jena, unter dem Titel „Tintenfraßrestaurierung – Illusionen in Theorie und Praxis“ über den Forschungsstand bei Tintenfraß. Der Einsatz von Phytatlösungen zur Umwandlung von Ei-

sen und Kupferionen in tintenfraßgeschädigten Objekten ist noch in der Entwicklung. Tintenfraß ist oftmals an Schimmelpilzkontamination gekoppelt. Tintenfraß entsteht überwiegend im Zentrum eines Buchblocks oder Papierstapels durch die längere Einwirkungszeit von Feuchtigkeit, im Gegensatz zu den Randbereichen, die schneller abtrocknen. Schwefelsäure dient als Katalysator bei Tintenfraß. Mehr zu diesem Themenbereich, und zwar den Druck der Vorträge, die 1997 auf einer vom Institut für Erhaltung von Archiv- und Bibliotheksgut in Ludwigsburg veranstalteten Tagung gehalten wurden, finden Sie in Ihren diesjährigen Tagungsunterlagen. Sie sind Ihrer Lektüre angelegentlich empfohlen. Günter Müller berichtete des Weiteren über den Fortschritt der Restaurierungstechniken beim manuellen Spalten. Müller und seine Werkstatt gehören zu den führenden Werkstätten im Bereich des manuellen handwerklichen Spaltens von Papier mit Mikroorganismenschäden und Tintenfraß. Im Zuge des Neubaus der Universitätsbibliothek Jena entsteht dort ein neues Restaurierungszentrum. Die Jenaer Werkstatt soll Referenzwerkstatt in Thüringen werden und ist auch bereit, an interessierte Restauratoren ihre Kenntnisse zu vermitteln.

In den Pausen zwischen den einzelnen Vorträgen fanden Firmenpräsentationen statt. Am stärksten vertreten war die Firma Becker Preservotec, deren Leiter Ernst Becker ein Referat hielt über das Thema „Technologien für die Bestandserhaltung – Von der Idee bis zur praktischen Umsetzung“. Er zeigte auf, wie seine Firma, vom praktischen Bedarf des Restaurators ausgehend, Geräte entwickelt, die, wenn sie sich bewähren und ihre Entwicklung wirtschaftlich vertretbar ist, in Serie hergestellt werden. Auch die Firma Belo war mit einer Anzahl von Geräten vertreten, u. a. einem beleuchtbaren Unterdrucktisch, der das partielle Wässern, Bleichen, Anfasern und Einbetten von feuchtigkeitsempfindlichen Objekten ermöglicht. Die Firma Japico stellte ihre neue Produktpalette im Bereich Japanpapier vor. Die Firma Kremer, deren Produktpalette Pigmente, Farbstoffe, Wachse und Zubehör umfasst, präsentierte ihre neuen Gussmassen zur Reproduktion von Siegeln. Mit den von der Firma Kremer zur Verfügung gestellten Mustern erproben die Restauratorinnen des NRW Hauptstaatsarchivs zur Zeit den Einsatz als Alternative zu „Fimo“.

Der letzte Tag der rescon war Exkursionen gewidmet, wobei die Exkursion zum Zentrum für Buch-

erhaltung in Leipzig naturgemäß den größten Zuspruch fand. Das ZFB präsentierte sich dabei als kompetentes und vertrauenswürdiges Unternehmen in den Bereichen Massenentsäuerung, Dekontamination, Papierspalten (maschinell und manuell) und der gesamten Bandbreite der Buch- und Archivalienrestaurierung. Das Zentrum für Bucherhaltung hat 52 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Sie setzen sich zusammen aus ausgebildeten Restauratoren und Restauratorinnen und langjährig eingetübten Hilfskräften. Die einzelnen Restaurierungs- und Konservierungsarbeiten werden in mehreren großzügig bemessenen und ausgestatteten Räumen durchgeführt, die insgesamt 4.000 qm umfassen. Die eigentliche Entsäuerungsanlage nach dem von Battelle entwickelten Verfahren steht zur Zeit noch in der Deutschen Bücherei in Leipzig. Eine neue Anlage, die mit anderen Substanzen und effektiver und kostengünstiger arbeiten soll, ist in Entwicklung und in Form eines bierfassgroßen Prototyps in Erprobung. Sie soll in absehbarer Zeit in den Räumen des ZFB, Mommsenstraße 7 in Leipzig, installiert werden.

An der Tagung teilgenommen haben, wenn ich die Teilnehmerliste richtig ausgezählt habe, einschließlich der Rednerinnen und Redner 165 Personen, die teils aus öffentlichen Archiven, Bibliotheken und Museen kamen, teils freiberuflich als Restauratoren tätig sind oder einschlägigen Firmen angehörten.

Im Anschluss an die Tagung fand eine außerordentliche Vollversammlung der IADA-Mitglieder statt, die über die Fusion der IADA mit dem VDR (Vereinigung Deutscher Restauratorenverbände) entscheiden sollte. Das Ergebnis ist den meisten von Ihnen sicher schon bekannt: Nach einer ausführlichen Diskussion kam es nicht zu der erforderlichen Stimmenmehrheit. Die IADA wird demnach auch in Zukunft neben dem VDR und der untergegliederten Fachgruppe „Papier“ weiterbestehen. Den IADA-Mitgliedern ist für die Übergangszeit von einem Jahr die Möglichkeit gegeben, zum VDR zu wechseln oder eine Doppelmitgliedschaft zu beantragen.

Massenentsäuerung in der Praxis

Massenentsäuerung in der Praxis

Bericht über die europäische Konferenz in Bückeburg (18.-19.10.2000)

von Marcus Janssens

Am 18. und 19. Oktober 2000 fand in Bückeburg das zweitägige Symposium zum Thema „Massenentsäuerung in der Praxis“ statt. Veranstalter war die „European Commission on Preservation and Access (ECPA)“ und das Niedersächsische Staatsarchiv.

In ganz Europa kämpfen Bibliotheken und Archive mit dem Problem, ihre Sammlungen des 19. und 20. Jahrhunderts weiterhin den Benutzern verfügbar zu halten. Ein Problem, welches auch uns aus der täglichen Arbeit bekannt ist. Säurefraß und Zerfall, in erster Linie durch den seinerzeit weitverbreiteten Gebrauch von Papieren niedriger Qualität verursacht, bedrohen Millionen von Büchern und Kilometer von Archivgut.

Säureschäden entstehen in holzschliffhaltigen Papieren, wie sie seit Mitte des 19. Jahrhunderts hergestellt werden, durch chemische Veränderungen von selbst, aber auch holzfreie Papiere können durch äußere Einflüsse, z. B. Umweltfaktoren, übersäuern. In einem langsamen und daher nicht sofort erkennbaren Prozess wird das Papier braun und brüchig, bis es zerfällt. Wie schnell der Zerfall eintritt, hängt von der Papierqualität und von den Lagerungsbedingungen ab.

Die Massenentsäuerung ist eine der Möglichkeiten, die Lebensdauer und Gebrauchsfähigkeit von Dokumenten zu verlängern. Nach Jahren intensiver Forschung und vieler Versuche hat die Massenentsäuerung sich jetzt als eine praktikable Konservierungsmaßnahme durchgesetzt. Zur Zeit werden unterschiedliche Verfahren in Versuchsprojekten bei verschiedenen Institutionen erprobt.

Auch bei dieser Konferenz wurde immer wieder betont, dass die Massenentsäuerung nicht das „Allheilmittel“ ist und sein kann, sondern nur ein Baustein in einem Maßnahmenkatalog, der auch die Lagerung und Aufbewahrung, die sogenannte „passive Konservierung“ umfasst, als auch die Verfilmung¹. Eine weitere Forderung ist, dass die Empfehlung ausgesprochen wird, papierenes Archiv- und Bibliotheksgut in den Behörden, Verwaltungen und Gerichten auf Papier nach der DIN/ISO Norm 9706 zu erstellen, um künftige Schäden durch Papierzerfall auszuschließen. Die Entsäuerung von Papier ist nicht das Ziel, sondern der Weg, die weitere Zerstörung durch saure Prozesse abzubremsen oder aber zu stoppen. In mehreren Beiträgen wurde auch auf die Probleme dieser Verfahren hingewiesen, so z. B. das Auslaufen bzw. Ausbluten bestimmter Farbstoffe, die Beein-

trächtigung und Zerstörung von Einbänden usw. Einige dieser Erscheinungen erklärten sich durch falsche Verfahrensweisen der Firmen, z. B. fehlerhafte Vortrocknung der Objekte, wodurch Farbstoffe ausbluten können.

Des Weiteren sind in der Zukunft noch viele Fragen von der Wissenschaft und Forschung zu klären:

- Die Schwächung der Papierfaser durch die Behandlung muss erforscht werden.
- Welche Folgen hat ein zu hoher Anteil an Alkalien im Papier?
- Welche Auswirkung haben die Verfahren auf Einbandstoffe (Leder, Pergament, Gewebe usw.)?
- Wird durch den Verbrauch der Alkalireserve durch CO₂ in der Luft eine erneute spätere Entsäuerung nötig?

Eines der größten Probleme beim Vergleich der Ergebnisse ist die fehlende Einheitlichkeit der verwendeten Überprüfungsverfahren, so ist es zur Zeit nicht üblich, einen einheitlichen künstlichen Alterungsprozess einzuleiten, geschweige denn einheitliche Testverfahren zu verwenden. Diese Vorgehensweise macht es unmöglich, die verschiedenen Probeläufe und deren Ergebnisse miteinander zu vergleichen.

Ein weiteres Ziel dieser Konferenz war es, Beispiele der Anwendung von Massenentsäuerungsverfahren in der Praxis vorzustellen. Fachleute aus Bibliotheken und Archiven, die Erfahrungen mit dem einen oder anderen Anbieter bzw. Verfahren haben, berichteten über ihre Erfahrungen und ihre Vorgehensweise, den Arbeitsablauf, die Logistik, die Kosten und die organisatorischen Aspekte. Ebenso hatten die verschiedenen Firmen die Gelegenheit, sich und ihre Dienstleistungen vorzustellen.

Ich möchte an diesem Punkt auf einige der vorgestellten Verfahren und Anbieter näher eingehen und auf die bei uns im Hauptstaatsarchiv Düsseldorf gemachten Erfahrungen. Den drei staatlichen Archiven im Land NRW standen in den Jahren 1998 bis 2000 jährlich 100.000 DM für die industrielle Massenentsäuerung zur Verfügung. Mit diesen Geldern wurden die verschiedenen Anbieter und Verfahren erprobt.

Grundsätzlich kann man die verschiedenen Verfahren in zwei Gruppen einteilen: flüssige und trockene Verfahren. Zu den flüssigen Verfahren gehören sowohl die Verfahren der Firma Battelle und dementspre-

¹ Schutzverfilmung und Ersatzverfilmung

chend Papersave Swiss und ZFB (Leipzig), CSC Barcelona (Spanien) und Bookkeeper/Archimascon (Niederlande), als auch das Bückeburger Verfahren der Firma Neschen.

Flüssige Entsäuerungsverfahren
Battelle-Verfahren
Battelle Ingenieurtechnik GmbH / Schempp Bestandserhaltung u. Schadensanierung
Papersave Swiss / Nitrochemie Wimmis (Schweiz)
Zentrum für Bucherhaltung GmbH / ZfB Leipzig (Deutschland)
Bückeburger-Verfahren
Neschen AG (Deutschland)
Andere Anbieter
Preservation Technologies / Bookkeeper (USA)
Archimascon B.V. / Bookkeeper (Niederlande)
Wie T'o (USA)
CSC (Spanien)

Trockene Entsäuerungsverfahren

Libertec Bibliothekendienst GmbH (Deutschland)

Mit dem Battelle-Verfahren ist es möglich, Bücher unterschiedlicher Beschaffenheit sowie Archivmaterial jeglicher Art und unterschiedlicher Verpackung² zu entsäuern. Auch bereits brüchig gewordene Papiere, lose Blätter und Sonderformate können so behandelt werden. Metallklammern und Heftungen müssen nicht entfernt werden.

Battelle Ingenieurtechnik GmbH kooperiert mit der Firma Schempp Bestandserhaltung und Schadensanierung. Dadurch ist der Battelle-Service in das Produkt- und Vertriebskonzept der Firma Schempp ein-

gebunden, wodurch gewährleistet werden soll, dass ein breiteres Spektrum angeboten werden kann. Die Firma Schempp übernimmt die Auftragsannahme und -abwicklung für die bei Battelle durchgeführte Entsäuerungsbehandlung.

Die Behandlungslösung ist eine von Battelle patentierte Entwicklung. Sie besteht aus Magnesium-Titan-Alkoxiden zur Neutralisation und dem Lösungsmittel Hexamethyldisiloxan. Dieses Chemikaliensystem mit dem molekular gelösten Magnesium gewährleistet die vollständige und homogene Durchdringung der Papierstruktur. Dabei lagern sich die Magnesiummoleküle wie ein Schutzfilm um die Papierfasern und neutralisieren Säuren, bevor diese erneut die Fasern angreifen. Die behandelten Papiere sind nach der Entsäuerung alkalisch. Der pH-Wert liegt zwischen 8,0 und 9,4, die Alkalireserve liegt zwischen 1 - 3%. Ab dem letzten Jahr bietet die Nitrochemie Wimmis AG das Battelle-Verfahren in der Schweiz an, unter dem Namen Papersave Swiss. Die Papersave Swiss-Anlage gehört der Schweizerischen Eidgenossenschaft und wird von der Nitrochemie Wimmis nach privatwirtschaftlichen Grundsätzen betrieben.

In dieser Anlage werden im Jahr 40 Tonnen aus den Beständen des Schweizerischen Bundesarchivs und der Schweizerischen Landesbibliothek behandelt. Kapazitäten für die Behandlung von weiteren 40 Tonnen stehen privaten Kunden und Institutionen im In- und Ausland zur Verfügung, jedoch nicht für deutsche Interessenten.

Ebenfalls nach dem Battelle-Verfahren arbeitet das Zentrum für Bucherhaltung / ZFB Leipzig. Erweiternd zur Massenentsäuerung bietet das ZFB ein breit gefächertes Angebot an restauratorischen und konservatorischen Arbeiten an.

In mehreren Probesendungen konnten die Staatsarchive NRW Erfahrungen mit dem Battelle-Verfahren sammeln, wobei die Aufträge an Battelle-Ingenieurtechnik GmbH Eschborn bzw. an die Firma Schempp Bestandserhaltung und Schadensanierung vergeben wurden. Das Nordrhein-Westfälische Hauptstaatsarchiv erhielt die letzte Charge im Dezember 2000 zurück. Nach eingehender Überprüfung der Akten auf ausgelaufene Tinten, Stempelfarben und Über-

² Archivkartons müssen nicht entfernt werden, da das Chemikaliensystem Magnesium-Titan-Alkoxiden/Hexamethyldisiloxan die Verpackung durchdringt und eindringt, somit werden als Nebeneffekt die Archivkartons gleichzeitig mit entsäuert.

prüfung des pH-Wertes gab es keine Beanstandungen. Die störende Geruchsbelästigung durch den ausdunstenden Alkohol war nach einigen Wochen nicht mehr wahrzunehmen. Bei ausreichender Reststabilität von Büchern und Akten ist dieses Verfahren nach meiner Meinung ein effektives Massenentsäuerungssystem, das die „Lebenserwartung“ von Papier erhöht. Eine Stabilisierung der Papierfaser wie beim Bückeburger Verfahren findet nicht statt.

Im Rahmen dieser Testphase wurden keine Objekte zum Entsäuern zum Zentrum für Bucherhaltung / ZFB Leipzig gegeben, was aber in nächster Zeit nachgeholt werden soll. Nach einer persönlichen Besichtigung des ZFB's und einer ersten Probesendungen im Bereich der Kontaminierung mit Gammastrahlung, bestätigte sich mein Eindruck, dass das ZFB zu den kompetenten und erfahrenen Ansprechpartnern im Bereich der Massenrestaurierung zählt.

Beim Bückeburger Verfahren handelt es sich um ein Einzelblattverfahren, es ist nicht für gebundene Aktenkonvolute oder Bücher geeignet. Nach jahrelanger Entwicklungsarbeit des Niedersächsischen Staatsarchivs übernahm die Neschen AG das Verfahren im Jahre 1996 vertraglich und entwickelte es weiter.

Die maschinelle Konservierung erfolgt in einem lösungsmittelfreien wässrigen Medium. Die Akten müssen, da es eine Einzelblattbehandlung ist foliiert und die Metallklammern und Heftungen entfernt werden. Im ersten Bad werden empfindliche Farbstoffe und Stempel fixiert, damit sie nicht ausbluten oder verlaufen. Nach einer Zwischentrocknung gehen die Papiere in das eigentliche Entsäuerungsbad. Hier werden Schadstoffe ausgewaschen und ein alkalischer Puffer eingebaut, mittels Methylcellulose³ erfolgt eine Papierverfestigung. Die abschließende Endtrocknung und Glättung der Papiere wird manuell mit Heißmangeln bei einer Temperatur von 50° C durchgeführt.

Alle Dokumente die aufgrund ihres Zustandes oder bestimmter Zusammensetzung nicht für das Verfahren geeignet sind, werden in Bückeburg von Hand (Bypass) bearbeitet. Verwendet werden hierbei die gleichen Bäder wie bei der maschinellen Konservierung.

Laut Aussage der Firma Neschen haben die bearbeiteten Dokumente, einen pH Wert von mindestens 8,5. Die Alkalireserve liegt bei ca. -2%. Die behandelten Papiere erreichen eine Stabilitätszunahme durch die Einwirkung der Methylcellulose. Dadurch wird die Gebrauchsfähigkeit der Papiere deutlich erhöht. Das

Archivcenter der Neschen AG bietet als Erweiterung ihrer Massenentsäuerung eine Fülle von Sonderleistungen⁴ an.

Im Januar 2001 hat die Firma Neschen zwei Akten des NRW-Hauptstaatsarchivs als Probeauftrag übernommen, die wir im Februar zurück erhielten. Auch bei diesem Verfahren gab es keine Beanstandungen bezüglich ausgelaufener Tinten und Stempelfarben, jedoch war der größte Teil der Akten leicht wellig geworden, was zu einem Volumenzuwachs führte. Die Nachmessungen des pH-Wertes bestätigten die angegebenen Werte der Firma Neschen.

Nachteil dieser Methode ist die zum jetzigen Zeitpunkt nur mögliche Behandlung von Einzelblättern. In vielen Archiven, wie auch im NRW-Hauptstaatsarchiv, sind ganze Bestände in Buch- bzw. Broschurform oder mit preußischer Aktenheftung gebunden, die für diese Behandlungsmethode aufgelöst werden müssten. Ein weiteres Problem ist der Kapazitätsmangel der Firma Neschen AG und die Wartezeiten. Das von der Firma Libertec angebotene Entsäuerungsverfahren ist ein trockenes Verfahren, es dient dem Zweck, Bücher, gebundene Akten und Zeitungen einer chemischen Behandlung zu unterziehen, um die im Papier enthaltenen Säuren zu neutralisieren.

In einem trockenen Prozess wird ein Gemisch aus Magnesiumoxid und Kalziumcarbonat mit Hilfe von Druckluft auf das Papier aufgebracht. Der Wirkstoff wird gleichmäßig im Objekt verteilt und bewirkt die Neutralisierung. Nach dem Einbringen des Wirkstoffes werden die Einbände und Buchschnitte vom Überschuss gereinigt. Durch die anschließende Befeuchtung des Papiers, soll sich das eingebrachte Oxid in das für die Reaktion mit den Säuren benötigte Hydroxid umwandeln.

Dieses Verfahren ist in seiner Wirksamkeit umstritten, es liegen Gutachten mit unterschiedlichen Ergebnissen vor. Sollte die Wirksamkeit jedoch nachgewiesen werden, ist dieses Verfahren eine ideale Ergänzung zu den wässrigen. Es könnte besonders bei gebundenen Büchern, die im Originalzustand erhalten werden sollen, bei kritischen Tinten und Stempelfarben angewendet werden. Ein Nachteil dieser Behandlungs-

³ Carboxymethylcellulose

⁴ Entfernen von alten Verklebungen; Klebebindung; Schließen von Rissen mit Japanpapier, Filmoplast R und P; Umkopieren usw.

methode ist der feine Staub, bestehend aus dem Wirkstoff Magnesiumoxid und Kalziumcarbonat, auf den Papieren.

In der Abschlussdiskussion wurde von allen Teilnehmern gefordert, dass eine enge Zusammenarbeit der Archivare/Bibliothekare mit den Restauratoren und der Wissenschaft bestehen muss, damit im Sinne des Objektes jeder Schaden vermieden werden kann. Für die Praxis zeigte sich, dass die Verantwortlichen in den Institutionen und die Auftraggeber nach den jeweiligen Objekten entscheiden sollten, welches

Verfahren angebracht und sinnvoll ist. Das setzt voraus, dass die verschiedenen Anbieter und Systeme bekannt sind und eine regelmäßige Kontrolle der Arbeitsergebnisse erfolgt. Eine weitere wichtige Forderung im Bibliotheksbereich ist der Informationsfluss, so dass es nicht zu unnötigen Überschneidungen in der Entsäuerung von Büchern kommt.

Weitere Details und Einzelheiten gehen aus den jeweiligen „Abstract“ der Referenten hervor, die Sie im Internet abrufen können unter www.knaw.nl/ecpa/conference/abstracts-d/html.

Veranstalter

European Commission on Preservation and Access (ECPA)

P.O. Box 19121
 NL-1000 GC Amsterdam
 Tel.: ++31-20-551 08 39
 Fax: ++31-20-620 49 41
 E-mail: ecpa@bureau.knaw.nl
www.knaw.nl/ecpa

Niedersächsische Staatsarchiv in Bückeberg

Schloss
 D-31675 Bückeberg
 Tel.: ++5722-9677-30
 Fax: ++5722-1289
 E-mail: poststelle@staatsarchiv-bu.niedersachsen.de
www.staatsarchive.niedersachsen.de

Referenten

Prof. Dr. Gerhard Banik, Staatliche Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart
 Dr. Helmut Bansa, Bayerische Staatsbibliothek, München
 Dr. Ulrike Binder, Staatliche Akademie der Bildenden Künste, Stuttgart
 Dr. Agnes Blüher, Swiss National Library
 Prof. Andrea Hinding, Kautz Family YMCA Archives, University of Minnesota
 Dr. Hubert Höing, Niedersächsisches Staatsarchiv Bückeberg
 Dr. Rainer Hofmann, Bundesarchiv
 Barbara Keimer, Sächsisches Staatsarchiv/Sächsisches Staatsministerium des Innern
 Regula Nebiker, Swiss Federal Archives
 Dr. Gunther Nickel, Deutsches Literaturarchiv
 Dr. Henk J. Porck, Koninklijke Bibliotheek (National Library of the Netherlands)
 Prof. Dr. Helmut Schmidt, Institut für Neue Materialien, Saarbrücken
 Ted A.G. Steemers, Rijksarchiefdienst (State Archives of the Netherlands)
 Dr. Helga Unger, Bayerische Staatsbibliothek, München

Aussteller

(In alphabetischer Reihenfolge)

Archimascon B.V. (Bookkeeper)

Industrieweg 130
 Postbus 11001
 NL- 3004 EA Rotterdam
 Tel.: ++010-446 06 30
 Fax: ++010-415 38 50

Libertec Bibliothekendienst GmbH

Kilianstrasse 86
 D-90425 NÜRNBERG, GERMANY
 Tel.: ++49-911-93 53 73 90
 Fax: ++49-911-935 37 39 26
 E-mail: libertec_bell@compuserve.com
 Http:
[//users.supernet.com/microclimates/german.htm](http://users.supernet.com/microclimates/german.htm)

Neschen AG

P.O. Box 1340
 D-31675 BÜCKEBURG, GERMANY
 Tel.: ++49-5722-2070
 Fax: ++49-5722-20 71 29
 E-mail: k.vogt@neschen.de
 URL: <http://www.neschen.com>

Schempp Bestandserhaltung und Schadensanierung

Kallenbergstrasse 43
 D-70825 KORNTAL-MÜNCHINGEN, GERMANY
 Tel.: ++49-7154-222 33
 Fax: ++49-711-800 10 93
 E-mail: schempp.bestandserhaltung@t-online.de
 URL: <http://www.schempp.de>

Zentrum für Bucherhaltung GmbH (ZfB)

Mommsenstraße 7
 D-04329 LEIPZIG, GERMANY
 Tel.: ++49-341-259 89 35
 Fax: ++49-341-259 89 98
 E-mail: liers@zfb.com
 URL: <http://www.zfb.com>

CSC, S.L.

Contact person: Mr J. Aranguren Laflin
 Mallorca 269
 E-08008 BARCELONA, SPAIN
 Tel.: ++34-93-215 62 20
 Fax: ++34-93-487 77 20
 E-mail: javier.aranguren@solvay.com

Nitrochemie Aschau GmbH

Address: Liebigstrasse 17
 D-84544 ASCHAU AM INN, GERMANY
 Tel.: ++49-8638-68-0 main sw.
 Fax: ++49-8638-681 00
 E-mail: bernhard.stoll@nitrochemie.com
 URL: <http://www.nitrochemie.com/>

Preservation Technologies, L.P. (Bookkeeper)

111 Thomson Park Drive
 CRANBERRY TOWNSHIP, PA 16066, USA
 Tel.: ++1-724-779 21 11
 Fax: ++1-724-779 98 08
 E-mail: burd@ptlp.com
 URL: <http://www.ptlp.com/>

Wei T'o Associates, Inc.

21750 Main Street
 Unit 27, MATTESON, IL 60443-3702, USA
 Tel.: ++1-708-747 66 60
 Fax: ++1-708-747 66 39
 E-mail: weito@weito.com
 URL: <http://www.weito.com>

Autoren

dieser Ausgabe

Autoren dieser Ausgabe

Matthias Frankenstein, NRW Staatsarchiv Detmold,
Willi-Hofmann-Str. 2, 32756 Detmold, Tel: 05231/766-224, e-mail: matthias.frankenstein@stadt.nrw.de

Dr. Wolfgang Bender, NRW Staatsarchiv Detmold,
Willi-Hofmann-Str. 2, 32756 Detmold, Tel: 05231/766-204, e-mail: wolfgang.bender@stadt.nrw.de

Prof. Dr. Robert Fuchs, Fachhochschule Köln,
Fachbereich Restaurierung und Konservierung von Kunst und Kulturgut,
Ubierring 40, 50678 Köln, Tel: 0221/8275-3477, e-mail: fuchs@re.fh.koeln.de

Dr. Johannes Kistenich,
Bensbergerstr. 160, 51469 Berg-Gladbach, Tel: 02202/862509

Matthias Stappel, Freilichtmuseum Hessenpark,
Laubweg, 61267 Neu Anspach, Tel: 06081/588-149

Jürgen Hofferbert, Staatsarchiv Darmstadt,
Karolinenplatz 3, 64289 Darmstadt, Tel: 06151/165963

Markus Janssens, NRW Hauptstaatsarchiv Düsseldorf,
Mauerstr. 55, 40476 Düsseldorf, Tel: 0211/9449-7116, e-mail: janssens@hsa.nrw.de

Inken Weyand,
Winkeln 62b, 41068 Mönchengladbach, Tel: 02161/531585

Katharina Kleine, Stadtarchiv Aachen,
Fischmarkt 3, 52062 Aachen, Tel: 0241/432-4511, e-mail: katharina.kleine@mail.aachen.de

Volker Böttcher,
Fa. Neschen AG, Windmühlenstr. 6, 31675 Bückeburg, Tel: 05193/3439

Dr. Oliver Hahn, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM),
Unter den Eichen 44-46, 12203 Berlin, 030/8322-1890, e-mail: oliver.hahn@bam.de

Prof. Dr. Wolfgang Wächter, Zentrum für Bucherhaltung (ZfB),
Mommsenstr. 7, 04329 Leipzig, Tel: 0314/259890

Dr. Ingrid Joester, NRW Hauptstaatsarchiv Düsseldorf,
Mauerstr. 55, 40476 Düsseldorf, Tel: 0211/9449-7236, e-mail: joester@hsa-nrw.de

Dipl. Ing. Andreas Terboven, Institut für Arbeits- und Sozialhygiene,
Zollhof 30, 40221 Düsseldorf, Tel: 0221/300657-0