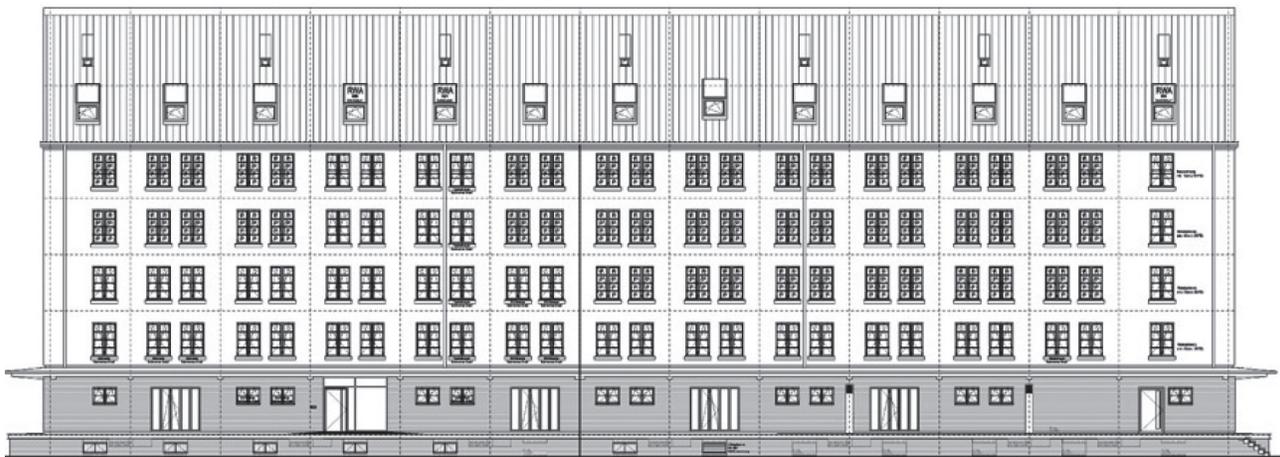


# Arbeitsblätter des Arbeitskreises Nordrhein-Westfälischer Papierrestauratoren



## 18. Fachgespräch der NRW-Papierrestauratoren am 5. und 6. März 2007 in Ascheberg/Davensberg

**LWL**

Für die Menschen.  
Für Westfalen-Lippe.

LANDSCHAFTS  
VERBAND  
RHEINLAND  
**LVR**  
Qualität für Menschen

 Landesarchiv  
Nordrhein-Westfalen  
Staatsarchiv Münster

**NRW.**

## Impressum

- © 2007      Arbeitskreis Nordrhein-Westfälischer  
Papierrestauratoren  
in Zusammenarbeit mit  
dem LWL-Archivamt für Westfalen,  
dem Rheinischen Archiv- und  
Museumsamt sowie  
dem Landesarchiv NRW
- Redaktion:      Birgit Geller, Reinhold Sand
- Gestaltung  
und Satz:      Markus Schmitz, Büro für typogra-  
phische Dienstleistungen, Münster
- Druck:          Merkur Druck GmbH & Co. KG, Detmold
- Bezug:          Arbeitskreis Nordrhein-Westfälischer  
Papierrestauratoren  
c/o LWL-Archivamt für Westfalen,  
48133 Münster oder  
Rheinisches Archiv- und Museumsamt,  
50529 Pulheim

Abbildung auf dem Titelblatt:  
Ansicht des Technischen Zentrums des Landesarchivs  
NRW in der Speicherstadt, Münster-Coerde

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 –

# LWL

Für die Menschen.  
Für Westfalen-Lippe.

**LWL-Archivamt für Westfalen**  
**48133 Münster**



# Inhalt

Vorwort .....	5
<i>Marcus Stumpf</i>	
Bestandserhaltungskonzepte für das Landesarchiv Nordrhein-Westfalen .....	7
<i>Matthias Frankenstein</i>	
Aufbau und Aufgaben der Zentralen Restaurierungs- werkstatt des Landesarchivs NRW .....	15
<i>Volker Hingst</i>	
Das wässrige Konservierungsverfahren der Neschen AG – Eine Kurzbeschreibung .....	23
<i>Christel Stockmann</i>	
Erste Erfahrungen mit dem Projekt Massenentsäuerung von Archivgut .....	29
<i>Andreas Kieffer</i>	
Strömungstrocknen .....	35
<i>Ingrid Kohl</i>	
Trocknung von wassergeschädigtem Archiv- und Bibliotheksgut mit Hilfe von Warmluft – eine Alternative zur Gefriertrocknung? .....	41
<i>Renate van Issem / Sandra Hildebrandt</i>	
Sanierung brandgeschädigter Bücher aus der WiSo-Bibliothek des Göttinger Oeconomicums mittels Trockeneis und Aktiv-Sauerstoff .....	47
<i>Sabine Güttler</i>	
Stärkeether in der Papierrestaurierung – Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten.....	51
<i>Katrin Falkenberg</i>	
Fotografische Silberemulsionen auf Positivmaterialien.....	61
<i>Marcus Janssens</i>	
Der Fotografennachlass von Heinrich und Marlies Kleu des Stadtarchivs Neuss .....	69
<i>Nadine Thiel</i>	
Restaurierungs- und Konservierungskonzept für den Glasplatten-Negativbestand <i>Kleu</i> des Stadtarchivs Neuss ....	77
<i>Bert Jaček</i>	
Schimmelpilze auf Fotografien – Siedlungsbedingungen und spezielle Behandlungsmöglichkeiten .....	83





<i>Luzius Dinkel</i>	
Schimmelpilze auf einmalig beschreibbaren Compact Discs (CD-R) .....	97
<i>Maria Sutor</i>	
Der Bestand der Textilmusterbücher der Neuen Augsburger Kattunfabrik im Bayerischen Textil- und Industriemuseum ....	105
<i>Robert Fuchs</i>	
Zum Stand der Behandlung verschimmelter Archivbestände	113
<i>Johannes Kistenich</i>	
Forschungsstand zum Einsatz von Imidazol-/Azolderivaten bei der Schimmelpilzbekämpfung .....	119
<i>Norbert Schempp</i>	
Behandlung schimmelpilzkontaminierter Bestände in der Firma Schempp .....	135
Abbildungsnachweise .....	139
Autorinnen und Autoren dieser Ausgabe .....	141
Anzeige .....	143
Farbtafeln .....	145



# Vorwort

Die Fachgespräche, die der Arbeitskreis nordrhein-westfälischer Papierrestauratorinnen und -restauratoren im zweijährigen Turnus veranstaltet, haben sich auch weit über die Grenzen unseres Bundeslandes hinweg einen guten Ruf erworben und zählen zu den wichtigsten Fachveranstaltungen für Fragen der Bestandserhaltung und Restaurierung von Archiv- und Bibliotheksgut. Auch zu der Tagung, die am 5. und 6. März 2007 in Ascheberg/Davensberg durchgeführt wurde, kamen fast 160 Teilnehmer aus dem gesamten Bundesgebiet sowie den Niederlanden zusammen.

Der Themenblock des ersten Veranstaltungstages konzentrierte sich wesentlich auf das von der nordrhein-westfälischen Landesregierung initiierte Projekt der Massenentsäuerung von Archivgut in nordrhein-westfälischen Archiven. Mit dieser Initiative ist es zum erstenmal gelungen, der drängenden Frage des Papierzerfalls in Archiven in der Öffentlichkeit wie auch in der Politik größeres Gehör zu verschaffen. Durch den Einsatz erheblicher Landesmittel konnte damit begonnen werden, auch in kommunalen und privaten Archiven spürbare Maßnahmen zur Erhaltung des modernen Archivgutes einzuleiten, um dem schleichenden Zerfall des Papiers Einhalt zu bieten. Auf der Tagung wurden technische und organisatorische Aspekte dieses Projektes vorgetragen und diskutiert und erste Erfahrungen vorgestellt. Der Themenblock des zweiten Tages widmete sich Fragen der Papiertrocknung, des Erhaltes von fotografischem Material sowie den Möglichkeiten der Schimmelpilzbehandlung, deren unterschiedliche Ansätze in verschiedenen Referaten vorgestellt und durchaus kontrovers diskutiert wurden.

Die Ergebnisse dieser Tagung werden in der vorliegenden Veröffentlichung dauerhaft dokumentiert und können somit in die weitere Arbeit zur Erhaltung des unersetzlichen Kulturgutes, das in den Archiven und Bibliotheken unseres Landes verwahrt wird, eingehen.

Wir danken den Autorinnen und Autoren dafür, dass sie uns ihre Beiträge zur Verfügung gestellt haben und wünschen der Veröffentlichung eine weite Verbreitung.

Münster/Pulheim im August 2007

Prof. Dr. Norbert Reimann  
Leiter des LWL-Archivamtes  
für Westfalen

Dr. Ari Nabrings  
Leiter des Rheinischen Archiv-  
und Museumsamtes







# Bestandserhaltungskonzepte für das Landesarchiv Nordrhein-Westfalen

von Marcus Stumpf

Bestandserhaltungskonzepte für das Landesarchiv NRW: Der Titel ist Programm, lautete also bewusst nicht: „Bestandserhaltungskonzepte des Landesarchivs NRW. Denn dieser Titel hätte suggeriert, es gäbe bereits ein vollständiges, alle Aspekte integrierender Bestandserhaltung umfassendes Regelwerk, das Antworten auf alle erdenklichen in der tagtäglichen Arbeit aufkommenden Fragen bereit hielte. Doch dies ist (noch) nicht der Fall.

Nicht selten hört man unter Archivarinnen und Archivaren, einer Berufsgruppe, die der konzeptionellen Grundsatzarbeit und Theoriebildung nach meiner Wahrnehmung nicht unbedingt zugeneigt ist, dass es für dieses oder jenes Thema – Paradebeispiel ist das Gebiet der Archivierung elektronischer Unterlagen – an der konzeptionellen Basis fehle, und ohne eine konzeptionelle Basis könne man das Thema seriöser Weise gar nicht anpacken. Indessen sieht die Praxis meist anders aus. Diese folgt ihren eigenen Gesetzen.

Und so erwies es sich nicht (wie befürchtet) als schwerwiegender Nachteil, dass die konzeptionelle Arbeit in der dynamischen Entwicklung seit Gründung des Landesarchivs – erst die den Bau des Technischen Zentrums begleitende Planungsphase, dann der beginnende Echtbetrieb seit Dezember 2005 – zeitweilig hinterher hinkte. Tatsächlich erlebten wir in dieser Zeit wiederholt, dass unsere konzeptionellen Entwürfe zur Struktur, zu den logistischen und organisatorischen Prozessen auf allen Gebieten der Bestandserhaltung in der Praxis angepasst, modifiziert, revidiert werden mussten.

## Zur Vorgeschichte

Das Landesarchiv Nordrhein-Westfalen gibt es in seiner jetzigen Organisationsform erst seit dem 1. Januar 2004,<sup>1</sup> das Technische Zentrum als diejenige Organisationseinheit des Landesarchivs, die Standards setzend und koordinierend sich mit Bestandserhaltung im weiteren Sinne befasst, seit dem 1. Oktober 2004, und ein eigenes Heim hat diese Abteilung seit dem 1. Dezember 2005.

Wie gestaltet sich die Zusammenarbeit der alten, traditionsreichen Archivabteilungen mit den so genannten Zentralabteilungen: Die ehemals eigen-

ständigen und in ihrem Handeln Jahrzehnte, zum Teil gar Jahrhunderte lang autonomen Staatsarchive haben sich nur mit einem gewissen Widerstreben unter das Dach des neuen Landesarchivs begeben und erlebten und erleben in einem sicherlich nicht immer schmerzlosen Prozess, dass sie in vielen Fachfragen nicht mehr selbstständig entscheiden können. Vielmehr sind sie in einen permanenten Diskussionsprozess mit den neu geschaffenen Grundsatz- und Querschnittsabteilungen geworfen worden, die den „alten“ Abteilungen *gleichgestellt* und nicht übergeordnet sind. Klar ist aufgrund dieser egalitären Struktur, dass jeder fachliche Standard und jede landesarchivweite Harmonisierung von Verfahren oder Arbeitsprozessen nur mittels Überzeugungskraft, über Konsensbildung oder durch präsidiale Entscheidung herbeigeführt werden kann. Ersteres gelingt nicht immer, das zweite ist zeitraubend und das dritte kann und darf nur ultima ratio sein. Die Grundsatzabteilungen nehmen in übergreifenden Entscheidungsprozessen folglich eine Scharnierfunktion wahr. Denn nach dem erklärten Willen der Landesregierung sollen die Abteilungen des Landesarchivs rasch gemeinsame Standards entwickeln, Organisations- und Arbeitsprozesse straffen und vereinheitlichen sowie messbare und miteinander vergleichbare Ergebnisse liefern.

Naturngemäß ist jede Bemühung um Harmonisierung und Standardisierung bei den klassischen Zielkonflikten archivischer Arbeit besonders kritisch,<sup>2</sup> etwa wenn es um die stets schwierige Balance zwischen Bestandserhaltung und Benutzung geht. Denn dann prallen oftmals festgefügte Überzeugungen aufeinander, werden Hausphilosophien und alte Traditionen in Frage gestellt! Hier besteht die Gefahr, dass grundsätzliche strategische Entscheidungen zu Kompromisspaketen zusammengeschnürt und damit verwässert werden.

Wie weit ist das Technische Zentrum, der „Hauptgewinn für die Archive aus der Lottoziehung Reformprozess“ (Mechthild Black-Veldtrup),<sup>3</sup> in Sachen Bestandserhaltung gekommen und welche Konzeption liegt der Bestandserhaltung im Landesarchiv Nordrhein-Westfalen zugrunde.

Zwischen 1999 und 2002 wurden Organisation und Aufgaben der Staatsarchive einer Untersuchung durch externe Gutachter unterzogen. Einen wesentlichen



Untersuchungsgegenstand stellten dabei auch die „technischen Disziplinen“, Restaurierung, Konservierung, Reprografie und Sicherungsverfilmung dar. Die Gutachter besuchten die Restaurierungswerkstätten, sprachen mit den Fachleuten, analysierten die Leistungsbilanzen und kamen abschließend zu einem im Kern positiven und zugleich niederschmetternden Ergebnis: Positiv war das Ergebnis, weil den Restaurierungswerkstätten eine gute und effiziente Arbeit bescheinigt wurde, zugleich aber niederschmetternd, weil gewaltige Restaurierungsrückstände zu Tage traten. Allein für den dringendsten Restaurierungsbedarf errechneten die Unternehmensberater einen Rückstand von 490 Personenjahren und arbeiteten obendrein heraus, dass die Bemühungen der staatlichen Archive in Sachen Schutzverfilmung und dem Erhalt der vom Säurefraß bedrohten Archivbestände nicht mehr gewesen waren als ein Tropfen auf den heißen Stein.<sup>4</sup>

Die Gutachter empfahlen daher in ihrem Abschlussbericht, in dem die Argumente, Zahlen und Konzepte einer aus Fachleuten aus Detmold, Düsseldorf und Münster besetzten Arbeitsgruppe eingeflossen waren,<sup>5</sup> die Gründung eines Zentrums, dass die Bereiche zentrale Restaurierung, Sicherungs- und Schutzverfilmung und Informationstechnologie unter einem Dach umfassen sollte. Und obwohl die Empfehlungen der Gutachten kostenträchtig waren, setzte sie die Landesregierung mit ihrem Kabinettsbeschluss vom Mai 2002 um: Für die Einrichtung des Technischen Zentrums wurden Haushaltsmittel in Höhe von insgesamt rd. 1,8 Mio. €, gestreckt über die Haushaltsjahre 2004 und 2005, bereit gestellt. Ferner stiegen die Haushaltsansätze für Maßnahmen der Massenenstärkung und Schutzverfilmung um das Sechzehnfache: Von 98.000 € im Jahr 2003 auf über 1,6 Mio. € im Jahr 2004. Der Standort wurde diskutiert, das Für und Wider der Vorschläge erörtert: Am Ende entschloss sich die Landesregierung, dem im Staatsarchiv Münster für den Standort Münster-Coerde entwickelten Umsetzungskonzept den Vorzug zu geben.

Die Grundkonzepte will ich in ihren Kernelementen nun jeweils skizzieren. Sie basieren strategisch auf den konkreten Anforderungen der Landesregierung und sind fachlich von Bestandserhaltungskonzepten inspiriert, die in anderen Archivverwaltungen und Archiven entwickelt wurden.<sup>6</sup>

## Aufgaben und Kosten der Bestandserhaltung

Grundlage einer übergreifenden Bestandserhaltungskonzeption muss die Analyse der Schadensfaktoren, der Schadensrisiken und der vorhandenen Schäden am Archivgut sein. Bestandserhalterische Aspekte weisen in diesem Sinne alle archivarischen Arbeits-

felder auf, von der Behördenberatung (Verwendung von alterungsbeständigen Materialien, Registraturorganisation, Lagerung des Registraturguts), über die Kernbereiche der Erschließung (Schadenserfassung), Magazinierung (Umbetten, Entmetallisieren) bis hin zum Zugang zum Archivgut, gleich ob im Lesesaal oder mittels Schutzmedien. In diesem Sinne kann man der kürzlich formulierten Einsicht, die preiswerteste und nachhaltigste Form der Bestandserhaltung sei die Schaffung von Problembewusstsein, nur beipflichten:<sup>7</sup> „Wenn es nicht gelingt, innerhalb eines Archivs, bei den Kollegen oder den Benutzern, ein Verständnis, ein Interesse und eine Verantwortung für die Erhaltung des Archivguts zu wecken, ist jede technische Maßnahme, jede Dienstanweisung und Lesesaalordnung nur von begrenztem Wert. Gelingt es indes, dieses Bewusstsein einmal zu bilden, also den Blick zu schärfen für die gravierenden Folgeschäden, die sich aus den kleinen Achtlosigkeiten ergeben, dann werden sich viele Verbesserungen allein durch den bewussteren Umgang mit den Archivalien einstellen.“ Und doch wissen wir aus der beruflichen Praxis, wie wenig selbstverständlich diese Maxime gerade bei denen ausgeprägt ist, die täglich mit historischem Kulturgut umgehen, ja es sogar uneingestandener Maßstab als Privileg verstehen, mehr oder weniger sorglos damit zu hantieren.

Sehr präzise wird das Spannungsfeld bestandserhalterischen Kernaufgaben der Archive und deren Kosten in der folgenden Grafik von Mario Glauret deutlich:<sup>8</sup>



Abb. 1: Aufgaben und Kosten der Bestandserhaltung

Sinnfällig ist, dass sich Aufgaben und Kosten der Bestandserhaltung tendenziell antiproportional verhalten. Bewusstseinsbildung und stete Planung sind relativ preiswert und müssen allen anderen kostspieligeren Maßnahmen vorgelagert sein.

Die Herstellung angemessener Lagerungsbedingungen des Archivguts und seine fachgerechte Verpackung sind beileibe nicht zum Nulltarif zu haben, doch



sind sie unabdingbar zur Schadensprophylaxe und verhindern Schäden und somit Kosten in der Zukunft.

Ein schon deutlich teureres und in den Lesesälen nicht immer beliebtes Instrument der Schadenvermeidung ist die Herstellung von Schutzmedien, seien es Mikrofilm, Mikrofiche oder Digitalisat, die die Originale schonen.

Konservierung und Restaurierung schließlich sind unabdingbar, da die Archive bekanntlich den gesetzlichen Auftrag haben, das Archivgut nicht nur zu verwahren, sondern zu erhalten: Eine Vernachlässigung der zahlreichen „bereits in den Brunnen gefallenen Kinder“, also des Archivguts, das in der Vergangen-

gesamt nicht differenziert genug, um eine solide Arbeitsgrundlage für die Werkstätten zu liefern.

Ein wesentlicher Arbeitsschwerpunkt derjenigen, die in den Archivabteilungen für die Bestandserhaltung verantwortlich zeichnen, ist es daher, die konservierungs- und restaurierungsbedürftigen Bestände zu erfassen und zu bewerten. Neben den für jede Planung wichtigen Basisdaten wie Bestandsname und -signatur, Gesamtlaufzeit, Umfang in Kartons und laufenden Metern werden Benutzungshäufigkeit und der Erschließungsstand bewertet und Angaben gemacht, ob der Bestand sicherungsverfilmt bzw. bereits ein Nutzungsmedium erstellt wurde.<sup>9</sup>

Vorkartierung LAV NRW Abt. ...									
Ifd. Nr.	Bestandsbezeichnung	Laufzeit	Umfang			Inhaltl. Wert <sup>2)</sup>	Benutzungs-frequenz <sup>3)</sup>	sicherungs-verfilmt <sup>4)</sup>	Schutz-medium vorh. <sup>5)</sup>
			Anzahl (Stk.)	Anzahl (Archiv-kartons)	ldf. m. <sup>1)</sup>				

1) PSA Brühl, StA Detmold und HSA Düsseldorf: 9 Kts. pro lfd. m. / Münster 10 Kts. pro lfd. m.  
 2) Die Bedeutung eines Bestandes bemisst sich vor allem nach seinem Quellenwert für die wissenschaftliche, heimat- und familienkundliche Forschung:  
 (1) sehr hoch / (2) hoch / (3) mittel / (R) Aufbewahrung aufgrund rechtlicher Verpflichtung  
 3) (1) sehr hoch / (2) hoch / (3) mittel / (4) gering  
 4) (1) ja / (2) nein (wenn ja, Angabe des Verfilmungsjahres)  
 5) (1) Mikrofilm / (2) Mikrofiche / (3) Mikrofilmdigitalisat / (4) Aufsichtsdigitalisat / (5) Faksimile

Abb. 2: Vorkartierungsraster

heit mehr oder weniger stark geschädigt wurde, bleibt als Kulturguterhaltung im buchstäblichen Sinne eine zentrale Daueraufgabe der Archive.

### Planung: Priorisierung und Kartierung

Grundlage der Planung bei der Einrichtung des Technischen Zentrums war die Vorgabe einer Mengenbearbeitung von beschädigtem Archivgut. Zwar sollte die Zentrale Restaurierungswerkstatt auf die Bearbeitung aller Archivaliengattungen mit Ausnahme von AV-Medien und Fotos vorbereitet sein, doch war klar, dass die Landesregierung eine namhafte Abarbeitung der durch die Gutachter festgestellten Konservierungs- und Restaurierungsrückstände erwartete.

Die Gutachter hatten sich bei ihren Ausführungen zur Bestandserhaltung auf Zahlenwerke zu Konservierungs- und Restaurierungsrückständen gestützt, die von den Archiven geliefert worden waren. Diese rein mengenmäßige Erfassung der Rückstände nach Schadensklassen und Entsäuerungsbedürftigkeit beinhaltete freilich keine Prioritätenbildung und war ins-

Diese für jede Archivabteilung zu erarbeitenden Prioritätenlisten sind die Basis für einzelne Maßnahmen oder ganze Maßnahmenbündel des Technischen Zentrums.

Sie können unmittelbar als Grundlage der Planung für das Sachgebiet Schutzdigitalisierung dienen: Anders als bei der vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe geförderten Sicherungsverfilmung tritt bei der Auswahl der Bestände der Aspekt der Nutzungsfrequenz in den Vordergrund: Die Nutzungshäufigkeit kombiniert mit der Bewertung des Erhaltungszustandes ist das entscheidende Kriterium für die Auswahl zur Schutzdigitalisierung, während bei der Auswahl der Bestände für die Sicherungsverfilmung in erster Linie die historische Bedeutung und ggf. die Repräsentativität bestimmend sind.<sup>10</sup>

Für die Vorauswahl und Planung in den Sachgebieten Konservierung/Restaurierung bzw. Massenentsäuerung ist die Vorkartierung zwar ebenfalls Ausgangsbasis für die Auswahl der Bestände, die in Coerde bearbeitet oder einem Dienstleister zur Entsäuerung anvertraut werden sollen; doch bevor



Schadenskataster Bestand xyz													
		Schadensklasse				Schadensarten					Bindung		
		1	2	3	4	C	Sa	M	S	W	L	F	KB
Sign.:	Nr.:												
...	1												
...	2												
	usw.												

**Legende der Schadensarten**  
**C** = Chemische Schäden: Brandschäden, Stockflecken, Tintenfraß, Kupferfraß, Klebebänder mit Klebstoffmigration, Rost (Korrosion/Oxidation)  
**Sa** = Sauer: entsäuerungsbedürftig  
**M** = Mechanische Schäden: Gebrauchsschäden, Schäden durch Gewalteinwirkung (Kriegsschäden)  
**S** = Schädlingsbefall: Schäden durch Insekten (Wurmfraß, Silberfischchen etc.) und Nagetiere (Mausfraß, Rattenfraß etc.)  
**W** = Wasserschäden: Flecken und Verfärbungen (ausgelaufene Stempel, Farbstoffe), abgebaute Papierbereiche, Schäden durch Schimmelpilze, Verblockungen, Schmutzwasserschäden etc.

**Bindung**  
**L** = Lose Blattsammlung  
**F** = Fadenheftung (preußisch, Durchaus, Wechselstich, auf Bünde, bundlos)  
**KB** = Kordel oder Archivbügelheftung (Blätter ursprünglich gelocht)  
**Ü** = Überformate

Abb. 3: Bestandsbezogene Schadenskartierung

ein ausgewählter Bestand auf die Reise geht, wird er einer Sichtung Archiveinheit für Archiveinheit unterzogen. Denn nur ein genauer Überblick über die Beschaffenheit (inkl. Bindearten), die vorhandenen Schadensbilder und Schadenshäufigkeiten ermöglicht eine präzise Auslastungsplanung für die Werkstätten bzw. eine seriöse Schätzung der Kosten für die Entsäuerung (s. Abb. 3).

Für behandlungsbedürftiges Archivgut ergibt sich aus diesem gestuften Verfahren ein gut zu steuernder Zufluss aus den Magazinen der Archivabteilungen des Landesarchivs in die Werkstätten des Technischen Zentrums. Das Stufenverfahren ist erforderlich, da das Landesarchiv bislang nicht über ein Schadenskataster verfügt, das alle Bestände des Landesarchivs umfasst und priorisiert (noch wegen des großen Umfangs von mehr als 155 lfd. km kurz- bis mittelfristig verfügen wird). In der Praxis haben sich die in dem skizzierten Regelablauf erhobenen Basisdaten als zentrales Instrument für eine planvolle und effektive Auslastung der Werkstattkapazitäten bewährt:

## Schadensvorbeugung: Lagerung und Verpackung

Magazine, in denen Archivgut gelagert wird, sollten möglichst gleichmäßige Klimawerte aufweisen, konstante 18 °C bei einer relativen Luftfeuchte von 50 %. Noch besser: spezielle Magazine für unterschiedliche Archivaliengruppen: feuchtere für die Lagerung von Pergamenten, möglichst kalte Lagerung für AV-Me-

### Ablauf: Schadenserhebung, -behebung und -vermeidung

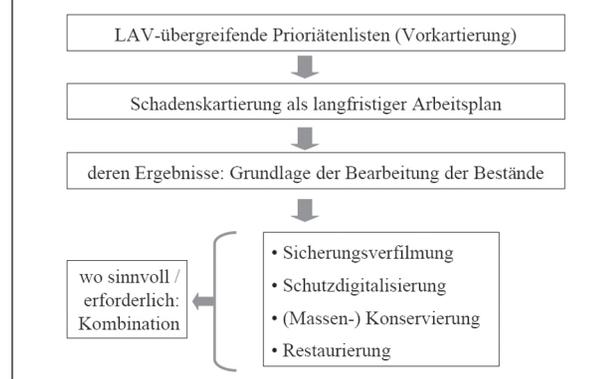


Abb. 4: Ablauf: Schadenserhebung, -behebung und -vermeidung

dien und Mikrofilme. Archivgut muss ferner für die dauerhafte Lagerung verpackt sein: Gereinigt, staubfrei, in Mappen und Kartons nach DIN/ISO 9706 verpackt. Soweit das Wünschenswerte, nun zum Machbaren: Idealbedingungen der skizzierten Art sind sicherlich anzustreben, doch sollte man dabei nicht nur die kurzfristigen Handlungsspielräume sehen, sondern konzeptionell so handeln, dass das Konzipierte auch auf Dauer finanzierbar ist. Verfügbare Mittel, die in die Verbesserung der räumlichen Situation oder in archivgerechte Verpackung investiert werden, sind aber in jedem Fall nachhaltig investiert.

Ziel des Landesarchivs ist es, in den nächsten Jahren Standards zur Magazinierung zu entwickeln und eine Bestandsaufnahme zum Magazinklima an allen



Standorten des Landesarchivs zu machen. Ferner sollen Synergien auf dem Gebiet der Archivgutverpackung identifiziert werden nach dem Grundsatz: so große Vielfalt wie nötig, so große Einheitlichkeit wie möglich. Dies wird besonders wichtig sein, wenn wie geplant in den nächsten Jahren die Abteilungen Zentrale Dienste, Grundsatzfragen und Öffentlichkeitsarbeit, das Hauptstaatsarchiv Düsseldorf und das Personenstandsarchiv Brühl unter einem Dach zusammengefasst werden. Im neuen Gebäude wird Magazinfläche für weit mehr als 100 laufende Kilometer Archivgut entstehen müssen. Sowohl muss ein Puffer für den jährlichen Zuwachs der beiden unter einem Dach zusammengefassten Archivabteilungen vorgesehen werden, als auch für Volumenzuwächse bei Altbeständen aufgrund von konservatorischen Maßnahmen.

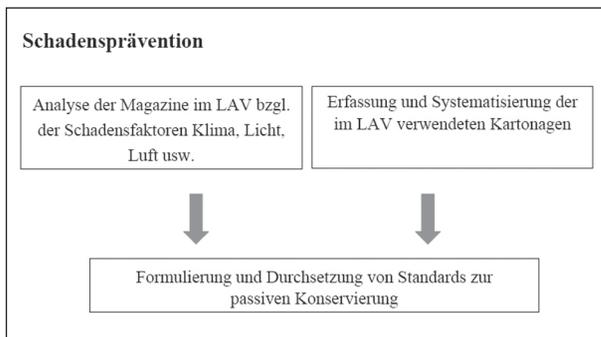


Abb. 5: Schadensprävention durch passive Konservierung

### Schutzmedien: Sicherungsverfilmung und Schutzdigitalisierung

„Bei ausgewählten Beständen, die aus unterschiedlichen Gründen nicht mehr physisch erhalten werden können, sowie bei häufig benutzten Beständen, bei denen ansonsten hohe Restaurierungskosten drohen, muss eine Verfilmung auf Mikrofilm oder Digitalisierung erfolgen.“<sup>11</sup>

Hauptziel des Schutzmedienkonzeptes für das Landesarchiv NRW ist ein möglichst umfassender Schutz der Originale, der zugleich der interessierten Öffentlichkeit möglichst geringfügige Erschwernisse bei der Benutzung der Archivalien auferlegen soll.

In der Vergangenheit war die Herstellung von Schutzmedien bei den staatlichen Archiven in NRW ein Stiefkind. Im Unterschied zu anderen Landesarchivverwaltungen wurden keine eigenen Kapazitäten für die Schutzverfilmung aufgebaut, sondern man beschränkte sich darauf, von den im Rahmen der Sicherungsverfilmung des Bundes verfilmten Beständen Filmduplikate anfertigen zu lassen und in den Archiven einzulagern. Von einem Teil dieser Filme wurden in einem zweiten Schritt Mikrofiches für den Ein-

satz in den Lesesälen der Staatsarchive hergestellt. Das Kernproblem des Verfahrens bestand zum einen darin, dass aufgrund der knappen Mittel nur ein geringfügiger Teil der verfilmten Bestände mikrofiziert werden konnten, zum anderen waren die Mikrofiches oftmals qualitativ so schwach, dass Benutzerbeschwerden zur wiederholten, zum Teil sogar generellen Freigabe der Originale führten.

Einen neuen, seinerzeit geradezu revolutionären Weg schlug 1999 das Personenstandsarchiv Brühl ein. Unzufrieden mit dem skizzierten Verfahren, begann man damit, zentrale Bestände zu digitalisieren und von einem Bilddatenserver mittels eines handelsüblichen Betrachtungstools digital im Lesesaal anzubieten.<sup>12</sup> Qualität, Funktionalität und einfache Handhabbarkeit stießen bei den Benutzerinnen und Benutzern in Brühl auf breiten Zuspruch.

Vor diesem Hintergrund hat das Landesarchiv im Technischen Zentrum eigene Kapazitäten zur Schutzdigitalisierung von Archivgut aufgebaut. An einem Mikrofilmscanner und vier Aufsichtscansystemen (von DIN A2 – DIN A0) werden intensiv benutzte Bestände des Landesarchivs digitalisiert. Zugrunde liegt dabei ein Zwei-Säulen-Konzept:

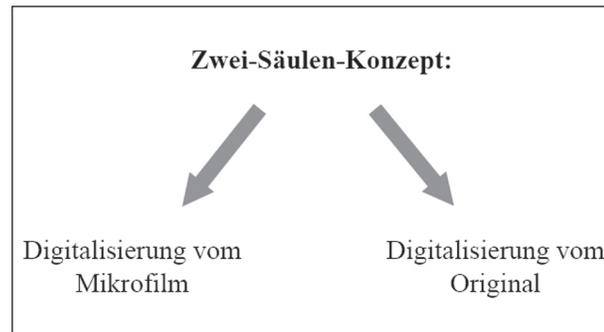


Abb. 6: Zwei-Säulen-Konzept Schutzdigitalisierung

Genutzt wird zur Herstellung von digitalen Schutzmedien zum einen der seit 1961 angewachsene reiche Fundus an Mikrofilmen. Die Digitalisierung vom Mikrofilm hat den großen Vorteil, weitaus preiswerter (weil schneller) als die Aufsichtdigitalisierung zu sein. Nachteil ist die gegenüber Aufsichtdigitalisaten in der Regel etwas schlechtere Qualität, da die erzeugten Digitalisate – abgesehen davon, dass sie schwarzweiß sind – naturgemäß immer nur so gut sein können wie die Filmaufnahmen, und diese weisen oftmals im Produktionsprozess entstandene Kratzer auf. Gleichwohl liefern die Filme ein sehr gut lesbares Nutzungsmedium, das gegenüber dem Mikrofiche oder Nutzungsfilm die Vorteile des direkten und gleichzeitigen Zugriffs, der wesentlich einfacheren Handhabung und der invertierten Darstellung (also schwarz auf weiß) bietet.<sup>13</sup>

Ergänzt wird die Mikrofilmdigitalisierung durch die Digitalisierung mit Aufsichtscannern, an denen in ho-



her Qualität und in Farbe „Spitzenbestände“ der Archivabteilungen digitalisiert werden. Voraussetzung für die Aufsichtdigitalisierung ist zunächst eine formale: Es werden grundsätzlich keine Bestände vom Original digitalisiert, die in der Vergangenheit sicherungsverfilmt worden sind, da dann eine qualitativ hochwertige Grundlage für die Digitalisierung vom Mikrofilm vorliegt.

Ein wichtiger Schwerpunkt in der Aufsichtdigitalisierung liegt auf den historischen Kartenbeständen, die in der Sicherungsverfilmung der Staatsarchive in Nordrhein-Westfalen bisher formatbedingt ausgeklammert waren und deren Benutzung im Lesesaal fast zwangsläufig mit Beschädigungen einhergeht.

Der Ablauf im Arbeitsbereich Schutzdigitalisierung umfasst das Scannen der Mikrofilme im JPEG-Format mit einer physikalischen Auflösung von 150 dpi und Speicherung im JPEG-Format mit 100 % Qualität, bzw. des Archivguts im unkomprimierten TIF-Format bei einer Auflösung von 300 dpi für Akten und von 400 dpi für Großformate und Urkunden. Die Rohdaten werden zunächst lokal oder auf Servern auf Festplatte gespeichert. Durch Batchkonversionen werden aus den Rohbilddateien einerseits onlinefähige Arbeitsdateien und andererseits im Fall der Aufsichtdigitalisate Masterdateien erzeugt. Die verkleinerten Arbeitsdateien im JPEG-Format werden auf dem Bilddatenserver abgelegt, die verlustfrei komprimierten Master im Format JPEG2000 auf LTO2-Magnetbänder kopiert und die Roh-TIF-Dateien gelöscht.

In den Lesesälen in Brühl, Detmold und Düsseldorf kann das digitalisierte Archivgut mit Hilfe eines Betrachtungstools benutzt werden.

Bei der Grundsatzentscheidung, auf das gerne als „flüchtig“ charakterisierte digitale Schutzmedium zu setzen, kamen neben den oben genannten historischen und praktischen Erwägungen strategische Überlegungen zum Tragen: Die Archive müssen sich zwangsläufig gegen andere Information und Wissen vermittelnde Institutionen behaupten. Insbesondere die Bibliotheken sind den Archiven bezüglich der Onlinepräsenz weit voraus. Während der analoge Speicher Mikrofilm nach wie vor das ideale Medium zu einer *elementaren* Erhaltung von Informationen im Sinne einer Sicherung vor Totalverlust darstellt, da er strapazierfähig, langlebig und leicht lesbar zu machen ist, hat er den Konkurrenzkampf als Nutzungsmedium in Sachen Benutzungskomfort, Zugriffsverfügbarkeit und Verknüpfbarkeit längst gegen das Digitalisat verloren.

## Konservierung und Restaurierung

„Der Gutachter hat den dringendsten Restaurierungsbedarf bei Fortsetzung der bisherigen Restaurierungspraxis auf 490 Personenjahre taxiert. Dieser dringendste Restaurierungsbedarf muss durch die

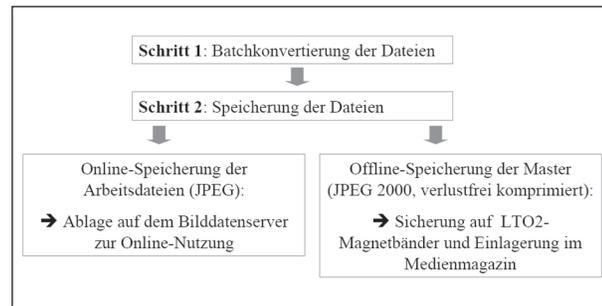


Abb. 7: Workflow der Schutzdigitalisierung

*Einrichtung einer zentralen Restaurierungswerkstatt innerhalb der nächsten 10 bis 15 Jahre abgearbeitet werden.*<sup>14</sup>

Die Restaurierung bzw. konservatorische Behandlung kompletter Archivbestände geschieht auf Basis der Vorkartierung und den bestandsbezogenen Schadenskartierungen in der Zentralen Restaurierungswerkstatt. Die reine magazingerechte Umbettung von Aktenschriftgut (Entmetallisieren, Verpacken, Signieren) und Urkunden ist dagegen nicht Aufgabe des Technischen Zentrums, sondern der Magazindienste bzw. Restaurierungswerkstätten (bei Urkunden) in den Archivabteilungen.

Das Hauptaugenmerk der Arbeit der Zentralwerkstatt liegt auf der Mengengbearbeitung von Akten aus Hadern- und Holzschliffpapieren. Die Arbeitsbereiche Siegel-, Urkunden- bzw. Einbände- und Pergamentrestaurierung werden nach den Prioritäten besetzt, die sich aus der Schadenskartierung einerseits und konkreten, fallbezogenen Bearbeitungswünschen der Archivabteilungen andererseits ergeben.

Dezentral erfolgt die Bearbeitung von Einzelfällen in allen Archivaliengruppen, soweit es sich um Notfallbehandlungen (z. B. extrem fragile Siegel) handelt. Komplexere Einzelrestaurierungen werden bei Bedarf ebenfalls in Coerde durchgeführt werden, da diese wegen der besseren Geräteausstattung und insbesondere wegen der arbeitsteiligen Verfahren dort in der Regel rationeller und daher wirtschaftlicher durchgeführt werden können.

## Massenentsäuerung

„Der [Konservierungsbedarf an säuregeschädigtem Archivgut] muss durch einen sofortigen Einstieg in ein Programm zur Massenentsäuerung mit einem Jahresetat von 3 Mio. € bei privatwirtschaftlicher Vergabe innerhalb von 15 Jahren abgearbeitet werden, weil sonst auch hier unwiederbringlicher Verlust wertvoller Kulturgüter droht.“<sup>15</sup>

Nach Maßgabe der Organisationsgutachten werden im Landesarchiv alle maschinellen Entsäuerungsmaß-

nahmen von Dienstleistern erledigt, mit denen zum Teil auch überjährige Verträge geschlossen wurden, um Bestände planvoll und kontinuierlich bearbeiten lassen zu können. Hierzu wurden Verpflichtungsermächtigungen genutzt.<sup>16</sup>

Zunächst werden die für die Entsäuerung vorgesehenen Bestände auf entsäuerungsrelevante und entsäuerungskritische Materialien und Schadensbilder untersucht. Soweit erforderlich, werden die extrem kostenintensiven vorbereitenden Maßnahmen (Sichtung, Entmetallisierung, ggf. Aufheftung) in der Zentralwerkstatt erledigt. Ziel ist es, die zur Verfügung stehenden Mittel möglichst zu 100 % für die reine maschinelle Entsäuerungsleistung aufzuwenden. Hierbei hilft die von der Landesregierung im vergangenen Jahr initiierte, auf eine Laufzeit von 5 Jahren angelegte „Initiative Substanzerhalt“ sehr.<sup>17</sup> Denn im Technischen Zentrum sind im Rahmen der Initiative acht zusätzliche Kräfte tätig, die von einem ebenfalls für das Projekt eingestellten Restaurator begleitet werden und die vorbereitenden und ergänzenden Konservierungsarbeiten erledigen.

## Anmerkungen

- 1 Wilfried Reininghaus: Das Landesarchiv Nordrhein-Westfalen. Entstehung, interne Organisation, Aufgaben und aktuelle Ziele. In: *Der Archivar* 57, 2004, S. 295–300; Mechthild Black-Veldtrup: Aufbruch – Umbruch. Ein altes Staatsarchiv im neuen Landesarchiv NRW. In: *Der Archivar* 59, 2006, S. 3–6.
- 2 Mario Glauert/Sabine Ruhнау: Bestandserhaltung beginnt im Kopf, nicht im Geldbeutel. Zur Einführung. In: *Verwahren, Sichern, Erhalten. Handreichungen zur Bestandserhaltung in Archiven*, hg. von dens. (Veröffentlichungen der brandenburgischen Landesfachstelle für Archive und Bibliotheken 1), Potsdam 2005, S. 1–12, hier S. 3 (online: [http://www.uni-muenster.de/Forum-Bestandserhaltung/downloads/001\\_012\\_Glauert\\_Ruhnau\\_Einfuehrung.pdf](http://www.uni-muenster.de/Forum-Bestandserhaltung/downloads/001_012_Glauert_Ruhnau_Einfuehrung.pdf)).
- 3 Mechthild Black-Veldtrup: Aufbruch – Umbruch (wie Anm. 1), S. 5.
- 4 Vgl. schon Wolfgang Bender: Kampf dem Papierzerfall? Die Massenentsäuerung von Archivgut als ein Mittel der Bestandserhaltung. In: *Der Archivar* 54, 2001, S. 297–302 (= <http://www.archive.nrw.de/archivar/2001-04/A03.htm>) mit einem ersten Resümee.
- 5 In konzeptioneller Hinsicht ist da vor allem zu nennen, dass die zentrale Restaurierungswerkstatt nicht die Werkstätten bei den Staatsarchiven ersetzt, sondern ergänzt. Der Grundgedanke, dass restauratorische Kompetenz bei den Archiven zu belassen sei, überzeugte die Gutachter. Allerdings mussten die Restaurierungswerkstätten Düsseldorf und Münster personelle Einbußen zugunsten des Technischen Zentrums hinnehmen. Das Hauptstaatsarchiv Düsseldorf gab ferner zentrale Zuständigkeiten für Sicherungsverfilmung und die so genannte Kahnaktenkonser-

vierung ab, das Staatsarchiv Münster die zentrale Koordination der Haushaltsmittel für Schutzverfilmung und Massenentsäuerung. Bei den so genannten Kahnakten handelt es sich um Archivgut, das im Zuge einer Auslagerung Anfang 1945 mit dem Binnenschiff „Main 68“ auf dem Mittellandkanal untergegangen ist, nach Kriegsende geborgen wurde und starke Wasserschäden aufweist. Seit Jahrzehnten wird dieses zum Teil schwerstbeschädigte, verblockte Material im Rahmen eines Langzeitsonderprogramms bearbeitet.

- 6 Hartmut Weber: Integrative Bestandserhaltung von Archiv- und Bibliotheksgut. In: *Der Archivar* 44, 1991, Sp. 77–83; Reiner Hofmann: Die Bestandserhaltungsaktivitäten des Bundesarchivs, <http://www.uni-muenster.de/Forum-Bestandserhaltung/grundlagen/allg-hofmann.html>. Ausdrücklich gedankt sei an dieser Stelle den Kolleginnen und Kollegen in den Werkstätten in Bückeberg, Ludwigsburg, Göttingen und Wolfenbüttel für Ihren fachlichen Rat.
- 7 Glauert/Ruhnau, Bestandserhaltung (wie Anm. 2), S. 2.
- 8 Glauert/Ruhnau, Bestandserhaltung (wie Anm. 2), S. 9.
- 9 Das Erfassungsraster ist inspiriert von den schon vor einigen Jahren erstellten und stetig aktualisierten Prioritätenlisten zur Bestandserhaltung des Hauptstaatsarchivs Düsseldorf.
- 10 Den Rahmen geben die Grundsätze zur Durchführung der Sicherungsverfilmung von Archivalien in der Fassung vom 1. März 1987 vor, bes. Abs. 3; vgl. Abdruck in: *Der Archivar* 40, 1987, S. 462–471, hier S. 462.
- 11 So wörtlich der Kabinettsbeschluss der Landesregierung NRW vom 28. Mai 2002.
- 12 Wolf-Rüdiger Schleidgen: Pixel contra Mikrofiche. Erfahrungen mit neuen Formen der Nutzung von Archivgut im Nordrhein-Westfälischen Personenstandsarchiv Rheinland. In: ders./Verena Kinle (Hg.): *Zwischen Tradition und Innovation. Strategien für die Lösung archivischer Aufgaben am Beginn des 21. Jahrhunderts* (Veröffentlichungen der staatlichen Archive des Landes Nordrhein-Westfalen, E 8), Siegburg 2002, S. 247–271; Christian Reinicke: Digitalisierung im Archiv – neue Nutzungs- und Publikationsformen im Landesarchiv Nordrhein-Westfalen Personenstandsarchiv Brühl: <https://eldorado.uni-dortmund.de/bitstream/2003/21361/1/reinicke.pdf>.
- 13 Dabei sei darauf hingewiesen, dass der Scanprozess selbst den geringsten Aufwand darstellt. Die nachfolgenden Arbeiten zur Einsortierung der Digitalisate nach Signaturen verursachen, soweit nicht automatisierbar, einen erheblichen Anteil am aufzubringenden Aufwand.
- 14 So wörtlich der Kabinettsbeschluss der Landesregierung NRW vom 28. Mai 2002.
- 15 So wörtlich der Kabinettsbeschluss der Landesregierung NRW vom 28. Mai 2002.
- 16 Zu den Massenentsäuerungsmaßnahmen des Landesarchivs NRW ausführlich Marcus Stumpf: Massenentsäuerung im Landesarchiv Nordrhein-Westfalen – Erfahrungen mit dem Neschchen-Verfahren. In: *Der Archivar* 60 (2007), S. 112–118.
- 17 Vgl. den Beitrag von Christel Stockmann in diesem Band und ferner Norbert Kühn/Ulrich Helbach/Benedikt Mauer/Udo Müller: Papierentsäuerung nichtstaatlicher Archive im Rheinland – Erfahrungsberichte aus dem Historischen Archiv des Erzbistums Köln, dem Stadtarchiv der Landeshauptstadt Düsseldorf und dem Stadtarchiv Erfstadt. In: *Der Archivar* 60, 2007, S. 44–46, sowie die stets aktuelle Berichterstattung des LWL-Archivamtes für Westfalen zum Projekt: [http://www.lwl.org/LWL/Kultur/Archivamt/substanzerhalt/index2\\_html](http://www.lwl.org/LWL/Kultur/Archivamt/substanzerhalt/index2_html).



# Aufbau und Aufgaben der Zentralen Restaurierungswerkstatt des Landesarchivs NRW

von Matthias Frankenstein

Grundlagen für die Entscheidungen zur Errichtung einer Zentralen Restaurierungswerkstatt waren folgende:

- Gutachten Mummert & Partner (2000) und Arthur Andersen (2002)  
Organisationsgutachten im Auftrag des Landes NRW zur Untersuchung der Staatlichen Archive
- Bestandserhaltungskonzept der AG Bestandserhaltung der Staatsarchive (2001)
- Kabinettsbeschluss (2003)  
„Bildung eines technischen Zentrums mit insgesamt 30 Stellen, das neben der zentralen Restaurierungswerkstatt die zentrale DV und die Schutz- und Sicherungsverfilmung umfasst“ (Gutachten Arthur Andersen, S. 47)
- Personalbemessung des MSWKS (2003)
- Entscheidung für den Standort Münster-Coerde

## Die Geschichte der Speicherstadt<sup>1</sup>

Erbaut wurde die Speicherstadt 1936–1939 als Heeresverpflegungsamt für die in Norddeutschland stationierten Garnisonen.

Zentrale Elemente waren die neun Kornspeicher. Imposant in ihrer fünfstöckigen Größe und gut zugänglich auf dem 600 m langen Gelände verteilt, garantierten die beiden Silospeicher 1 und 2 und die modernen Bodenspeicher die hygienische und schnell zugängliche Lagerung riesiger Mengen von Korn und anderen Gütern.

Die Kornspeicher waren mit modernen Trocknungs- und Schädlingsbekämpfungsanlagen für die Bekämpfung der Getreideschädlinge, Reinigungs- und Wiegeeinrichtungen ausgestattet. Der vertikale und horizontale Transport verlief über ein ausgeklügeltes Förder- und Klappensystem und bediente sich elektrischer Elevatoren, noch heute beeindruckend in Technik und Handhabung. Einzigartig und einer der Hauptgründe für die reibungslose Umwandlung in ein modernes Büro- und Kommunikationszentrum war und ist die Konstruktion.

Die auf stabilen Stahlbetoneinzelfundamenten gegründeten Bauten besitzen ein Skelett aus Eisenbeton, das bei den Bodenspeichern ausgemauert und



Abb. 1: Rohbau 1939

bei den Senkrechtsilos mit 14 cm starken Betonaußenwänden versehen wurde. Diese äußerst belastbare und verschleißresistente Bauart hat maßgeblich dazu geführt, dass neben den Umbaumaßnahmen heute kaum noch nennenswerte Renovierungsarbeiten anfallen. Alle Speicher sind unterkellert und mit langen Außenrampen für das Be- und Entladen von Fuhrfahrzeugen versehen. So bleibt auch heute der industrielle Charakter erhalten.

Die Speicher sorgten dafür, dass die Großbäckerei ihr Produktionspensum von täglich bis zu 70.000 Laiben Brot erfüllen konnte. Der logistische Aufwand innerhalb des Geländes, das Lagern des Kornes, das Abtransportieren zur auswärtigen Mühle, die Wiederanlieferung und die Verarbeitung des Mehls zu Tausenden von Broten kann man sich heute kaum mehr vorstellen. Entsprechend großräumig sieht die geländeeigene Bäckerei aus, heute Unternehmensstandort und Veranstaltungsforum eines Catering-Unternehmens mit einer Kantine für die Mieter der Speicherstadt.

Die verkehrsgünstige Lage und die hervorragende logistische und infrastrukturelle Ausstattung machten das Gelände auch für die Alliierten zu einem wichtigen Nachkriegsstandort. Bereits bei der Bombardierung sparte man deshalb das auch aus der Luft deutlich abgrenzbare Gelände im Norden Münsters sorgfältig aus. Die Briten machten das ehemalige Hee-

resverpflegungshauptamt, im Volksmund auch Proviantamt genannt, nach 1945 zum Proviantamt der Winterbourne-Kaserne. Fast 40 Jahre lang nutzten sie es als Versorgungs- und Militärpolizeistützpunkt.

1994 verließen die Briten das Gelände und überließen es dem Leerstand. Erst Jahre später einigten sich die Verantwortlichen auf ein neues ziviles Nutzungskonzept.

Heute zeichnet die Westfälisch-Lippische Vermögensverwaltungsgesellschaft mbH (WLV) verantwortlich für Planung, Umgestaltung und Vermarktung. Erstes Projekt war der Umbau eines Speichers für ein Magazin des Staatsarchivs im Jahr 2000. Mit der Unterstützung von Investoren, Stadt und Land und der hervorragenden Resonanz potenzieller Mieter war der Weg frei für das umfassende Projekt „Speicherstadt“. 2004–2005 währte der Ausbau des Speichers für das Landesarchiv NRW, Technisches Zentrum und weitere Magazine des Staatsarchivs Münster.<sup>2</sup>

## Die Bauphase

Im Januar 2004 wurde der Mietvertrag zwischen der WLV und dem Landesarchiv NRW für das Gebäude mit der Hausnummer 11 unterzeichnet. Im gleichen Monat begann die Umbauphase des ehemaligen Kornspeichers.



Abb. 2: Die Gebäude von rechts: im Hintergrund LAV NRW Staatsarchiv Münster, mittleres Gebäude LAV NRW Technisches Zentrum und Staatsarchiv Münster, im Vordergrund gemeinsames Gebietsrechenzentrum Münster (Stand Juli 2004)

Das Planungsteam bestand von Seiten des Landesarchivs NRW aus Herrn Dr. Kahnert (Leiter des Technischen Zentrums), Herrn Dr. Stumpf (TZ, Leiter des Dezernats Bestandserhaltung), Herrn Christian Wortmann (TZ, IT-Administrator), Herrn Matthias Frankestein (TZ, Leitender Restaurator) und Frau Dördelmann (Staatsarchiv Münster, Archivarin), dem verantwortlichen Projektleiter des Vermieters und den

Fachplanern der beauftragten Architekten- und Ingenieurbüros.

Insgesamt fanden 49 Planungsbesprechungen (in der Regel im zweiwöchentlichen Turnus), davon vier unter Beteiligung des Präsidenten des Landesarchivs, Herrn Prof. Dr. Reininghaus, und Vertretern des Ministeriums für Städtebau, Wohnen, Kultur und Sport statt.

## Die Gebäudestruktur

Das Gebäude ist 59 m lang, 12,60 m breit und 21 m hoch. Die Statik ist extrem stabil, da das Gebäude von einem Stahlbetonskelett – durch von Geschoss zu Geschoss sich verjüngende, tragende Säulen – getragen wird.

Im UG beträgt der Säulendurchmesser 75 cm und im DG 25 cm. Das Dach besteht ebenfalls aus Beton. Das Gebäude ruht in einer extrem dichten Betonwanne, welche das Eindringen von Wasser durch das Erdreich ins UG verhindert.

Die Belastbarkeit der Geschossböden ist ausgelegt auf  $20 \text{ kn/m}^2 = 2 \text{ Tonnen Last/m}^2$ . Im Mietvertrag wurden zwar nur  $7,5 \text{ kn/m}^2$  garantiert, jedoch konnten für schwere Lasten insbesondere in der Restaurierungswerkstatt im EG durch zusätzliche Bodenaufbauten die Belastbarkeit auf  $1 \text{ Tonne/m}^2$  erhöht werden.

## Aufteilung des Gebäudes

Das LAV entschied sich für folgende Aufteilung des Gebäudes in die unterschiedlichen Funktionsbereiche:

### 7 Etagen

- DG TZ (Technisches Zentrum) Leitung, Verwaltung, Besprechungs- und Schulungsräume
- 4. OG STAMS (Staatsarchiv Münster) Magazin
- 3. OG STAMS Magazin
- 2. OG STAMS Büro und Magazin
- 1. OG TZ Digitalisierung, Sicherungsverfilmung und IT-Zentrale
- EG Restaurierung
- UG Restaurierung

Die Nutzfläche beträgt insgesamt  $4.701,5 \text{ m}^2$ . Für die Restaurierung fiel die Wahl auf die Etagen EG und UG mit insgesamt  $1.600 \text{ m}^2$ . Für diese Entscheidung sprachen neben der ebenerdigen Anbindung vor allem die größere Nutzfläche/Lagerfläche im UG sowie die Raumhöhe von 3 m im EG.

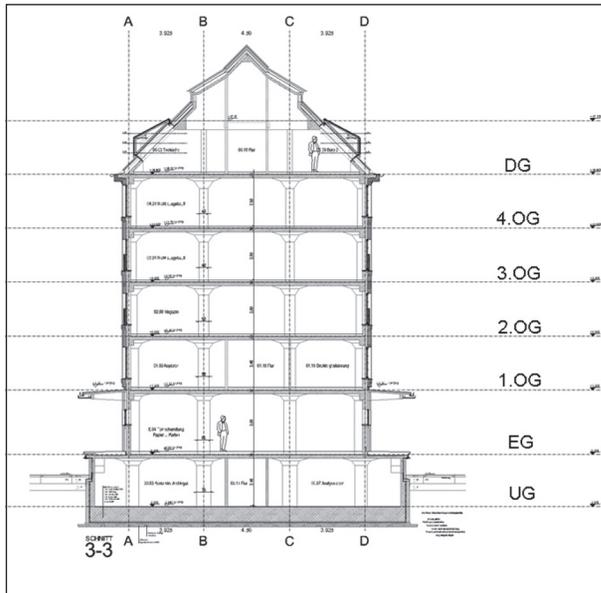


Abb. 3: Gebäudeschnitt

## Die räumlichen Zuschnitte der Restaurierungswerkstatt

### Untergeschoss

- **U.05 Magazin (285 m<sup>2</sup>):** Bei der Aufteilung der Räume und deren Zuschnitte in der Restaurierung, flossen konzeptionelle Grundlagen aus den Gutachten, dem Bestandserhaltungskonzept und den daraus resultierenden wahrzunehmenden Aufgaben einer Zentralwerkstatt ein. Der Schwerpunkt lag und liegt eindeutig auf der Mengenbehandlung von Papier in Form von Aktenschriftgut. Hieraus ergab sich für die Planung, dass ein gro-

ßes zentrales und klimatisiertes Magazin und Materiallager im UG (Abb. 4, Grundriss UG) angesiedelt wurde, welches Archivgut auf mobilen Regalen (Etagenwagen) für die Konservierung und Restaurierung, Digitalisierung und Verfilmung aufnehmen kann. Neben dem „normalen“, in Archivkarton lagernden Schriftgut sollte die Möglichkeit der Lagerung großformatiger Papierobjekte in planliegender oder gerollter Form gegeben sein.

- **Technikräume U.06, U.07 und U.08:** Im Untergeschoss wurde sämtliche zentrale Versorgungstechnik eingeplant. Die zu erwartende hohe Geräuschentwicklung der Maschinen sollte möglichst fern der eigentlichen Arbeitsräume liegen. In den einzelnen Räumen wurden folgende Anlagen zugeordnet:
  - U.06 (71 m<sup>2</sup>) Zentrale Wasseraufbereitung (Umkehrosmose + Anreicherung), Zentraler Druckluftkompressor, Zentrale Lüftungsanlage
  - U.07 (22 m<sup>2</sup>) Heizungsanlage
  - U.08 (20 m<sup>2</sup>) Zentrale Staubabsaugung
- **U.09 (29 m<sup>2</sup>) AnalySELabor und Filmentwicklung:** Raum für kleine Untersuchungsreihen zur Qualitätssicherung und Verfahrensoptimierung sowie zur Entwicklung des analogen Filmmaterials aus der Sicherungsverfilmung.
- **U.10 (28 m<sup>2</sup>) Zentrales Chemikalienlager:** Ein mit einer Bodenwanne ausgebildeter Raum zur Lagerung von Gefahrstoffen.
- **U.11 (28 m<sup>2</sup>) Technikschaft:** Dieser Schacht zieht sich bis in das 4.OG und versorgt ähnlich wie U.06 alle Etagen mit Raumlufttechnik und Elektrik.

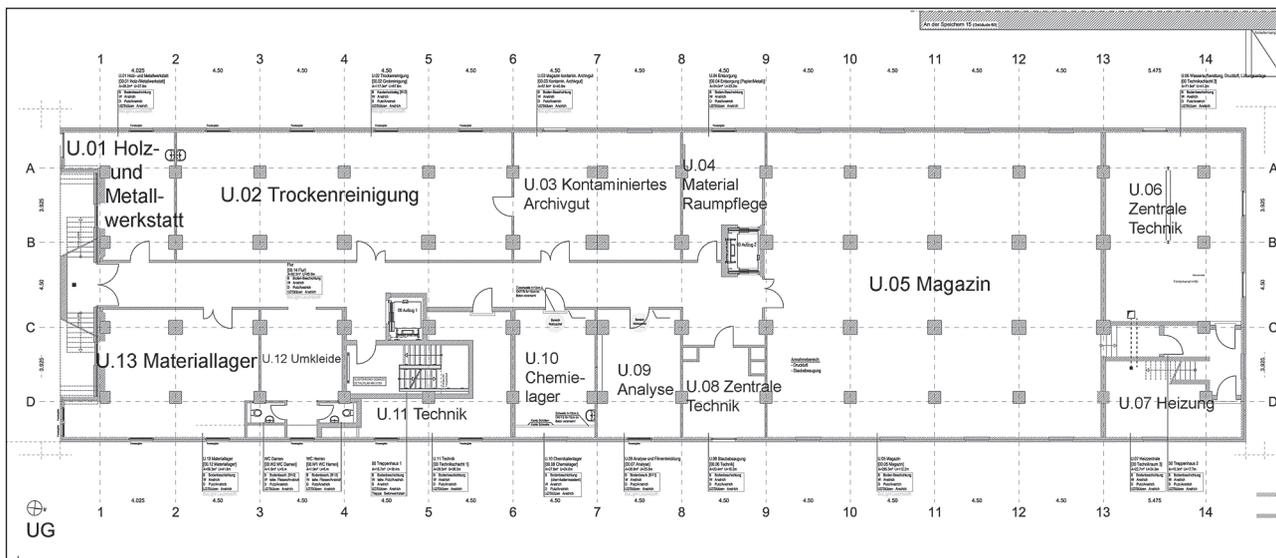


Abb. 4: Grundriss UG

- **U.04 (24 m<sup>2</sup>) Entsorgung und Raumpflegebedarf**
- **U.03 (57 m<sup>2</sup>) Magazin für kontaminiertes Archivgut:** Für die Lagerung schimmelpilzkontaminierter Bestände wurde ein eigenes kleineres Magazin mit direkter Anbindung an die Trockenreinigung geplant.
- **U.02 (117 m<sup>2</sup>) Trockenreinigung:** Nicht weit entfernt von den beiden Magazinen wurde ein großer Raum zur Oberflächen- bzw. Trockenreinigung vorgesehen. Aus der Tatsache, dass die Reinigung von Archivgut eine wichtige konservatorische Maßnahme darstellt und sie aus den Erfahrungen der Restauratoren der Staatsarchive an fast allen Beständen in erheblichem Maße anfallen würde, ergab sich, diesen Bereich großzügig für mehrere Arbeitsplätze zu planen.
- **U.12 (22 m<sup>2</sup>) Spindzone + WC's:** Unmittelbar gegenüber der Trockenreinigung bot sich die Ansiedelung einer eigens für diesen Bereich vorgesehene Spindzone an. Die Arbeitsmäntel der Trockenreinigung sollten nicht mit denen der weitgehend staubarmen Restaurierungsbereiche zusammenhängen.
- **U.13 (56 m<sup>2</sup>) Materiallager:** Neben U.05 sollte weitere Fläche für Materialien und eine Schneidemaschine für Bogenzuschneite vorgehalten werden.
- **U.01 (28 m<sup>2</sup>) Holz- und Metallwerkstatt:** Buchholzdeckel- und Metallschließenbearbeitung sowie andere im Werkstattbetrieb anfallenden Reparatur- und Montagearbeiten sollten hier zur Anwendung kommen.

#### Erdgeschoss

- **E.06 (184 m<sup>2</sup>) Nassbehandlung:** Einen weiteren wichtigen Schwerpunkt der konservatorischen Papierbehandlung stellt die Nassbehandlung dar. Deshalb musste hier besonders vor dem Hintergrund der Mengenbewältigung eine große Fläche mit Platz für verschiedenste Befeuchtungs-, Wässerungs- und Ergänzungsmaschinerie gezeichnet werden.
- **E.07 (36 m<sup>2</sup>) + E.08 (32 m<sup>2</sup>) Trockenräume:** Trocknung von Hilfsmaterialien und Archivmaterial nach der Nassbehandlung.
- **E.05 (18 m<sup>2</sup>) Anlieferung:** Die Möglichkeit der Anlieferung von Archivgut und Materialien mit LKW und PKW wurde über die bereits vorhandene Rampe sichergestellt. Dem Anlieferungsraum wurde ein

Aufzug (Grundfläche 1,10 m × 1,80 m) zur Beförderung zwischen den Etagen angegliedert.

- **E.04 (121 m<sup>2</sup>) Trockenbehandlung Papier:** Hier sollte Platz für 8 Arbeitstische zur Weiterbearbeitung nach der Nassbehandlung sowie für sonstige Restaurierungsarbeiten ohne den Einsatz von größerer Menge Feuchtigkeit, welche sich auf das Raumklima auswirken könnte, gegeben sein.
- **E.03 (21 m<sup>2</sup>) Büro:** Büro des leitenden Restaurators
- **E.09 (13 m<sup>2</sup>) Technik:** Neben den bereits erwähnten Installationen des Versorgungsschachtes wurde hier die Steuerung der Einbruchmeldeanlage eingeplant.
- **E.02 (21 m<sup>2</sup>) Arbeitsdokumentation:** Ein weiteres Büro zur Dokumentation mit Fachbibliothek.
- **E.01 (98 m<sup>2</sup>) Einband- und Urkundenrestaurierung:** Für die Objektgruppen Einbände und Pergamenturkunden sowie auch in der Zentralen Werkstatt vorgesehenen Einzelrestaurierungen haben wir diesen an der Südseite des Gebäudes gelegenen Raum eingeplant.

#### Das Raumbuch mit Nutzerbedarfsprogramm

Das Raumbuch wurde immer in direkter Absprache mit dem Mieter für jeden Raum erstellt und während der Bauphase mehrfach modifiziert und angepasst. Inhaltlich sind im Raumbuch folgende Angaben zu finden:

*Beispiel: E.06 Nassbehandlung, Stand Februar 2005*

##### Hochbau

- Raumhöhe: i. L. 3,00 m
- Geschoss: EG
- Raumfläche: ca. 184,6 m<sup>2</sup>
- Raummfang: 76,6 m
- Boden – Bodenbeschichtung auf Zementestrich [R11] Abdichtung
- Wand – Mauerwerk vorhanden bzw. KSV neu
- Anstrich weiß Stützen + Unterzüge mit sichtbarer Betonstruktur, weiß gestrichen
- Decke – Stahlbeton Putz, weiß gestrichen
- Außentüren – Aluminium innen RAL 9010, außen RAL 9007
- Fenster – innen RAL 9010, außen RAL 9007/RAL 9010 HPL beschichtet, farbig
- Innentüren – Stahlzarge – Vollspantür – T30 RS > Türen mit Motorantrieb

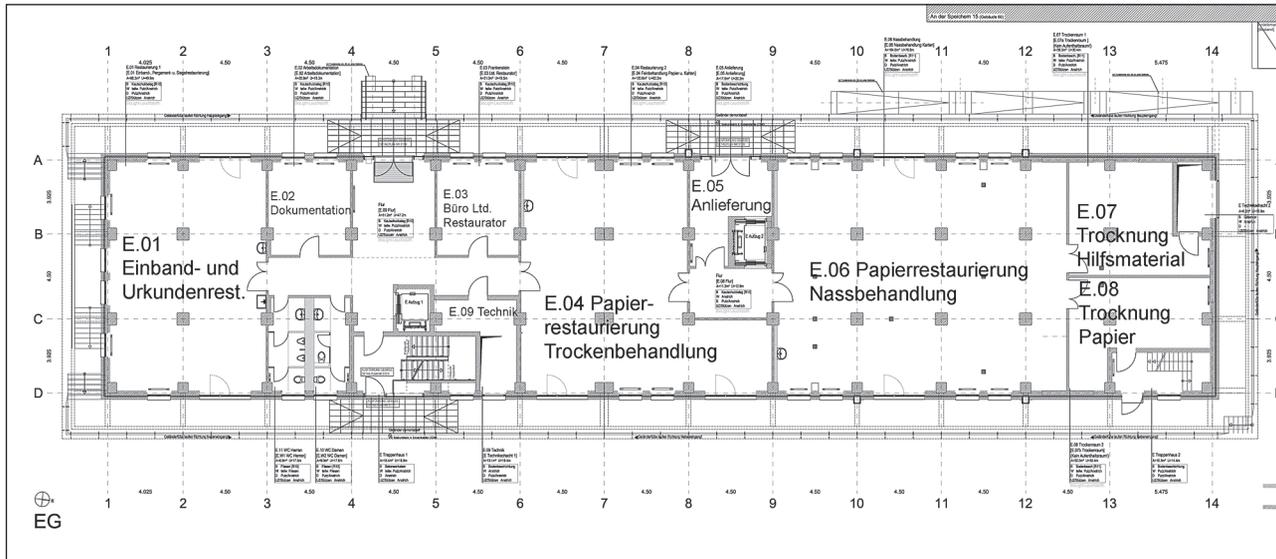


Abb. 5: Grundriss EG

## Technische Gebäudeausrüstung

- Heizung – Sollwert = 20 °C Heizkörper
- Lüftung/Klima Zentrale Be- und Entlüftung, ggf. Be- und Entfeuchtung dezentral, Digestorium und Lösemittelschrank, 2 × zentrale Staubabsaugung, 4 × Unterdruck
- Sanitär Laborbecken 700×900 mm TW kalt + warm, Handwaschbecken TW kalt + warm, demineralisiertes Wasser, angereichertes Wasser, 2 × Druckluft, 3 × Bodenablauf, Notdusche
- Elektro – 10 Steckdosen 230 V, E-Würfel mit Drehstrom 400 V, Beleuchtung nach DIN (UV-gefiltert) mit FR-Lichtband freistr.
- Nachrichtentechnik – 4 × EDV/Tel, 4 × Rauchmelder, 4 × Bew.-Melder, 1 × Alarmgeber

Die Geräteausstattungsplanung in E.06 gestaltete sich wie folgt und war ebenfalls Grundlage zur Erweiterung des Raumbuches.

1. 1 Langsiebanfaserungsmaschine mit Sogtisch (Fa. Per M. Laursen)
2. 2 hydraulische Pressen, Pressfläche 50 × 70 cm (Fa. SPLEK)
3. 1 Schlagpresse, Pressfläche 50 × 70 cm (Fa. Schimanek)
4. 1 Nassbehandlungssystem NBS (Fa. ZFB) mit drei Wässerungsbecken, Be- und Entladetisch sowie Stellplatz für Trockengestelle mit Siebtaschen
5. 1 Wässerungsbecken für Großformate mit Laborabzugshaube, 2 × 2 m
6. 3 Wässerungsbecken mit Laborabzug, 1 × 1,20 m
7. 2 Wässerungsbecken ohne Laborabzug, 1 × 1,20 m
8. 1 Einzelanfaserungsgerät, Arbeitsareal 0,9 × 1,2 m
9. 1 Sogtisch, Arbeitsareal 1 × 1,50 m

10. 1 Hydraulische Presse, 1,20 × 1,50 m
11. 1 Digestorium
12. Platz für mobile Arbeitstische sowie Etagenwagen zur Materialbereitstellung
13. 1 PC mit Monitor

Nachdem die Ausstattung und die damit verbundenen Tätigkeiten weitgehend durchdacht waren, mussten die Anschlüsse an den Geräten definiert und deren Anordnung im Raum festgelegt werden. In Abhängigkeit von den Wässerungsarbeiten wurde die Zentrale Wasseraufbereitungsanlage im UG mit einem 1500 Liter Tank für demineralisiertes Wasser und einem 1000 Liter Tank für das wahlweise mit Magnesium und oder Kalzium angereicherte Wasser dimensioniert. Entnahmestellen wurden für Leitungswasser kalt, Leitungswasser warm, demineralisiertes und angereichertes Wasser an allen Wässerungsbecken sowie in den Digestorien im UG und EG gezeichnet.

Weitere zentrale Medien wie Druckluft, Staubabsaugung, Strom 230 V, Strom 380 V, Netzwerkanalysen für Telefon/PC mussten präzise in die Grundrisse eingepflegt werden.

Für die Einzeichnung war es nicht nötig, eine originär für Architekten entwickelte Software zu verwenden. Mithilfe einer gängigen Bildbearbeitungssoftware wurden einzelne Geräte oder Anschlüsse in die Architektenpläne integriert und auf dieser Basis von den Fachplanern umgesetzt.

Mit den regelmäßigen Planungsbesprechungen war, sofern signifikante Fortschritte am Bau sichtbar waren, immer eine Baubegehung verbunden. Die Gelegenheit – wie für einen Restaurator selbstverständlich – habe ich genutzt, um eine umfangreiche Fotodokumentation der Umbau- und Installationsarbeiten anzulegen.

Die Zusammenarbeit mit dem Vermieter sowie den Ingenieuren, Architekten und Handwerkern war enorm lehrreich und hat zu einem für uns idealen Arbeitsplatz mit einem fundierten Nutzungskonzept geführt. An dieser Stelle betone ich gerne, dass die frühzeitige Einbindung des Nutzers mit all seinen technischen Vorstellungen unerlässlich ist.

Die Bauphase wurde mit der Schlüsselübergabe am 01.12.2005 beendet. Damit hielt die WLV den bereits 2004 aufgestellten Projektplan mit den ineinander verschachtelten Arbeiten der verschiedenen Gewerke exakt ein.



Abb. 6: Außenansicht TZ

### Beschaffungsvorgänge und Investitionen

Für die Bereiche Zentrale Restaurierung und Schutzdigitalisierung wurden von Seiten des LAV insgesamt 1,7 Millionen Euro investiert. Davon fielen 1,25 Millionen Euro auf die Einrichtung der Restaurierungswerkstatt und 450.000 Euro auf die Digitalisierungswerkstatt.

Parallel zur Umbauplanung fielen umfangreiche Verwaltungsaufgaben im Bereich Beschaffungen an. Viele Einsparungen konnten aufgrund gebündelter Ausschreibungen erzielt werden. Für die Ausstattung der Restaurierungsbereiche mussten eine öffentliche (< 50.000 €), 7 beschränkte (10.000–50.000 €) und über 60 freihändige Vergaben mit Beschaffungsvermerk, Angebotsauswertung, Auftragserteilung und Vergabevermerk abgewickelt werden. Glücklicherweise konnte bei einigen Geräten aufgrund ihrer Alleinstellungsmerkmale auf dem Markt – trotz ihres hohen Anschaffungspreises – auf einen Teil der sehr zeitintensiven und formalisierten Vergabearbeit verzichtet werden.

### Einrichtungsphase und Start der Konservierungsarbeiten am Pilotbestand

Im Dezember 2005 beschäftigten wir uns fast ausschließlich mit dem Einbringen sowie dem Aufstellen sämtlicher Maschinen, Geräte und Mobiliar. Da

die meisten Kolleginnen und Kollegen auch zum 01.12.2005 ihre Arbeit im Technischen Zentrum aufnahmen, konnten wir gemeinsam die Räume anhand der Pläne befüllen und gestalten. Den damals noch teilweise berufsfremden Restaurierungsassistentinnen/en bot diese Arbeit einen idealen Einstieg in die Materie mit funktionaler Zuordnung der einzelnen Bereiche. Die Planbarkeit der Anlieferungen und somit auch des Personaleinsatzes gestaltete sich jedoch schwierig, da sich die Lieferanten nur schwer auf feste Anlieferungstage geschweige denn Zeiten festlegen ließen. So kam es mehrfach vor, dass die LKW's Wartezeiten in Kauf nehmen mussten, denn der Flaschenhals war die Anlieferungsrampe. Vor dem Hintergrund des alljährlich wiederkehrenden Haushaltsjahresabschlusses im Dezember und der Verausgabung der Mittel für die Erstausrüstung wäre ein Einzug zur Mitte des Jahres sicher zielführend gewesen.

Parallel zu den Aufbauarbeiten konnte mit den ersten Trockenreinigungsarbeiten am Pilotbestand aus dem Hauptstaatsarchiv Düsseldorf begonnen werden. Es folgten zahlreiche Einweisungen in die verschiedenen Arbeiten.

### Aufgaben der Zentralen Restaurierungswerkstatt

Aus den im Vorfeld des Baus eines Technischen Zentrums erstellten Konzepten ergeben sich folgende Schwerpunkte für die Zentralwerkstatt.

- Die Schadenserhebungen mit Priorisierungen und Kartierungen der Bestände des LAV in den Staatsarchiven
- Bündelung von Schadensbildern bzw. Archivalienarten zur gezielten Auslastung der Maschinen und Geräte
- Transport und Logistik von den Staatsarchiven zum TZ
- Planmäßige Konservierung und Restaurierung ganzer Bestände
- Rücktransporte und sachgerechte Einbringung in die Magazine

### Leistungsspektrum

Die Restaurierungswerkstatt ist aufgrund ihrer personellen und technischen Ausstattung nun in der Lage folgende Objektgruppen zu konservieren:

- Akten
- Pergamenturkunden- und Siegel
- Buchblock- und Einbände inkl. Holz- und Metallarbeiten
- Großformate wie Karten und Pläne

Die Massenentsäuerung wird weiterhin an Dienstleister vergeben. Jedoch ist die Vor- und Nachbereitung

der zu entsäuernden Bestände sowie die Wahl des geeigneten Entsäuerungsverfahrens ebenfalls Aufgabe des Technischen Zentrums.

## Organisation und Personal

Die personelle Umstrukturierung innerhalb des LAV hatte zur Folge, dass die bereits bestehenden Restaurierungswerkstätten in Detmold, Münster und Düsseldorf auf zwei Stellen (eine gehobener Dienst, eine mittlerer Dienst) reduziert wurden. Da in Düsseldorf und Münster mehr als zwei Stellen existierten, wurden die Kolleginnen und Kollegen organisatorisch zum Technischen Zentrum umgesetzt. Das im Jahr 2005 zuständige Ministerium für Städtebau, Wohnen, Kultur und Sport hatte den 6 Kolleginnen aus Düsseldorf eine Standortgarantie zugesichert, so dass seither eine Zweigstelle der Zentralwerkstatt im Hauptstaatsarchiv Düsseldorf existiert.

In Münster besteht das Team aus 8 Restaurierungsassistentinnen und -assistenten, einer Restauratorin, einer Praktikantin und mir als Werkstattleiter. Für das im November 2006 gestartete Projekt „Landesinitiative Substanzerhalt“ arbeiten ein Restaurator und 8 Projektmitarbeiterinnen und -mitarbeiter an der Vor- und Nachbereitung von Entsäuerungsarbeiten. Daraus ergibt sich zurzeit eine Gesamtmitarbeiterzahl in der Zentralen Werkstatt von 26 Personen.

Die Münsteraner Restaurierungsassistentinnen und -assistenten bilden 4 Zweierteams in der Papierrestaurierung für folgende arbeitsteilige Verfahren:

1. Trockenreinigung / Folierung / Sortierung nach Behandlungsmethoden
2. Nassbehandlung – Wässerung und Feuchteinbettung
3. Nassbehandlung – Einzel- und Langsiebanfaserung
4. Nachbehandlung wie Schneiden überstehender Ergänzungen / Sortierung Kollationierung / konservatorische Endverpackung

Eine Rotation innerhalb der Arbeitsbereiche im zweiwöchentlichen Turnus hat sich angesichts der doch teilweise eintönigen Prozesse wie z. B. Trockenreinigung an der Sicherheitswerkbank als sehr hilfreich erwiesen. Die beiden Restauratoren sind mit Entwicklung, Vorgabenentwicklung und Einweisung in die Methoden sowie Kontrolle derselben beschäftigt. Die Ausführung komplizierter Einzelrestaurierungen innerhalb größerer Aufträge, Objektbetreuung bei Ausstellungen des Landesarchivs und die Anleitung der Jahrespraktikantinnen und -praktikanten obliegen ebenfalls den Restauratoren.

Ebenso ist der restauratorische Sachverstand bei der Entwicklung übergreifender Bestandserhaltungskonzepte in Zusammenarbeit mit dem Dezernatslei-

ter oft gefragt. Ein intensiver Austausch zwischen Restauratoren und Archivaren ist durch Besuche in den Häusern sowie bei abteilungsübergreifenden Dienstbesprechungen gegeben und hat für alle Seiten positive Effekte. Die räumliche Trennung eines großen Bereichs für die Erhaltung von Archivgut zu den Archiven selbst hat sich bisher nicht als Nachteil herausgestellt.

## Bilanz 2006

Trotz der Pilotphase mit zahlreichen Einweisungen für die Kolleginnen und Kollegen ohne originäre Ausbildung im Restaurierungsbereich haben die bereits im Jahr 2006 erbrachten Leistungen die Effizienz einer Zentralwerkstatt belegt. Der Schwerpunkt musste und wird künftig angesichts der Mengen der zu behandelnden Bestände immer auf der Konservierung liegen.

Konservatorisch behandelt / konserviert / restauriert	Archivkartons	Lfd.m.
Akten / Bücher / Urkunden SK 1–3	370	41
Akten / Bücher / Urkunden SK 4	1.708	182
Kahnakten (25.541 Einzelblätter)		
<b>Schadenskartiert</b>	6.498	722

SK = Schadensklasse

Für Fragen zur Planung und Ausstattung besonders der hier nicht erwähnten Werkstattbereiche sowie zur Konzeption stehe ich bei Interesse gerne zur Verfügung.

Danken für die Unterstützung während der Planungsphase möchte ich insbesondere für die zahlreichen Anregungen der Kolleginnen und Kollegen aus den besuchten Restaurierungswerkstätten:

- Landesarchiv Niedersachsen, Bückeburg
- Landesarchiv Baden-Württemberg, Institut für Erhaltung von Archiv- und Bibliotheksgut Ludwigsburg
- LWL-Archivamt für Westfalen, Münster
- Werkstatt für Buch und Papierrestaurierung Raum, Römerstein
- ZFB Zentrum für Bucherhaltung, Leipzig
- Stadtarchiv Dortmund
- SLUB Sächsische Landes- und Universitätsbibliothek, Dresden
- HAB Herzog-August-Bibliothek, Wolfenbüttel
- Per Laursen, Humlebaeck (DK)

## Anmerkungen

- 1 Vgl. zum Folgenden [www.speicherstadt-muenster.de](http://www.speicherstadt-muenster.de).
- 2 Quelle: [www.speicherstadt-muenster.de](http://www.speicherstadt-muenster.de).



# Das wässrige Konservierungsverfahren der Neschen AG – Eine Kurzbeschreibung

von Volker Hingst

Seit mehreren Jahrzehnten gibt es unterschiedliche Lösungsansätze im Bereich Massenentsäuerung: z.B. liegt der Ursprung des „Bückerger Konservierungsverfahrens“ bereits im Jahre 1978, als sich das Staatsarchiv Bückeburg unter Wilfried Feindt erstmals mit dieser Problematik beschäftigte.

Das wässrige Konservierungsverfahren der Neschen AG ist für die Erhaltung von Bibliotheks- und Archivgut der letzten 150 Jahre ein wichtiger Faktor geworden. Es vereint Umweltfreundlichkeit und den Verzicht auf schädliche Lösungsmittel mit hervorragenden Ergebnissen und bietet als einziges maschinelles Verfahren eine Papierverfestigung mittels Methylcellulose.

## Inhaltsstoffe

Zur Fixierung: Rewin® und Mesitol®  
 Zur Entsäuerung: Magnesiumhydrogencarbonat  
 Zur Verfestigung: Methylcellulose  
 Als Medium: Reinwasser, erzeugt durch ein Revers-Osmose-Verfahren

## Resultate

Die Schreibstoffe und Stempelfarben werden fixiert, die Papiere werden entsäuert und mit einer alkalischen Reserve versehen und durch die Nachleimung zusätzlich gefestigt.

Die Behandlung von Dokumenten nach dem „Bückerger Verfahren“ hat folgende Ergebnisse:

1. Anhebung des pH-Wertes auf mindestens 7,5 und höchstens 9,2<sup>1</sup>
2. Einbringung einer alkalischen Reserve von bis zu 2 % CaCO<sub>3</sub>/kg
3. Verfestigung von 90 % der Papiere<sup>2</sup>

## Maschinentechnik

In einem Zeitraum von über 10 Jahren hat die Neschen AG auf der Grundlage des Prototyps aus dem Niedersächsischen Staatsarchiv sieben weitere Maschinentypen entwickelt. Die neueste Maschine ist die CoMa<sup>3</sup> 5, welche ab August 2007 in Pulheim/Brauweiler aufgebaut wird. In die gesamte Entwicklung wurden über drei Millionen Euro investiert. Diese langfristigen und kontinuierlichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten führten zu permanenten Verbesserungen des Verfahrens und der Maschinentechnik:

1. Verringerung der Behandlungsbäder von drei auf eins
2. Verkürzung der Einwirkzeit der Konservierungslösung
3. Noch behutsamerer Umgang mit dem Behandlungsgut
4. Extreme Verkleinerung der Maschinentechnik
5. Kostengünstigere Maschinentechnik

## Entwicklungsstufen der Maschinentechnik seit 1996

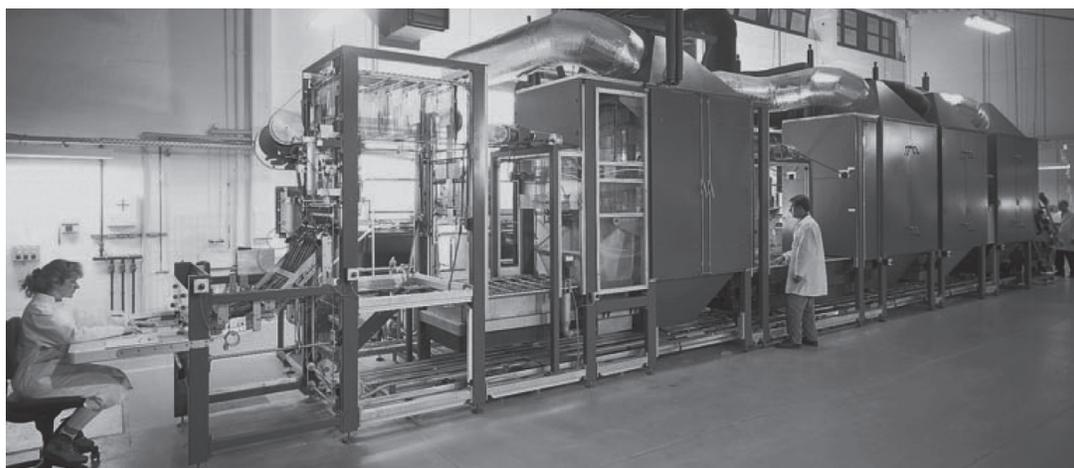


Abb. 1: CoMa 1 (Prototyp des Staatsarchivs Bückeburg) mit Drei-Bad-Prinzip und Rahmenanlage, außer Betrieb



Abb. 2: CoMa 2 (Bückerburg) Zwei-Bad-Prinzip, Transportsystem mit Rahmenanlage, außer Betrieb



Abb. 5: CoMa 4 (Pulheim / Brauweiler) Ein-Bad-Prinzip, Transportsystem mit Stabgliederbändern, in Betrieb seit 2004

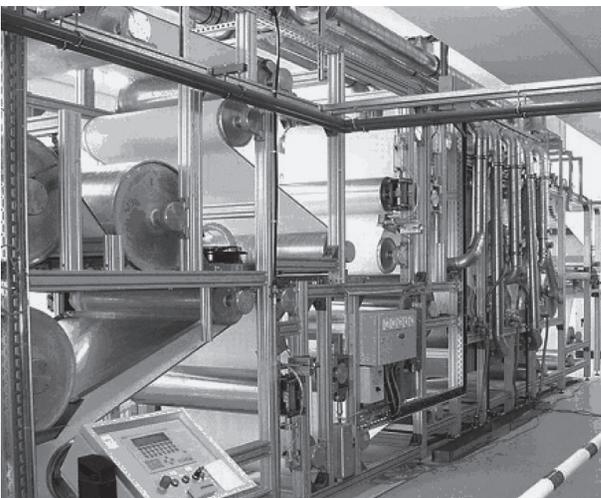


Abb. 3: CoMa 3 (Dahlwitz-Hoppegarten) Ein-Bad-Prinzip, Transportsystem mit Polyester-Sieben, in Betrieb seit 2001



Abb. 6: C 500, Ein-Bad-Prinzip, transportable Kleinanlage für externe Vorführungen mit identischer Technik wie bei der C 900-2, in Betrieb seit 2007 (im Hintergrund eine C 900)



Abb. 4: C 900-2, Ein-Bad-Prinzip, transportable Kompaktanlage, universell aufstellbar, weltweite Vermarktung, Weiterentwicklung der C 900, Verbesserung des Transportsystems und der Trocknungseinheit, C 900 in Betrieb seit 2001

## Arbeitsabläufe des Konservierungsverfahrens

Das „Bückerburger Konservierungsverfahren“ unterteilt sich in verschiedene Arbeitsschritte und Abläufe. Diese werden mit jedem Kunden individuell abgesprochen und in den Behandlungskriterien festgehalten. Allgemein gliedert sich der Ablauf wie folgt:

### Vorarbeiten

1. Auflösung der Bindung
2. Entfernung von Metallteilen (Büroklammern usw.)
3. Trockenreinigung starker Verschmutzungen
4. Sicherung von Kleinteilen und wasserlöslichen Aufklebungen
5. Glättung der Dokumente bei Bedarf für die Folierung



Abb. 7: Vorarbeiten

### Folierung und Selektion

1. Dokumente erhalten eine optisch einheitliche und fortlaufende Nummerierung.
2. Selektion für die unterschiedlichen Behandlungsmethoden:
  - a. Maschinelle Konservierung
  - b. Manuelle Konservierung
  - c. Keine wässrige Konservierung

Aussortiert werden müssen:

- Hadernpapiere
- Papiere ab den 1980er Jahren, die nach der DIN ISO 9706<sup>4</sup> hergestellt wurden
- Sehr dünne Papiere mit einer Grammatur < 20 g/m<sup>2</sup> sind durch die Gewichtszunahme infolge der

Wasseraufnahme bei der maschinellen Entsäuerung gefährdet<sup>5</sup>

- Fotopapiere und fotografische Reproduktionen mit einer Gelatineschicht
- Kunstdruckpapiere/gestrichene Papiere
- Zinkoxidkopien
- Thermokopien
- Cyanotypien/Blaupausen<sup>6</sup>
- Dokumente mit Oblatensiegeln<sup>7</sup>
- Dokumente mit Schimmelpilzbefall

### Maschinelle Konservierung

- Nahezu alle Papiere werden durch die speziell entwickelten Maschinen mit dem „Bückerburger Verfahren“ konserviert
- Die Einschränkung bezieht sich meist auf die maximale Breite der Dokumente

### Manuelle Konservierung

Folgende Fallbeispiele werden manuell konserviert:

- Sehr fragile Dokumente mit stark abgebautem Papier
- Dokumente mit großen Fehlstellen und/oder Rissen, da die mechanischen Schäden beim Maschinendurchlauf verstärkt werden können, wenn sich das Blatt zwischen den Transportbürsten oder im Stabgitterband verfängt
- Dokumente mit Lacksiegeln, weil die Siegel im Maschinendurchlauf beschädigt werden können
- Telegramme mit Telegrammstreifen, da sich die Streifen im wässrigen Medium ablösen können und somit die Information beeinträchtigt werden könnte



Abb. 8: Folierung und Selektion



Abb. 9: Manuelle Konservierung



- Dokumente mit wasserlöslichen Verklebungen (z. B. Fälzelstreifen) die entfernt werden sollen
- Objekte die aus mehr als zwei Blättern zusammengehängt sind und nicht getrennt werden dürfen

Bei der manuellen Konservierung werden die Dokumente einzeln auf Polyester-Siebgeweben<sup>8</sup> in die Lösung eingelegt. Das Siebgewebe dient dabei als Unterstützung und Trennung zwischen den Dokumenten, damit es zur gleichmäßigen Tränkung der Papiere kommt. Die Objekte verbleiben ca. 3,5 Minuten in der Konservierungslösung, also zeitgleich mit dem Maschinendurchlauf.

Sollte es bei kritischen oder stark aufgetragenen Farbstoffen zu einer nicht ausreichenden Fixierung kommen, kann sich der Überschuss/der unfixierte Anteil durch Bewegung der Konservierungsflüssigkeit von der Oberfläche des Dokuments lösen. Dadurch wird ein Verlaufen der Farbstoffe auf dem Papier (die so genannte „Hofbildung“) auf ein Minimum reduziert, optische Beeinträchtigungen sind kaum feststellbar.

Die schichtweise aufeinander gelegten Dokumente werden im Stapel gewendet, so dass die Reihenfolge beim Herausnehmen gewahrt bleibt. Die Dokumente werden mit dem Polyester-Siebgewebe aus der Lösung genommen und auf eine schräggestellte Glasscheibe angelegt. Überschüssige Konservierungslösung wird mit einem Gummirakel von der Oberfläche abgenommen. Mit dem Siebgewebe als Unterstützung wird das Dokument von der Glasscheibe auf einen Löschkarton übertragen. Die Trocknung erfolgt zwischen den Löschkartons über Nacht, sie ist somit wesentlich langsamer und objektschonender als die maschinelle Trocknung.

### Manuelle Restaurierung

In der manuellen Restaurierung werden Risse geschlossen, Fehlstellen ergänzt, rückseitige Kaschie-



Abb. 10: Manuelle Restaurierung

rungen durchgeführt und bei stark beschädigten oder in ihrer Substanz gefährdeten Dokumenten auch eine beidseitige Kaschierung/Einbettung angewendet. In allen Fällen wird ein eventuell vorhandener Textverlust nicht ausgeglichen.

### Verpackung und Kontrolle

Durch die wässrige Konservierungslösung werden die Papierfasern angequollen und flexibler. Eine Volumenzunahme von 3 bis 5 % ist, je nach Papierqualität möglich. Zur Volumenreduzierung und zum Glätten empfiehlt sich das leichte Pressen in einer beheizten Presse nach der Behandlung. Abschließend werden die Unterlagen wieder zusammengeführt, hierbei kontrolliert und archiv- oder bibliotheksgerecht verpackt.



Abb. 11: Verpackung und Kontrolle

### Buchkonservierung

Seit einigen Jahren arbeitet die Neschen AG an der Entwicklung eines Massenentsäuerungsverfahrens mit Verfestigung der Papiere auch für fest gefügte Unterlagen, die im Einzelblattverfahren nur schwer zu behandeln sind. Nach unterschiedlichen Versuchsansätzen im Rahmen dieser Entwicklung ist es dem Labor der Neschen AG 2005 gelungen eine Konservierungsflüssigkeit zu entwickeln. Hierfür wurden bisher ca. 1,7 Millionen Euro investiert und auch zukünftig werden weitere Investitionen notwendig sein.

### Verfahrenstechnik

Die zu entsäuernden Bücher werden auf einem austauschbaren, kreisförmigen Trägersegment an ihrem Rücken befestigt und zur Behandlung vorbereitet, so dass sie am Umfang des Trägers bis zu ca. zehn Zentimeter aufgefächert werden können. Nach dem Einsetzen in den zylindrischen Verfahrensbehäl-

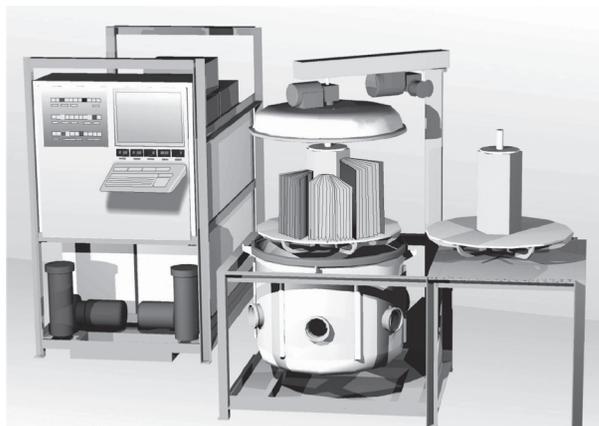


Abb. 12: Technikumsanlage Buchkonservierung, ab Herbst 2007 in Pulheim/Brauweiler

ter wird dieser mit der Entsäuerungs- und Verfestigungslösung geflutet und die geöffneten Bücher unter ruhiger Bewegung sanft angeströmt. So erhält die Behandlungslösung Zugang bis tief in den Buchfalz. Falls erforderlich, kann dem Wirkstoffbad ein Reinigungsbad vorgeschaltet werden, um Staub und andere lose Verunreinigungen schonend zu entfernen. Nach kurzer Einwirkzeit wird die Konservierungslösung in Lagerbehälter zurückgepumpt, und die Bücher werden mit Unterstützung von Vakuum und geringer Wärme getrocknet. In einem hermetisch abgeschlossenen Kreislaufprozess wird die Behandlungslösung zu weiterer Verwendung zurückgewonnen.

Anschließend kann das Trägersegment mit den behandelten Büchern aus der Anlage entnommen und für die nächste Charge mit einem in der Zwischenzeit neu bestückten Träger ausgetauscht werden. Die konservierten Bücher können ohne Nachbehandlung sofort verwendet werden. In einer für Schriftgut bis zu Folioformaten ausgelegten Baugröße wird die in ein Behandlungs- und ein Servicemodul aufgeteilte Anlage mit einem Platzbedarf von ca. sechs Quadratmetern transportabel und für einen mobilen Einsatz geeignet sein.

## Inhaltsstoffe

Zur Entsäuerung: geeignete Alkalisalze  
Zur Verfestigung: Cellulosederivate  
Als Medium: inerte Trägerflüssigkeit

## Resultate

Durch ein neutrales Prüfinstitut (Papiertechnische Stiftung – PTS) wurden für das neu entwickelte Konservierungsverfahren folgende Ergebnisse der Behandlung ermittelt:

Parameter	unbehandelt	behandelt
ph-Wert	5,1	9,2
Alkalireserve in Mol/kg	0,0	0,65
Alkalireserve in CaCO <sub>3</sub> /kg	0,0	3,2 %

Tab. 1: Behandlungsergebnisse der Buchkonservierungsanlage

## Anmerkungen

- 1 Vereinzelt können Papiere, die besonders flüssigkeitsabweisend sind, einen pH-Wert zwischen 7 und 7,5 aufweisen.
- 2 Die Nachleimung mit Methylcellulose stabilisiert die Papiere und macht sie gebrauchsfähiger. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass noch intakte Papierfasern allerdings kaum eine Zunahme der Festigkeit erfahren und vollständig brüchige Fasern auch nur geringfügig verstärkt werden können.
- 3 CoMa ist eine Abkürzung und steht für Konservierungsmaschine.
- 4 Diese Norm für die Herstellung alterungsbeständiger Papiere beinhaltet u. a.: die Verwendung von reinem Zellstoff, ohne Lignin, neutraler Masseleimung und Einbringung einer alkalischen Reserve.
- 5 Die Kapillarkraft des Wassers lässt diese Papiere im nassen Zustand an den Stabgeflechtbändern haften, wodurch es zu einer mechanischen Beschädigung des Blattes bei der Übergabe durch die Bürstenwalzen kommen kann.
- 6 Diese sollten nicht mit alkalischen Medien in Kontakt kommen, da es zu einem Farbumschlag von Blau nach Braun und/oder einem Ausbleichen des Farbstoffs kommen kann.
- 7 Papierabdeckung mit Stempel/Prägung auf Siegelmasse.
- 8 Verwendet werden Scrynelle mit einer Maschenweite von ca. 300 µm.



# Erste Erfahrungen mit dem Projekt Massenentsäuerung von Archivgut

von Christel Stockmann

Der säurebedingte Papierzerfall ist in der Fachwelt ein schon seit Jahren bekanntes Problem, über das vielfältig und ausführlich diskutiert wurde. Wohl in jedem Archiv liegen zahlreiche Bestände vor, deren Papiere herstellungsbedingt durch einen hohen Anteil an Holzschliff sowie durch die rationelle Harz-Alaun Leimung massiv in Ihrer Substanz gefährdet sind. Mit dem Projekt „Landesinitiative Substanzerhalt NRW“, welches durch die Kooperationspartner Land Nordrhein-Westfalen, Landschaftsverband Westfalen-Lippe und Landschaftsverband Rheinland gesteuert wird, soll nun eine groß angelegte Entsäuerung von vorwiegend kommunalem Archivgut in Angriff genommen werden.

## Das Projekt

Der Grundgedanke der Initiative besteht darin, die Archive für das Problem des säurebedingten Papierzerfalls zu sensibilisieren und diese auch über das Projekt hinaus zu weiteren Entsäuerungsmaßnahmen in Eigeninitiative anzuregen. Über einen Zeitraum von 5 Jahren werden dafür jährlich 1 Mio. Euro an Landesmitteln zur Verfügung gestellt. Über diese Mittel wird in erster Linie die 70%ige Förderung der Entsäuerungskosten der teilnehmenden nichtstaatlichen Archive finanziert. Dadurch besteht für diese Archive die Chance, gefährdete Bestände zu einem hochgradig fremdfinanzierten Teil entsäuern zu lassen. Im Weiteren werden von den Landesmitteln Personal- und Materialkosten, Investitionskosten sowie Transportkosten getragen.

## Entsäuerungsverfahren

Bei dem Entsäuerungsverfahren, das im Rahmen der Landesinitiative ausgewählt wurde, handelt es sich um das Bückeburger Konservierungsverfahren der Neschen AG (Abb. 1). Ausschlaggebend für diese Wahl war die Tatsache, dass das Bückeburger Verfahren als einziges Verfahren zusätzlich zu der Neutralisierung vorhandener Säure und dem Einbringen einer alkalischen Reserve auch die Nachleimung und somit eine Papierfestigung gewährleistet. Zudem bringt es den Vorteil mit sich, dass durch das wässrige Milieu Säuren und Abbauprodukte in gewissem Maße aus-



Abb. 1: Konservierungsmaschine „CoMa 4“ der Neschen AG

gewaschen werden und sich die Papierfasern durch das Anquellen regenerieren.<sup>1</sup>

Die Konservierungslösung des Bückeburger Verfahrens enthält neben Wasser als Medium die zwei ionischen Tenside Mesityl NBS und Rewin EL, die der Fixierung von Beschreibstoffen dienen. Die Neutralisierung und das Einbringen der alkalischen Reserve erfolgt durch den Einsatz von Magnesiumhydrogencarbonat, die Nachleimung der Papiere wird durch die Zugabe von Methylcellulose erreicht.

Die Neschen AG garantiert, dass die Papiere nach erfolgter Entsäuerungsbehandlung pH-Werte im alkalischen Bereich zwischen pH 7 und pH 9,2 aufweisen sowie eine alkalische Reserve von bis zu 2 % umgerechnet in  $\text{CaCO}_3/\text{kg}$ .<sup>2</sup>

## Projektorganisation

Die organisatorische Durchführung der Landesinitiative wird in Westfalen-Lippe sowie im Rheinland durch die jeweiligen Landschaftsverbände übernommen. Dazu wurden Vorbereitungszentren eingerichtet,

in denen die für die maschinelle Entsäuerung nötige Vorbereitung des Archivguts durch Projektmitarbeiter aus dem Kreis der Arbeitslosengeld II- Empfänger geleistet wird. In so genannten Bypasszentren werden neben der Vorbereitung außerdem nachbereitende Arbeiten durch Restauratoren vorgenommen.

Für den Landesteil Westfalen befindet sich die zentrale Vor- und Nachbereitungsstelle im LWL-Archivamt für Westfalen in Münster. Dort wurden seit Oktober 2006 eigens für die Initiative 5 Restauratorinnen und 10 Projektmitarbeiter eingestellt. Weitere 19 Projektmitarbeiter sind dezentral in verschiedenen Archiven in Westfalen-Lippe zur Vorbereitung der Akten eingesetzt. Zentrale Aufgabe der Restauratorinnen besteht darin, interessierte Archive bei der Auswahl der zu entsäuernden Bestände zu beraten, sämtliche Transporte der Archivalien zu übernehmen und die Projektmitarbeiter sowohl im Archivamt als auch in den dezentralen Vorbereitungszentren bei der Bearbeitung der Akten zu betreuen. Im Weiteren werden die Nachbereitungsarbeiten der Akten sowie die Kontrolle des Entsäuerungserfolges vom Restauratorenteam ausgeführt.

## Ablauf eines Entsäuerungsauftrags

### 1. Auswahl der Bestände

Der erste Schritt, der für den weiteren Ablauf der Entsäuerungsmaßnahme eine entscheidende Rolle spielt, ist die Auswahl eines geeigneten Bestands. Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, dass dieses oftmals nicht gerade einfach ist, müssen doch bestimmte Kriterien erfüllt werden.

Generell lässt sich sagen, dass Archivgut aus dem Zeitraum zwischen der Mitte des 19. Jahrhunderts und den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts für die Entsäuerung in Frage kommt, da diese Papiere in der Regel durch herstellungsbedingte Faktoren<sup>3</sup> stark an Festigkeit und Flexibilität verloren haben. Da es sich bei dem Bückeburger Verfahren um ein Einzelblattverfahren handelt, sind bevorzugt lose Blattsammlungen bzw. Akten, die auf Aktenbügel aufgezogen sind, geeignet. Von der Behandlung klebegebundener bzw. fadengehefteter Bestände wird aus wirtschaftlichen und konservatorischen Gründen weitestgehend abgesehen. Im Weiteren sollten die Bestände einen möglichst geringen Anteil an Bypass<sup>4</sup> beinhalten, um die nachbereitenden Arbeiten in einem vertretbaren Rahmen zu halten.

### 2. Vorbereitungsarbeiten

Ist ein geeigneter Bestand ausgewählt, wird dieser mittels eines für das Projekt geleasten Transporters zu einem der Vorbereitungszentren gebracht. Dort werden die Akten von den Projektmitarbeitern Blatt für Blatt durchgesehen und nach bestimmten, mit



Abb. 2: Projektmitarbeiter bei der Vorbereitung der Akten

dem jeweiligen Archivar abgesprochenen Kriterien bearbeitet.

Die Vorbereitungsarbeiten gehen insofern über die üblichen magazintechnischen Arbeiten hinaus, als dass alle Aufklebungen wie Briefmarken oder Zeitungsausschnitte gesichert werden müssen, um einem eventuellen Verlust während des Maschinendurchlaufs zu verhindern (Abb. 3).<sup>5</sup>



Abb. 3: Sicherung des aufgeklebten Zeitungsausschnittes mit einem kleinen Stückchen Archibond Tissue an der oberen rechten Ecke (Farbabb. s. S. 145)

Für das Einhalten einer konstanten Vorbereitungsqualität hat es sich als sinnvoll erwiesen, dass ein ständiger Ansprechpartner für die Projektmitarbeiter zur Verfügung steht.

Um den Entsäuerungserfolg kontrollieren zu können, wird für jeden Bestand eine repräsentative Anzahl an pH-Werten gemessen sowie eine Fotodokumentation angefertigt, die den Vorzustand von besonders kritischen Beschreibstoffen oder Besonderheiten innerhalb des Bestands nachweist.

### 3. Entsäuerung

Nach der Vorbereitung der Akten werden die Bestände zur Neschen AG nach Brauweiler transportiert, wo zunächst jedes Blatt eine Folierung erhält, die die richtige Reihenfolge der Blätter innerhalb der Akte gewährleistet. Auch wenn sich Archivare oft dafür begeistern können, sämtliche Informationen in der Folierung festzuhalten, sollte zu einer möglichst kurzen Folierung geraten werden, um das Überschreiben von alten Folierungen oder originalem Schriftbild zu vermeiden (Abb. 4).

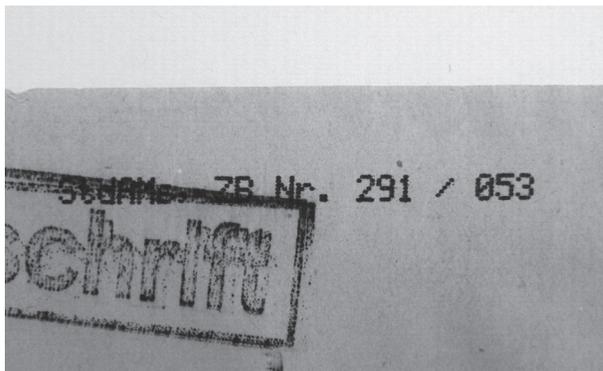


Abb. 4: Folierung, die in einen originalen Stempel gedruckt wurde

Im Zuge der Folierung werden alle die Dokumente aussortiert, die Beschädigungen aufweisen, von zu geringer Grammatur sind oder gegenüber Feuchtigkeit, Alkalien oder Wärme empfindlich reagieren. Diese Blätter – der so genannte Bypass – werden separat an das LWL- Archivamt bzw. an die Bypasszentren im Stadtarchiv Dortmund und im Stadtarchiv Bochum zurückgegeben und manuell behandelt. Alle anderen Dokumente werden maschinell entsäuert und anschließend gepresst, um den Volumenzuwachs, der maßgeblich durch die leichte Wellung der Blätter entsteht, möglichst gering zu halten (Abb. 5).



Abb. 5: Papiere während der maschinellen Entsäuerung in der CoMa 4

### 4. Kontrolle des Entsäuerungserfolgs

In den Bypasszentren wird zunächst kontrolliert, ob die von Neschen garantierten Werte erreicht wurden. Dazu wird an gleicher Stelle wie vor der Entsäuerung der Oberflächen-pH mit einer Glaselektrode ermittelt. Die bisher dokumentierten Werte, die vor der Entsäuerung zwischen pH 3,0 und 5,2 lagen, wurden deutlich angehoben und bewegen sich nach erfolgter Entsäuerung in einem Bereich zwischen pH 7,5 und 9,3. Die Werte variieren dabei in Abhängigkeit von der Papierbeschaffenheit. So weisen Papiere mit stark geheimer, geschlossener Oberfläche niedrigere pH-Werte auf als offenporige, dickere Papiere.

Die Auswertung der Fotodokumentationen zeigte, dass mit gewissen Nebenwirkungen durch das Entsäuerungsverfahren zu rechnen ist. Stark holzschliffhaltige Papiere weisen zum Teil einen veränderten, etwas dunkleren Farbton auf<sup>6</sup>, ein Großteil der Papiere ist auch nach dem Pressen leicht gewellt. Die Fixierung der Beschreibstoffe greift in der Regel gut. Jedoch treten gelegentlich Ausblutungen von kritischen Beschreibstoffen wie Methylenblau oder Farbstoffen verschiedener Kopier- oder Fettstifte auf, die zu einer leichten Hofbildung führen (Abb. 6). Solche möglichen optischen Beeinträchtigungen werden vorab im Gespräch mit den Archivaren bewusst thematisiert und müssen bei einer Entscheidung für die Entsäuerung im Massenverfahren akzeptiert werden.

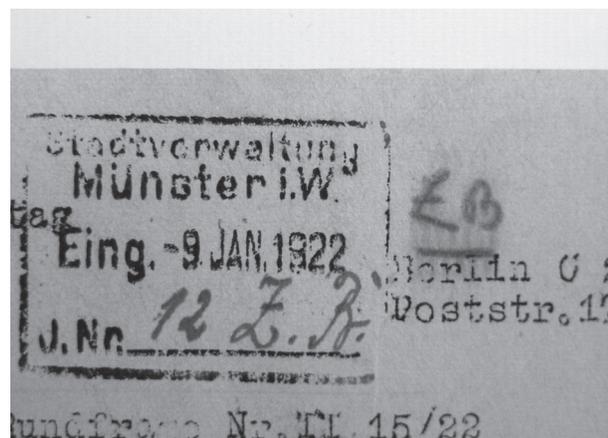


Abb. 6: Leichte Hofbildung um eine ausgelaufene Beschriftung (Farbabb. s. S. 145)

### 5. Nachbereitungsarbeiten

Die Bearbeitung des Bypass besteht in der manuellen Behandlung der bei Neschen aussortierten Dokumente. Im ersten Arbeitsschritt werden alte Selbstklebebänder und Papierverklebungen gelöst, um die Blätter daraufhin im Laborbecken entsäuern zu können. Für den manuellen Entsäuerungsvorgang wird ebenfalls die Bückeburger Konservierungslösung verwendet. Die Blätter werden in die Lösung eingelegt,



Abb. 7: Manuelle Entsäuerung der Bypass-Blätter

verbleiben in dieser – analog zu der Zeitspanne des Maschinendurchlaufs – 3,5 Minuten und werden anschließend beschwert getrocknet (Abb. 7).

Als besonders zeitaufwändig hat sich dabei die manuelle Entsäuerung von Dünndruckpapieren herausgestellt, die aufgrund der geringen Grammatur nicht maschinell entsäuert werden können. Die darauf folgende Riss-Schließung und Fehlstellenergänzung beschädigter Blätter mit Methylcellulose und Japanpapier ist ebenfalls eine sehr langwierige Maßnahme, die den Archiven nicht zusätzlich in Rechnung gestellt wird. Eine Beteiligung an der Landesinitiative kann daher zu Recht als wohl einmalige Chance betrachtet werden, Bestände zu günstigen Konditionen auch konservatorisch aufarbeiten zu lassen.

Wässrig nicht behandelbare Papiere, wie z. B. Zinkoxydkopien, fotografische Reproduktionsverfahren und Kunstdruckpapiere oder solche, die empfindlich gegenüber alkalischen Medien sind, werden nicht entsäuert, sondern in alkalische bzw. neutrale Umschläge gelegt, um so eine Barriere zu den entsäuerten Papieren zu schaffen.

Letzter Schritt der Nachbereitungsarbeiten ist die Rücksortierung der manuell behandelten Blätter in die Akten. Dies ist aufgrund der anfangs vorgenommenen Folierung aller Blätter problemlos durchführbar. Auf Wunsch wird auch die Endverpackung in

Archivmappen oder das Aufziehen auf Aktenbügel vorgenommen.

Schließlich wird der entsäuerte Bestand nach einer Bearbeitungszeit von etwa 10–12 Wochen wieder zum Archiv gebracht.

### Kosten

Im Rahmen des Projekts sind mit der Firma Neschen zwei verschiedene Blattpreise vereinbart worden. Bei gleichförmigen, wenig beschädigten Beständen mit gar keinem oder nur sehr wenig Bypass beläuft sich der Blattpreis auf 0,20 € pro Blatt DIN A 4. Bestände mit vielen auszusortierenden Blättern werden mit einem Blattpreis von 0,24 € berechnet. Abzüglich der 70%igen Landesförderung bleibt ein Betrag von 0,07 € pro Blatt, den das Archiv selbst zu tragen hat. Durch die von der Neschen AG angefertigte Dokumentation aller Behandlungen sowie durch das Pressen und Verpacken der Archivalien für den Rücktransport entstehen geringe Zusatzkosten, die nach Zeitaufwand berechnet werden.

### Fazit/Bilanz

In dem Zeitraum von Oktober bis Dezember 2006 wurden im Landesteil Westfalen bereits 385.000 Blatt aus 5 verschiedenen Archiven für die maschinelle Behandlung vorbereitet und entsäuert. Die Nachbereitung dieser Bestände sowie die Bearbeitung von weiteren 1 Mio. Blatt aus insgesamt 38 Archiven soll bis Ende des Jahres abgeschlossen sein. Somit wird etwa die Hälfte der bei der Neschen AG für die Landesinitiative zur Verfügung stehenden Kapazität durch Entsäuerung von Archivalien aus Westfalen-Lippe abgedeckt.

Es hat sich bereits frühzeitig herausgestellt, dass die Nachfrage der Archive weitaus größer ist als die zur Verfügung stehenden Fördermittel. Daraus ergibt sich, dass die 70%ige Förderung nicht bei jedem Archiv auf alle für die Entsäuerung vorgesehenen Bestände Anwendung finden kann. Als Konsequenz teilen einige Archive die Entsäuerungsmaßnahmen deshalb auf mehrere Jahre auf oder finanzieren Teilbestände vollständig aus eigenen Mitteln, was ganz im Sinne des Projektes ist.

Abschließend lässt sich sagen, dass die Landesinitiative Substanzerhalt sehr zufrieden stellend angefallen ist, was vor allem auf die überaus positive Resonanz der Archive und die gute Zusammenarbeit mit den Unterzentren und der Neschen AG zurückzuführen ist.



## Anmerkungen

- 1 Vgl. Bender, Wolfgang: Kampf dem Papiererfall? Die Massenentsäuerung von Archivgut als ein Mittel der Bestandserhaltung, in: *Der Archivar* 54 (2001), S. 297–302.
- 2 Vgl. Informationsbroschüre der Neschen AG: Konservierungsanlage C 900, S. 6.
- 3 Im Zuge der Industrialisierung der Papierherstellung wurde seit der Mitte des 19. Jahrhunderts vermehrt Holzschliff als Rohstoff eingesetzt. Durch den mechanischen Aufschluss des Holzes entstehen sehr kurze Fasern, die dem Papier nur geringe Stabilität verleihen. Zudem wird das im Holzschliff enthaltene Lignin leicht oxidiert und bewirkt somit eine Verbräunung und Versäuerung des Papiers. Weiterer schadensverursachender Faktor ist die so genannte Harz-Alaun-Leimung, die seit ca. 1830 bis in die 70er Jahre des 20. Jahrhunderts eingesetzt wurde. Das Alaun reagiert mit Luftfeuchtigkeit zu Schwefelsäure, die wiederum den hydrolytischen Abbau der Cellulosefaser katalysiert.
- 4 Unter Bypass versteht man die Einzelblattbehandlung von maschinell nicht entsäuerbaren Dokumenten.
- 5 Die Sicherungen werden mit *Archibond Tissue* vorgenommen. Es handelt sich dabei um ein säurefreies Basispapier aus 100% Manilafasern, welches mit einer hitzeaktivierbaren Acrylat-Beschichtung versehen ist. *Archibond Tissue* hat ein Gewicht von 8,5 g/m<sup>2</sup> und kann mit dem Heizspatel nahezu transparent mit Papier verklebt werden. Die Verwendung dieses Produkts beruht auf einer internen Testreihe, in der *Archibond Tissue* als einziges von drei getesteten Produkten auch nach künstlicher Alterung keine Nebenwirkungen zeigte.
- 6 Hartung konnte in vergleichenden Untersuchungen von unbehandelten Papieren und solchen, die nach dem Bückeburger Verfahren entsäuert wurden, ebenfalls Farbveränderungen der entsäuerten Papiere feststellen. Nach dynamischer Alterung zeigte sich jedoch, dass die entsäuerten Papiere weniger verbräunten als die nicht entsäuerten Papiere (vgl. Hartung, Daniela: Das Konservierungsbad der Neschen AG. Seine Anwendbarkeit auf Einzelobjekte in kleinen Restaurierungswerkstätten, unveröffentlichte Diplomarbeit, HAWK Hildesheim/Holzwinden/Göttingen 2006, S. 118).





# Strömungstrocknen

von Andreas Kieffer

Strömungstrocknung ist vereinfacht dargestellt eine Stapeltrocknung „von innen heraus“. Ein stetiger Luftstrom wird durch einen geschichteten Pressstapel hindurch geleitet. Das Verfahren kann in der Papierrestaurierung unter zwei völlig verschiedenen Aspekten betrachtet werden: Es eignet sich zur gleichmäßigen und schonenden Trocknung einzelner weniger Objekte ebenso wie zur Trocknung größerer Mengen. Im Falle einzelner weniger Blätter liegt die Betonung auf der Gleichmäßigkeit, also der von allen Seiten zugleich einsetzenden Trocknung und das bei gut zu kontrollierenden Klima-Bedingungen. Die Zeitdauer ist dabei nur von untergeordneter Bedeutung. In der Anwendung wird dies eher für heikle Objekte, insbesondere für Großformate in Frage kommen. Sie sollen langsam und spannungsfrei trocknen. Im zweiten Fall, der Anwendung in der Mengenrestaurierung, besticht gerade die kurze Zeitdauer des Verfahrens. Dies ist aber nicht der einzige Vorteil. Im Folgenden wird dieser Anwendungsfall näher beschrieben.

## Arbeitsteiliges Arbeiten

Im Wettlauf gegen den Zerfall von Kulturgut hat die Landesregierung Baden-Württemberg 1986 das „Landesrestaurierungsprogramm“ beschlossen.

Kernstück dieses Programms ist das Institut für Erhaltung von Archiv- und Bibliotheksgut des Landesarchivs mit seinen modernen Werkstätten für Restaurierung und Konservierung sowie für Mikroverfilmung gefährdeter Bücher oder Archivalien.

Hier werden nicht nur wertvolle Bücher und Handschriften sondern auch Akten, Urkunden und historische Karten restauriert. Sie stammen aus den wissenschaftlichen Bibliotheken und den staatlichen Archiven des Landes Baden-Württemberg. In dieser kombinierten Servicefunktion ist das Institut bundesweit einmalig.

Die Bearbeitung der Objekte erfolgt arbeitsteilig in verschiedenen Arbeitsgruppen. In der Papiergruppe Mengenrestaurierung landet alles Papier, das in Form von Einzelblättern vorliegt, auch Bände, sofern zuvor von der Einbandgruppe der Einband abgelöst und der Buchblock zerlegt wurde. Insgesamt sind das pro Jahr mehrere zehntausend Blatt. Einige tausend davon sind so stark beschädigt, dass sie angefasert werden müssen. In diesem Zusammenhang, dem Anfasern, kommt die Strömungstrock-

nung zur Anwendung. Sie eignet sich vorzugsweise als Schlusstrocknung.

## Trocknen mit System – wozu?

Wer täglich viele Blätter anfasert (oder auch nassbehandelt) wird früher oder später das Trocknen dieser Blätter organisieren müssen. Jeden Tag fallen Berge von durchfeuchtetem Hilfsmaterial wie Holzpappen, Löschkarton und Vliese an, die ihrerseits getrocknet werden sollen, zum Beispiel auf speziellen Hordenregalen ausgelegt oder einfach hochkant zwischen die Rippen der Heizkörper gesteckt, damit Luft zirkulieren kann, und die Pappen nicht umkippen. Von Tag zu Tag wächst dieser Berg, der Platz wird allmählich knapp, die Vorräte an trockenem Material ebenfalls. Formuliert man die Anforderung an ein Trocknungssystem für die Mengenrestaurierung im Sinne eines Pflichtenhefts, so genügen zunächst diese vier Punkte:

- Bewältigung größerer Mengen, 100 Einheiten/Stapel
- Trocknung über Nacht
- kein Umstapeln
- Kräfte schonend

Dies sind Anforderungen wie sie aus der Praxis heraus entstanden sind. Auf dem Anfasengerät (Atlantis Gigant) können in einem Arbeitsgang bis zu vier Blatt Folio gleichzeitig angefasert werden. Der einfacheren Handhabung wegen wird die große Fläche mittig halbiert, durch Abkleben bzw. durch passende Silikonstreifen. Es entstehen zwei Anfaser-Produkte, wir sprechen hier von Einheiten. Eine solche Einheit umfasst zwei Blatt Folio oder 1 Doppelblatt. Am Ende eines besonders produktiven Tages kommt man so auf etwa 100 angefaserte Einheiten. Einhundert darf also als ein ausreichend großes Volumen für eine „Tagesproduktion“ gelten.

Der Wunsch nach einer Kräfte schonenden Methode erklärt sich aus dem Gewicht der in dieser Menge eingesetzten Hilfsmaterialien. Ein geschichteter Pressstapel wiegt je nach verwendeten Produkten bis zu 100 Kilogramm. Dieses Gewicht muss bewegt werden können. Im wahrsten Sinne des Wortes erschwerend kommt hinzu, dass durchfeuchtetes Material sich auch schwieriger handhaben lässt.



## Die Idee

Vor längerer Zeit, im Jahre 1991, fand in Horn/Österreich ein vom ICCROM veranstalteter Kurs „Paper Conservation“ statt. Die Referentin Cathleen Baker (Buffalo State College, NY/USA) stellte eine Möglichkeit vor, empfindliche graphische Blätter zu trocknen. Ziel war es: Spannungsfrei, drucklos und von allen Seiten gleichzeitig zu trocknen. Hier der Schichtaufbau nach Baker:

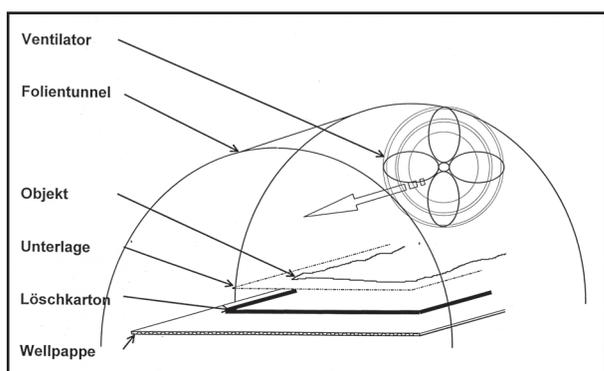


Abb. 1: C. Baker, Grafik Trocknung

Ein Ventilator bläst Kaltluft durch einen Folientunnel aus kräftiger Mylarfolie. Das Objekt im Folientunnel liegt auf Wellkarton als Stützmaterial und wird von allen Seiten von der Ventilatorluft umspült. Damit das Objekt nicht „abhebt“, kann es mit Löschkarton und einer weiteren Wellpappe beschwert werden.

Als ich diesen Schichtaufbau sah, war die Idee geboren, dies nach oben weiter fortzusetzen – als Stapel. Daraus entwickelte sich die Strömungstrocknung, wie sie heute im Institut für Erhaltung von Archiv- und Bibliotheksgut angewendet wird. Der Weg bis dahin war ein jahrelanger, von zahlreichen Rückschlägen begleiteter Entwicklungsprozess. Erste Versuche begannen mit Wellpapp-Zuschnitten aus alten Verpackungskartonagen. Die Pappen wurden zu einem Mini-Stapel geschichtet, zu dem eine kleine Saughaube passend angefertigt wurde, „fachgerecht“ verklebt mit Kilometern von Packband. Dieser äußerst primitive Aufbau sollte zeigen, ob statt der Ventilatorluft auch Saugluft eingesetzt werden kann, und vor allem, ob es auch im Stapel funktioniert. Bereits der erste Versuch gelang auf Anhieb und zeigte wie frapierend schnell, nämlich praktisch über Nacht, die Trocknung erfolgt. Angespornt von diesem ersten Erfolg begann die mühsame Optimierung.

## Strömungstrocknung im Institut

Im wesentlichen besteht das System aus ein oder mehreren Sätzen Trockenpappen, jeweils mit einer zugehörigen Stapelpalette und einer Saughaube. Eine weitere Stapelpalette bleibt immer leer. Hin-

zu kommen noch zwei Materialheber. Arbeitsweise und Gerätschaften sind auf den Abbildungen 2 bis 5 zu erkennen.



Abb. 2: Zwei Materialheber im Einsatz

Arbeitsrichtung ist hier von links nach rechts. Links im Bild befindet sich der leere Vorratsstapel. Auf dem Stapel rechts wird das zu trocknende Restauriergut abgelegt. Im Bild erkennbar, liegt obenauf ein soeben angefasertes Blatt zwischen Trägervliesen. Das Objekt wird mit einer frischen Trockenpappe vom linken Stapel abgedeckt. Darauf ein weiteres Objekt, wieder eine Pappe und so weiter. Die Vliese verbleiben am Objekt und werden erst nach der Trocknung entfernt. Der linke Stapel wird also beim Arbeiten immer niedriger, während der rechte Stapel gleichzeitig immer höher wächst. Die Materialheber dienen zum Ausgleichen der sich ändernden Arbeitshöhe. Auch sonst sind diese Materialheber praktische Helfer beim Umgang mit den schweren Stapeln.



Abb. 3: Stapel, Materialheber

Der Stapel ist fertig. Alle Pappen sind jetzt auf den aufnehmenden Wagen geschichtet. Der Vorratsstapel ist leer. Zwischen den Pappen liegen insgesamt 100 tropfnasse, angefaserte Blätter. Der Trock-



nungsstapel hat eine Höhe von 1,10 m erreicht. Die Hebekarre ist vollständig abgesenkt und wird herausgezogen.



Abb. 4: Stapel, Saughaube

Der Stapel wird gepresst – ein Spanngurt umreift ihn und sorgt für den nötigen Pressdruck. Es genügt moderater Druck von etwa 1 kg pro cm<sup>2</sup> Fläche. Solche Spanngurte dienen zum sicheren Verzurren von Gütern im Transportwesen. Auf dem Bild sieht man neben der Stapelpalette auch die Saughaube (rechts im Bild). Deutlich sichtbar sind die vertikalen Führungsschienen des Stapelpaletten-Gestells, an welchen der Stapel kantengerade aufgeschichtet wurde. Daran kann die Saughaube bündig angesetzt werden. Sie ist aus dem leichten und stabilen Kapa-Plast gefertigt, einem Verbundmaterial aus Hartschaum und Karton. Auf die Vorderkanten sind elastische Schaumstoffstreifen (grau) als Dichtung aufgeklebt. Sie geben der Saughaube guten, luftdichten Sitz.



Abb. 5: Saughaube, Luftsog angelegt

Der Luftsog ist angelegt. Saugluft aus einem Seitenkanalverdichter zieht pro Stunde 80 m<sup>3</sup> Luft durch den Wellpappstapel. Mit der Luft wird die von den Pappen aufgenommene Feuchtigkeit kontinuierlich abgeführt.

Etwa 16 bis 18 Stunden später ist alles trocken. Alle Materialien befinden sich dann im Feuchtgleichgewicht mit der umgebenden Raumluft.

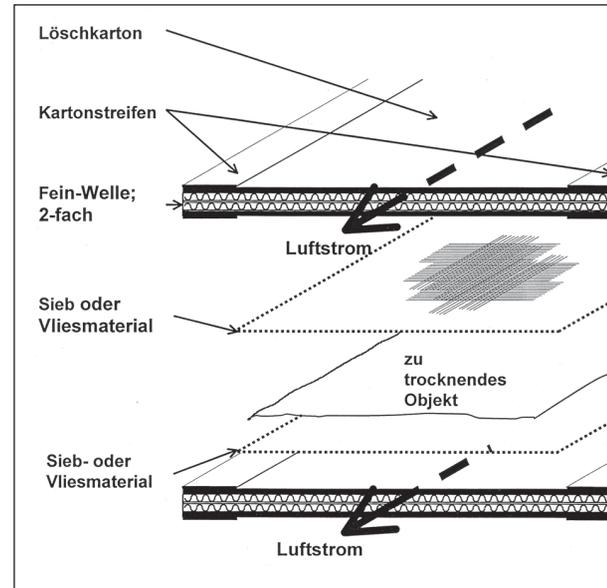


Abb. 6: Strömungstrocknung im Institut

## Die Trockenpappen

Herzstück des Systems sind Sandwich-Trockenplatten im Format 50x60 cm. Sie bestehen aus zwei aufeinander kaschierten Feinwellkartons. Im Trocknungseinsatz wird Luft durch die feinen Kanälchen der Wellpappen hindurch gesaugt. Feuchtigkeit wird auf diese Weise von innen heraus abgeführt. Oben und unten sind dicke Löschkartons aufgeklebt. Die Feuchtigkeit des zu trocknenden Objektes soll frei durch den Löschkarton und die Deckschicht des Wellkartons hindurch diffundieren können, um dann vom Luftstrom in den Kanälchen abgeführt zu werden. Dabei darf Leim kein Hindernis darstellen. Die Klebung ist nicht ganzflächig ausgeführt, sondern als Streifenauftrag am äußeren Rand entlang, den langen Seiten folgend. Darüber kleben Kartonstreifen aus hartem, grauem Archivkarton. Sie sind als Scheuerschutz gedacht, damit nicht Löschkarton auf Löschkarton reibt und deren Oberflächen leiden. Zwei weitere Effekte haben sich als günstig erwiesen: Sie funktionieren als Abstandhalter, lassen Objekt und Trägermaterialien genügend Platz und sorgen zu den Kanten hin für luftdichten Schluss. Die Trockenpappen sind spiegelbildlich angelegt – man kann sie drehen und wenden wie man will. Dies erleichtert die Handhabung. Trockenpappen sind das Ergebnis kontinuierlichen Bemühens um eine Vereinfachung von Arbeitsabläufen. Aus verschiedenen „Zutaten“ wie Löschkarton, Wellpappe, Vliesmaterialien einen Stapel zu schichten ist umständlich und zeitraubend: links ein Vorratsstapel mit Lösch, in der Mitte der



eigentliche Trockenstapel, rechts ein Vorratsstapel mit Wellpappe, dazwischen noch einer mit Vliesmaterial. Wer kennt nicht die vielen lästigen Handgriffe: Hier sind sie vereint, im Griff nach einer Trockenpappe.

### Materialanforderungen

Die verwendeten Materialien sind konservatorisch unbedenklich. Kartonstreifen (530 g/m<sup>2</sup>) und Wellpappe bestehen aus gebleichtem Zellstoff, sind ligninfrei, neutral geleimt, mit alkalischer Reserve ausgerüstet und ausblutsicher gefärbt. Auch der Löschkarton (700 g/m<sup>2</sup>) ist aus gebleichtem Zellstoff. Die Zugschnitte der Trockenpappen müssen maßhaltig sein, damit später beim Bilden eines Stapels keine Stellen im System – schwache Strömung und damit eine schlechte Trocknung wären die Folge. Verklebungen sind mit weichmacherfreiem Dispersionskleber ausgeführt. Erfahrungen aus Misserfolgen in Vorversuchen mit unzureichend genau geschnittenen Pappen und Heißleim als Klebstoff führten zu diesen Erkenntnissen.

### Feinwelle

Nassfest verleimte Feinwelle statt grober Wellpappe war die Lösung eines weiteren Problems, das uns anfangs schwer zu schaffen machte: Die getrockneten Papiere wiesen immer wieder eine deutliche, waschbrettartige Struktur auf. Die Struktur übertrug sich selbst durch dicke, 3 mm starke Löschkartons und Hollytex hindurch. Schuld war die verwendete Wellpappe. Besonders stabil sollte sie sein. Mehrwellige Pappe für den Überseeversand schien genau richtig. Zwar genügt sie hohen Ansprüchen im Transport, ist besonders belastbar, wasserfest verleimt, aber sie ist eben auch grobwellig. Die ursprünglich ebene Außendecke, also die oberste Schicht der Wellpappe, wird durch Feuchtigkeit weich, dehnt sich etwas und sackt zwischen den Wellenkämmen durch, die dadurch stärker hervortreten. Deren Abdruck überträgt sich bis auf das Original durch den dicksten Löschkarton hindurch – schließlich ist ja auch der Löschkarton feucht und nachgiebig geworden. So wurde die mehrwellige für Überseeversand geeignete Pappe durch Feinwelle ersetzt. Erst in Kombination mit Feinwellpappe konnte dicker Löschkarton seine Unebenheiten ausgleichende Wirkung entfalten. Das Ergebnis sind perfekt plan liegende Papiere.

### Materialheber

Schon bevor die Strömungstrocknung in ihrer heutigen Form als System eingeführt war, haben sich Hebezeuge im Einsatz sehr bewährt. Eine Hebekarre war besonders geeignet schwere Hilfsmaterialien umzusetzen. Nur musste man das Gerät ähn-

lich einer Sackkarre zum Verfahren ankippen, was mit zentnerschwerer Last eine gefährlich kippelige Anlegenheit ist. Der Stahlrahmen allerdings konnte gut als Anschlag beim Stapeln genutzt werden, was sehr hilfreich erschien. Daraus sollte sich dann später die Stapelpalette entwickeln. Zuerst aber musste ein besser geeignetes Hebezeug gefunden werden. Die meisten Hebezeuge dieser Art sind hydraulisch betrieben. Das ist hier nicht von Vorteil, der Hebevorgang dauert zu lange. So genannte Materialheber sind genau richtig: Sie sind leichter verfahrbar, weil mit vier Rollen ausgestattet. Die Last wird über einen ziemlich direkt übersetzten Seilzug mittels Handkurbel bewegt. Das kommt natürlich nur für leichtere (bis 100 kg) Lasten in Frage. Schwerere Ausführungen sind indirekt übersetzt, das heißt man muss viel kurbeln für ein Weniges an Höhenunterschied. Elektro-hydraulisch betriebene Geräte funktionieren auch nicht besser, sind aber deutlich teuer und unterliegen einer jährlichen Sicherheits-Prüfung (UVV) die weitere Kosten verursacht.

### Stapelpalette

Eine wichtige Voraussetzung für die Strömungstrocknung ist ein perfekt geschichteter Stapel. Hier kommt es vor allem auf die rechtwinklige und kantenbündige Ausrichtung der Trockenpappen an. Während der Entwicklungsphase des Verfahrens zeigte sich schon bald, dass Augenmaß allein nicht ausreicht: Es fehlte ein vertikaler Anschlag als Hilfsmittel. Aus dieser Notwendigkeit heraus entstand die Stapelpalette. Ein Metallbaubetrieb hat unseren Wünschen entsprechend eine Kleinserie von 5 Stück aus Aluminiumprofilen gefertigt. Bei der Bemessung waren folgende Überlegungen zu berücksichtigen: Die Palette muss

- mit dem Materialheber unterfahren werden können,
- kipsicher zu heben sein,
- im angehobenen Zustand ausreichend Freiraum zur Raumdecke lassen,
- eine gut handhabbare Menge Trockenpappen fassen,
- rollbar sein im abgesenkten Zustand,
- nicht rollbar sein im gehobenen Zustand.

Im Arbeitsbetrieb ist eine leicht rechenbare Größenordnung günstig. Dadurch lassen sich zum Beispiel der Platzbedarf, Arbeitszeit, Faserstoff, Leimungsmittel und so weiter ohne Aufwand überschlagen. 100 Trockenpappen sind eine günstige Zahl: Daraus ergibt sich mit etwas Zugabe für die Pressbretter eine Stapelhöhe von 110 cm. Passend zu dieser Höhe wurden die Saughauben angefertigt. Wird die leere Palette auf ergonomische Arbeitshöhe angehoben (ca. 95 cm) ragen ihre Führungsschienen bis zu 215 cm hoch in den Raum. Dieses Maß ist noch „raumverträglich“.



## Tragfähigkeit und Traglast

Der Materialheber ist für eine maximale Tragfähigkeit von 100 kg ausgelegt. Unsere Pappensandwiches wiegen pro Stück (im Format von 50x60) durchschnittlich 0,89 kg. Das Gewicht der Stapelpalette ist (geschätzt) mit 20 kg zu veranschlagen. Eine Palette mit 100 Pappen darauf und noch drei bis vier dicken Pressbrettern dazu wiegt mehr als zulässig. Die Last übersteigt damit die Tragfähigkeit des Gerätes um etwa 20 kg. In der Praxis wird man aber den vollständigen Stapel nicht zusätzlich anheben solange, sich die oberen Pappen in angenehmer Arbeitshöhe befinden. Erst wenn einige weggenommen sind, wird die fehlende Höhe angepasst. Bis dahin steht die Palette auf dem Fußboden. Mit anderen Worten: Je höher die Palette gehoben werden muss, umso leichter wird sie, und umgekehrt: Je schwerer die Last, desto tiefer die Palette und damit auch der Lastschwerpunkt.

## Rollen

Die Palette soll auch ohne den Materialheber bequem bewegt werden können. Am besten geeignet hinsichtlich der Abmessungen sind so genannte Minirollen für Tische, Geräte und Apparate. Es ist nicht vorgesehen, die Paletten über weite Wege zu verschieben, sondern eher sie ein Stück beiseite zu schieben, wenn Platz gebraucht wird. Die gebräuchliche Anordnung zu 2 Lenk- und 2 Bockrollen ergibt gute Geradeaus- und Kurvenfahrt. Zur Berechnung der Tragfähigkeit gilt folgende Formel:

$$\text{Tragkraft pro Rolle} = \frac{\text{Eigengewicht des Wagens} + \text{Zuladung}}{3}$$

Demnach reichen Polyamidräder mit einer Tragkraft von 40 kg aus.

## Zurrgurte

Anstelle von Pressen verwenden wir Zurrgurte nach DIN EN 12195, die es in verschiedenen Ausführungen gibt. Wir verwenden 50 mm breite, einteilige, so genannte Endlosgurte und umreifen damit die Stapel. Der einteilige Zurrgurt besteht aus einem langen Gurtband und einer Ratsche. Die zulässige Zuglast ist mit 4000 daN angegeben, das sind vier Tonnen. Daraus ergeben sich 1,3 kg/cm<sup>2</sup>, bezogen auf unser Format 50 x 60 cm, was immer noch um ein vielfaches geringer ist als Schlagradpressen oder hydraulische Pressen erreichen (bis zu 5 kg/cm<sup>2</sup>). Die tatsächlich von Hand erreichte Presskraft beträgt weniger als 1 kg/cm<sup>2</sup>. Der einfacheren Handhabung wegen verwenden wir nur einen Gurt je Stapelpalette.

## Die Saughaube

Saughauben verteilen den Luftstrom auf alle Pappen im Stapel und sorgen für gleichmäßige Strömungsverhältnisse. Dazu muss die „Entnahmestelle“, an die der Saugschlauch angeschlossen ist, etwa 30 Zentimeter vom Pappenstapel entfernt sein.

Die Bauweise der Haube ist aus den Abbildungen zu ersehen: Es handelt sich um einen offenen Kasten aus Kapa-Plast. Die Seiten sind doppelt stark ausgeführt, die Innenkanten mit Kiefernholzleisten verstärkt. Die Ausführung ist ausreichend stabil, es entsteht nur geringer, kaum messbarer Unterdruck.

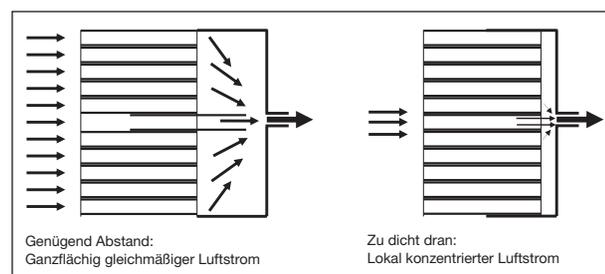


Abb. 7: Saughaube Wirkprinzip

## Saugluft

Schon im Entwicklungsstadium war beabsichtigt die Vakuumanlage des Instituts für die Strömungstrocknung zu nutzen. Ein Seitenkanalverdichter (Becker) mit etwa 4 kW Leistung erzeugt 80 m<sup>3</sup>/h Volumenstrom, gemessen an der freien Fläche des geschichteten Stapels. Demnach werden stündlich 80 Kubikmeter Luft durch den Stapel hindurchgesaugt. Da der Stapel jedoch rückseitig offen ist kann sich Unterdruck nicht aufbauen – er ist praktisch nicht messbar. Wie der Luftstrom zustande kommt – Sog oder Druck – ist eigentlich gleichgültig, wichtig ist die innerhalb einer Zeiteinheit durchgesetzte Luftmenge, der Volumenstrom.

## Bilanz

Das vorgestellte System ist seit etwa 2 Jahren unverändert im Einsatz, und zwar ausschließlich als Schlusstrocknung. Etwa zehntausend Blätter wurden dabei zuverlässig getrocknet. Die Trocknung geschieht in der Regel über Nacht. Nach 16–18 Stunden ist Ausgleichsfeuchte mit der Raumluft erreicht. Alles trocknet gleichzeitig, Restauriergut, Trockenpappen und Vliese. Deshalb können die Papiere sofort rücksortiert und gegebenenfalls endbearbeitet werden.







# Trocknung von wassergeschädigtem Archiv- und Bibliotheksgut mit Hilfe von Warmluft – eine Alternative zur Gefriertrocknung?

von Ingrid Kohl

Archive und Bibliotheken wurden und werden immer wieder von Ereignissen heimgesucht, deren Folgen durchnässte Archiv- und Buchbestände sind. Dies können sowohl Hochwasser- als auch Brandkatastrophen mit Brand- und vor allem Schäden durch Löschwassereinwirkung sein. Als Ursache kommen Wasserrohrbrüche sowie undichte Heizungs- und Klimaanlage hinzu. Des Weiteren lagern einige Bestände beispielsweise aus baulichen Gründen unter ungünstigen Bedingungen bei zu hoher Luftfeuchtigkeit. In der Folge von Wasserschäden und ungünstigen Aufbewahrungsbedingungen ergeben sich unterschiedliche Schadensbilder an Archiv- und Bibliotheksgut. Dazu zählen z. B. die Zerstörungen der Materialien durch Mikroorganismenbefall sowie durch Wasser beschleunigte Abbaureaktionen. Aus diesem Grund sind effektive, aber gleichzeitig materialschonende Trocknungsmöglichkeiten für den Erhalt der Bestände von Bedeutung.

Zwar existiert mit der zurzeit am häufigsten angewendeten Technik der Gefriertrocknung eine gute Möglichkeit der Trocknung, diese ist allerdings sehr zeit- und kostenintensiv. Daher soll hier eine bisher nur wenig angewendete Technik vorgestellt werden, welche bei ausgewählten Beständen zu einer Zeit- und Kostenersparnis führen und außerdem durch die Möglichkeit der Vorort-Behandlung den logistischen Aufwand minimieren kann. Hierbei handelt es sich um die Trocknung mit Warmluft. In der Holzrestauration wird Warmluft zur Bekämpfung von Holzschädlingen eingesetzt. Die dafür benutzten technischen Anlagen wurden hier auf ihren möglichen Einsatz für die Papiertrocknung untersucht.

## Trocknungsmethoden nach Wasserschäden

Oberste Priorität sollte immer in der Schadensprävention liegen, d. h. in der Schaffung sicherer und geeigneter Lagerungsbedingungen. Ist ein Schadensfall jedoch eingetreten, muss eine möglichst schnelle, aber dennoch materialschonende Trocknung des Ar-

chiv- und Bibliotheksgutes erfolgen. Zu diesem Zweck wurden in der Vergangenheit verschiedene Verfahren entwickelt und auf ihre praktische Anwendbarkeit hin untersucht. Hierzu zählen die Mikrowellen- und die Gefriertrocknung. Da sich die Mikrowellentrocknung durch lokal auftretende Verbrennungen der gebundenen Materialien als ungeeignet herausstellte und die Gefriertrocknung als in der Fachwelt bekannt angenommen wird, werden diese beiden Techniken an dieser Stelle nicht näher erläutert.

Warmluft wurde in der Vergangenheit vielfach mittels Föhnluft zum Trocknen kleinerer Bestände eingesetzt. Große Mengen an durchnässtem Archiv- und Bibliotheksgut können damit allerdings nur mit enormem Zeit- und Personalaufwand bewältigt werden. Es bietet sich jedoch an, die in der Holz- und Textilrestauration zum Einsatz kommenden Warmluftverfahren zur Schädlingsbekämpfung auf die Papiertrocknung zu übertragen. Man unterscheidet hier zwischen der so genannten „Dachstuhlbehandlung“ und dem „feuchteregulierten Verfahren“. Bei der Dachstuhlbehandlung wird die auf ca. 60 °C erwärmte Luft in den zu behandelnden Raum geleitet. Es kommt dadurch zu starken Feuchtigkeitsschwankungen, die zu Spannungen im Holz führen können. Um dies zu verhindern, erfolgt beim „feuchteregulierten Verfahren“ gleichzeitig mit der Erwärmung der Luft eine Regulierung der Feuchtigkeit, so dass Schwankungen ausgeschlossen werden. Die Abtötung der Schädlinge erfolgt bei beiden Verfahren durch die Denaturierung der Eiweiße aufgrund der hohen Temperaturen. Dank der Firma IRT<sup>1</sup> in Lippstadt konnten beide Verfahren zur Überprüfung verschiedener Versuchsbedingungen zur Anwendung kommen.

## Versuchsbedingungen, Trocknungsverläufe und optisches Erscheinungsbild

Um einen Wasserschaden zu simulieren, wurden zahlreiche Bücher aus unterschiedlichen Materialien einer gezielten Wässerung unterzogen. Da die Möglichkeit der Vorort-Behandlung näher betrachtet werden





Abb. 1: Aufstellung des Regals in der Kammer. Oben: eng stehende Bücher, unten: aufgefächerte Bücher

sollte, wurden die nassen Bücher in kleinen Regalen aufgestellt und unterschiedliche Aufstellungsvarianten getestet. Zum einen wurden die Bücher im oberen Regalfach eng aneinander und zum anderen im unteren Bereich aufgefächert gestellt (Abb. 1). Um eine verstärkte Luftzirkulation bei gleichzeitiger Ausübung von Druck auf die Bücher zu erzielen, wurden darüber hinaus Eierkartons eng zwischen die Bücher gestellt (Abb. 2).

Wie Tab. 1 zeigt, wurden in drei Versuchen unterschiedliche Trocknungsbedingungen der Warmluftmethode und vergleichend die Gefriertrocknung getestet, um anschließend mögliche Unterschiede in den Trocknungsverläufen, den Auswirkungen auf das Aussehen und die Materialien der Bücher sowie mögliche mikrobiologische Aktivitäten feststellen zu können. In Versuch 2 wurde die Feuchtigkeit reguliert, um die Trocknung eventuell schonender zu gestalten. Aus demselben Grund wurde in Versuch 3 eine niedrigere Temperatur gewählt.

<b>Versuch 1:</b>	55–60 °C, nicht regulierte Feuchtigkeit, dadurch ca. 10 % r.F. (relative Feuchte), Dauer: 44 h
<b>Versuch 2:</b>	55–60 °C, regulierte Feuchtigkeit, min. 30 % r.F., Dauer: 95 h
<b>Versuch 3:</b>	35 °C, nicht regulierte Feuchtigkeit, ca. 20 % r.F., Versuchsabbruch nach 44 h, aus Kostengründen und negative Erfolgsaussicht
<b>Versuch 4:</b>	Gefriertrocknung zum Vergleich, Dauer: 8 Tage

Tab. 1: Versuchsbedingungen

Anhand des Trocknungsverlaufs des ersten Versuchs wird in Diagramm 1 eine schnelle und zuverlässige Trocknung der Bücher deutlich. Durch die hohe Temperatur von 60 °C und der damit verbundenen niedrigen relativen Luftfeuchte von ca. 10 % im Inneren der Versuchskammer erfolgte eine schnelle Abgabe der

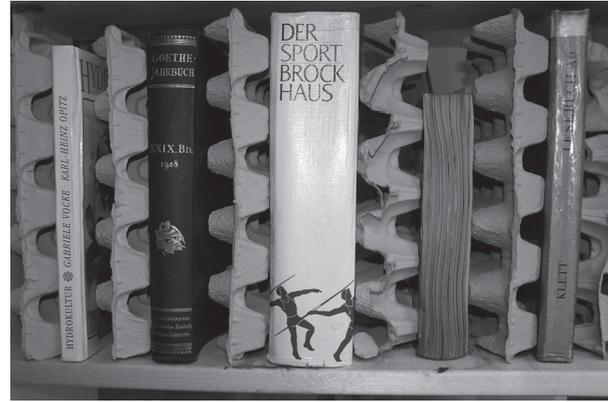


Abb. 2: Durch die Eierkartons kann ein verstärkter Luftaustausch an den eng aufgestellten Büchern erreicht werden

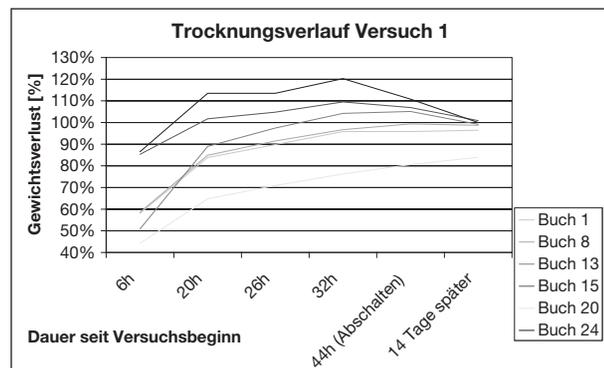


Diagramm 1: Trocknungsverlauf dargestellt anhand des Gewichtsverlustes aufgrund der Abgabe des zuvor aufgenommenen Wassers in % (Versuch 1) (Farbb. s. S. 146)

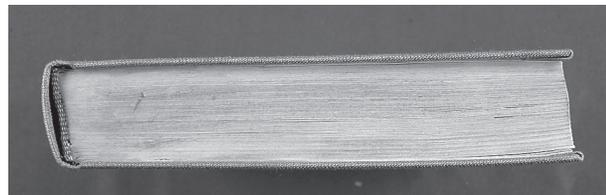


Abb. 3: Optisches Erscheinungsbild nach der Trocknung aufgefächert aufgestellter Bücher. Oben vor, unten nach Wässerung und Trocknung

Feuchtigkeit aus dem Papier, da dies nach Gleichgewichtsfeuchte mit seiner Umgebung strebt.

Die schnellste Trocknung erfolgte bei aufgefächert aufgestellten Büchern, was jedoch katastrophale Aus-

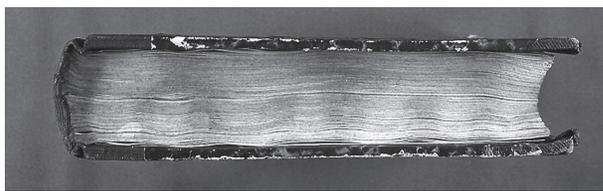
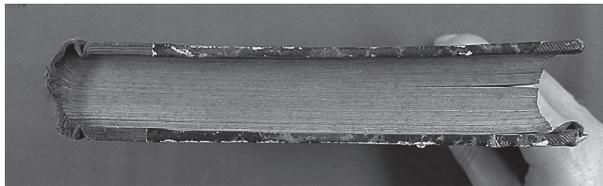


Abb. 4: Optisches Erscheinungsbild nach der Trocknung eng aufgestellter Bücher. Oben Vor-, unten Nachzustand

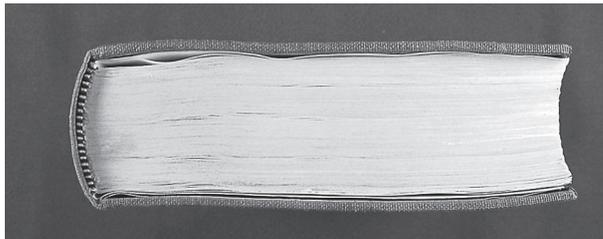


Abb. 5: Optisches Erscheinungsbild nach der Trocknung eng aufgestellter Bücher mit Eierkartons als Zwischenlagematerial. Oben Vor-, unten Nachzustand

wirkungen auf das optische Erscheinungsbild der Bücher hatte (Abb. 3). Es kam zu starken Verformungen und Zunahme der Buchblockstärke. Die Trocknung der eng gestellten Bücher konnte durch das Einstellen der Eierkartons verbessert werden, da die Bücher an den Seiten stärker belüftet wurden. Gleichzeitig war das Aussehen nach der Trocknung ähnlich gut wie bei enger Aufstellung der Bücher (Abb. 4 und 5). Nicht getrocknet werden konnten Kunstdruckpapiere, da deren Oberfläche so geschlossen ist, dass kein Feuchtigkeitsaustausch erfolgen kann.

Die Trocknungsverläufe aus dem zweiten Versuch (Diagramm 2) zeigen eine allmählichere Trocknung bei stark verlängerten Trocknungszeiten. Diese resultieren aus dem Nichtunterschreiten der eingestellten 30 % relativen Feuchte bei gleicher Temperatur von 60 °C wie in Versuch 1. Die Veränderungen im optischen Erscheinungsbild entsprachen denen in Versuch 1. Die Trocknungsparameter spielen hierbei also keine Rolle.

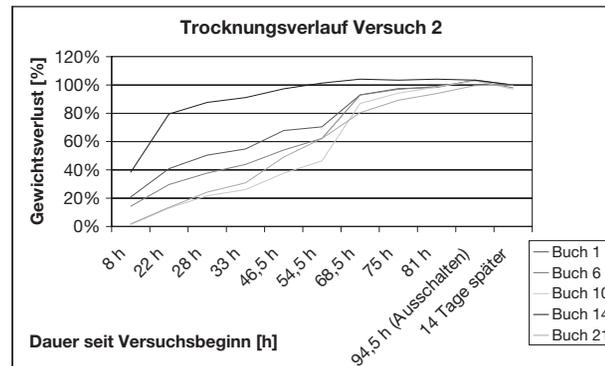


Diagramm 2: Trocknungsverlauf dargestellt anhand des Gewichtsverlustes aufgrund der Abgabe des zuvor aufgenommenen Wassers in % (Versuch 2) (Farbabb. s. S. 146)

Entscheidender war, wie bereits dargestellt, die Aufstellung der Bücher im Regal.

In Versuch 3 war der Trocknungszeitraum aufgrund der niedrigen Temperaturen so stark verlängert, dass der Versuch abgebrochen wurde. Bereits hier zeigte sich, dass bei zu niedrigen Temperaturen keine sinnvolle Trocknung erzielt werden kann. Die Gefriertrocknung verlief zuverlässig, war jedoch mit über einer Woche Trocknungsdauer vergleichsweise langwierig.

## Mikrobiologische Untersuchungen

Eine entscheidende Rolle bei der Bewertung der Warmlufttrocknung spielten die Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen, um zu überprüfen, ob bei frühzeitiger Reaktion nach einem akuten Wasserschaden das Schimmelpilzwachstum verhindert werden kann. Zu diesem Zweck wurden Luftkeimmessungen innerhalb der Trocknungskammern durchgeführt sowie einzelne Bücher direkt beprobt.<sup>2</sup>

Anhand der Luftkeimmessungen im Inneren der Versuchskammer und der direkten Beprobung an den Testbüchern ließ sich in Versuch 1 (55–60 °C / 10 % r.F.) eindeutig feststellen, dass es infolge der hohen Temperatur und der damit einhergehenden niedrigen relativen Feuchte nicht zu Schimmelpilzwachstum kam. Die Feuchtigkeit wurde schnell aus dem Papier abtransportiert und so den vorhandenen Mikroorganismen die Lebensgrundlage entzogen.

Die Messergebnisse von Versuch 2 (55–60 °C / mind. 30 % r.F.) hingegen ließen keine eindeutige Aussage zu. Die Messungen im Inneren der Kammer zeigten eine Keimzahlerhöhung, während die direkte Beprobung der Objekte auf keinerlei Vermehrung schließen ließ. Aufgrund dieser uneindeutigen Aussage ist eine Warmlufttrocknung unter den genannten Bedingungen für Originale nicht zu empfehlen.

In Versuch 3 wiesen die Keimzahlmessungen der Kammerluft trotz vorzeitiger Unterbrechung des Ver-



suchs eine Erhöhung auf. Ebenso zeigten die Beprobungen der Objekte eine zum Teil starke Vermehrung der Mikroorganismen an. Daraus lässt sich schließen, dass die Trocknungsparameter von Versuch 3 (30–35 °C/20–23 % r.F.) ungeeignet sind, da die Abfuhr der Feuchtigkeit zu lange dauert und die Temperaturen unter diesen Umständen eine Schimmelpilzentwicklung fördern können.

Die wachstumshemmende Wirkung der Gefriertrocknung auf Mikroorganismen wurde nicht untersucht, da diese als allgemein bekannt vorausgesetzt wird.

### Auswirkungen auf Buch- und Aktenmaterialien

Weitere Untersuchungen widmeten sich den Auswirkungen der Trocknung auf die an gebundenem Schriftgut vorkommenden Materialien Papier, Einbandgewebe, Leder und Pergament. Mögliche Veränderungen in der Papierfestigkeit wurden mit Hilfe von Zugfestigkeitsversuchen überprüft. Anhand dieser Untersuchungen konnten keine negativen Auswirkungen der Warmlufttrocknung oder Gefriertrocknung festgestellt werden.

Auch das Einbandgewebe wurde mittels Zugprüfung auf Festigkeitsveränderungen getestet. Nach dem Einsatz von trockener Warmluft (55–60 °C/10 % r.F.) sowie durch die Gefriertrocknung ist eine geringe Schwächung des Gewebes (ca. 15 %) zu verzeichnen. Die stärkste Beeinträchtigung hingegen (ca. 27 %) war eine Folge der Anwendung von feuchter Luft und hoher Temperatur (55–60 °C/ca. 30 % r.F.).

Aufgrund der optischen und haptischen Veränderungen der Leder- und Pergamentproben erweist sich eine Trocknung von wertvollen Leder- oder Pergamenteinbänden mit Hilfe der Warmlufttechnik als wenig ratsam. Durch die erhöhten Temperaturen kann es zu Schrumpfungen kommen, da vor allem bei abgebautem Leder und Pergament die Schrumpfungstemperatur überschritten wird. Beide Materialien zeigten nach der Warmlufttrocknung Verformungen, Versteifungen und Versprödungen (Abb. 6).

### Anwendungsbeispiel

Die Einsatzmöglichkeit der Warmlufttechnik wurde an einigen Akten aus dem Bestand des Historischen Archivs der Fachhochschule Köln überprüft. Es handelte sich dabei nicht um durchnässte Akten eines akuten Wasserschadens, sondern feuchte Unterlagen, wie sie z. B. unter ungünstigen Lagerungsbedingungen entstehen.

Infolge des Rhein-Hochwassers von 1995 war Wasser in das Archiv eingedrungen und hatte bei zahlreichen Akten zu Schimmelpilzbefall geführt. Um einen akuten Befall zu simulieren, wurden die nur leicht in

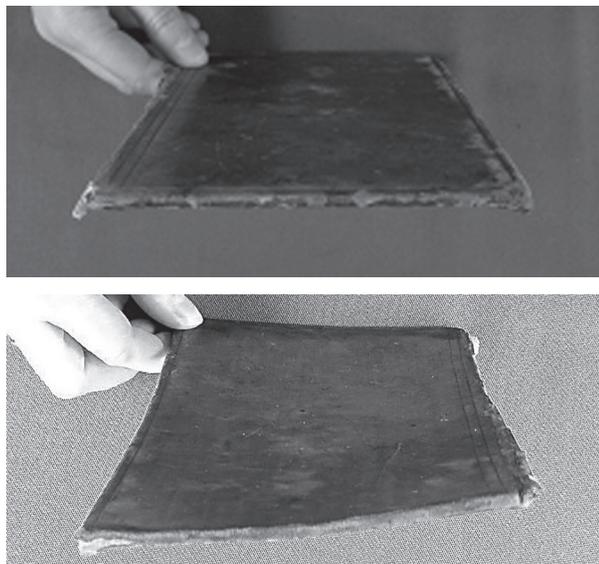


Abb. 6: Verformung eines Lederdeckels nach der Wässerung und Warmlufttrocknung. Oben vor, unten nach erfolgter Behandlung

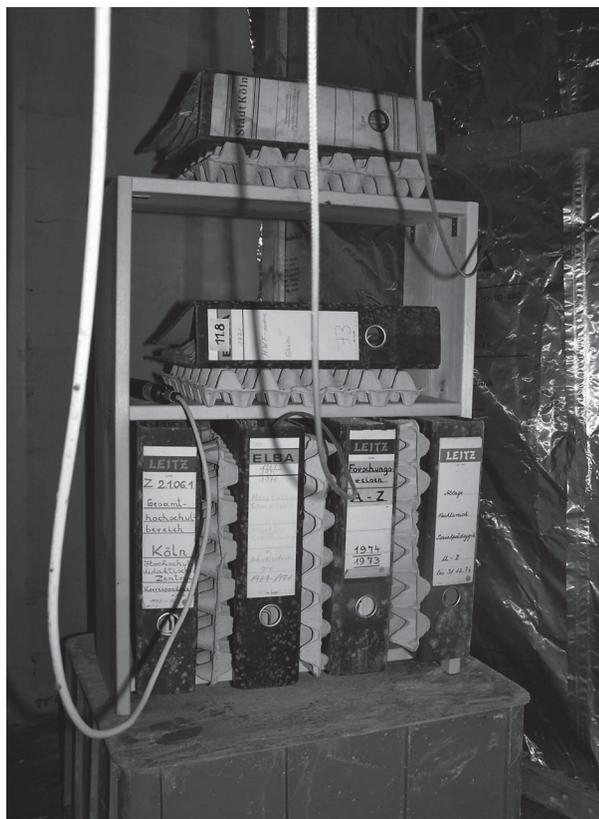


Abb. 7: Aufstellung der Akten während der Trocknung

ihrer Materialfeuchte erhöhten Akten befeuchtet und somit die vorhandenen, jedoch inaktiven Schimmelpilze zum Wachstum angeregt.

Die Warmlufttrocknung erfolgte im Regal bei 55 °C und nicht regulierter Feuchtigkeit, so dass sich eine relative Feuchtigkeit von ca. 10 % im Versuchsraum einstellte. Um die Trocknung zu beschleunigen wurden

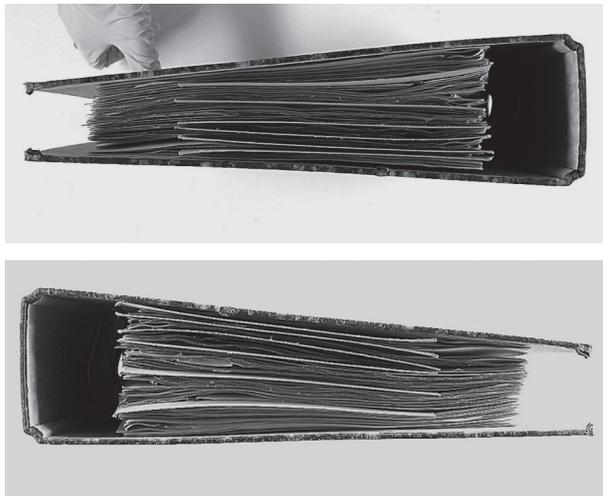


Abb. 8: Akte vor und nach der Warmlufttrocknung ohne Veränderungen des Erscheinungsbildes

Eierkartons zwischen die Akten gestellt (Abb. 7). Vergleichend wurde eine der Akten gefriergetrocknet.

Im Trocknungszeitraum von 24 h konnte eine erfolgreiche Reduzierung der Feuchtigkeit in allen Akten erreicht werden. Der Trocknungsverlauf unterschied sich je nach Stärke der Akte. Wie in Abbildung 8 deutlich sichtbar, traten durch die Trocknung keine Veränderungen des optischen Erscheinungsbildes auf.

Die begleitenden mikrobiologischen Untersuchungen wurden unter der Fragestellung durchgeführt, ob die vorhandenen Schimmelpilze durch die Warmlufttrocknung ausreichend inaktiviert werden, dass sich eine Trockenreinigung unmittelbar anschließen kann. Luftkeimmessungen und die direkte Beprobung der Objekte ergaben eine eindeutige Wachstumshemmung, da infolge der hohen Temperaturen und der niedrigen Luftfeuchte den Mikroorganismen die Wachstumsbedingungen entzogen wurden. Eine Abtötung der Keime ist mit diesen Temperaturen nicht möglich, jedoch auch nicht erforderlich. Die vergleichend durchgeführte Gefrier Trocknung führte zu den gleichen Ergebnissen wie die Warmlufttrocknung.

Um die Inaktivierung der Schimmelpilze zu überprüfen, wurden zusätzlich ATP-Messungen durchgeführt. Adenosintriphosphat (ATP) ist ein wichtiges Stoffwechsellmolekül lebender Zellen und kann daher als Indikator für deren Aktivität genutzt werden.<sup>3</sup> Es konnte festgestellt werden, dass sowohl Warmlufttrocknung als auch Gefrier Trocknung eine ähnlich starke Reduzierung der Schimmelpilzaktivitäten bewirkt, d. h. dass bei feuchten Beständen eine gleichwertige Eignung beider Methoden besteht.

Es muss noch einmal deutlich gemacht werden, dass sowohl bei der Warmlufttrocknung als auch bei der Gefrier Trocknung schimmelpilzgeschädigter Bestände eine anschließende Oberflächenreinigung unerlässlich ist.

## Schlussbetrachtungen

Die Warmlufttrocknung kann durchaus als Alternative zur Gefrier Trocknung bestimmter Bestände gelten. Anhand der Versuche erscheinen 55–60 °C bei nicht regulierter Feuchtigkeit und somit ca. 10 % r.F. als geeignete Parameter. Diese Werte können durch die so genannte Dachstuhlbehandlung erzielt werden. Bedenkenlos zu trocknen sind Akten sowie moderne Buchbestände, nicht jedoch Leder- oder Pergamenteinbände und Kunstdruckpapiere.

Die Auswirkungen eines Wasserschadens sind immer verheerend und können nicht rückgängig gemacht werden. Durch eine schnelle Reaktion und die Wahl der geeigneten Trocknungsmethode können die Folgen jedoch eingedämmt werden. Weder die Warmlufttrocknung noch die Gefrier Trocknung sind optimal für alle Materialien, doch nach heutigem Stand der Technik geeignet.

Abschließend sollen noch einmal die Vor- und Nachteile der Warmlufttrocknung mit den oben genannten Parametern hervorgehoben werden.

Warmlufttrocknung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringer logistischer Aufwand</li> <li>• Mobiles System</li> <li>• Trocknung vor Ort im Regal</li> <li>• Kein Einfrieren erforderlich</li> <li>• Schnelle Trocknung möglich, dadurch rasche Verfügbarkeit der Bestände</li> <li>• Keine Bildung von Mikroorganismen bei schneller Reaktion</li> <li>• Austrocknung bereits vorhandener Mikroorganismen</li> <li>• Kosten betragen etwa ein Drittel der Gefrier Trocknung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nicht geeignet für Leder- und Pergamenteinbände, Kunstdruckpapiere und Einbandmaterialien mit stark geschlossener Oberfläche</li> <li>• Bildung von Schmutzrändern durch Diffusion des Wassers möglich</li> <li>• Etwas stärkere Verformungen als bei Gefrier Trocknung</li> </ul>

Tab. 2: Vor- und Nachteile der Warmlufttrocknung

## Anmerkungen

- 1 Siehe auch [www.irt-lippstadt.de](http://www.irt-lippstadt.de)
- 2 Als Nährmedien wurden Malzextrakt-Agar und DG18-Agar mit Chloramphenicol verwendet. Diese unterscheiden sich u. a. in ihrem Wassergehalt. DG-18-Agar enthält weniger Wasser, so dass sich in erster Linie xerophile (trockenheitsliebende) Pilze mit einem geringen Wasserbedarf auf diesem Nährmedium siedeln. Des Weiteren enthält DG18-Agar einen Bakterienhemmer.
- 3 Mit Hilfe eines Lumineszenzverfahrens (basierend auf dem Leuchtstoff Luciferin aus Leuchtkäfern und Glühwürmchen) kann der ATP-Anteil einer Zelle sichtbar gemacht werden.







# Sanierung brandgeschädigter Bücher aus der WiSo-Bibliothek des Göttinger Oeconomicums mittels Trockeneis und Aktiv-Sauerstoff

von Renate van Issem / Sandra Hildebrandt

## Situation

Am Abend des 27.07.2006 ereignete sich im Oeconomicum der Universität Göttingen ein Kellerbrand, welcher u. a. zu einer vollständigen Zerstörung der dort befindlichen Cafeteria sowie der angrenzenden Räume führte. Weiterhin wurden große Bereiche des Institutes über die raumluftechnischen Anlagen mit Brandkondensat und Stäuben verunreinigt.



Abb. 1: Gebäudeaufnahme Oeconomicum

Insbesondere der gesamte Keller des Oeconomicums sowie die im 1. Obergeschoss gelegene WiSo-Bibliothek wurden von Feuer und Rauch stark in Mitleidenschaft gezogen. Die Bibliothek war aufgrund des Schadensausmaßes seit Schadeneintritt nicht mehr nutzbar.

Der gesamte Buchbestand der WiSo-Bibliothek (Abb. 2) sowie alle Gebäude- und Inventaroberflächen waren zum Teil sehr stark verrußt.

Aus einem vom Gebäudemanagement beauftragten Gutachten ging hervor, dass für das mit den Aufräumarbeiten und der Schadenserhebung beschäftigte Personal bei Einhaltung der vorgegebenen Schutzmaßnahmen keine toxikologische Gefährdung von dem Rauchkondensat ausginge.

Der gesamte Bestand von 497.000 Bänden der WiSo-Bibliothek war verunreinigt. Es handelt sich hier um keinen historischen Buchbestand, sondern um Gebrauchsliteratur, vorwiegend Hardcover und Paperbackbände. Brandrauchkondensat und Stäube hatten sich auf die im Lesesaal- und Freihandbereich im 1. OG aufgestellten 295.000 Bände verteilt. Davon waren 125.000 leicht beaufschlagt, 70.000 Bände wurden dem Beaufschlagungsgrad mittel zugeordnet. Als stark beaufschlagt wurden die 200.000 Magazin-



Abb. 2: Stark verschmutzter WiSo-Buchbestand im Keller-magazin des Oeconomicums



Abb. 3: Verschmutztes Regal im Lesesaal des Oeconomicums im 1. OG (Farbabb. s. S. 147)



bände im Kellergeschoss eingestuft, da sie sich in unmittelbarer Nähe des Brandherdes befanden.

### Vorgehensweise

Für die Reinigung und Geruchsneutralisierung der Buchbestände wurden zunächst drei Firmen aus dem Bereich Buchsanierung gebeten an Probebänden ihre Verfahren anzuwenden und daraus ein Angebot zu erarbeiten.

Die Behandlungsverfahren waren alle sehr ähnlich:

- Absaugen der lose aufliegenden Staubpartikel
- Feuchtes Abwischen der foliierten Einbände
- Abradieren des Buchschnittes oder Beschneiden des Bandes
- Geruchsneutralisierung

Die Ergebnisse entsprachen teilweise nicht unseren Vorstellungen von einem für den Benutzer wieder völlig unbedenklich zu benutzenden Band. Entscheidend jedoch war der Zeitfaktor, der bei den konventionellen Verfahren ganz erheblich war, sollten doch die beschädigten Bücher den Studierenden schnellstmöglichst wieder zur Verfügung stehen. Aus diesem Grund wurde der Gesamtbestand in sieben Lose aufgeteilt und zwar nach Dringlichkeit und Beaufschlagungsgrad.

Gleichzeitig mit dem Bemühen um die Wiedernutzbarkeit der Bücher, das von Herrn Dr. R. Schaab, dem stellvertretenden Direktor der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek in vorbildlicher Weise geführt wurde, kümmerte sich das Gebäudemanagement um die Sanierung des Gebäudes. So traf es sich, dass einige der auf dem Gelände befindlichen Brandsanierungsfirmen mit den Mitarbeitern der Universitätsbibliothek ins Gespräch kamen. Auch die svt BRANDSANIERUNG GmbH war zunächst für die Gebäudesanierung vorgesehen. Die Mitarbeiter nahmen einige Probebände mit, um sie einem für Bücher neuen Trockeneis-Strahlverfahren zu unterziehen, das bislang nur zur zerstörungsfreien Reinigung von Gebäudeoberflächen, Maschinen und elektronischen Bauteilen eingesetzt wurde. Die so gereinigten und neutralisierten Probebände hinterließen einen sehr positiven Eindruck. Mit ausschlaggebend für die Auftragsvergabe an die Firma BRANDSANIERUNG GmbH war die Einhaltung des vorgegebenen Zeitfensters und die Bearbeitung vor Ort. Natürlich spielt auch der Kostenfaktor eine nicht unerhebliche Rolle. Die Neubeschaffung der WiSo-Bestände wäre mit Kosten von etwa 28 Mio. Euro anzusetzen gewesen, wohingegen die Sanierung der Bestände mit 2 Mio. Euro zu Buche schlägt. Darauf hin wurde die Firma svt BRANDSANIERUNG GmbH beauftragt den gesamten Bestand der WiSo Bibliothek zu reinigen und einer Geruchsneutralisation zu unterziehen.

### Sanierungsplanung

Die größte Herausforderung dieser Buchsanierung waren die Logistik, der reibungslose Sanierungsdurchsatz und vor allem die Einhaltung der ursprünglichen Signaturreihenfolge bei der Rückstellung der Bücher. Die svt BRANDSANIERUNG GmbH erreichte mit ca. 20 Sanierungsfachkräften einen Reinigungsdurchsatz von ca. 3.500 Büchern pro Tag.

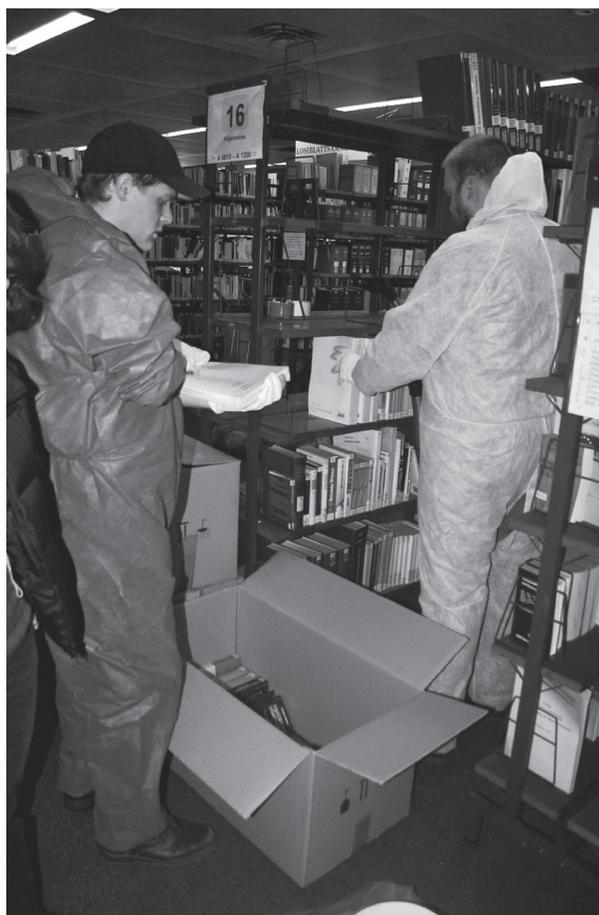


Abb. 4: Absaugen und neutralisieren der Buchoberflächen im HW-Verfahren



Abb. 5: Einspannen der Bücher bei der Vorkommission



Abb. 6: Reinigung der Bücher im Trockeneisstrahlverfahren

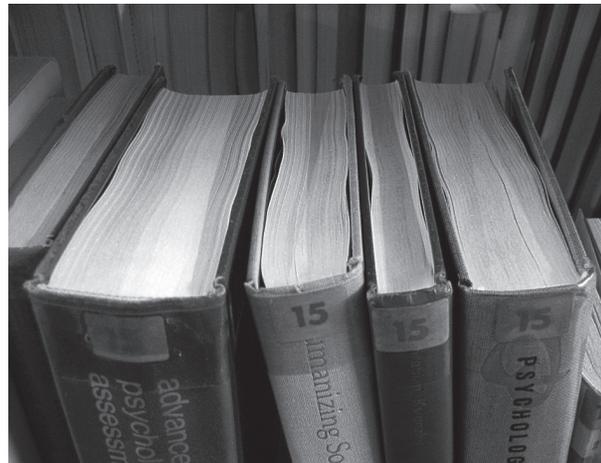


Abb. 8: Vorher: Wellenbildung im Buchblock nach Geruchsneutralisation



Abb. 7: Geruchsneutralisation mittels Singulett-Sauerstoff (Farbabb. s. S. 147)



Abb. 9: Nachher: Rückgang der Wellenbildung infolge veränderter Verfahrensparameter

Der Sanierungsplan wurde wie folgt festgelegt:

1. Baustelleneinrichtung (inkl. Vorreinigung und Vorbereitung des Sanierungsbereichs)
2. Buchentnahme mit Erfassung vorgeschädigter Literatur mittels Buchsignatur und/oder Barcode
3. Absaugen der Bücher und neutralisieren der Buchoberflächen im HW-Verfahren anschließend verpacken und verbringen (Abb. 4)
4. Parallel zur Buchsanierung: Reinigung der Regale sowie Absaugung und technische Reinigung der Wand-, Decken- und Bodenflächen (Abb. 3)
5. Vorkommissionieren: Spannen & Klemmen der Bücher (Abb. 5)
6. Reinigung der Bücher mittels Trockeneisstrahl-Verfahren (Abb. 6)
7. Zusätzliche Maßnahme: Einkleben eines Buchsicherungsstreifens in jedes sanierte Exemplar zum späteren Diebstahlschutz
8. Geruchsneutralisation durch Singulett-Sauerstoff Begasung bei einer Raumtemperatur von 35 °C für 36–48 Std. (Abb. 7)

9. Verpacken, Transport und Auslagerung des gereinigten Buchbestandes in die SUB (Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen).

## Probleme und Lösungsansätze

Nachdem die ersten 120.000 Bücher des WiSo-Buchbestandes gereinigt, geruchsneutralisiert und zurückgestellt worden waren, wurden zum Jahresende 2006 nach der Rückstellung an gereinigten Exemplaren gehäuft Verformungen des Einbands sowie Wellenbildungen des Buchblockes beobachtet (Abb. 8).

Um diesen Sekundäreffekt weitestgehend zu minimieren wurden umgehend folgende Maßnahmen zur Lösung umgesetzt:

- Reduktion der Raumtemperatur in den Geruchsneutralisationskammern von 40 °C auf max. 35 °C
- Einsatzzeitverkürzung der aufgestellten Raumlufttrockner in den Geruchsneutralisationskammern von 36 Std. auf 6 Std.

- Messtechnische Überwachung des Raumklimas (konstant: 35 °C; 23 % rel. Feuchte) sowie stichprobenartige Kontrollmessungen der rel. Feuchte des Buchkerns
- Stapeln der Bücher und verlangsamte Abkühlung (innerhalb von 24 Std.)
- Verpackung und zeitnahe Transport des gereinigten Buchbestands in die SUB

Bereits nach wenigen Tagen erwiesen sich die eingeleiteten Maßnahmen als erfolgreich. Die Austrocknung der Bücher durch die extremen klimatischen Bedingungen innerhalb der Geruchsneutralisationsphase konnte entsprechend verringert werden. Die be-

obachteten Wellenbildungen und Verformungen des Buchblockes und des Einbands zeigen sich als reversibel (Abb. 8, 9).

### Fazit

Durch das an der Uni Göttingen eingesetzte und bis dato in der Buchsanierung unbekanntes Strahlverfahren, konnte von den Sanierungsexperten der svt BRANDSANIERUNG GmbH innerhalb von 25 Wochen der gesamte Buchbestand der WiSo-Bibliothek schnell und effektiv mittels Trockeneis in Kombination mit aktivem Sauerstoff gereinigt und geruchsneutralisiert werden.

# Stärkeether in der Papierrestaurierung – Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten

von Sabine Güttler

Bereits Ende der 1970er Jahre wurde die Stoffgruppe der Stärkeether verschiedentlich in die restauratorische Diskussion eingebracht. Im Gegensatz zu den weit verbreiteten Celluloseethern gerieten jene jedoch offensichtlich wieder vollkommen in Vergessenheit. Erst in jüngster Zeit ist ein erneutes Interesse an den Stärkeethern zu verzeichnen, was verschiedene Artikel (s. Anmerkungen) in diversen Fachpublikationen belegen.

Da das Wissen um die Materialeigenschaften und die potenziellen Einsatzgebiete dieser Produkte jedoch noch immer nur ungenügend beschrieben sind, sollte eine Forschungsreihe im Rahmen einer Chemie-Semesterarbeit mit unterschiedlichen Stärkeetherprodukten zu mehr Klarheit in Bezug auf die konservatorische Unbedenklichkeit und deren grundsätzlichen Kenndaten führen. Wie sich dabei herausstellte, lassen sich die positiven Eigenschaften einiger der untersuchten Produkte auf unterschiedliche Weise bei der Lösung restauratorischer Probleme nutzen.

## Herstellung der Stärkeether

Die Eigenschaften des Reservekohlenhydrats Stärke variieren je nach Pflanzenart, aus der die Stärke gewonnen wird. So nehmen der jeweilige Anteil von Amylose und Amylopektin, sowie die vorliegenden Polymerisationsgrade (DP) der Molekülketten ganz wesentlichen Einfluss auf Verkleisterungstemperatur, Viskosität sowie Klebkraft und Flexibilität der aus den Kleistern gebildeten Klebefilme. Jede chemische oder physikalische Modifikation nativer Stärke zielt auf eine Änderung der jeweiligen Eigenschaften des Ausgangsstoffes ab. Angestrebt wird u. a. die Veränderung der Koch- und Verkleisterungseigenschaften, Stabilisierung der Stärkelösungen bei niedrigen Temperaturen, Herabsetzung der Viskosität oder Einführung ionischer Substituenten. Alle Umwandlungsprodukte, die nicht mehr über die ursprünglichen Stärkeeigenschaften verfügen, werden folglich als Stärkederivate bezeichnet.

## Veretherung

Stärkeether sind formal Reaktionsprodukte zwischen den Hydroxylgruppen (OH-Gruppen) der Glucoseeinheiten und alkoholischen Hydroxylgruppen anderer

Verbindungen. Zur Umsetzung stehen pro Stärkemonomer maximal je drei freie OH-Gruppen zur Verfügung (Abb. 1a). Die Wasserstoffatome der Stärkemoleküle werden in alkalischem Milieu je nach gewünschtem Ethertyp teilweise oder vollständig durch Alkyl- oder Aralkylgruppen ersetzt (Abb. 1b), wofür sehr reaktive Substanzen, wie Halogenide, Epoxide oder Chloresigsäure erforderlich sind.

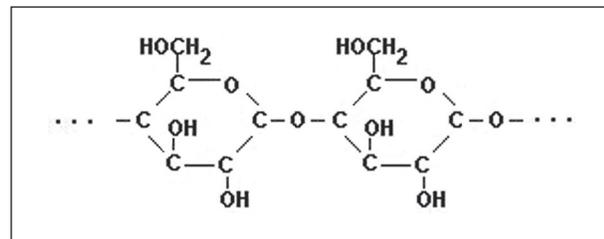


Abb. 1a: Zwei Stärkemoleküleinheiten mit je drei freien OH-Gruppen

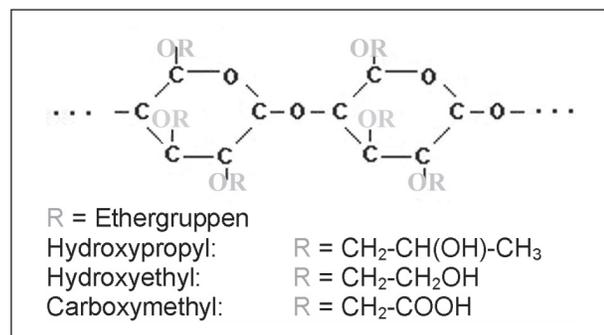


Abb. 1b: Substitution der H-Atome durch funktionelle Ethergruppen [R]

Die Anzahl der eingebrachten funktionellen Gruppen am Stärkemolekül bestimmt die Löslichkeitseigenschaften eines Stärkeethers und wird durch den Substitutionsgrad (DS) ausgedrückt. Ein DS von 0,1 bedeutet, dass 1 Gruppe pro 10 Stärkemonomere umgesetzt wurde. Stärkeether weisen üblicherweise einen eher niedrigen DS von 0,02–0,1 auf, was bedeutet, dass diese Produkte nur in Wasser, nicht jedoch in organischen Lösemitteln löslich sind. Offensichtlich gibt es hierfür derzeit keine marktrelevante Nachfrage, so dass keine mit den Celluloseethern vergleichbaren Produkte (wie z. B. den Klucel-Typen) hergestellt werden.

### Neue Produkte mit veränderten Eigenschaften

Die in Europa im Wesentlichen aus Kartoffelstärke hergestellten Stärkeether sollen über folgende veränderte Eigenschaften verfügen:

- Niedrigere Verkleisterungstemperatur
- Höhere Klebkraft
- Verbesserte Flexibilität des Klebefilms
- Geringere Viskosität
- Viskositätsstabilität

Die verbesserte Viskositätsstabilität zeichnet sich durch ein geringeres oder vollständiges Ausbleiben von Wasseraustritt nach längeren Standzeiten der angesetzten Lösung aus (Abb. 2). Dieses vor allem von stark verdünnten Kleistern bekannte Phänomen wird als *Retrogradation* (= Rückordnung) oder *set back* bezeichnet und ist auf Rekristallisationsvorgänge der Stärkemoleküle nach der Verkleisterung und dem anschließenden Abkühlen zurück zu führen.



Abb. 2: 4%iger Weizenstärkekleister wurde mit Wasser auf die 1,5fache Konzentration verdünnt. Innerhalb kurzer Zeit fiel die Stärke aus

Hydroxyethylstärken (HES) und Hydroxypropylstärken (HPS) werden in hohem Maße in der Textil- und Papierindustrie sowie im Lebensmittelbereich eingesetzt. Die guten Filmbildungseigenschaften lassen sie als hervorragendes Schlichtemittel zur verbesserten Verspinnbarkeit von Garnen sowie zur Oberflächenleimung in der Papierherstellung einsetzen. Niedrigviskose Sorten werden bevorzugt zur Herstellung von Nassklebebändern eingesetzt. Die hohe Gefrier-/Taubstabilität der HPS wird besonders als Zugabe von kaltquellenden Süßspeisen und Tiefkühlkost geschätzt. Carboxymethylstärke (CMS) wird zur Faserschlichte, als Verdickungsmittel in Textildruckfarben oder auch als Überzug von Tabletten eingesetzt. In der Klebstofftechnik wird sie als Zusatz in Klebestiften verwendet. Durch den ionischen Charakter wird sie zunehmend als Waschhilfsstoff mit hoher biologischer Abbaubarkeit eingesetzt. Bei der Papierherstellung

werden kationische Stärkeether in der Masse- und Oberflächenleimung eingesetzt, da sie hohes Faserbindungsvermögen aufweisen und sich rasch und gleichmäßig im Faserfilz verteilen. Sie steigern die Blattfestigkeit und verbessern das Retentionsvermögen für Pigmente und Füllstoffe. In der Textilindustrie verbessern diese Stärkederivate die Gleitfähigkeit und Abriebfestigkeit der Fasern.

### Ansätze in der Restaurierung

Diese verbesserten Eigenschaften fanden bereits verschiedentlich die Aufmerksamkeit von Restauratoren, die ionische Stärkeether beim maschinellen Anfasern<sup>1</sup> zugaben oder diese zur Nachleimung von wässrig behandelten Papieren empfohlen<sup>2</sup>. Im Bereich der Textilrestaurierung führten Festigungsversuche mit in Säure hydrolysierten Weizenstärke an versprödeter Seide zu überzeugenden Ergebnissen<sup>3</sup>, die auch in einer nachfolgenden Untersuchung wiederholt und verbessert werden konnten.

Auf der Suche nach einem geeigneten Festigungsmittel für ein brüchiges, bemaltes Mumientuchfragment stieß Isabella Waltriný auf den Hydroxyethylstärkeether Kollotex 1250 und fand in ihm ein – im Vergleich<sup>4</sup> – ideales Mittel zur Konsolidierung der gelockerten Malschicht.<sup>5</sup>

Während die drei älteren Ansätze mehr oder weniger in Vergessenheit geraten sind, hat die Arbeit von Isabella Waltriný die Stärkeether erneut zur Diskussion gebracht und letztlich zu dieser ersten grundlegenden Beschäftigung mit dieser Stoffgruppe geführt.

### Stärkeether im Vergleich mit bewährten Festigungs- und Klebemitteln

Die Datenblätter von Celluloseethern geben in aller Regel Auskunft über Polymerisationsgrad, Viskosität und den für die konservatorische Beurteilung so wichtigen Salz- oder Aschegehalt<sup>6</sup> des jeweils vorliegenden Produktes. Diese Angaben sind jedoch bei den Stärkeethern vergeblich zu suchen. Die Ermittlung des DP ist bei Stärkeprodukten aufgrund der stark variierenden Anteile von Amylose und Amylopektin im Stärkemolekül extrem aufwändig und kostenintensiv, so dass diese Untersuchungen nicht durchgeführt werden. Die Messung der Viskosität ist insofern problematisch, da es sich bei Stärkekleistern um strukturviskose Nicht-newtonsche Flüssigkeiten<sup>7</sup> handelt, deren Viskosität bei zunehmender Schergeschwindigkeit und -dauer abnimmt und darüber hinaus von der Temperatur abhängig ist. Da Viskositätsmessungen meist bei unterschiedlichen Konzentrationen und Temperaturen durchgeführt werden, wird die Vergleichbarkeit der Produkte untereinander zusätzlich erschwert. Die Angabe des Aschegehaltes scheint für die üblichen in-



dustriellen Anwendungsgebiete von Stärkeethern verzichtbar zu sein und fehlt deshalb ganz. Ein wichtiges Kriterium für die Bemessung der konservatorischen Eignung ist somit nicht gegeben.

Also standen zunächst die Ermittlung der chemischen und mechanischen Eigenschaften sowie die grundsätzliche konservatorische Eignung von sieben mehr oder weniger willkürlich ausgewählten Stärkeetherprodukten zwei verschiedener Hersteller<sup>9</sup> im Vordergrund. Von der Fa. AVEBE wurden die Produkte Kollotex 1250, Quicksolan CMS und Solvitose HNP untersucht. Die Fa. Emslandstärke stellte die Produkte Emsize E9, Emcatsol KOC 40, Emsol K 55 und Emsol K 85 freundlicherweise zur Verfügung. Um einen konkreten Bezugspunkt zu den Ergebnissen zu finden, wurden die Untersuchungen im Vergleich mit den in der Papierrestaurierung bekannten und bewährten Klebstoffen Weizenstärkekleister und der Methylhydroxyethylcellulose Tylose MH 300 durchgeführt.

### Löslichkeit

Alle derzeit angebotenen Stärkeether sind in Wasser löslich. Tests mit 1 %iger Lösung von Kollotex und Emsize haben gezeigt, dass etwa 30–50 % (v/v) Ethanol beigemischt werden kann, ohne dass es zu nennenswerten Eintrübungen kommt. Bei höheren Beimischungen bilden sich jedoch spontan Schlieren und es kommt zu weißen Ausfällungen.

### Zubereitung

Die bislang für die Restaurierung als geeignet getesteten Stärkeether sind alle in heißem Wasser löslich. Die von den Herstellern empfohlenen Temperaturen variieren je nach Produkt und liegen bei etwa 85–95 °C. Niedrigviskose Lösungen bis etwa 5 % können ohne Probleme auf dem Magnetrührer zubereitet werden. Bei höher konzentrierten Ansätzen erfolgt ab einem bestimmten Quellbereich keine gleichmäßige Durchmischung mehr und im oberen Teil des Gefäßes lagern sich lediglich gequollene aber nicht gelöste Partikel ab. Hier empfiehlt sich der Einsatz eines Soßenkochers, wie er auch für die Zubereitung von Kleister aus nativer Stärke vielfach angewendet wird. Bereits nach 5 Minuten auf höchster Stufe ist die Stärkeetherlösung klar und kann weitere 10–15 Minuten bei ausgeschaltetem Heizwerk glatt gerührt werden.

### Viskosität

Alle untersuchten Stärkeether wiesen eine mittlere bis niedrige Viskosität auf. Kollotex 1250 bspw. ist in 10 %iger Konzentration etwa ähnlich zähflüssig wie 3 %ige MH 300, wohingegen die sehr niedrigviskose Hydroxypropylstärke Emsol K 55 auch als 10 %ige Lösung lediglich die Viskosität einer ca. 0,5 %igen Tylose MH 300 aufweist. Laut Auskunft der Hersteller bewegen sich die meisten der derzeit produzierten Stärke-

ether in diesem Spektrum. Zäh fließende Pasten, wie sie bei den Celluloseethern zahlreich zur Verfügung stehen, sind dort eher unüblich.

### pH-Wert

Mit Ausnahme der beiden Produkte Quicksolan CMS und Solvitose HNP, deren pH-Werte um pH 9 bzw. 11 lagen, wiesen alle anderen untersuchten Stärkeether in 10 %iger Lösung einen pH von um 6–7 auf. Bei Lagerung im Kühlschrank wurden diese Werte über vier Wochen hinweg etwa konstant gehalten. Nach acht Wochen machte sich der hydrolytische Abbau jedoch stärker bemerkbar und die Werte sanken – ähnlich wie auch die von Weizenstärkekleister und Tylose MH 300 – auf bis zu pH 5.

### Elektrische Leitfähigkeit

Um trotz fehlender Angabe des Aschegehaltes dennoch eine Vorstellung von einer evtl. vorliegenden Verunreinigung zu erhalten, kann die Messung der elektrischen Leitfähigkeit einer Lösung herangezogen werden. Hier gilt: je höher der Leitfähigkeitswert, desto höher der Anteil an freien Ionen (resultierend z. B. aus gelösten Salzen), die meist als Rückstände aus dem Herstellungsprozess enthalten sind.

Da keine Grenzwerte vorliegen, die Auskunft darüber geben, ob ein Produkt für den restauratorischen Einsatz geeignet ist oder nicht, wurden die Werte von Kleister und MH 300 zur Orientierung herangezogen (vgl. Tab. 1).

	Leitfähigkeit in $\mu\text{S/cm}$
Kollotex 1250	107,3
Quicksolan CMS	3580,0
Solvitose HNP	2440,0
Emsize E 9	1315,0
Emcatsol KOC 40	843,0
Emsol K 85	895,0
Emsol K 55	1015,0
Tylose MH 300	85,2
Weizenstärke	80,3

Tab. 1: Leitfähigkeitswerte der 3 %igen Lösungen bei 20 °C

Einen annähernd niedrigen Wert wie diese beiden Klebstoffe erreicht lediglich der HES Kollotex 1250. Alle anderen Produkte weisen eine 10- bis sogar 40-fache (!) Konzentration an Salzen auf, was diese von einer restauratorischen Verwendung ausschließt. Salze erhöhen die Hygroskopizität eines Stoffes, was zum einen dessen Klebrigkeit und somit Anfälligkeit für den Befall mit Mikroorganismen erhöht. Zum anderen kann sich ein hoher Salzgehalt besonders bei Klebstoffen fatal auswirken, wenn sich Klebefugen bei



erhöhter Luftfeuchtigkeit öffnen und Verbindungen gelöst werden.

Der hohe pH-Wert von Quicksolan CMS und Solvitose HNP resultiert somit aus einer hohen Verunreinigung mit Alkalien aus dem Herstellungsprozess. Es zeigt sich, dass ein hoher pH-Wert allein noch keine Empfehlung für den Einsatz an z. B. übersäuertem Textil oder Papier darstellen kann, sondern dass beide Werte kritisch geprüft und gemeinsam interpretiert werden müssen.

### Lagerstabilität

In Bezug auf ihre Lagerfähigkeit bei Raumtemperatur sind Stärkeetherlösungen – entgegen den Ausführungen von Karl Trobas – den Celluloseethern deutlich unterlegen. Bereits nach zwei Tagen zeigten einige Produkte sichtbare Anzeichen von Schimmelfall. Im Vergleich mit Kleister erreichten die Ausblühungen nach Ablauf des 14tägigen Beobachtungszeitraumes jedoch deutlich geringere Ausmaße (s. Abb. 3). Einzig Tylose MH 300 wies keinerlei Veränderungen auf.

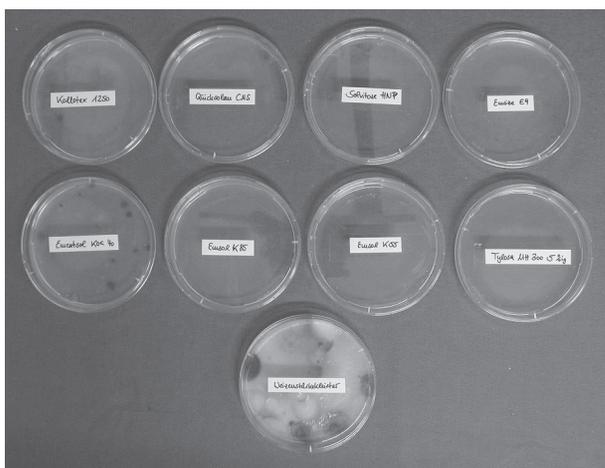


Abb. 3: Die Petrischalen mit teilweise gut sichtbarem Schimmelfall nach 14 Tagen Lagerung im Raumklima

Wie bei allen wässrigen Lösungen auf der Basis von pflanzlichen Polymeren sollten auch die Stärkeether vorzugsweise frisch zubereitet und keiner längeren Lagerung unterworfen werden. Ist dies jedoch erforderlich, so sollten die Lösungen in jedem Fall kühl gelagert werden, da keineswegs von einer ähnlichen Stabilität wie bei den Celluloseethern ausgegangen werden kann.

### Klebkraft

Zur Untersuchung der Klebeeigenschaften wurden je zwei gewaschene Leinenstreifen (1,5 x 10 cm) mit den jeweiligen Klebstoffen verbunden und die Qualität der Haftung am Zugprüfgerät Gabo DY 30 in Form einer ‚T-Schälprüfung‘ (s. Abb. 4) gemessen und beurteilt.

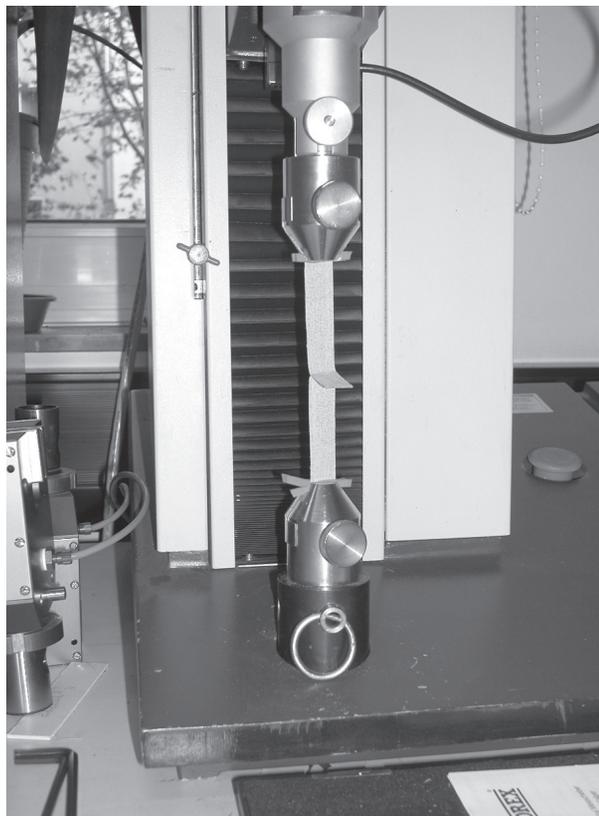


Abb. 4: Die Verklebung eines Prüflings wird durch Auseinanderziehen der fest eingespannten freien Enden am Zugprüfgerät Gabo DY 30 getestet

Aufgrund der unterschiedlichen Viskositäten der einzelnen Produkte, wurde ein eher praxisorientierter Ansatz gewählt und es kamen nicht gleiche Konzentrationen, sondern eine annähernd gleiche Viskosität der Klebstoffe zum Einsatz, bei der eine gute Verstreichbarkeit gewährleistet war.

Mit Hilfe der gekoppelten Steuerungs- und Messsoftware lässt sich eine Vielzahl von Daten zu einer Verklebung sammeln und auswerten. So gibt z. B. der Elastizitätsmodul Auskunft über die Festigkeit der Verbindung bis zum ersten Einreißen und die Gleichmäßigkeit einer Verklebung lässt sich anschaulich graphisch darstellen. Aussagekräftig ist ebenso der Wert der Gesamtenergie, der zur vollständigen Lösung einer Klebeverbindung erforderlich ist (vgl. Diagramm 1). Anhand des Diagramms wird deutlich, dass Kollotex 1250 (10 %ig) eine annähernd gleich starke Klebkraft aufweist, wie 6 %iger Weizenstärkekleister. Alle anderen Stärkeether (8–18 %ig) liegen ebenso wie die 3 %ige MH 300 weit darunter, die das schlechteste Ergebnis liefert.

### Alterungsverhalten

Das Verhalten organischer Stoffe bei künstlicher Alterung muss stets mit größter Vorsicht beurteilt werden, da die Verläufe meist nur eine grobe Annäherung an

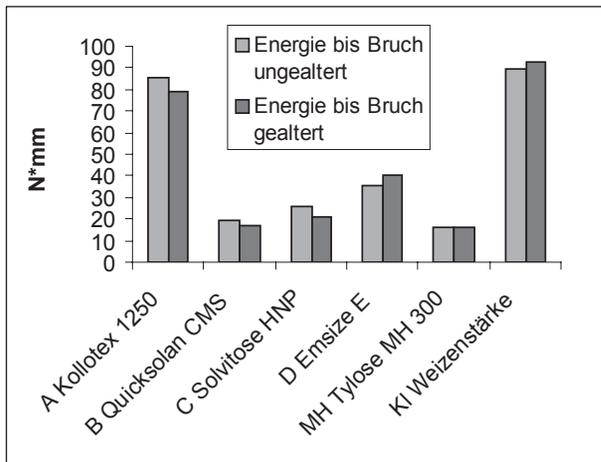


Diagramm 1: Gesamt aufgewendete Energie bis zum Bruch der Verklebung

die tatsächlich ablaufenden Prozesse bei natürlicher Alterung darstellen können. Zum damaligen Zeitpunkt stand kein adäquates Klimagerät zur Verfügung, mit dem eine zumindest annähernde künstliche Alterung hätte durchgeführt werden können. Somit wurde ein Teil der aus den Lösungen gegossenen Folien in verschiedener Weise strapaziert, um mögliche Veränderungen sichtbar zu machen. So bewirkte eine dreiwöchige Bestrahlung mit UV-C (254 nm) bei fast allen Folien eine leichte Vergilbung, wohingegen die aus MH 300 gebildete, zuvor hoch transparente Folie, anschließend opak wurde. Kollotex 1250 und Solvitose HNP zeigten nachfolgend eine höhere Brüchigkeit bei mechanischer Beanspruchung.

Die Vergilbung der meisten Folien fiel nach drei Wochen trockener Ofenalterung (70 °C) noch deutlich stärker aus und ging vereinzelt mit unterschiedlichen Deformierungen einher. Kollotex blieb hier jedoch vollkommen unverändert.

Während einer später durchgeführten, dynamischen Alterung mit wechselndem Klima und einem Tageslicht-Mischspektrum<sup>9</sup> wies Kollotex 1250 im Vergleich mit allen anderen Folien eine gute Beständigkeit und keine sichtbaren Veränderungen auf.

## Fazit

Zahlreiche Verunreinigungen, eine meist nur ungenügende Klebkraft und mögliche optische und mechanische Veränderungen zeigen, dass die meisten der untersuchten Stärkeether für den restauratorischen Einsatz nicht geeignet sind. Einzig Kollotex 1250 lieferte durchweg zufrieden stellende Ergebnisse und genügt somit den konservatorischen Anforderungen.

Eine intensivere Beschäftigung mit der Hydroxyethylstärke sollte die Beurteilung der Produkteigenschaften verbessern helfen und das mögliche Einsatzspektrum erweitern.

Die bereits unter Beweis gestellten positiven Eigenschaften von Kollotex 1250 bei der Malschichtfestigung auf Textil wurden daraufhin im Rahmen einer Diplomarbeit<sup>10</sup> auch zur Konsolidierung von Farbschichten auf Papier untersucht.

## Kollotex 1250 zur Malschichtfestigung

Zur Festigung pudernder und schollender Farbschichten auf dem Malgrund Papier haben sich bereits zahlreiche Festigungsmittel etabliert und die Restaurierungsliteratur bietet eine Vielzahl an Beiträgen, die sich diesem Thema mit unterschiedlichen Schwerpunkten widmen.

Es gilt als Konsens, dass kein Festigungsmittel universell für alle Farb-/Bindemittelsysteme bzw. bei allen Malschichtproblemen einsetzbar ist. Vielmehr finden sich in den Untersuchungsreihen für fast alle gängigen Klebstoffe sowohl positive wie auch negative Ergebnisse, die verdeutlichen, wie notwendig intensive Forschungen sind, um einen möglichst umfassenden Überblick über die Anwendungsmöglichkeiten jedes einzelnen Produktes zu erhalten. Im Rahmen der Diplomarbeit sollte ein erstes Schlaglicht auf die Stärkeether als mögliche Festigungsmittel an Papierobjekten geworfen werden, um festzustellen, ob diese eine sinnvolle Erweiterung der mittlerweile recht breiten Palette des Restaurators darstellen können.

Ähnlich der ersten Arbeit, wurden zunächst umfangreiche Testreihen im Vergleich mit gängigen Festigungsmitteln durchgeführt. Es waren dies neben dem Stärkeether Emsize E 9 die Celluloseether Methocel A4C (Methylcellulose) und Bermocoll E 230 FQ (wasserlösliche Ethylhydroxyethylcellulose), das Algenprodukt JunFunori und ein Gemisch aus Hausenblase und Gummi Tragant (vgl. Abb. 5). Aus den umfangreichen Daten, die hier gesammelt wurden, seien nur einige Ergebnisse beispielhaft aufgeführt:

Kollotex 1250 erzielte bei unterschiedlichen Versuchsanordnungen eine mittlere bis gute Festigungswirkung, die deutlich höher liegt als die von Methocel, jedoch geringer als die Klebkraft von Hausenblase/Tragant einzuschätzen ist.



Abb. 5: Vorn im Bild die Handelsform der ausgewählten Festigungsmittel, dahinter die daraus gebildeten Lösungen. Von links nach rechts: Kollotex, Emsize, Methocel, Bermocoll, Hausenblase, JunFunori

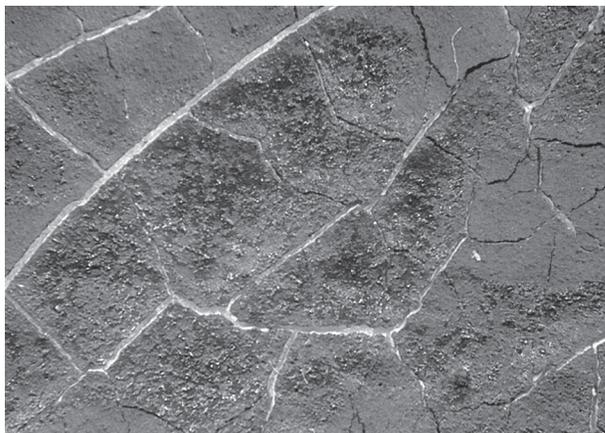


Abb. 6a: Nach der Festigung mit Kollotex 4%ig liegt eine glänzende Schicht auf den Farbschollen auf (Stereomikroskop, 20fache Vergrößerung)



Abb. 6b: Die Auflage des 4%igen Hausenblase/Tragant-Gemisches ist weniger stark glänzend sondern vielmehr als leichte Verschleierung wahrnehmbar (Stereomikroskop, 20fache Vergrößerung)

Die Festigung von matten, pudrigen Malschichten mit Kollotex 1250 in Form von Aerosol kann im Allgemeinen als unproblematisch bezeichnet werden. Erst nach mehrmaligem Auftrag bzw. bei Applikation mit dem Pinsel oder Dosiergerät besteht die Gefahr von Glanzbildung (s. Abb. 6a und 6b).

An Farbaufstrichen mit unterschiedlich simulierten Malschichtschäden wurden die Veränderungen der Farbwerte der gefestigten Proben vor und nach künstlicher Alterung mit einem VIS-Spektralphotometer<sup>11</sup> gemessen. Es wurde hier bewusst eine empfindliche Malschicht aus Ultramarin/Schwerspat, gebunden in Gummi Arabicum ausgewählt, die Veränderungen möglichst leicht sichtbar machen sollte. Die höchsten Abweichungen in Form von Verdunkelungen wurden an den mit Kollotex 1250 und Methocel A4C konsolidierten Bereichen festgestellt. Hingegen wurden keinerlei Auffälligkeiten an verschiedenen Proben mit Aufstrichen aus Flammruß festgestellt. Allerdings wurde die häufig geäußerte Feststellung bestätigt, dass

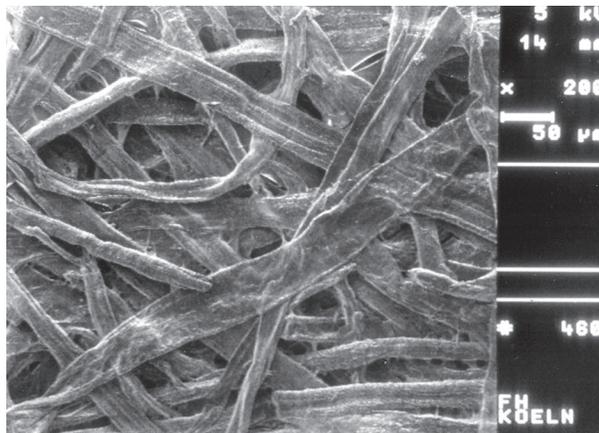


Abb. 7a: Referenz-Aufnahme des ungeleimten Filterpapiers, das zur Tränkung mit den unterschiedlichen Festigungsmitteln verwendet wurde (REM, 200fache Vergrößerung)

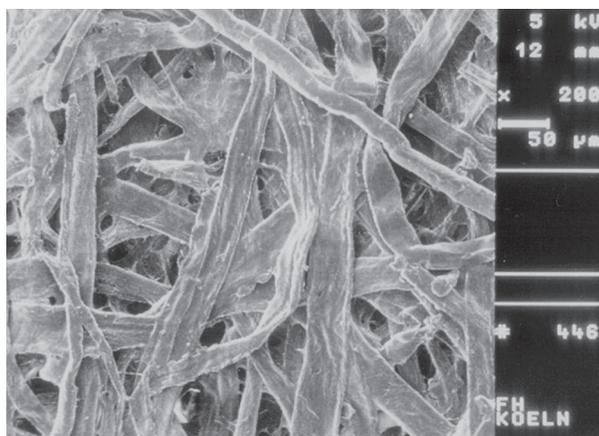


Abb. 7b: Kollotex 1250 bildet einen sehr gleichmäßigen Film um die Fasern und entspricht so den vom Hersteller deklarierten Eigenschaften (REM, 200fache Vergrößerung)

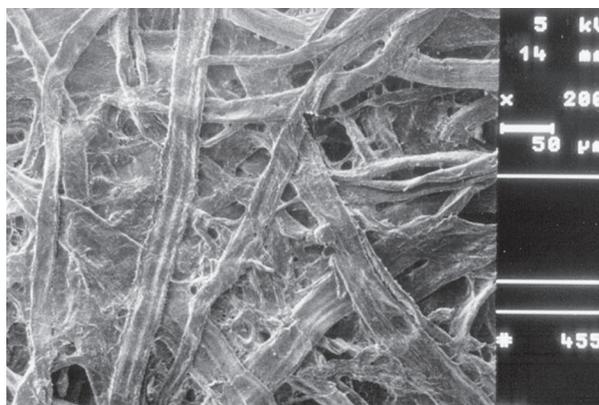


Abb. 7c: Die Methylcellulose Methocel A4C füllt überwiegend die Faserzwischenräume. Besonders im linken oberen Bereich haben sich flächige Verklebungen ausgebildet (REM, 200fache Vergrößerung)

generell die geringsten Veränderungen durch einen einmalig höher konzentrierten Auftrag von Festigungsmittel im Gegensatz zu mehrfach niedriger dosierten Applikationen herbei geführt werden<sup>12</sup>.



Die Fähigkeit, Cellulosefasern gleichmäßig zu umhüllen und diese so vor Reibung und Umwelteinflüssen besser zu schützen, wird als besondere Eigenschaft der Stärkeether beschrieben. Dies konnte Kollotex 1250 im Vergleich mit den anderen Festigungsmitteln anhand von Rasterelektronenmikroskop (REM) Aufnahmen (Abb. 7a-c) nachgewiesen werden. Lediglich das Algenprodukt JunFunori zeigte ein ähnlich gleichmäßiges Aufziehen auf die Fasern wie Kollotex.

Neben allgemeinen Testreihen zur Festigungswirkung wurde im Rahmen der Arbeit auch nach dem optimalen Konsolidierungsmedium für zwei Objekte mit sehr unterschiedlichen Malschichtproblemen gesucht.

Bei dem ersten Objekt handelt es sich um ein Papierrelief (s. Abb. 8) des niederrheinischen Künstlers Herbert Zangs, dessen Oberfläche mit einer matten, schwarz-grauen Pigment-Bindemittelschicht bedeckt ist. Als Bindemittel konnte ein Klebstoff auf der Basis von Polyvinylacetat festgestellt werden, wohingegen sich die farbgebenden Substanzen als ein Kohlenstoffpigment (Flammruß oder Rebschwarz) und Kreide herausstellten.



Abb. 8: Papierrelief o. T. vor der Restaurierung. Der Papierträger wurde durch reliefartige Grat-Faltungen geometrisch gestaltet. Die Oberfläche ist mit schwarzem Pigment und helleren Beimengungen bedeckt

Ein optimales Festigungsergebnis sollte neben einer ausreichenden Fixierung der schlecht gebundenen Malschicht an den Träger nach Möglichkeit keine oder nur geringe Farbwertänderungen aufweisen und keinesfalls zu einer glänzenden Oberfläche führen.

An Probelättern mit simulierter Farbschicht wurden Testfelder angelegt, die mit wässrigen Aerosolen<sup>13</sup> von Kollotex 1250 (1 %ig), Hausenblase/Tragant (1 %ig), JunFunori (0,025 %ig) und Methocel A4C (0,4 %ig) behandelt wurden. Im Ergebnis führte keines der Festigungsmittel zu einer optischen Verände-

rung; alle Probefelder zeigten sich auch nach mehrmaliger Applikation in gleicher Farbtiefe und wiesen keinerlei Glanz auf. Allerdings war bei Kollotex bereits nach viermaligem Aufnebeln eine deutliche Festigungswirkung festzustellen, wohingegen diese bei allen anderen Lösungen erst nach sechsmaligem Auftrag eintrat. Zur Überprüfung des Ergebnisses wurden Post-It-Haftzettel gleichmäßig auf die Probefelder gedrückt und diese vor und nach diesem Hafttest gewogen (s. Abb. 9). Für den Stärkeether Kollotex 1250 als Festigungsmittel sprechen hier die bessere Benetzung und die früher eintretende Festigungswirkung, so dass insgesamt weniger Fremdmaterial in die Originalsubstanz eingebracht werden muss.

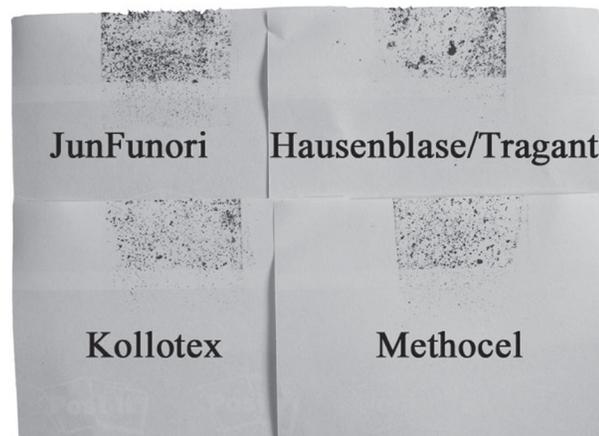


Abb. 9: Die Rückstände an den Haftzetteln weisen – mit Ausnahme von JunFunori – keine allzu großen Unterschiede auf. Die geringste Menge wird von der mit Kollotex behandelten Probe abgenommen

Ein vollkommen anderes Problem lag bei einer überlebensgroßen Karnevalsmaske in Form eines Aufsetzkopfes vor, der die Gesichtszüge des Komikers Oliver Hardy trägt (vgl. Abb. 10). Auf die relativ dicke, mit Proteinleim gebundene Farbschicht war abschließend ein Überzug aus einem Öl-Harz-Gemisch aufgetragen worden. Eingedrungene Feuchtigkeit hatte bei den sehr unterschiedlich hygroskopischen Schichten zu starken Spannungen, Rissbildung und schließlich einer starken Schollenbildung mit schüsselförmig aufstehenden Rändern geführt (s. Abb. 11), die es zu flexibilisieren und erneut an den Papierkorpus zu binden galt.

Aufgrund der für den Festigungserfolg erforderlichen hohen Klebkraft wurden einzig Kollotex 1250 und das Hausenblase/Tragant-Gemisch zum Vergleich herangezogen. Untersucht wurden 1-, 2- und 4 %ige Lösungen, die sowohl mit dem Pinsel als auch mit dem Dosiergerät auf dem Original nachempfundene Probekörpern aufgetragen wurden (vgl. Abb. 6a und b). Zeigte sich bei diesen Testfeldern neben der bereits beschriebenen Glanzbildung von Kollo-





Abb. 10: Aufsetzkopf Oliver Hardy vor der Restaurierung. Die mit Leimfarbe aufgebrachte Bemalung weist Schollenbildung und teils große Ausbrüche auf (Farbabb. s. S. 145)



Abb. 11: Aufsetzkopf vor der Restaurierung. Detail der Hutkrempe in der Aufsicht. Die Schollenränder sind infolge starker Feuchtigkeitseinwirkung größtenteils schüsselförmig konkav verwölbt (Farbabb. s. S. 145)

tex eine leicht bessere Festigungswirkung des Proteinleims ab, so waren diese Unterschiede bei der Applikation am Original nicht mehr nachzuvollziehen. Sowohl der Stärkeether als auch das Hausenblase/Tragant-Gemisch waren optisch und in Bezug auf die Klebkraft als absolut gleichwertig anzusehen. Die Entscheidung fiel letztlich auf eine Festigung mit Hausenblase/Tragant, da man mit diesem Proteinleim im Bindemittelsystem des Originals bleibt und somit ähnliche Parameter bei Klimaschwankungen und im Alterungsverhalten voraussetzen kann.

### Anwendungsbeispiele für Kollotex 1250

Die beschriebenen positiven Eigenschaften von Kollotex 1250 haben dazu angeregt, dieses Stärkederivat auf seine Anwendbarkeit bei diversen restauratorischen Problemen zu untersuchen. Im Nachfolgenden sei auf einige Diplomarbeiten und studentische Projekte verwiesen, die Kollotex in ihre Untersuchungen mit einbezogen haben und überwiegend positive Ergebnisse erzielten:

Kerstin Bartels bescheinigt den Stärkeethern ein hohes Dispergiervermögen, das zu homogenen Farbaufstrichen führt. Die Hydroxyethylstärke Kollotex 1250 kam in dieser Diplomarbeit an der FHTW Berlin<sup>14</sup> als Bindemittel der Grundierung und als RetuschemEDIUM an Fotografien erfolgreich zum Einsatz.

Auch zur Festigung von stark beschädigten präkolumbianischen Textilfragmenten aus Wolle zeigt sich Kollotex 1250 als geeignet. Katrin Spittel<sup>15</sup> registrierte bei der Applikation von Hausenblase zwar höhere Werte in der Zugfestigkeit, allerdings waren die Fasern auch deutlich steifer als nach der Applikation des Stärkeethers.

Martina Luttmier beschäftigte sich in ihrer Diplomarbeit mit der Reinigung und Ergänzung von glänzenden Kunstdruckpapieren<sup>16</sup>. Die von ihr mit Kollotex hergestellten Papierstreichmassen überzeugten durch ein hohes Maß an Flexibilität sowie Glanz und bildeten eine geschlossene Oberfläche. Nach künstlicher Alterung nahmen die Filme jedoch an Rauigkeit zu.

Eine möglichst originalgetreue Nachahmung appreciierter Gewebe zur Ergänzung von Kaliko-Einbänden war Gegenstand der Diplomarbeit von Yvonne Stoldt an der FH Köln<sup>17</sup>. Kollotex 1250 bildete im Vergleich zu den historischen Rezepten regelmäßige, gut deckende und flexiblere Filme aus, wohingegen jene eine bessere Optik erzielten. Ein guter Kompromiss wurde erzielt, indem der native Kleister einer historischen Rezeptur durch den Stärkeether ersetzt wurde.

Die jüngste Auseinandersetzung mit Kollotex 1250 im Bereich der Papierrestaurierung erfolgte durch verschiedene Studenten an der Staatlichen Fachakademie München im Rahmen eines Forschungsprojektes<sup>18</sup>. Gegenstand war ein Vergleich zwischen dem

Stärkeether und Weizenstärkekleister bei der Restaurierung von Gewebeeinbänden. Auch hier erzielt Kollotex gute optische Ergebnisse. Die Gewebe weisen gute Flexibilität und zufrieden stellende Haptik auf. Es wird eine geringere Klebkraft als die von Kleister festgestellt. Allerdings verursacht dieser im Vergleich auch einen höheren Glanz.

### Solvitose PLV als Anfaserzusatz

Abschließend soll noch kurz auf einen weiteren Stärkeether eingegangen werden, der im Restaurierungsbedarf<sup>19</sup> erhältlich ist und den von Helmut Bansa früh geäußerten Hinweis aufgreift, dass Stärkederivate das Anfasierungsergebnis verbessern können.

Solvitose PLV ist ein vorverkleisterter und somit in kaltem Wasser quellbarer, kationischer Stärkeether. Durch die positive Ladung am Molekül kann eine dauerhafte Anbindung an die negativ geladenen Cellulosefasern erzielt werden. Durch Zugabe zum Faserbrei soll diese innere Leimung die Retention der Fasern auf dem Sieb verbessern und ein Papier von erhöhter mechanischer Festigkeit zur Folge haben.

In einer kleinen Testreihe wurde diesem Ansatz nachgegangen und Solvitose PLV mit anderen gebräuchlichen Zusätzen beim maschinellen Anfasern<sup>20</sup> verglichen. Es waren dies Meyproid, ein Polysaccharid auf der Basis von Guar- und Johannisbrotkernmehl, das Polymer Polyacrylamid sowie – aufgrund seiner guten Faserbindungseigenschaften – versuchsweise Kollotex 1250.

Zu Beginn stand erneut die Messung der elektrischen Leitfähigkeit, zu der – obwohl in die weitere Betrachtung nicht eingegangen – wiederum Weizenstärkekleister und Tylose MH 300 als Bezugsgrößen hinzu gezogen wurden (s. Tab. 2).

	Leitfähigkeit in $\mu\text{S/cm}$
Weizenstärke	24,9
Tylose MH 300	70,4
Kollotex 1250	37,4
Meyproid	2180,0
Polyacrylamid	0
Solvitose PLV	97,6

Tab. 2: Leitfähigkeitswerte der 1%igen Lösungen bei 20 °C

Der Leitfähigkeitswert von Solvitose PLV ist lediglich geringfügig höher als der von Tylose MH 300, so dass von einem hohen Reinheitsgrad ausgegangen werden kann (An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass es sich nicht um das weiter oben untersuchte Produkt Solvitose HNP handelt, dessen enorm hohe Leitfähigkeits- und pH-Werte eine Verwendung im konser-

vatorischen Bereich ausschließen!). Das vielfach eingesetzte Produkt Meyproid hingegen zeigt einen im Vergleich mit Weizenstärkekleister annähernd 100fach höheren Wert auf, der dessen Unbedenklichkeit stark in Frage stellt. Auch wenn die Zusätze beim Anfasern nur äußerst gering bemessen werden<sup>21</sup>, so sollte auf möglicherweise problematische Produkte verzichtet werden, wenn Alternativen zur Verfügung stehen. Der Kunststoff Polyacrylamid ist frei von jeglichen Salzen und weist darum auch keinerlei Leitfähigkeit auf.

Im Gespräch mit Kollegen<sup>22</sup> wurde eine deutliche Verbesserung der Homogenität der Anfasierungslösungen genannt. Dies konnte im Vergleich mit der Suspension ohne Zusätze nur mäßig nachvollzogen werden. In fast allen Ansätzen setzten sich die Fasern in ähnlich rascher Zeit am Gefäßboden ab.

Eine verbesserte Retention und somit gleichmäßigere Ausrichtung der Fasern auf dem Sieb ist schwierig zu beurteilen. Während des Anfaservorgangs konnten keine wesentlichen Unterschiede zwischen dem Verhalten der Suspensionen festgestellt werden. Auch im Ergebnis weisen die angefaserten Bereiche keinerlei Abweichungen in Optik oder Haptik auf. Alle Ergänzungen erscheinen im Durchlicht sehr gleichmäßig und verfügen über eine gute Anbindung zu den Rändern des Original-Büttenpapiers.

Neben diesen eher subjektiven Beobachtungen sollte eine mögliche Verbesserung der mechanischen Eigenschaften in Form eines Bersttestes der Ergebnisse objektiver beurteilen helfen. Die Ergebnisse in Diagramm 2 zeigen die gemittelten Werte aus insgesamt je 40 Messungen an acht Anfaserproben je Suspension. Somit führten alle Zusätze zu einer Verbesserung der Papierfestigkeit im Vergleich mit dem reinen Faserbrei. Die höchste Verbesserung der Festigkeit konnte jedoch durch die Zugabe des Stärkeethers Solvitose PLV erzielt werden.

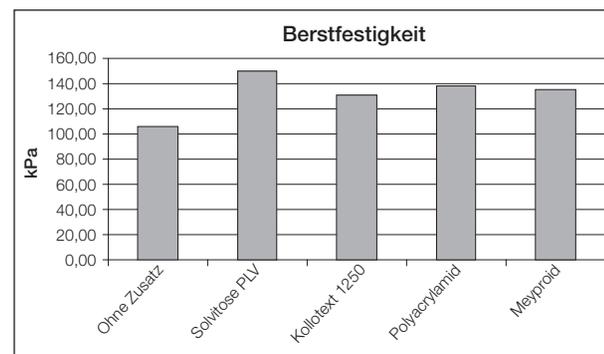


Diagramm 2: Gemittelte Werte der Berstprüfung

### Resümee

Eine generelle Eignung der Stärkederivate für konservatorische Zwecke kann nicht ohne weiteres ausgesprochen werden. Die Verwendbarkeit eines

Stärkeethers scheint weniger von seiner chemischen Konstitution abzuhängen, als vielmehr von seinen Beimischungen und Verunreinigungen, die aus dem Herstellungsprozess herrühren. Da die Angaben der Produzenten diesbezüglich nicht ausreichen, sind vor dem Einsatz eines Produktes entsprechende Untersuchungen unumgänglich.

Gute Ergebnisse zeigten jedoch die Hydroxyethylstärke Kollotex 1250 sowie der kationische Stärkeether Solvitose PLV, die eine sinnvolle Erweiterung der für die Restaurierung geeigneten Materialien darstellen. Allerdings besteht nach wie vor ein hoher Forschungsbedarf, um diese Produkte besser kennen und einschätzen zu lernen.

Bei der Festigung von gelockerten Malschichten auf Papier zeigte Kollotex 1250 teils unterschiedliche Ergebnisse. Das Verhalten auf verschiedenen Farb- und Bindemittelsystemen in Abhängigkeit vom jeweiligen Alterungs- und Schadensbild sollte möglichst breit untersucht werden. Als Zusatz in Grundierungen und Streichmassen, die ein hohes Maß an Flexibilität und Deckkraft erfordern, ist Kollotex in allen Versuchen positiv aufgefallen. Die aufgestrichenen Filme bestehen zusätzlich durch eine gute Verstreichbarkeit und eine geschlossene, gleichmäßige Oberfläche. Die Fähigkeit Fasern gleichmäßig zu umhüllen ist hinreichend dokumentiert und empfiehlt Kollotex für den Einsatz an geschwächten Geweben und Textilfasern. Eine Untersuchung, ob dies im Vergleich auch zu einem deutlich verbesserten Ergebnis bei der Nachleimung von Papier führt, wäre wünschenswert.

Die mit Solvitose als Anfaserzusatz gefertigten Proben zeigten eine verbesserte Festigkeit. Auch hier wäre eine Untersuchung der Festigkeitszunahme bei der Verwendung als Nachleimlösung von großem Interesse. Allerdings gilt hier kritisch zu hinterfragen, ob eine vollständige Reversibilität bei einem kationischen Zusatzstoff gegeben ist.

### Anmerkungen

- 1 Helmut Bansa; Georg Bargenda: Papieranfasern. Bericht über eine handwerkliche Technik. II. Teil. Verstärken und Trocknen. In: Maltechnik 86, 1980, S. 67–72.
- 2 Karl Trobas: Grundlagen der Papierrestaurierung. Graz 1987.
- 3 Georges van Steene; Liliane Masschelein-Kleiner: Modified starch for conservation purposes. In: Studies in Conservation 25, 1980, S. 64–70.
- 4 Der Stärkeether wurde mit 3%igen Lösungen von Paraloid B 72 in Xylol, Klucel GF in Isopropanol sowie den wässrigen Lösungen von Weizenstärkekleister und Hausenblase verglichen.
- 5 Isabella Waltriný: Ein bemaltes, zerknülltes Textilfragment aus dem Ägyptischen Museum Berlin. Sicherung, Identifizierung, Erhaltung. Unveröff. Diplomarbeit FHTW Berlin 2002; Isabella Waltriný: Stärkeether in der Restaurierung. In: Restaura 8, 2003, S. 571–574.
- 6 Der Salz- oder Aschegehalt beschreibt den Rückstand nach vollständiger Verbrennung eines Stoffes unter festgelegten Bedingungen. In der Asche liegen die Mineralstoffe in gebundener Form als Salze, Oxide oder Sulfate vor und geben so Auskunft über das vorliegende Maß an Verunreinigung.
- 7 Nichtnewtonsche Flüssigkeiten zeigen beim Fließen kein idealviskoses Verhalten. Die Viskosität ist hier bei gegebener Temperatur keine Konstante, sondern von der jeweiligen Schergeschwindigkeit abhängig.
- 8 Fa. AVEBE GROUP, P.O. Box 15, NL-9640 AA Veendam, Tel. +31 598 66 91 11; Fa. Emslandstärke, Emslandstraße 58, D-49824 Emlichheim, Tel. +49-(0)59 43/81-0.
- 9 Das Beleuchtungssystem des Klimaschranks Global UV-Testgerät UV 200 SB der Fa. Weiss enthält vier verschiedene Lampentypen, die das gesamte UV-A und UV-B-Spektrum (290–450 nm) abdecken.
- 10 Sabine Güttler: Untersuchungen zur Eignung von Stärkeethern als Festigungsmittel gelockerter Farbschichten auf Papier am Beispiel von zwei unterschiedlich gefassten Objekten. Unveröff. Diplomarbeit FH Köln 2005.
- 11 VIS = Visible Light/sichtbarer Spektralbereich (~ 380–780 nm)
- 12 Annette Kessler: Anwendung von Aerosolen zur Konsolidierung matter Farbschichten unterschiedlicher Schadensbilder unter Berücksichtigung des Eindringverhaltens des Konsolidierungsmittels. Unveröff. Diplomarbeit Staatliche Akademie der Bildenden Künste Stuttgart 1997, S. 50.
- 13 Zur Verbesserung der Anbindung wurde der Polyvinylacetatklebstoff zunächst durch Einwirken von Ethanolämpfen reaktiviert. Ist das Bindemittel auf diese Weise angequollen und leicht klebrig gemacht, lassen sich auch wässrig gelöste Klebstoffe leichter anbinden.
- 14 Kerstin Bartels: Die Ergänzung und Retusche an vier Fotografien auf Gelatinesilberpapier aus den 1920er und 1930er Jahren. Betrachtungen ihrer Struktur und Oberfläche in Bezug zur Bildwirkung. Unveröff. Diplomarbeit FHTW Berlin 2003.
- 15 Katrin Spittel: Die Festigung stark geschädigter Textilien aus feinem Tierhaar am Beispiel präkolumbianischer Textilfragmente aus Peru. Unveröff. Diplomarbeit FH Köln 2004.
- 16 Martina Luttmmer: Die Restaurierungsproblematik von Kunstdruckpapier – Versuche zur Reinigung und Fehlstellenergänzung. Unveröff. Diplomarbeit FH Köln 2005.
- 17 Yvonne Stoldt: Charakteristische Schadensbilder von Kalikoeinbänden und deren exemplarische Restaurierung am Beispiel der Sammlung Rothschild in Frankfurt am Main. Unveröff. Diplomarbeit FH Köln 2006.
- 18 Christl Beinhofer et al.: Kollotex in der Restaurierung von Gewebebänden?. In: PapierRestaurierung 7, 2006, S. 8–10.
- 19 GMW Gabi Kleindorfer, Aster Str. 9, D-84186 Vilsheim.
- 20 Gerät des LWL-Archivamts für Westfalen, Eigenbau mit Vakuumpumpe und geschlossenem Kreislauf-System. In diesem Zusammenhang sei dem Archivamt für die Bereitstellung der Materialien sowie Birgit Geller im Besonderen für ihre tatkräftige Unterstützung gedankt!
- 21 Es wurden je ca. 10 ml der Stammlösungen zu 4,5 g Fasern auf insgesamt 20 l Suspension zugefügt.
- 22 Für Anregungen und Hinweise zur Anfaserung danke ich Monika Schneider-Gast, Solingen und Ritzko Schuster-Ichi, Staatsbibliothek München herzlich.



# Fotografische Silberemulsionen auf Positivmaterialien

## Funktionsweisen und Schadensmechanismen

von Katrin Falkenberg

Dieser Beitrag geht auf den grundsätzlichen Aufbau und die Funktionsweisen von fotografischen Silberemulsionen ein und erläutert die damit in Zusammenhang stehenden Mechanismen, die zu Bildschäden führen können. Für den Papierrestaurator soll er einen Überblick über die am weitesten verbreiteten Techniken der Silberfotografie geben und Kenntnisse vermitteln, die zum sachgemäßen Umgang mit Fotografien beitragen. Die Ausführungen beziehen sich dabei ausschließlich auf Positivmaterialien, wobei die Prozesse der Negativmaterialien grundsätzlich auf denselben Vorgängen basieren.

Seit den Anfängen der Fotografie in der Mitte des 19. Jh. bis heute wird Halogensilber in der Schwarzweißfotografie als Lichtdetektor und bildgebende Substanz verwendet. Als letztere spielen Silberhalogenide ebenfalls in den analogen fotografischen Farbverfahren eine wesentliche Rolle. Im Beitrag werden zuerst die zum Verständnis wesentlichen Grundlagen des fotografischen Prozesses mit Silberhalogeniden schematisch kurz erläutert. Es folgen Ausführungen zur Schwarzweißfotografie, in deren Anschluss die drei wichtigsten analogen Verfahren der Farbfotografie (chromogenes Verfahren, chromolytisches Verfahren und Diffusionsverfahren) vorgestellt und erläutert werden.

### Fotografischer Prozess mit Silberhalogeniden<sup>1</sup>

Für die Erzeugung eines schwarzweißen Bildes werden lichtempfindliche Silbersalze (= Silberhalogenide), meist Silberbromid (AgBr) oder Silberchlorid (AgCl) in ein Bindemittel eingebettet und auf einen Träger gegossen.

Das lichtempfindliche Silberbromid bildet ein Ionen-gitter aus Silberionen und Bromidionen (vgl. Abb. 1). Diese Bindung ist nicht sehr stabil, so kommt es dazu, dass einzelne Silberionen ihren Gitterplatz verlassen und durch den Kristall wandern. Die Anwesenheit dieser Zwischengitter-Silberionen ist eine der Grundvoraussetzungen für den fotografischen Prozess.

Beim Auftreffen von Lichtenergie auf den Kristall wird ein Bromidion abgespalten. Dieses setzt einen

Reaktionsmechanismus in Gang, der in Folge zur Aneinanderlagerung mehrerer Zwischengitter-Silberionen führt, die man ab einer bestimmten Größe als entwickelbare Latentbildkeime<sup>2</sup> bezeichnet. Die Latentbildkeime werden dann im Bad chemisch weiterentwickelt, d. h. die belichteten Silberhalogenid-Kristalle werden zu metallischem Silber weiter reduziert. Bei den älteren Auskopierpapieren (vgl. Auskopier-papiere) wird das Silberchlorid nicht chemisch entwickelt, sondern ausschließlich an Licht auskopiert<sup>3</sup> und anschließend fixiert. Die nicht belichteten Bereiche werden im darauf folgenden Fixierbad mit Thiosulfat in wasserlösliche Verbindungen umgewandelt und anschließend ausgewässert. Zurück bleibt Silber, eingebettet in einer Gelatineschicht.

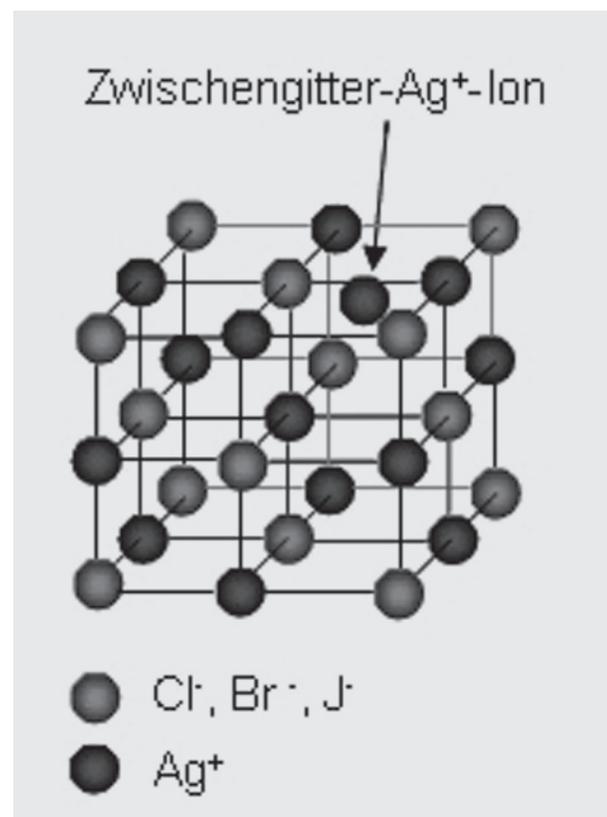


Abb. 1: Kristallaufbau im Silberhalogenid, jeweils ein Silberion ist von sechs Halogenidionen umgeben (Farbabb. s. S. 148)



## Schwarzweiße Papierabzüge

Als Geburtsstunde der Fotografie gilt heute das Jahr 1839, in dem das Verfahren der Daguerreotypie<sup>4</sup> von L. J. M. Daguerre bekannt wurde. Etwa gleichzeitig arbeitete der Engländer W. H. F. Talbot an den ersten Papierabzügen im Negativ/Positivverfahren. Es folgte die Entwicklung unterschiedlicher Techniken zur Herstellung von Fotografien, deren Funktionsweise jedoch grundsätzlich alle auf der Lichtempfindlichkeit von Silberhalogeniden beruhten. Durchgesetzt hat sich bis heute das Verfahren, bei dem das Silberhalogenid in die Gelatine eingebettet und auf einen Träger aufgegossen wird.

### 1. Auskopierpapiere (Printing Out Paper, kurz POP)<sup>5</sup>

Die ersten Papierabzüge von einem Negativ fertigte man im Kontaktverfahren durch ein Negativ, zum Beispiel eine Glasplatte hindurch, auf so genannte Auskopierpapiere.

Die auf einen Papierträger gegossene Schicht enthält hauptsächlich lichtempfindliches Silberchlorid und Silbernitrat, eingebettet in ein Bindemittel. Je nachdem welches Bindemittel enthalten ist, spricht man von: Albuminpapier (*Louis Desiré Blanquart-Evrard, ab 1850*), Kollodiumpapier (*George Wahrton Simpson ab 1864, auch Zelloidinpapier genannt*) Chlorsilbergelatinepapier (*William W. Abbney ab 1882, „Aristo“ von Liesegang ab 1886*) oder Salzpapier (*William Fox Talbot [ab 1840], Kalotypie, Talbotypie<sup>7</sup>*).

Bei Kollodium- und Gelatinepapieren befindet sich zwischen der Emulsion und dem Papierträger meist noch eine Schicht Bariumsulfat, die so genannte Barytschicht. Diese bestimmt den Weißgrad des Bildes und verhindert das Einsinken der Emulsion.

Die Lichtempfindlichkeit von Auskopierpapieren ist sehr gering und das Material erfordert eine intensive Bestrahlung mit UV-haltigem Licht. Belichtet wird bis zum Erreichen der gewünschten Schwärzung. Anschließend wird der Abzug chemisch fixiert. Es entsteht ein sehr feinkörniges und empfindliches Silberbild, das zur Verbesserung der Haltbarkeit und zum Erreichen eines gewünschten Farbtones häufig getont<sup>8</sup> wurde.

### 2. Entwicklungspapiere (Developing Out Paper, kurz DOP)

Die Erfindung der wesentlich lichtempfindlicheren Bromsilbergelatine um 1877 ermöglichte die Einführung der heute noch üblichen Entwicklungspapiere. Damit wurden Vergrößerungen mittels Kunstlicht möglich. Das Entwicklungspapier wurde zunächst ohne, später mit Barytschicht zwischen Papierträger und Emulsion hergestellt. Als Bindemittel setzte sich aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften Gelatine durch. Moderne Papiere besitzen zudem eine Gelatine-

schutzschicht, die das Silberbild sowohl vor mechanischer Belastung als auch vor Schadgasen schützt (vgl. Abb. 2). Mit der Einführung der PE-Papiere ab den 1970er Jahren vergrößerte sich der Markt durch die Möglichkeit einer maschinellen Verarbeitung. Die Trägerschicht besteht aus einem dünnen Papierkern, eingebettet zwischen zwei PE-Schichten. Statt der Barytschicht besitzen diese Papiere eine mit Titanoxid pigmentierte PE-Schicht (vgl. Abb. 3).

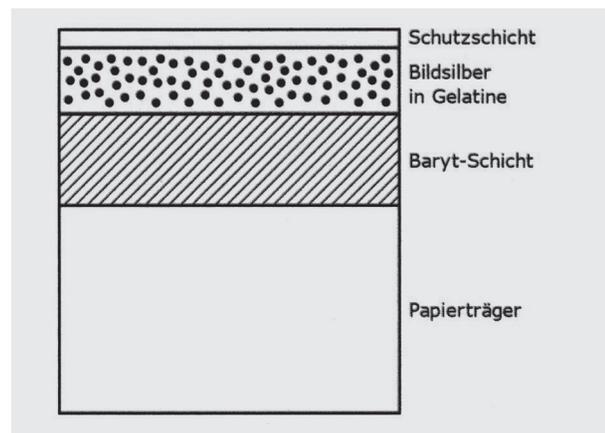


Abb. 2: Schichtenaufbau Barytpapier

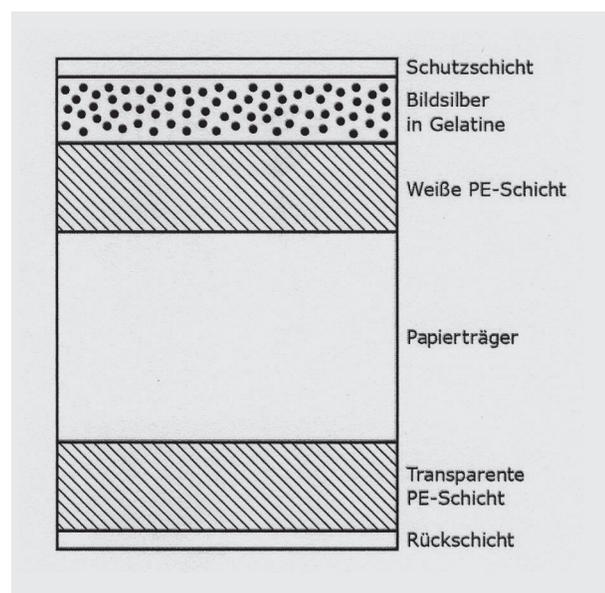


Abb. 3: Schichtenaufbau PE-Papier

## Schadensmechanismen am Silberbild<sup>9</sup>

Grundsätzlich kann das durch Reduktion der Silberhalogenide entstandene Silberbild wiederum durch Oxidation, zum Beispiel in einer sauren und feuchten Atmosphäre verändert werden (vgl. Abb. 4). Die Oxidation führt aufgrund des sich verkleinernden Silberkorns vorerst meist zu einem Verblasen des Silberbildes. Dies ist mit dem bloßen Auge und ohne



Vergleichsmöglichkeit erst ab einem gewissen Oxidationsgrad und dann besonders in den hellen Bildbereichen erkennbar. Häufig ist dieses Schadensbild bei alten Fotos und in Verbindung mit einer sauren Umgebung zu beobachten und liegt begründet in der Struktur des sehr feinkörnigen Silberbildes, das eine große Oberfläche für angreifende Oxidationsprozesse bietet.

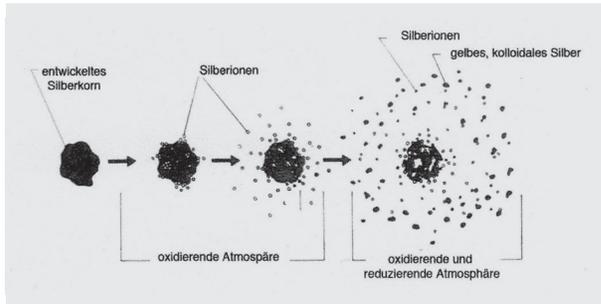


Abb. 4: Abwanderung von Silberionen durch Oxidation des Silberkorns und Bildung kolloidalen Silbers

Die sich bildenden Silberionen sind nicht stabil. Sie wandern vom Silberkorn ab. Bei fortschreitender Oxidation kann sich gelbes kolloidales Silber bilden. Instabile Silberionen können jedoch auch zu farbigen Silbersalzen (Silbersulfid) oder zu farblosen Verbindungen reduziert werden. Ein weiterer Schadensmechanismus ist die Ausbildung eines Silberspiegels.

### Schadensfaktoren

Die Ursachen für bildsilberschädigende Prozesse sind vielfältig und können häufig auf eine *ungenügende Fixierung* zurückgeführt werden. Durch die Zugabe von Natriumthiosulfat-Lösungen (Fixiermittel) werden die nicht entwickelten und schwer löslichen Silberhalogenide in einen löslichen Komplex überführt und anschließend ausgewässert. Je nach Ausnutzung des Fixierbades und Fixierdauer entsteht jedoch nicht sofort der wasserlösliche Komplex. Der Ablauf kann in drei Reaktionsstufen unterteilt werden:

$\text{AgBr}$	$+$	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	$\rightarrow$	$\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3$	
$\text{Ag}_2\text{S}_2\text{O}_3$	$+$	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	$\rightarrow$	$2[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)]^-$	sehr instabil und nur gering wasserlöslich
$[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)]^-$	$+$	$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	$\rightarrow$	$[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)]^{3-}$	stabiler, wasserlöslicher Komplex
$\text{Ag}^+$	$+$	$2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	$\rightarrow$	$[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)]^{3-}$	

Wenn nicht vollständig fixiert wurde, verbleibt  $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)]^-$  in der Emulsion. Auf Grund seiner Insta-

bilität dissoziiert es zu  $\text{Ag}^+$  und  $(\text{S}_2\text{O}_3)^-$ . In Verbindung mit Feuchtigkeit kann sich braunes  $\text{Ag}_2\text{S}$  (Silbersulfid) bilden. Nicht entferntes Silber kann jedoch auch in einem gewissen Zeitraum an die Oberfläche wandern, weiter ‚auskopieren‘ und unter Umständen als rötliche oder auch gräuliche Verfärbung sichtbar werden. Beide Erscheinungsformen sind hauptsächlich in den hellen Bildbereichen bzw. in den Bildweißen anzutreffen, da in den dunklen Bereichen kaum mehr unentwickelte Silberhalogenide vorhanden sind.

Durch eine *unzureichende Wässerung* können Rückstände von Thiosulfat mit dem Bildsilber reagieren, wobei es zu einer Dichteabnahme und zum Verblässen des Bildes kommen kann. Ebenso sind Verbräunungen, vornehmlich in Bereichen der mittleren Grauwerte möglich.

Reilly et al.<sup>10</sup> und Johnson<sup>11</sup> kamen in ihren Untersuchungen zu dem damals überraschenden Ergebnis, dass ein gewisser Restgehalt an Thiosulfat sogar einen günstigen Einfluss auf die Stabilität des Silberbildes haben kann. Nach Bahnmüller<sup>12</sup> ist zu vermuten, dass das Thiosulfat bzw. seine Reaktionsprodukte zuerst mit den Oxidationsmitteln reagieren und der Schadensmechanismus zu einem späteren Zeitpunkt umso stärker auftritt. Auch Lavédrine<sup>13</sup> erwähnt, dass sorgfältig gewässerte Barytpapiere gegenüber Schadgasen besonders empfindlich reagieren können.

Eine gute Verarbeitung des Materials mit einer ausreichenden Fixierung und Wässerung ist jedoch keine Garantie für die Stabilität des Silberbildes. Mittlerweile belegen zahlreiche Quellen den hohen Einfluss von *Schadgasen* auf die Haltbarkeit moderner Silberemulsionen. Es wächst das Bewusstsein dafür, dass sogar saubere, feuchte Luft schädigen kann. Farbliche Veränderungen sind dabei in der Regel auf eine Oxidation des Bildsilbers zu braunen Silbersalzen oder auf die Bildung von kolloidalem Silber zurückzuführen. Ursachen dafür sind oxidierende Substanzen wie sie z. B. in Autoabgasen, Lacken, Pressspanplatten und auch in Zigarettenrauch enthalten sind. In Gegenwart von Schwefelwasserstoff ( $\text{Ag}_2\text{S}$ , Schadgas aus der Luft) kann das oxidierte Bildsilber wieder zu Silbersulfid (gelbbraun) reduziert werden. Es können jedoch auch andere Verbindungen wie Silberoxide (farblos), Silbernitrate und Silbersulfate entstehen. Der so genannte Silberspiegel bildet sich, wenn die durch Oxidation entstandenen Silberionen an die Bildoberfläche wandern und dort zu metallischem Silber umgewandelt werden.

Einen wesentlichen Beitrag zur Beständigkeit der Emulsion leistet die bei den meisten heutigen Papieren über der Emulsion aufgetragene Gelatineschutzschicht. Diese kann bis zu 50 % der Schadgase aufnehmen und diese in ihrer Funktion als Schutzkolloid<sup>14</sup> umhüllen.



Die in den 1970er Jahren eingeführten und seither weit verbreiteten PE-Papiere weisen im Vergleich zu den Barytpapieren eine wesentlich geringere Haltbarkeit auf. Ein Schadenspotential steckt im Titandioxid, das bei PE-Papieren zum Einfärben der obersten PE-Schicht verwendet wird. Durch Licht kann Titandioxid Sauerstoffradikale bilden, die sowohl Silber oxidieren als auch den Kunststoffträger angreifen können. Ein weiterer Nachteil von PE-Papieren im Vergleich zu Barytpapier ist der Umstand, dass oxidierte Silberionen nur in eine Richtung, zur Bildoberfläche wandern können und dort reduziert werden – anders als bei den Barytpapieren, wo Silberionen auch ins Papiervlies absinken können. Man stellte außerdem fest, dass bisher vor allem bei hinter Glas gerahmten PE-Papieren Schäden in Form von Verbräunungen und Aussilberungen auftraten.<sup>15</sup>

### Zusammenfassung

Die Haltbarkeit von Silberbildern hängt zum einem von materialimmanenten Faktoren, wie der Struktur des Silberbildes und den Herstellungsbedingungen ab und zum anderen können äußere Faktoren wie oxidierende Schadgase, Feuchtigkeit und eine saure Umgebung Schäden am Silberbild hervorrufen. Dabei beeinflussen und bedingen sich diese Faktoren gegenseitig und lassen sich nicht eindeutig voneinander abgrenzen. In den meisten Fällen ist es daher nahezu unmöglich ein Schadensbild genau einer Ursache zuzuschreiben.

Da man als Restaurator in der Regel weder in die Struktur des Silberbildes noch in den Herstellungsprozess eingreifen darf bzw. kann, muss das Hauptaugenmerk beim Umgang und bei der Lagerung auf einer schadgasfreien und neutralen Umgebung und auf einem stabilen Klima liegen. Dabei sei darauf hingewiesen, dass besonders moderne Silberbilder sehr sensibel auf geringste Mengen an Peroxiden reagieren können. Ebenfalls sei darauf hingewiesen, dass der Einsatz von in der Restaurierung üblichen Lösungsmitteln unter Umständen zu Bildschäden führen kann, da z. B. Ketone in der Lage sind, Peroxide zu bilden. Wenn möglich, sollte darauf verzichtet werden, oxidierende Bleichmittel (insbesondere Wasserstoffperoxid) in unmittelbarer Umgebung von Fotografien zu verwenden. Auch müssen beim Umgang mit fotografischem Material immer Handschuhe getragen werden, da sich zum einen Fingerabdrücke nur sehr eingeschränkt wieder entfernen lassen und zum anderen können selbige zu einem späteren Zeitpunkt in Form von Verfärbungen in Erscheinung treten. Einen sehr hilfreichen Überblick erhält man in den „Faustregeln für die Fotoarchivierung,“ die im Rahmen der Zeitschrift Rundbrief Fotografie bereits in der 5. erweiterten Auflage erschienen sind.

## Analoge Farbfotografie

Bei der analogen Farbfotografie wird Silberhalogenid als Lichtdetektor in Verbindung mit einem Farbstoff verwendet. Je nach Art der Bilderzeugung wird entweder in einen bildmäßigen Aufbau (chromogenes Verfahren), in einen bildmäßigen Abbau (chromolytisches Verfahren oder auch Silberbleichverfahren) und in eine bildmäßige Diffusion (Farbstoffdiffusion) unterschieden. Alle drei Verfahren basieren auf der subtraktiven Farbmischung. Sowohl bei dem chromogenen als auch bei dem chromolytischen Verfahren wird das Silber während des Prozesses entfernt. Im fertigen Abzug ist nur noch der Farbstoff – eingebettet in eine Gelatineschicht – enthalten.

### 1. Chromogenes Verfahren (Farbgebendes Verfahren oder bildmäßiger Aufbau)

Die heutige Farbfotografie wird im Wesentlichen von dem 1935/36 eingeführten Verfahren mit chromogener Entwicklung beherrscht. Zu Beginn gab es das Verfahren nur als Dia oder Negativ. Erst seit 1942 gibt es auch Farbpapiere, die seit ca. 1973 ausschließlich auf Kunststoffbasis angefertigt werden.<sup>16</sup>

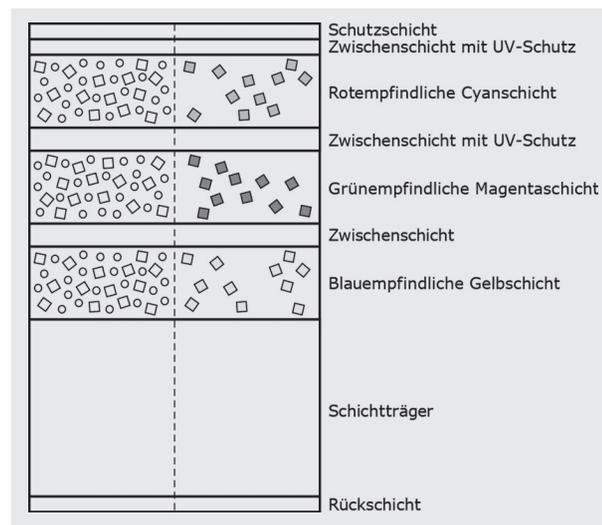


Abb. 5: Chromogenes Farbverfahren, Schichtenaufbau (Farbabb. s. S. 148)

Auf dem Trägermaterial befinden sich in drei voneinander getrennten Gelatineschichten farblose Kupplersubstanzen (Quadrate) zusammen mit lichtempfindlichen Silberhalogeniden (Kreise). Die linke Seite zeigt das Papier vor der Entwicklung. Die unterste Schicht ist die blauempfindliche Gelbschicht, gefolgt von der grünempfindlichen Magentaschicht. Zuoberst befindet sich immer die rotempfindliche Cyanschicht. Im Regelfall besitzen chromogene Papiere zuoberst eine Zwischenschicht mit UV-Schutz und eine darüber liegende Gelatineschutzschicht.



### Prozess

Beim Belichtungsprozess dient das Silberhalogenid als Lichtdetektor. Bei der darauf folgenden Entwicklung mit einem Reduktionsmittel wird im ersten Schritt das belichtete Silberhalogenid, ähnlich wie bei der Schwarzweiß-Fotografie, zu metallischem Silber reduziert. Der Entwickler selber wird zu Entwickleroxida-tionsprodukten oxidiert. Im zweiten Schritt reagieren die Entwickleroxida-tionsprodukte mit den Farbkupplern über die Stufe eines Leukofarbstoffes zum eigentlichen Farbstoff. Das Silber wird anschließend zu Silberhalogenid oxidiert und herausfixiert. Nach einer abschließenden Wässerung wird der Abzug getrocknet. Die rechte Seite der Abb. 5 zeigt das Papier nach dem Entwickeln und Fixieren. Zurück bleibt der Farbstoff eingebettet in Gelatine.<sup>17</sup>

### Haltbarkeit von chromogenen Abzügen

Für den Vorgang der Farbkupplung wird bei der Herstellung des Abzuges relativ wenig Energie aufgewendet. Er läuft bei Zimmertemperatur und unter normalem Druck ab. Genauso wenig Energie kann andersherum den Zerfall der Farbmoleküle hervorrufen. Dies führt in der Regel zum Verblässen der Fotografie bzw. zu Farbverschiebungen.

Eingeleitet bzw. katalysiert wird der Zerfall durch Licht, Feuchtigkeit und Wärme. Weiterhin haben Untersuchungen belegt, dass auch Rückstände von Thiosulfat aus dem Fixierbad sich negativ auf die Haltbarkeit des Silberbildes auswirken können, ebenso wie Schadgase aus der Umgebung.<sup>18</sup>

Da Zerfallsprozesse nicht nur im Licht sondern auch im Dunkeln ablaufen können, wird bei der Haltbarkeit von chromogenen Abzügen in Licht- und Dunkelstabilität unterschieden. Von dem Ausbleichen durch Licht sind vornehmlich die geringeren Dichten und Spitzenlichter betroffen. Bei der Dunkellagerung kommt es auf Grund der unterschiedlichen Stabilität der Farbstoffe zum Verblässen und zu Farbverfälschungen, die oftmals durch die Ausbildung eines starken Gelbschleiers<sup>19</sup> noch verstärkt werden.

In den letzten Jahren konnte die Stabilität der chromogenen Farbabzüge durch den Einsatz beständigerer Farbkuppler erheblich verbessert werden. Es bleibt jedoch immer noch ein Material mit einer aus restauratorischer Sicht geringen Haltbarkeit und hohen Empfindlichkeit. Chromogene Materialien sollten daher kühl (optimal -2 bis 3 °C) und trocken bei 30 bis 40 % Luftfeuchtigkeit gelagert werden.<sup>20</sup>

Innerhalb einer von der Autorin an der Fachhochschule Köln ausgeführten Semesterarbeit zeigte es sich, dass bei der Anwendung von Lösungsmitteln die Gefahr einer Farbstoffdiffusion besteht. Dabei wanderte der zuunterst liegende gelbe Farbstoff an die Oberfläche und bildete dort kleinste „Farbstoffbläschen“ die mit dem bloßen Auge kaum erkennbar waren.

## 2. Chromolytisches Verfahren (Silberbleichverfahren oder bildmäßiger Abbau)

Von Bedeutung ist ebenfalls das etwas ältere chromolytische Verfahren, auch genannt Silberbleichverfahren, das von Agfa in den 1930er Jahren entwickelt und unter den Namen Cibachrome bekannt wurde. Heute wird es von der Firma Ilford unter dem Namen Ilfochrome vertrieben.

Das chromolytische Verfahren eignet sich nur für farbige Abzüge vom Dia und ist als Filmmaterial wegen seiner geringen Lichtempfindlichkeit nicht geeignet.<sup>21</sup> Berühmtheit erlangte es durch eine Variante mit speziellem Polyesterträger (ab 1979), der dem Bild einen besonderen, metallischen Glanz verleiht. Als PE-Papier unterscheidet es sich visuell nicht von den chromogenen Abzügen.

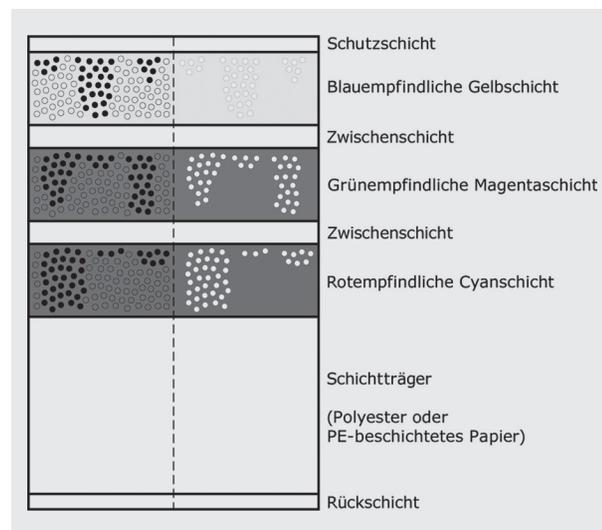


Abb. 6: Chromolytisches Farbverfahren, Schichtenaufbau (Farbabb. s. S. 148)

Auf einen Kunststoffträger werden nacheinander sechs lichtempfindliche Halogensilberschichten gegossen, von denen jede zweite mit einem Azofarbstoff eingefärbt und damit in der Art eines Filters für eine Grundfarbe sensibilisiert ist. Die Farbstoffe liegen dabei in umgekehrter Reihenfolge zu den chromogenen Papieren. Zuoberst befindet sich eine UV-Schutzschicht.

### Prozess

Das Halogensilber funktioniert wiederum als Lichtdetektor. Nach dem Belichten durch ein Diapositiv wird zuerst ein negatives Silberbild entwickelt. Die linke Seite der Abb. 6 zeigt das Papier nach dem Entwickeln des negativen Silberbildes. Die schwarzen Punkte stellen das entwickelte Silber dar. Anschließend erfolgt ein so genanntes Bleichbad, bei dem das Silber wieder zu Silberhalogenid oxidiert und gleichzeitig der Farbstoff an diesen Stellen ausgebleicht wird. Es ent-



steht ein positives Farbstoffbild analog zur Belichtung. Das nicht belichtete Silberhalogenid wird vollständig herausfixiert und zurück bleibt der Azofarbstoff eingebettet in eine Bindemittelschicht. Anschließend wird der Abzug gewässert und fixiert.

#### Haltbarkeit von chromolytischen Abzügen

Die Papiere weisen aufgrund der verwendeten Azofarbstoffe im Vergleich mit den chromogenen Papieren eine wesentlich höhere Farbstabilität auf. Jedoch können je nach Farbstoff auch Azofarben am Licht ausbleichen.

### 3. Farbstoffdiffusion (bildmäßige Diffusion)

Die Diffusionsverfahren beruhen, wie der Name schon sagt, auf der Diffusion von Silbersalzen bzw. von Farbstoffen analog zu einer vorangegangenen Belichtung. Seit 1947 gibt es das Silbersalzdifusionsverfahren<sup>22</sup>, das Anwendung in der Schwarzweißkopie und für das schwarzweiße Sofortbild (Polaroid) fand und als gedanklicher Vorläufer zur Farbstoffdiffusion gilt. Der Wunsch farbige Fotografien gleich nach der Aufnahme in Händen zu halten, erfüllte sich erstmals 1963 mit dem Trennblattverfahren – seit 1972 gibt es das Monoblattverfahren. Eine Zusammenfassung über die Entwicklung der Diffusionsverfahren findet man bei Koshofer<sup>23</sup>.

Der schnellen Verfügbarkeit stehen den Diffusionsmaterialien die Formatgebundenheit und die geringere Schärfe gegenüber. Gleichzeitig handelt es sich bei einem Sofortbild im Regelfall um ein Unikat. Heute sind die Diffusionsverfahren durch die Verbreitung der wesentlich günstigeren und schnelleren Digitalfotografie weitgehend vom Markt verschwunden. Bisher gibt es bis auf eine Veröffentlichung der Polaroid Corporation von 1983<sup>24</sup> relativ wenig Literatur, die sich speziell mit der Haltbarkeit und Restaurierung von Polaroidfotografie beschäftigt.

#### Farbiges Trennblattverfahren<sup>25</sup>

Bei Farbverfahren diffundieren im Gegensatz zu den schwarzweißen Silbersalzdifusionsverfahren nicht Silbersalze sondern Farbstoffe. Jedoch wird auch hier Silberhalogenid als Lichtdetektor bzw. entwickeltes Silber als Diffusionsbarriere verwendet. Das etwas ältere Trennblattverfahren fand meist im Profibereich Anwendung und besteht aus zwei Teilen: einem Negativteil und einem Bildteil.

Auf dem transparenten Träger des Negativteils (im linken Teil der Abbildung) befinden sich drei lichtempfindliche Silberemulsionen mit den dazwischen liegenden Farbstoffschichten gelb, magenta und cyan. Der Bildteil wird später die eigentliche Foto-

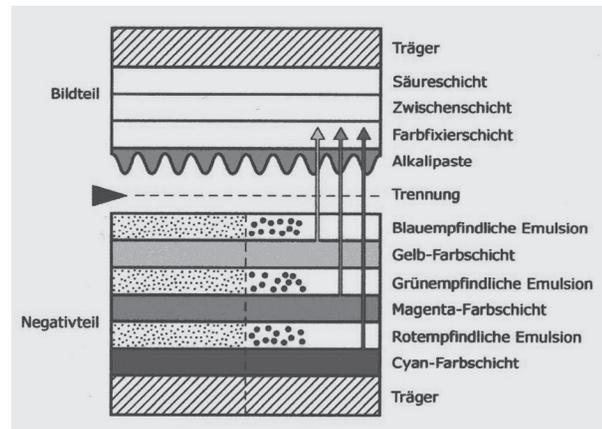


Abb. 7: Diffusionsverfahren / Trennblattverfahren, Schichtenaufbau (Farbabb. S. 148)

grafie aufnehmen und enthält eine alkalische Paste, die nach der Belichtung, durch das Herausziehen des Filmes aus der Kamera, zwischen die beiden Teile gequetscht wird und den Prozess aktiviert. Im alkalischen Milieu der Entwicklerpaste werden die Farbstoffe mobilisiert und wandern nach oben. Sie werden an jenen Stellen gebremst, die belichtetes und entwickeltes Silber enthalten. An unbelichteten Stellen wandern die Farbstoffe bis in die Empfangsschicht, wo sie fixiert und durch eine Säureschicht neutralisiert werden. Es entsteht somit ein positives Bild. Anschließend werden beide Teile getrennt und der Negativteil entsorgt.

#### Monoblattverfahren<sup>26</sup>

Beim Monoblattverfahren bleiben Negativteil und Bildteil auch nach der Entwicklung und Fixierung in einem Kunststoffsandwich miteinander verbunden. Verwendung findet bzw. fand dieses Verfahren überwiegend im Amateurbereich. Der Prozess ist ganz ähnlich dem des Trennblattverfahrens mit dem Unterschied, dass sich zwischen Positiv und Negativ zusätzlich eine lichtundurchlässige Titandioxidschicht bildet. Sie dient als Bildgrundlage und deckt die lichtempfindliche Negativschicht ab.

#### Haltbarkeit von farbigen Diffusionsmaterialien

Sofortbilder haben den großen Nachteil, dass Restchemikalien nicht ausgewässert werden. Besonders problematisch sind dabei die Monoblattabzüge, in denen alle am Prozess beteiligten Chemikalien in einer Kunststoffummantelung eingeschweißt sind.

Wie alle Farbabzüge reagieren sie empfindlich auf Licht, Wärme und Feuchtigkeit mit einem Verblässen der Farben bzw. mit Farbstichen und Vergilbungen. Bei Dunkellagerung sind Polaroids relativ farbstabil.



## Anmerkungen

- 1 Folienserie des Fonds der Chemischen Industrie, Nr. 23 „Silberfotografie“. Fonds der Chemischen Industrie, Frankfurt/Main 1989.
- 2 Latentbildkeim = ein aus wenigen Silberatomen bestehender Cluster.
- 3 Auskopiersilber = photolytisch gebildetes Silber.
- 4 Dabei wurde eine Silberplatte mit Joddämpfen behandelt und es bildete sich an der Oberfläche lichtempfindliches Silberjodid. Dieses wurde belichtet und mit Quecksilberdampf zu Silberamalgal entwickelt.
- 5 Knodt, Pollmeier: Verfahren der Fotografie. Sammlungskatalog, Hrsg. Fotografische Sammlung. Folkwang Museum Essen, 1999.
- 6 Eine Ausnahme bilden die von William Henry Fox Talbot entwickelten Salzpapiere, bei denen die lichtempfindliche Schicht ohne Bindemittel aufgetragen wird.
- 7 Beide Bezeichnungen sind den Abzügen von Papiernegativen in der Zeit von 1840–1855 vorbehalten.
- 8 Beim Tönen wird das Bildsilber durch den Einsatz von Metallsalzen in Silbersalze umgewandelt und dadurch stabilisiert. Gleichzeitig konnte damit die Farbigkeit des Silbers verändert werden.
- 9 Conservation of Photographs: Hrsg. Eastman Kodak Company, 1985; Hendriks et al.: Klaus B. Hendriks, Brian Thurgood, Joe Iraci, Brian Lesser, Greg Hill: Fundamentals of Photograph Conservation. A study Guide. Toronto 1991; Bertrand Lavédrine: A Guide to the Preventive Conservation of Photograph Collection. Hrsg. The Getty Publications, Los Angeles 2003.
- 10 Reilly, Nishimura, Cupricks, Adelstein: Stability of Black and white Photographic Images, With Special Reference to Microfilm. In: Abbey Newsletter 12, 1988, S. 6; <http://palimpsest.stanford.edu/byorg/abbey/an/an12/an12-5/an12-507.html>, 15.08.2005, S. 6.
- 11 Jesper Stub Johnsen: Conservation Management and Archival Survival of Photographic Collections. Göteborg 1997, S. 47.
- 12 W. Bahn Müller: Über die Haltbarkeit von entwickelten photographischen Silberbildern. In: Zeitschrift für wissenschaftliche Photographie 64, 1970, S. 48–49.
- 13 Bertrand Lavédrine: A Guide to the Preventive Conservation of Photograph Collections. Hrsg. The Getty Publications, Los Angeles 2003, S. 8.
- 14 Bei einer relativen Feuchtigkeit über 70% verringert sich die Schutzwirkung, da die Gelatine aufquillt und durchlässig wird.
- 15 Bertrand Lavédrine: A Guide to the Preventive Conservation of Photograph Collection. Hrsg. The Getty Publications, Los Angeles 2003, S. 8.
- 16 Goetz Pollakowski: Zur Stabilität von Farbverfahren In: Farbfehler! Gegen das Verschwinden der Farbfotografie, Tagungsband zum gleichnamigen Kolloquium 1997, Verlag Rundbrief Fotografie, Stuttgart 1998, Sonderheft Nr. 5, S. 97–103.
- 17 Wie Anm. 1.
- 18 Wie Anm. 16.
- 19 Susanne Fern: Die Dunkelstabilität und das Verhalten im Peroxidtest von Gelbfilterschichten, chromogen erzeugten Farbstoffen und Farbaufsichtsvorlagen, Köln (Diplomarbeit FH Köln) 1999.
- 20 Zu empfehlen sind u. a. die Veröffentlichung von Lavédrine zur präventiven Konservierung von fotografischen Sammlungen und die Website von H. Wilhelm et al., auf der man sich sein 1993 erschienenes Buch „The Permanence and Care of Color Photographs“ kostenfrei als PDF herunterladen kann.
- 21 Wie Anm. 16, S. 79–87.
- 22 Trennblattverfahren: Beim Belichten entsteht auf dem Negativblatt ein negatives latentes Silberbild. Beim Herausziehen aus der Kamera wird eine Entwicklerpaste zwischen Negativblatt und Positivblatt gepresst und das latente Silberbild wird entwickelt und somit immobil. Die unbelichteten Silbersalze diffundieren in die Positivschicht, die zusätzlich mit Keimen ausgestattet ist, welche die anschließende physikalische Entwicklung in der Positivschicht katalysieren. Nach der Entwicklung werden die Teile getrennt.
- 23 Wie Anm. 16, S. 84–87.
- 24 Polaroid Corporation: Storing, Handling and Preserving Polaroid Photographs: A Guide, Polaroid Instant Photography, Boston. Focal Press 1983.
- 25 Wie Anm. 1.
- 26 Wie Anm. 1.





# Der Fotografennachlass von Heinrich und Marlies Kleu des Stadtarchivs Neuss

von Marcus Janssens

Im Jahre 2005 hatte das Stadtarchiv Neuss das große Glück den Fotografen-Nachlass Kleu übernehmen zu können. Mit diesem Archiv von Heinrich Kleu und seiner Tochter Marlies Kleu ist dem Stadtarchiv Neuss ein Schatz zugefallen, der im Rheinland ohne Beispiel ist. Dieses Archiv war dem Stadtarchiv schon früher angeboten aber nicht übernommen worden, da zu dieser Zeit die alten Findmittel der Fotografen nicht auffindbar waren. So kam es erst im Frühjahr 2005 zu der endgültigen Übernahme. Bei dem Bestand handelt es sich um ca. 30.000 Glasplattennegative von Heinrich Kleu und eine große Menge an Negativen auf Kunststoffmaterialien sowie Positive der Tochter Marlies Kleu. Das Fotoarchiv Kleu stellt den umfangreichsten Zugang des Archivs in den letzten Jahren dar.

Der junge Fotograf Heinrich Kleu (Abb. 1) zog im Oktober 1903 von Dortmund-Aplerbeck nach Neuss.<sup>1</sup> Geboren wurde er am 13. Oktober 1879 in Roermond, er hatte schon früh seine Eltern verloren und wuchs in einem Waisenhaus auf.<sup>2</sup> Über seine ersten beiden Lebensjahrzehnte ist nichts bekannt. Als er nach Neuss kam, hatte er die Ausbildung zum Fotografen offensichtlich bereits absolviert und verfügte über die Mittel, um unmittelbar ein Fotoatelier eröffnen zu können. Bereits am 24. Oktober 1903 kündigte er in einer Neusser Zeitung (Abb. 2) die Neueröffnung des „Atelier für moderne Photographie“ in der Krefelder Straße 60 an, „Comfortabel der Neuzeit entsprechend eingerichtet“ und mit einem „patentierten Kunstlicht-Atelier“ ausgestattet.

1906 heiratete Heinrich Kleu Maria Tils geboren 1880 in Köln, sie war die Tochter der Bauersleute Tils (Abb. 3). Die zukünftigen Schwiegereltern akzeptierten frühzeitig Heinrich Kleu als Schwiegersohn. Heinrich wurde als humorvolle Persönlichkeit geschildert.<sup>3</sup> Aus der Ehe gingen drei Kinder hervor: Marie Louise, Margrit und Johanna (Abb. 4).

Das Geschäft lief offensichtlich so gut, dass er schon einige Jahre später in sein eigenes Haus in der Krefelder Straße 39 (heute 37) umziehen konnte. Das Atelier im obersten Stockwerk des Anbaus stattete Kleu mit einem nach Norden ausgerichteten Glasdach aus, um möglichst viel und gleichmäßiges Tageslicht nutzen zu können. Zusätzlich zur Lichtregulierung – neben dem Kunstlicht – konnte die ganze Glasfront mit Vorhängen verdunkelt werden (Abb. 5).



Abb. 1: Heinrich Kleu (1879–1948), vermutlich Anfang der 1930er Jahre (Privatbesitz, Slg. Bischoff)



Abb. 2: Anzeige zur Geschäftseröffnung des Fotoateliers Kleu, Oktober 1903



Abb. 3: Familie Tils



Abb. 5: Fotoatelier mit Kamera



Abb. 4: Familie Kleu, von links nach rechts: Johanna, Marlies, Maria Kleu und Margrit



Abb. 6: Innenraum im Wohnbereich Kleu, Krefelder Str. 39

Neben der Fotografie galt Kleus Interesse der Kunst; bis etwa Mitte der 1930er Jahre verkaufte er in seinen Geschäftsräumen neben Fotozubehör auch Werke der Düsseldorfer Malerschule (Abb. 6).

Überwiegend verwendete Heinrich Kleu als Negativmaterial Gelatinetrockenplatten. Bei diesem Verfahren wurde die sensibilisierte Gelatine auf eine Glasplatte gegossen. Die industrielle Herstellung hatte den Vorteil konstanter Ausgangsqualität und erheblicher Zeitersparnis, da das manuelle Präparieren der Platten für ihn entfiel. Nach dem Belichten, Entwickeln und Fixieren wurden die Platten getrocknet und wa-

ren dann als Kopiervorlagen verwendbar. War eine mehrmalige Verwendung als Kopiervorlage vorauszusehen, wurden die Platten mit einem Lack überzogen, um sie gegen mechanische Beschädigungen zu schützen.

An den Negativen wurden zur „Verbesserung“ Retuschen vorgenommen: So wurden zu helle Bereiche mit einem Graphitstift abgedeckt oder zu dunkle Stellen mit einem spitzen Gegenstand punkt- oder strichartig bekratzt, bis der gewünschte Grauwert erreicht war. Auch aus bildgestalterischen Gesichtspunkten nahm Kleu Veränderungen an den Platten



Abb. 7: Einfügen von Wolken als bildgestaltendes Mittel, oben: Negativ, unten: Positiv (Farbabb. s. S. 149)

vor, so fügte er zum Beispiel in eintönig wirkende Himmelsdarstellungen mit rotem Lack Wolken ein (Abb. 7 u. 8). Heinrich Kleu verwendete bereits – obwohl selten – Negativmaterial aus Kunststoff, vorzugsweise für Außenaufnahmen.

Am 17. Februar 1937 kam seine Frau Maria in Folge eines tragischen Unfalls ums Leben. 1944 wurden die Häuser auf der Krefelder Straße durch Bombenangriffe stark geschädigt, dabei wurde ein Nachbarhaus vollends zerstört und das Kleu'sche Haus schwer beschädigt (Abb. 9 u. 10). Danach war das Geschäft nicht fortzuführen. Kleu ging für kurze Zeit nach Greifswald, kehrte aber schon 1945 zurück nach Neuss. Hier setzte er alles daran sein Haus wieder aufzubauen und das Fotoatelier wieder in Stand zu setzen. Im September 1946 war es dann soweit; Kleu kündigte die Zweite Neueröffnung des Ateliers an.<sup>4</sup> Bis zu seinem Tod am 27. November 1948 arbeitete Kleu als Fotograf. Danach übernahm seine älteste Tochter Marlies Kleu das Geschäft.

Maria Louise genannt Marlies Kleu wurde als älteste der drei Töchter am 7. Mai 1908 in Neuss geboren (Abb. 11). Sie besuchte in Neuss das Marienberg Gymnasium und machte dort 1926 ihr Abitur, im Anschluss besuchte sie für ein Jahr eine „höhere Töch-



Abb. 8: Retuschepult aus dem Fotoarchiv Kleu, um 1930. Das Pult wurde bis Anfang der 1970er Jahre zum Retuschieren von Negativen benutzt (Farbabb. s. S. 149)



Abb. 9 (oben): Krefelder Straße 1944



Abb. 10 (unten): Das Atelier von Kleu 1944







Abb. 14: Zustand eines Teils des Fotoarchivs Kleu vor der Übernahme ins Stadtarchiv Neuss, März 2005 (Farbabb. s. S. 149)



Abb. 15: Originalverpackung Trockenplattenfabrik Kranseder und Cie, München (Farbabb. s. S. 149)

Der schwere Bombenschaden von 1944 und die über jahrzehntelange Lagerung der Glasplatten auf dem Dachboden bzw. im Keller des Hauses haben zwar Lücken hinterlassen, jedoch stellte sich bei der Übernahme heraus, dass die Glasplattenegative von 1921 bis 1948 überraschend vollständig vorhanden sind und überwiegend in der numerischen Reihenfolge sortiert vorliegen. Über den Verbleib der Negative vor 1921, von denen nur noch einzelne vorhanden sind, ist nichts bekannt; wahrscheinlich sind sie



Abb. 16: Mutter mit Kind



Abb. 17: Kinder in der Zinkbadewanne

bereits durch Heinrich Kleu oder dessen Tochter vernichtet worden. Anders sieht es bei den Negativen aus Kunststoffmaterialien nach 1948 aus, diese sind wohl auch nummeriert, lagern aber unsortiert in Kartons und kleineren Wäschekörben (Abb. 12).

Der besondere Wert des Fotoarchivs Heinrich und Marlies Kleu ergibt sich nicht zuletzt daraus, dass die zugehörigen Register- und Aufnahmebücher fast alle noch vorhanden sind. In ihnen wurde jede einzelne Aufnahme mit Namen, Datum und Aufnahmeummer



vermerkt. Die jährlichen Registerbücher stellen eine Besonderheit dar, hier wurden alle dargestellten Personen nach Alphabet aufgelistet und mit der Aufnahme­nummer versehen (Abb. 13). Die Aufnahme­bücher hingegen waren ein Instrument der Buchhaltung und wurden fortlaufend nach Auftragseingang geführt, hier wurden auch die eingenommenen Gelder erfasst. Nur diese Bücher ermöglichen es, in der Menge der Negative gezielt einzelne Aufnahmen zu finden. Heinrich Kleu machte jährlich allein weit über eintausend Studioaufnahmen für Pass- und Portraitbilder. Die Aufnahme­bücher und Registerbücher wurden akribisch ab 1928 von Marlies Kleu geführt.<sup>7</sup>

Für die Übernahme ins Stadtarchiv wurden alle vorhandenen Aufnahmen bis einschließlich des Jahres 1965 sowie die dazugehörigen Register- und Aufnahme­bücher vorgesehen. Das bedeutete, es war für Transportverpackung und den eigentlichen Transport von insgesamt 30.000 Glasplattennegativen und geschätzten 10.000 Negativen aus Kunststoff zu sorgen. Glas ist einerseits ein empfindliches und andererseits schweres Material, das die Übernahme ins Archiv zu einer anspruchsvollen Aufgabe machte. Ein Originalkarton mit 10 Glasplatten wiegt schon ca. 1 Kilogramm, so dass allein die Glasplatten einem Gesamtgewicht von ca. zwei Tonnen entsprachen. Der Großteil der Negative befand sich auf dem Dachboden des Hauses Krefelder Straße 37. Die einzelnen Negative waren zu ca. zehn bis zwölf Stück in einem Karton verpackt, die sich in abenteuerlicher Türmen auf einfachen Holzregalen stapelten, einzelne Regalböden waren schon unter der Last zusammengebrochen (Abb. 14). Die Kartons und die Glasplattennegative waren stark verschmutzt und teilweise durch einen Dachschaden mit Wasser in Kontakt gekommen.

Bei den holz- und säurehaltigen Klappkartons handelt es sich um die Originalverpackung des Herstellers der Glasplatten (Abb. 15). Diese schützten die Negative nur unzureichend vor Dreck und Staub des Dachbodens. Ein Teil der Originalverpackungen hatte sich schon soweit zersetzt, dass sie keinen Schutz mehr boten. Die Sammlung erwies sich als insgesamt stark verschmutzt.

Die Platten in den Kartons liegen direkt aufeinander. Als Verpackung zwischen den einzelnen Glasplatten finden sich allenfalls wellige säurehaltige Pergamenttüten oder Schutzumschläge aus holzhaltigem Papier. Diese „Schutzumhüllungen“ jedoch – eigentlich dazu gedacht gegenseitiges Verkratzen zu verhindern – sind jedoch eher geeignet, ihrerseits selbst Schäden auf den Filmschichten der Platten zu verursachen.

Die Übernahme ins Stadtarchiv vollzog sich innerhalb von drei Wochen. Je zwei Mitarbeiter unterzogen zunächst alle Kartons einer groben Reinigung mit einem Staubsauger und stellten weitgehend die numerische Ordnung der Kartons her, verpackten alles in



Abb. 18: Museum und Zeughaus am Markt, 1920er Jahre



Abb. 19: Endlagerung des Fotoarchivs Kleu im Stadtarchiv Neuss

Transportkartons und transportierten diese über eine schmale Treppe vier Stockwerke nach unten. Insgesamt wurden 69 laufende Meter Negativmaterial übernommen und im Kellermagazin des Stadtarchivs an der Oberstraße untergebracht, wo die klimatisch besten Bedingungen im Hause für eine Langzeitarchivierung herrschen. Zudem gelangten 43 Register- und Aufnahme­bücher für die Jahre 1921 bis 1965 ins Archivmagazin.

Mit der Übernahme ist ein großer Schatz ins Stadtarchiv Neuss gelangt. Die meisten Neusser Familien



ließen sich bei Kleu ablichten. Auf Passbildern, Hochzeitsaufnahmen, Portraitfotos usw. lassen sich viele visuell von der Wiege bis an die Bahre verfolgen. Auch die Entwicklung in der Darstellung von Menschen ist zu verfolgen, so zum Beispiel die Darstellung der Frau vom wilhelminischen Zeitalter bis in die 1960er Jahre oder die der Babyfotografie (Abb. 16 u. 17).

Die ins Archiv gelangten Fotonegative gestatten einen umfassenden Blick auf die Neusser Bevölkerung zwischen den 1920er Jahren und Mitte der 1960er Jahre. Bereits eine erste unsystematische Sichtung des Bestandes nach der Übernahme erwies seinen außerordentlichen Wert für die Stadtgeschichte. Für viele Bürger der Neusser Geschichte ist durch die Übernahme der Kleu'schen Sammlung nun zum ersten Mal ein Portrait greifbar. Auch Neusser Juden, die Opfer des Nationalsozialismus wurden und deren Bilder für immer verloren geglaubt waren, verleiht das Archiv Kleu wieder ein Gesicht. Die Geschichte der Neusser Juden wurde anhand der Portraitbilder in der Kleu'schen Sammlung von Professor Rohrbach von der Universität Düsseldorf in einem Seminar aufgegriffen und im März 2007 in der viel beachteten Ausstellung „Geschichte in Gesichtern, Bildnisse Neusser Juden aus dem Fotoatelier Kleu 1935–1941“ vorgestellt.

Selbstverständlich fehlen auch nicht Aufnahmen vom Neusser Schützenwesen und den Schützen. Und Kleu fertigte nicht nur Portraits an, sondern machte darüber hinaus auch Fotos für Einzelhandel und Industrie und hielt Neusser Straßen, Plätze und Gebäude im Bild fest (Abb. 18). Über die Neusser Stadtgeschichte hinaus bietet ein solch geschlossener Fotobestand noch viele interessante Felder zukünftiger kulturhistorischer und restauratorischer Forschung. So wären die Negative mit ihren unterschiedlichen Kunststoffmaterialien ab 1948 noch für eine genauere Betrachtung in Hinsicht auf Konservierung und Restaurierung von Interesse.

Mit der Übernahme stellten sich konservatorische und restauratorische Fragen die zu lösen waren. Fotosammlungen und besonders Glasplattennegative stellen ganz eigene Ansprüche an die Aufbewahrung und sind für jedes Archiv eine konservatorische Herausforderung. Glasplattennegative gehören in die Anfänge der photographischen Technik und sind als historisch relevante Dokumente zu betrachten. Nicht optimal gelagerte Originalplatten können eine Vielfalt an Schäden aufweisen.

Erste Ansätze der konservatorischen Aufarbeitung waren schon zur Erhaltung der Sammlung angelauten. Die Glasplatten wurden einer vorsichtigen Trockenreinigung unterzogen, diese erfolgte mit Druckluft und anschließend mit weichen Pinseln. Auf eine Nassreinigung wurde weitestgehend verzichtet. Im Anschluss erfolgt eine konservatorische Verpackung

der einzelnen Platten in Spezialpapier-Umschläge und Klappkartons, worin sie stehend aufbewahrt werden (Abb. 19).

Bei eingehender Literaturrecherche stellte sich heraus, dass die Problematik der Konservierung und Restaurierung von Glasplattennegativen noch nicht ausreichend bearbeitet worden ist. Aus diesem Grund war es für das Stadtarchiv Neuss ein großes Glück, dass die Kollegin Nadine Thiel dieses Thema in ihrer Diplomarbeit grundlegend aufgriff. Hierdurch ist gewährleistet, dass zukünftige Schritte entsprechend den Erfordernissen erfolgen.

Nach Abschluss der notwendigen Arbeiten wird der Bestand in geeigneter Form der Neusser Öffentlichkeit vorgestellt und unter Beachtung der geltenden archiv- und urheberrechtlichen Bestimmungen zugänglich gemacht. Ziel ist die Erfassung sämtlicher Aufnahmen in einer Datenbank auf der Grundlage der Register- und Aufnahmebücher, um eine rasche und gezielte Recherche nach einzelnen Aufnahmen zu ermöglichen. Außerdem ist der gesamte Bestand in einem konservatorischen Optimum zu erhalten und zu lagern. An eine umfassende Digitalisierung der Negative wird nicht gedacht, diese erfolgt nur bei gezielten Anfragen nach Bildern und als Sicherung geschädigter Platten.

## Anmerkungen

- 1 Stadtarchiv Neuss, A1350 (Einwohnermeldekartei).
- 2 Die Information, Heinrich Kleu sei früh Waise geworden, stammt von Frau Dr. Christiane Bischoff, einer Enkelin Kleus.
- 3 Die Information stammt von Frau Dr. Christiane Bischoff, einer Enkelin Kleus.
- 4 Neußer Zeitung, 24. Oktober 1903, Stan, Z 1.
- 5 Stadtarchiv Neuss, A1350 (Einwohnermeldekartei).
- 6 Die Information über den Verkauf stammt von Wolfgang Bathe.
- 7 Die Information, dass die Aufnahme- und Registerbücher von Marlies Kleu geführt wurden, stammt von Frau Dr. Christiane Bischoff, einer Enkelin Kleus.

## Literatur

Vgl. auch: Annekatri Schaller / Marcus Janssens: Gesichter Neusser Geschichte – Die Sicherung des Fotoarchivs Kleu im Stadtarchiv Neuss. In Novaesium 2005 – Neusser Jahrbuch für Kunst, Kultur und Geschichte, S. 201–209.



# Restaurierungs- und Konservierungskonzept für den Glasplatten-Negativbestand *Kleu* des Stadtarchivs Neuss

von Nadine Thiel

Der Bestand *Kleu* des Stadtarchivs Neuss stellt mit seinen etwa 30.000 Gelatinetrockenplatten ein wichtiges Zeugnis Neusser Stadtgeschichte dar. Aufgrund eines Verarbeitungsfehlers sowie früherer Lagerung weisen die Negative mechanische und chemische Schäden auf. Zur Erarbeitung eines für den Gesamtbestand übertragbaren Restaurierungs- und Konservierungskonzeptes wurden mit Hilfe naturwissenschaftlicher Analysemethoden die Ursachen der im Bestand vorkommenden Schadensbilder genauer bestimmt. Auf der Grundlage experimenteller Untersuchungen bezüglich verschiedener Restauriermethoden konnten schließlich konkrete Vorschläge zur Restaurierung und Konservierung der Glasnegative formuliert werden.

Das Fotoarchiv *Kleu* befand sich jahrzehntelang auf dem Dachboden des Ateliers. Dort lagerten die Negative in den Originalkartons der Hersteller von Gelatinetrockenplatten in Regalen übereinander gestapelt. In diesen Kartons befanden sich je zwölf Negative im direkten Kontakt, teilweise zusätzlich in Pergaminhüllen oder Papierumschlägen.

## Objekt- und Zustandsbeschreibung

Um die Gelatinetrockenplatten des Stadtarchivs Neuss entsprechend ihrer besonderen Eigenschaften behandeln und anschließend aufbewahren zu können, waren Untersuchungen der Herstellungstechniken und -materialien notwendig. Aufgrund der großen Menge an zu untersuchendem Material konnte die Objekt- und Zustandserfassung nur stichprobenartig erfolgen.

Zwei Drittel des untersuchten Bestandes ist rückseitig mit einem Naturharzfirnis versehen. Nahezu 95 % zeigen Retuschearbeiten sowohl auf der Emulsionsseite als auch auf dem rückseitigen Firnis. Der rückseitige Firnis fungiert hier als Filter zur Weichzeichnung des späteren Positivs.

Aufgrund der stichprobenartigen Erfassung konnte festgestellt werden, dass der Bestand sich insgesamt in einem relativ guten Zustand befindet. Die Negative weisen zu 80 % leichte oberflächliche Verschmutzung und zu 20 % starke bis sehr starke Verschmutzung auf. Ebenfalls 80 % des untersuchten Bestandes



Abb. 1: Die jahrzehntelange unsachgemäße Lagerung der Glasnegative in den Regalen auf dem Dachboden des Photoateliers. Die Negative lagerten übereinander gestapelt in den Originalkartons der Hersteller von Gelatinetrockenplatten



Abb. 2: Originalkarton des Gelatinetrockenplatten Herstellers Kranseder & Co. aus dem Jahr 1921

zeigen Silberspiegel im Randbereich. Nur etwa 4 % sind ganzflächig durch den Silberspiegel beeinträchtigt. Ein weiteres Schadensbild stellt eine grau-rötliche Verfärbung in den helleren Bereichen der Emulsionschicht dar. Mechanische Beschädigungen wie Glasbruch und Oberflächenabrasion ließen sich nur bei 2–10 % der untersuchten Fotoplatten feststellen.

## Schadensanalyse/-ursachen

Durch eine Verknüpfung der historischen Informationen mit den erhobenen Zustandsdaten konnten die für den Bestand charakteristischen Schadensbilder analysiert werden. Zusätzlich wurden naturwissenschaftliche Untersuchungen hinsichtlich der Schadensursachen durchgeführt.

Auf die in den letzten Jahrzehnten konservatorisch nicht einwandfreie Lagerung lassen sich die meisten Schäden zurückführen. Die meist starke oberflächliche Verschmutzung sowie die mechanischen Beschädigungen der Emulsionsschicht sind eindeutig Schäden durch die nicht staub- und schmutzfreie Aufbewahrung. Die Glasnegative lagen ungeschützt auf dem Dachboden in stark holzhaltigen Kartons, die teilweise selbst beschädigt waren. In Folge dessen konnte sich im Laufe der Zeit eine Staub- und Schmutzschicht auf die Glasnegative niederlegen deren organische und anorganische Bestandteile mechanische, chemische und biologische Schäden sowie optische Beeinträchtigungen verursachten.

Chemische Veränderungen bzw. Schäden werden überwiegend in der bildgebenden Emulsion sichtbar.<sup>1</sup> Die Schadensursachen können in zwei Gruppen unterteilt werden, in endogene und exogene. Endogene Schäden gehen vom photographischen Material selbst und seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften aus, die die Stabilität der bilderzeugenden Substanzen und der übrigen Bestandteile entscheidend bestimmen. Dagegen zählen zu den exogenen Schadensursachen Faktoren wie ungünstige klimatische Aufbewahrungsbedingungen, schadstoffhaltige Verpackungs- und Ausstellungsmaterialien oder zu helle Beleuchtung.

Für eine Schädigung ist die Anwesenheit von oxidierend bzw. reduzierend wirkenden Stoffen Voraussetzung. Diese können bspw. bei schlechter Verarbeitung aus dem Photomaterial selbst stammen, aus Stoffen, mit denen die Photographien direkte Berührung haben, wie Verpackungsmaterialien, Klebstoffe, Aufziehkartons oder aus der Umgebung, wie Mobiliar, Wandanstrich sowie verschmutzter Atmosphäre.

Wie jede chemische Reaktion wird auch die Zerstörung der bildgebenden Substanzen stark durch die

Temperatur beeinflusst. Ein weiterer wesentlicher Faktor ist die relative Luftfeuchte. Zu hohe Feuchtigkeit begünstigt in Verbindung mit zu geringem Luftaustausch nicht nur das Mikroorganismenwachstum, sondern auch das Entstehen saurer Salze und deren Diffusion durch die Bildschicht.<sup>2</sup>

Mit Hilfe zweier chemischer Analysemethoden wurden die eben aufgeführten Ursachen für das Entstehen chemischer Veränderungen der bildgebenden Substanzen untersucht. Das Vorhandensein von Restchemikalien aus dem Verarbeitungsprozess konnte mit Hilfe der Polarographie<sup>3</sup> ermittelt werden. Des Weiteren wurden die Aufbewahrungsmaterialien, in denen die Glasnegative bis zur Übernahme in das Stadtarchiv gelagert waren, auf das Vorhandensein von Schadstoffen mit Hilfe des Photographic Activity Test<sup>4</sup> geprüft. In allen untersuchten Negativen konnten Restchemikalien nachgewiesen werden. Zudem war festzustellen, dass die zur Aufbewahrung benutzten Originalkartons silberoxidierende und silberreduzierende Schadstoffe enthalten.

Um sich darüber hinaus einen Überblick über die klimatischen Bedingungen während der jahrzehntelangen Lagerung auf dem Dachboden zu verschaffen, wurde ein Thermohygrograph für jeweils einen Monat im Frühjahr und im Sommer auf den Dachboden des Photoateliers aufgestellt. Die so aufgezeichneten klimatischen Bedingungen zeigen deutlich, welche stark schwankende Temperatur und relative Luftfeuchte auf dem Dachboden des Ateliers herrschten.

Diese stark schwankenden klimatischen Bedingungen begünstigten und potenzierten die chemischen Veränderungen in der empfindlichen photographischen Emulsion der Glasnegative. Vor allem Restchemikalien aus dem Verarbeitungsprozess in Verbindung mit einer über Jahrzehnte nicht optimalen Lagerung haben die chemischen Veränderungen und Schäden der Emulsionsschicht in dem vorliegenden Glasnegativbestand verursacht.

## Experimentelle Untersuchungen zur Erarbeitung eines Restaurierungs- und Konservierungskonzept

Der dargestellte Zustand der Glasnegative zeigt die Notwendigkeit von Restaurierungs- und Konservie-

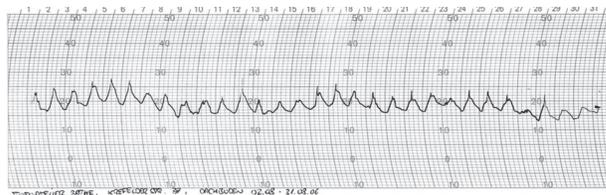
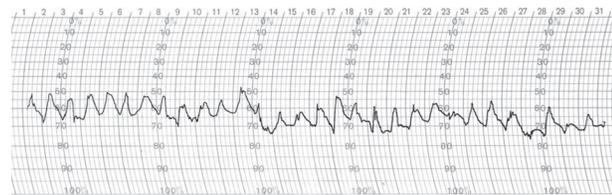


Abb. 3: Klimaaufzeichnung für den Zeitraum vom 22.03.2006 bis 28.04.2006 auf dem Dachboden des ehemaligen Photoateliers Heinrich Kleu. Deutliche Temperatur- und Luftfeuchteschwankungen zwischen 5°C und 22°C beziehungsweise zwischen 45% relativer Luftfeuchte (rF) und 83% relativer Luftfeuchte (rF) innerhalb eines Monats



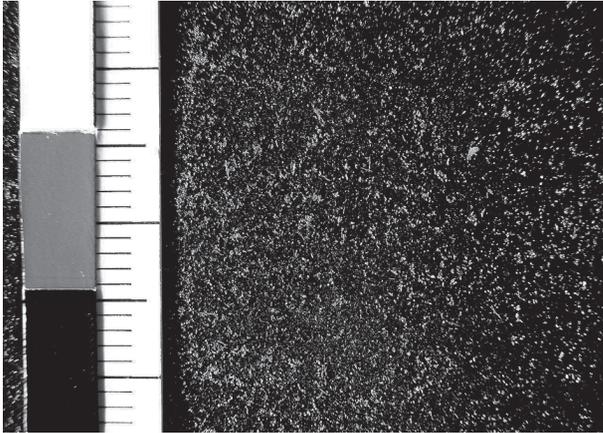


Abb. 4: Die Emulsionsfläche vor der Trockenreinigung mit Druckluft und Microfasertuch. Aufnahme im Streiflicht. Die Schmutz- und Staubpartikel sind deutlich zu sehen

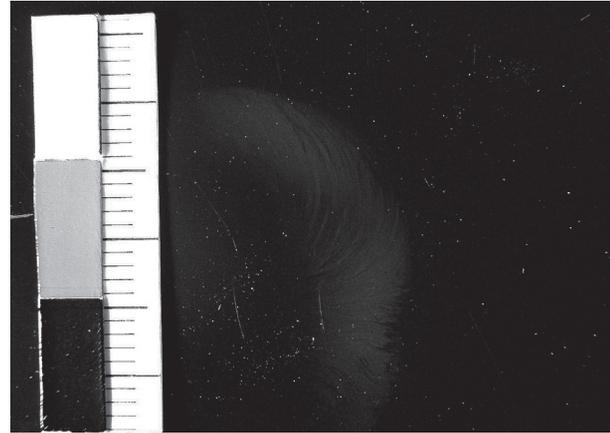


Abb. 5: Die Emulsionsoberfläche nach der Trockenreinigung mit Druckluft und Microfasertuch. Aufnahme im Streiflicht. Die Schmutz- und Staubpartikel konnten erfolgreich entfernt werden, ohne dass Rückstände zu verzeichnen waren

ungsmaßnahmen, die ein Fortschreiten der Schäden verhindern. Zur Auffindung eines für den Gesamtbestand übertragbaren Restaurierungs- und Konservierungskonzeptes wurden verschiedene Materialien und Methoden getestet und diskutiert. Im Folgenden sollen für zwei Schadensbilder die jeweiligen Untersuchungen vorgestellt werden.

Grundsätzlich wird für die Negative das Entfernen der Staub- und Schmutzablagerungen empfohlen, da der grobe sowie der feine Oberflächenschmutz neben der optischen Beeinträchtigung eine potentielle Gefahr für die Emulsionsschicht darstellt. Dabei ist die Wahl der jeweiligen Reinigungsmittel abhängig von der Materialbeschaffenheit und dem Zustand des Glasnegativs.

Für die Trockenreinigung steht eine Vielzahl an Reinigungsmitteln zur Verfügung. Es gilt dabei eine optimale Reinigungsmethode für die Negativoberfläche zu finden, vor allem aber auch keine weiteren mechanischen Beschädigungen auf der Emulsionsschicht zu verursachen.

Um den anhaftenden Staub zu entfernen, wurden insgesamt sechs Reinigungsmethoden an einem Ausschuss-Glasnegativ getestet. Hierbei war zu untersuchen, inwieweit die einzelnen Methoden weitere mechanische Beschädigungen auf der Emulsionsseite hervorrufen.

Zunächst wurde ein Negativ glasseitig in Felder unterteilt und mittels Druckluft (3–4 bar) von grobem Schmutz befreit. Als Reinigungsmethode kamen ein Wattebausch, ein weicher Ziegenhaarpinsel, ein Latexschwamm (*Chemical-Sponge*<sup>5</sup>), ein selbst hergestellter Radierer (*Solagel*<sup>6</sup>) sowie ein feines Microfasertuch zum Einsatz. Nach der Reinigung wurden die behandelten Oberflächen makroskopisch im Auflicht auf Rückstände und neue mechanische Beschädigungen untersucht.

Die verwendeten Reinigungsmittel, zeigten bis auf Chemical-Sponge und Solagel, eine gute Reinigungswirkung. Als insgesamt gut kann die Reinigung mit dem Microfasertuch gewertet werden. Hier zeigten sich gute Reinigungsergebnisse bei wenig Druck, da das Microfasertuch aufgrund seiner Faserstruktur den Schmutz an sich bindet.

Bei anderen Reinigungsmaterialien wird meist der Schmutz entweder in die Oberfläche gerieben oder aber über die Oberfläche geschoben. Rückstände von Radiermitteln, aber auch von Watte und feinen Pinseln sind häufig in Form von kleinen Partikeln sowie Fusseln und Haaren zu beobachten. Mit dem feinen Microfasertuch hingegen können auch leicht beschädigte Bereiche auf der Emulsionsschicht gereinigt werden, da es durch seine feste, aber doch flexible Struktur keine Rückstände hinterlässt und die Oberfläche nicht weiter beschädigt. Ein weiterer Vorteil ist seine feine und dünne Struktur, die es ermöglicht Druck und Intensität der Reinigung zu kontrollieren. Empfohlen wird somit zunächst den grob aufliegenden Schmutz mit Druckluft zu entfernen, um anschließend den feinen, etwas tiefsitzenden Schmutz mit einem Microfasertuch abzunehmen.

Ein weiteres Schadensbild ist der sogenannte Silberspiegel. Zur chemischen Behandlung des Silberspiegels kommt meist eine 0,1 %ige Lösung von Iod in reinem Ethanol zur Anwendung. Bei der Recherche bezüglich einer Entfernung konnten unterschiedliche Meinungen in der Fachliteratur hinsichtlich der Verwendung des von Edith Weyde entwickelten Verfahrens festgestellt werden.<sup>7</sup> Aufgrund der stark schwankenden Erfahrungsberichte wurde das Verfahren an Ausschuss-Glasnegativen mit starkem Silberspiegel getestet. Dabei ließ sich folgende Frage formulieren: Ist es vertretbar, eine solche Behandlungen routinemäßig durchzuführen, um die Negative wei-





Abb. 6: Das Glasnegativ vor der Silberspiegelentfernung nach Edith Weyde. Aufnahme im Auflicht. Das Negativ zeigt starken Silberspiegel, so dass die Bildinformation massiv beeinträchtigt ist (Farbabb. s. S. 150)



Abb. 7: Das Glasnegativ vor der Silberspiegelentfernung nach Edith Weyde. Aufnahme im Durchlicht. Das Negativ zeigt starke Verbräunungen in den von Silberspiegel betroffenen Bereichen (Farbabb. s. S. 150)



Abb. 8: Das Glasnegativ nach der Silberspiegelentfernung nach Edith Weyde. Aufnahme im Auflicht. Der Silberspiegel konnte gut entfernt werden, jedoch sind hier massive mechanische Beschädigungen der Emulsionsschicht zu verzeichnen. Die Emulsion konnte den nasschemischen Behandlungen nicht standhalten und löste sich im Randbereich (Farbabb. s. S. 150)



Abb. 9: Das Glasnegativ nach der Silberspiegelentfernung nach Edith Weyde. Aufnahme im Durchlicht. Die starken Verbräunungen in den Randbereichen konnten erfolgreich entfernt werden (Farbabb. s. S. 150)



terhin ohne optische Beeinträchtigungen benutzen zu können?

Im Auflicht war der silbrig schimmernde Belag deutlich sichtbar. Im Durchlicht dagegen war die Bildinformation durch Verbräunung der von Silberspiegel betroffenen Bereiche stark beeinträchtigt. Bereits während der nasschemischen Behandlung konnte festgestellt werden, dass die völlig intakt scheinende Emulsionsschicht beschädigt wurde und in einigen Bereichen sogar Verluste zu verzeichnen waren.

Deutlich zu beobachten war, dass die Gelatine in der Iod-Ethanollösung stark schrumpfte und sich in der wässrigen Lösung anschließend wieder ausdehnte und anquoll. Diese große mechanische Belastung führte schließlich zu Rissen im Randbereich der Emulsionsschicht und somit zum teilweisen Ablösen.

Als positiv kann die tatsächliche Entfernung des Silberspiegels und der im Durchlicht sichtbaren Verbräunungen gewertet werden. Dennoch muss man die Frage stellen, ob an einem durch Silberspiegel beeinträchtigten Negativ eine chemische Restaurierung gerechtfertigt ist. Bei negativem Behandlungsverlauf wird sich der Zustand des Originals verschlechtern und zu einer materiellen Schädigung führen, die über eine reine Beeinträchtigung der Bildinformation, wie sie durch die Aussilberung vorlag, hinausgeht. Als Massenbehandlung und speziell für den Bestand Kleu ist daher eine nasschemische Behandlung zur Entfernung des Silberspiegels nicht zu rechtfertigen. Die Negative weisen meist nur im Randbereich Silberspiegel auf, so dass die eigentliche Bildinformation noch immer gut sichtbar vorliegt. Durch geeignete Aufbewahrungsbedingungen kann ein Fortschreiten des Silberspiegels verlangsamt werden.

## Konservierungskonzept

Unter Berücksichtigung der dargestellten Teilergebnisse wird deutlich, dass die Erstellung eines angemessenen Restaurierungskonzeptes bezüglich der chemischen Schäden nur bedingt möglich ist. Jedoch ist die Art der Konservierung maßgeblich für die Haltbarkeit des Glasnegativbestandes sowie für die Verlangsamung chemischer Reaktionen in der Emulsionsschicht.

Ein Konservierungskonzept für die Sicherung eines photographischen Bestandes sollte eine quantitative Erfassung des Bestandes, eine Inventarisierung, eine schonende Präsentation, die Erstellung einer Benutzerordnung, die Gestaltung eines Katastrophenplanes sowie eine Mitarbeiterschulung beinhalten (vgl. Marcus Jannssens).<sup>8</sup>

Eine der ersten konservatorischen Maßnahmen sollte das Reproduzieren der Negative sein. Ziel ist das Erstellen eines arbeitenden (Repro-)Archivs und eines ruhenden (Original-)Archivs. Ob hierbei analog

oder digital reproduziert wird, mittels Kontaktabzügen oder mit Scanner, ist oft eine Frage der individuellen Notwendigkeiten und Möglichkeiten.

Die sachgemäße Archivierung ist die wichtigste Präventivmaßnahme, um weitere Schäden an dem Glasplatten-Negativbestand zu verhindern. Dabei wird die Haltbarkeit der Gelatinetrockenplatten maßgeblich durch Archivräumlichkeit, Klima, Luftbeschaffenheit und Aufbewahrungsmaterialien beeinflusst. Diese Faktoren können die Haltbarkeit insofern beeinflussen, dass diese einzeln oder in Wechselwirkung miteinander chemische, photochemische, physikalische und/oder biologische Abbauprozesse hervorrufen, beschleunigen, verlangsamen oder stoppen können.<sup>9</sup>

## Zusammenfassung

Grundsätzlich sollten bei der Langzeitlagerung und beim Umgang mit photographischem Material diejenigen Einflüsse und Faktoren, welche ihren Zerfall verursachen oder potenzieren können, ausgeschlossen werden. Die Zerfallsprozesse bei photographischem Material sind meist chemisch nicht umkehrbar. Daher stellt die Konservierung der Negative einen wichtigen Punkt im Hinblick ihrer Haltbarkeit dar. Ein geregeltes Klima und konservatorisch einwandfreie Aufbewahrungsmaterialien, die keine oxidierend wirkenden Stoffe enthalten, sind unabdingbar. Außerdem sollten oxidierend wirkende Gase und Partikel gefiltert und Materialien im Magazinraum, die Lösemittel, Lignin, Formalin etc. enthalten, vermieden werden.

Heute sind Photographien allgemein als eine wichtige Primärquelle anerkannt. Mit der steigenden Aufmerksamkeit, der sich Photographien schließlich in vielen Bereichen der Gesellschaft erfreuen, ist auch ein größeres Bewusstsein für die Problematik dieser empfindlichen Bilder entstanden. Jedoch wird der konservatorischen Pflege im allgemeinen immer noch eher marginale Bedeutung beigemessen.

Im Allgemeinen ist mehr Forschung auf dem Gebiet der chemischen Restaurierung von photographischen Materialien notwendig, um diese sicher für Massenbehandlungen anwenden zu können. Emulsionsschäden und damit auch Schäden am Bild sind durch restauratorische Eingriffe oftmals nur an Einzelobjekten mit großem Aufwand oder auch nicht mehr zu beseitigen. Die Entscheidung für eine chemische Behandlung ist insofern von besonderer Tragweite, als solche Eingriffe meist irreversibel sind.

Die Konservierung, das heißt die Durchführung von Präventivmaßnahmen, beugt risikoreichen, kosten- und zeitaufwendigen Restaurierungen vor.



## Anmerkungen

- 1 Klaus B. Hendriks, Brian Thurgood, Joe Iraci, Brian Lesser, Greg Hill: Fundamentals of Photograph Conservation. A study Guide. Toronto 1991.
- 2 wie Anm. 1
- 3 Die Polarographie ist eine elektrochemische Analyseverfahren, die sowohl qualitative als auch quantitative Aussagen ermöglicht. Man versteht darunter die Aufnahme von Strom-Spannungskurven an Quecksilber als Indikatorelektrode. Es handelt sich hierbei um eine Methode zur graphischen Untersuchung von Polarisationserscheinungen an einer kleinen, tropfengroßen Quecksilber-Elektrode. Wenn in der Messlösung ein Stoff enthalten ist, der an der Quecksilber-Elektrode elektrochemisch umgesetzt werden kann, so treten im Polarogramm charakteristische Potentiale auf.
- 4 Die chemische Reinheit und Inaktivität von Aufbewahrungsmaterialien für photographische Bestände wird heute meist über den Photographic Activity Test (PAT) nach ISO 14523: 1999 (E) nachgewiesen.
- 5 Der Chemical-Sponge wird aus vulkanisiertem Naturkautschuk hergestellt.
- 6 Robert Fuchs: Herstellung von Kleberadierern. Wie stelle ich meinen Radierer selbst her? In: Arbeitsblätter des Arbeitskreises Nordrhein-Westfälischer Papierrestauratoren. 17. Fachgespräch der NRW-Papierrestauratoren (Altenberg/Odenthal 07.–08.03.2006). Hrsg. vom Arbeitskreis Nordrhein-Westfälischer

- Papierrestauratoren; Rheinisches Archiv- und Museumsamt (RAMA), Pulheim; Westfälisches Archivamt (WAA), Münster. Pulheim, Münster 2006, S. 103–109.: Solagel ist ein PVC-Radierer mit dem Weichmacher Di(2-ethylhexyl)phthalat. PVC ist ein sehr haltbarer Kunststoff und wird aus PVC-Monomeren durch Erhitzen hergestellt. Durch das Erhitzen polymerisieren die Monomere (Vinylchlorid [ $C_2H_3Cl$ ]) durch radikalische Reaktion zum Polyvinylchlorid (PVC). Um den Kunststoff weich und flexibel zu machen, wird diesem während der Herstellung Phthalsäureester als Weichmacher zugefügt. Phthalsäureester sind flüchtig und verdampfen in der Regel nach einigen Stunden. Zur Herstellung des hier verwendeten Solagel-Radierers wurde die Monomermasse (Vinylchlorid [ $C_2H_3Cl$ ]) zusammen mit dem Weichmacher (Di(2-ethylhexyl)phthalat) erhitzt. Dabei ist der Großteil des beigefügten Weichmachers in der Struktur gebunden und wird nur mehr oberflächlich frei. Der Solagel-Radierer setzt zwar ebenfalls Weichmacher auf der zu reinigenden Oberfläche ab, jedoch sind diese innerhalb von 2–3 Stunden verdunstet, da der Solagel-Radierer, im Gegensatz zu industriell hergestellten Weich-PVC-Radierern, keine Stabilisatoren und andere Zusatzstoffe enthält.
- 7 Vgl Klaus B. Hendriks: Über die Erhaltung von Fotografien. <<http://www.foto.unibas.ch/~rundbrief/hen07.htm>.> (26.10.2004).
  - 8 Marjen Schmidt: Fotografien in Museen, Archiven und Sammlungen. Konservieren, Archivieren, Präsentieren. München 1995.
  - 9 Wie Anm. 8.



# Schimmelpilze auf Fotografien – Siedlungsbedingungen und spezielle Behandlungsmöglichkeiten

von Bert Jaček

Wohlbekannt ist die Tatsache, dass Bücher und Archivalien aus Papier, Leder, Pergament und sonstigen Materialien von Schimmelpilzen besiedelt werden können. Aber auch bei Fotografien werden im Grunde genommen alle vorkommenden Materialien als Siedlungsgrundlage verwendet.

Einführend werden die Siedlungsbedingungen von Schimmelpilzen vorgestellt, da aus deren Verständnis sich die teilweise recht einfachen Behandlungsmöglichkeiten ableiten lassen.

## Allgemeines über Schimmelpilze

### Klassifizierung

Als Mikroorganismen werden Bakterien, Schimmelpilze, Hefen, niedere Algen und Viren bezeichnet. Eine systematische Einteilung ist sehr schwierig. In vielen Fällen lassen sich die Mikroorganismen nicht genau klassifizieren, da es oftmals Übereinstimmungen in Bezug auf Morphologie, Fortpflanzung, Physiologie und die Entwicklung gibt, die eine klare Abgrenzung zu anderen Arten erschweren. So wird man oft eine Einteilung nach dem Ziel des Verfassers bzw. der Betrachtungsrichtung finden. Für Mikroorganismen sind auch Bezeichnungen wie Mikroben, Kleinlebewesen oder Protisten zu finden.<sup>1</sup> Sie alle benennen vorwiegend einzellige niedere Organismen, von denen hier die Schimmelpilze ausführlich vorgestellt werden.

Unter dem Begriff „Schimmelpilze“ wird eine heterogen zusammengesetzte Gruppe von mycelbildenden Kleinpilzen zusammengefasst. Sie sind höhere Protisten und bilden eine Form der Eukaryoten (Organismen, die eine Membran um den Zellkern haben) und sind morphologisch weitaus differenzierter als Bakterien. Sie gehören in die botanische Gruppe der Thallophyten (Lagerpflanzen), die einen Vegetationskörper haben, der nicht in Wurzel und Spross (mit Stamm und Blatt) gegliedert ist.<sup>2</sup>

Allgemein bezieht sich das Hauptaugenmerk auf diese Gruppe der Mikroorganismen, da sie eine weitverbreitete und verheerend wirkende Schadensquelle ist. Taxonomisch wurden nahezu 100.000 Arten beschrieben, aber geschätzt wird eine Vielfalt von ca. 250.000 Arten. Davon wissen ca. 200 Arten auch Bi-

otheks-, Archiv- und Museumsgut zu schätzen.<sup>3</sup> Durch den meist niedrigen Anspruch bezüglich der Lebensbedingungen, eine weitreichende Nahrungsmittelsauswahl und eine enorme Vermehrungsfähigkeit ist das Gefahrenpotential von Schimmelpilzen für einen solchen Bestand und deren Benutzer sehr groß.

### Morphologie

Die mikroskopische Betrachtung (ab 10-facher Vergrößerung; bei 30-fach recht deutlich) des gesamten Thallus' (Vegetationskörper) lässt das aus Hyphen bestehende Fadenmycel erkennen. Als Hyphen werden die hintereinanderliegenden, auch verzweigt angeordneten schlauchförmigen Zellen bezeichnet. Sie sind für die Versorgung und Fortpflanzung verantwortlich. Das Fadenmycel wird unterteilt in das vegetative Mycel (auf dem Substrat aufliegend bzw. in das Substrat hinein gewachsen, auch Substratmycel) und das Luftmycel, welches meist die Fruchtkörper trägt (dann auch Reproduktionsmycel genannt). Beide Mycele verhalten sich physiologisch unterschiedlich. Weiterhin sind in der Literatur die Begriffe Pseudomycel (Pseudohyphen) und Hyphenmycel anzutreffen, die allerdings nur besondere Formen des Hyphenwachstums beschreiben.<sup>4</sup>

Der zusammenhängende Kulturverband eines Pilzstammes wird Kolonie genannt. Koloniebildende Pilze weisen meist eine verschiedenfarbig wollige, samtige oder mehligte Oberfläche auf. Die Kolonien bilden verschiedene Wachstumsformen aus. Bei zeitgleichem Befall treten die verschiedenen Pilzarten oft in Konkurrenz, so dass scharf abgegrenzte Kolonieränder entstehen. Die in der Literatur abgebildeten Kolonienformen stellen gezüchtete Schimmelpilzkolonien dar und sind so auf unseren Objekten selten zu finden.

### Fortpflanzung

Schimmelpilze pflanzen sich geschlechtlich als auch ungeschlechtlich fort. Selbst innerhalb einer Art können während der unterschiedlichen Entwicklungsstadien verschiedene Fruktuationsformen (autogene, endogene und exogene Möglichkeiten der Fortpflanzung) zeitgleich vorliegen.



Dabei wird die einfache, asexuelle Form der Sporenbildung von den Schimmelpilzen bevorzugt. An vielen Enden des Luftmycel werden in den Sporangien und/oder den Konidien Unmengen von Sporen erzeugt. Die 1–10 µm kleinen Sporen werden durch z. B. Berührung oder Luftzug abgerissen und schweben dann aufgrund ihrer Leichtigkeit mit der Luft weiter. Selbst nach vielen Jahrzehnten der Inaktivität können die Sporen bei günstigen Bedingungen zum Teil wieder anwachsen, indem sie einen Keimschlauch austreiben und über diesen die benötigten Nährstoffe aufnehmen.<sup>5</sup>

Unter günstigen Lebensbedingungen können einige Arten Verdopplungszeiten von 20 Minuten erreichen. Bei den vielen Möglichkeiten der Vermehrung ist der Umstand zu beachten, dass zwar die Sporen die Hauptlast der Verbreitung tragen, jedoch auch die Hyphen an sich fortpflanzungsfähig sind!

Die Sporen sind meist mit selbst hergestellten Melaninpigmenten gefärbt. Melanin (melas griech.: schwarz) ist ein Chinon-Proteinkomplex, der die Sporen vor UV-Strahlung schützt (ähnlich dem Verbräunen der menschlichen Haut unter Einwirkung von UV-Strahlung). Das Melanin verursacht die braune, schwarze, zuweilen grünliche und gelbe Färbigkeit des Pilzflaumes. Dabei kann auch eine Pilzart verschiedenfarbig erscheinen, was von der chemischen Zusammensetzung der besiedelten Materialien abhängt.

Sporen sind obligater Bestandteil des Hausstaubs. Gemeinsam mit Milben, Pollen, Hautschuppen, Bakterien und abgestorbenen Kleinstlebewesen bilden sie einen Bestandteil des Aeroplanktons. Die Sporen kommen daher ubiquitär vor, sind dabei allerdings überwiegend inaktiv.

### Allgemeine Lebensbedingungen von Schimmelpilzen

Ernährungsphysiologisch benötigen Schimmelpilze zur Aufrechterhaltung und Fortpflanzung grundsätzlich Wasser, Kohlenstoff (Cellulose), Stickstoff (Eiweiß), Minerale und Spurenelemente. Als Umgebungsbedingungen müssen die Temperatur, der pH-Wert des Substrates und die Luftzusammensetzung im Rahmen einer gewissen, aber meist großen Toleranz liegen.

Das Wasser wird als Transportmittel für den Stoffwechsel (Salze, Säuren, Enzyme, Fette etc.) benötigt. Zur Deckung des Energiebedarfs muss Kohlenstoff in Form von kleinen Bausteinen aufgenommen werden. Für die Eiweißsynthese wird Stickstoff benötigt. Für enzymatische Vorgänge müssen weiterhin kleinste Mengen einiger Minerale als Lieferanten für Zink, Eisen, Kupfer, Mangan sowie Brom vorhanden sein. Auch benötigen einige Pilze einen geringen Sauerstoffanteil in der Luft.

### Ernährung

Die meisten Schimmelpilze ernähren sich kohlenstoffheterotroph. Um die Nährstoffquellen anzupfen zu können, müssen diese außerhalb der Zelle vorverdaut werden. So sondern die Hyphen für den Vorgang der „extrazellulären mikrobiellen Laugung“ an die Umgebung zersetzende Substanzen ab. Dies sind hauptsächlich organische Säuren und dem Nährmedium entsprechende Enzyme, das „substratspezifische Enzymbesteck“. Der Substratabbau findet durch Depolymerisierung der organischen Nährmedien statt, um dann die kleinen Bruchstücke über die Zellwand resorbieren zu können. Nach der intrazellulären Verdauung werden die nicht benötigten oder gar zelltoxischen Stoffwechselprodukte ebenfalls über die Zellwand desorbiert. Dabei verfärben die abgegebenen Stoffe und die Spaltprodukte des Nährmediums meist die Umgebung der Hyphen.

Durch ihre stoffwechselphysiologische Vielseitigkeit werden die unterschiedlichsten Nährmedien verwertet. Sehr gute Nährmedien stellen Papier, Leder, Gelatine und Gummen (die hauptsächlich aus Zucker und -derivaten bestehen) dar. Jedoch können einige Pilze auch Kollodium, Polyethylen, Seide, Farben und andere organische Kunststoffe verwerten. Da die Pilze jedoch gewisse Nährmedien bevorzugen, wird diesbezüglich von einer „substratspezifischen“ Ernährung gesprochen.

Je kleinteiliger die Nährmedien schon vorliegen, umso leichter verwertbar sind sie für die Schimmelpilze. Die Art der extrazellulären Laugung (mittels saurer Substanzen) erklärt auch die Vorliebe von Schimmelpilzen für pH-saure Objekte, die einen geringeren Zersetzungsanfang durch die Hyphe bedeutet. Dies gilt auch für durch Feuchtigkeit, Licht und sonstig gealterte Materialien.

Anscheinend verwunderlicherweise sind Schimmelpilze auch auf der Glasseite von Negativplatten, auf Ferrotypen und auf dem Kunstleder von Fotoalben zu finden. Besteht das Kunstleder aus organischen synthetischen Polymeren, so sind die anderen Materialien anorganischer Zusammensetzung. In diesen Fällen haftet die Pilzkultur nur auf dem Träger, ernährt sich aber von aufliegenden anorganischen Stäuben (Mineralienlieferanten) und organischen Verschmutzungen (Fingerfett, organische Stäube wie Hautschuppen, abgestorbene Mikroorganismen etc.).

Abschließend ist anzumerken, dass die Objekte nicht nur unmittelbar durch den Materialabbau für die Ernährung geschädigt werden, sondern auch durch deren Stoffwechselprodukte und -nebenprodukte. Weiterhin wird in der Umgebung der Hyphe durch die Depolymerisierung des Nährmediums die Wasser- und Schadstoffaufnahme begünstigt.



### Umgebungsbedingungen Feuchtigkeit, Temperatur und pH-Wert

Schimmelpilze haben ein Wachstumsoptimum, bei dem der Stoffwechsel und die Fortpflanzung am besten funktionieren. Dieses Optimum ist abhängig von der Temperatur, vom pH-Wert des Besiedlungsmediums und von der Menge verfügbaren, physikalisch losen gebundenen Wassers.

Bei den meisten Arten liegt das Temperaturoptimum bei 20–25 °C, bei thermophilen Pilzen (diverse Aspergillusarten) dagegen bei 30–40 °C. Aber auch schon Temperaturen ab ca. 10 °C reichen zum Erhalt der Lebensfunktionen aus. Selbst dann können sie langsam, aber dennoch wachsen.

Weiterhin weisen die Pilze auch pH-Wert abhängige Wachstumsgeschwindigkeiten auf. Von vielen Arten wird ein eher saurer pH-Bereich bevorzugt (pH 4,5–6,5), aber letztlich wird doch meist im verfügbaren pH-Bereich 2–8 gesiedelt. Daher kommen so ziemlich alle fotografischen Materialien für einen Pilzbefall in Betracht, allein schon, weil aufliegende Umweltstäube einen sauren Charakter haben.

Wichtig für den Ablauf der essentiellen Lebensfunktionen ist ebenso ein gewisser Wassergehalt in der Hyphenzelle und zum Transport der Stoffwechselprodukte im Nährmedium. Bei der Bewertung von Feuchtigkeit ist zu beachten, dass die unterschiedlichen Materialien bei gleicher Relativer Luftfeuchte (RL) verschieden viel Wasser aufnehmen und speichern können!

Eine Gefährdung durch die Feuchtigkeit darf daher nicht allein an der Relativen Luftfeuchte festgemacht werden. Die Substratfeuchte (auch Materialfeuchte) ist für das Anwachsen der Sporen und die Vitalität des Schimmelpilzes von wesentlicher Bedeutung! Diese Substratfeuchte hängt von der Materialart und der Struktur des Materials ab. Aber auch die Oberflächenfeuchte, die an Grenzflächen unterschiedlich dicht und temperierter Materialien vorliegt, spielt eine wichtige Rolle. Daher sind in der Literatur auch Angaben zur materialspezifischen Gleichgewichtsfeuchte (EMC-Wert, Equilibrium Moisture Content) zu finden. Dieser Feuchtegehalt schließt jegliches, im Material vorhandenes Wasser ein. Jedoch liegt das Wasser zu einem Teil chemisch gebunden vor und ist damit für die Schimmelpilze kaum verwendbar. Wichtiger und entscheidender sind der nur physikalisch los gebundene Teil der Wassers und das sogenannte freie Wasser. Dieser Wasseranteil ermöglicht eine „Wasseraktivität“, die berechnet werden kann und im  $a_w$ -Wert ihren Ausdruck findet. Die Werte liegen zwischen  $a_w = 0$  (für absolut trockenes Metall) und  $a_w = 1,0$  (für destilliertes Wasser).<sup>6,7</sup> Xerophile Pilze (z. B. *Wallemia sebi*) wachsen bei einer Substratfeuchte von 13–15 % (bei vielen Materialien zu erreichen bei einer Relativen Luftfeuchte von ca. 60 %, bei einer Temperatur von 20 °C)

und einer Wasseraktivität von  $a_w = 0,65$ . Mesophile Pilzarten (z. B. *Penicillium*-Arten) benötigen eine Substratfeuchte von 15–18 % (bei etwa 65–85 % RL) und einem  $a_w = 0,85$ . Hydrophile Pilze (z. B. *Aspergillus*-, *Trichoderma*- und *Fusarium*-Arten) wachsen bei einer Substratfeuchte von über 25 % (bei etwa 80–90 % RL) und einem  $a_w$ -Wert von 0,95 an. Bei 63 % Relativer Luftfeuchte und 20 °C weist reines, ungeleimtes Cellulosepapier einen Wassergehalt von 7,9 % pro Trockenmasse auf. Bei einem Holzschliffgehalt von 75 %, der das Material wesentlich dichter macht (entspricht in etwa einem Barytpapier), sind es schon 10,10 %. Bei Gelatine hingegen beträgt der Wassergehalt in Abhängigkeit des Alters und der Trocknungsart schon 12–20 %.<sup>8,9,10,11</sup>

Erschwerend kommt bei Fotografien hinzu, dass es sich oft um Materialkombinationen handelt, an deren Materialgrenzflächen in der Regel ein erhöhter Wassergehalt vorliegt. Bei sehr dichtem Material (Feuchtigkeitsbarriere) wie Metall, lackiertem Leder oder Glas entsteht vor der Objektoberfläche eine hohe Feuchtigkeitskonzentration, die unter Umständen zu Kondensationserscheinungen führen kann. So können an diesen Materialien in einem vermeintlich geeignet trockenen Raum bei niedrigen Temperaturen auch dort Schimmelpilze anwachsen. Damit ist auch der Umstand zu erklären, dass bei Glasnegativen der Schimmelbefall oft eher auf der Glasseite anzutreffen ist: Dort liegt eine höhere Wasser(dampf)konzentration vor, als auf der Emulsionsseite, da die Gelatine durch ihre hydrophilen Eigenschaften einen gewissen (aber begrenzten!) Feuchtepuffer darstellt.

Die Parameter der Feuchtigkeit und der Temperatur stehen in engem Zusammenhang und dürfen nicht voneinander getrennt betrachtet werden. Dennoch ist es wichtig darauf hinzuweisen, dass Schimmelpilze eher nach der Erhöhung der Feuchtigkeit anwachsen als durch eine Temperaturerhöhung.

Gelegentlich wird auf das notwendige Vorhandensein von Luftsauerstoff verwiesen, den aber tatsächlich nur wenige Pilze benötigen. Eine sehr kohlenstoffdioxidhaltige Luft wird ungern von den meisten Pilzarten ertragen.

In der Literatur ist der Hinweis auf benötigtes Licht zu finden. Da Schimmelpilze aber kein Chlorophyll zum Verwerten der Lichtenergie haben, spielt das Licht nur eine untergeordnete Rolle (etwa als Wärmezufuhr). Auch wird ein Schimmelpilzbefall sehr oft in Kisten, Kellern oder sonstigen dunklen Stellen entdeckt ...

### Besiedlungsbedingungen

Da sich die Schimmelpilze meist über die Verbreitung der Sporen fortpflanzen, werden vorwiegend raue und/oder feuchte Flächen befallen, an denen die Sporen gut haften können. Voraussetzung aller-



dings ist auch die Möglichkeit des Absinkens der Sporen auf der Oberfläche, was in schlecht gelüfteten Räumen mit einer geringen Luftumwälzung leicht gegeben ist. Dafür kommen Bau- und Wändecken (vor allem Außenwände und Kellerwände), Möbelerückwände und selbst die Rückseite von aufgehängten Bilderrahmen in Frage. Weiterhin sind Kältebrücken an (Metall-)Fenstern, sehr dichte Lackanstriche, Kunststofftapeten, nicht vollständig ausgetrocknete Neubauten und Luftbe- und entfeuchter zu berücksichtigen. Die niedergelassene Spore ist meist noch inaktiv. Nur bei geeigneten Bedingungen (Vorhandensein eines Nährmediums, ausreichende Umgebungsfuchte etc.) treibt die Spore einen Keimschlauch aus und es kann die Entstehung einer Kolonie beginnen. Dieser Prozess kann schon nach zwei Tagen abgeschlossen sein.

### Häufigkeit von Schimmelpilzen

Hierüber wurden in den letzten Jahren mit zunehmender Aufmerksamkeit (auch unter humanpathologischen Aspekten) diverse Untersuchungen getätigt. Dabei kamen die beteiligten Institute zu unterschiedlichen Ergebnissen. Das beruht im Wesentlichen auf unterschiedlichen Messverfahren, auf den verschiedenen Zeitpunkten der Messungen, den unterschiedlichen Materialarten der untersuchten Objekte und an der geografischen Lage der beprobten Sammlungen.<sup>12</sup>

Werden in einer Publikation z. B. Angaben zum Keimzahlgehalt der Luft (KBE-Werte<sup>13</sup>) gemacht, ist dabei zu beachten, dass Schimmelpilze in Abhängigkeit von Jahreszeit und Wetterlage unterschiedliche Mengen Sporen freisetzen. Diese klimaabhängigen Schwankungen wirken sich auch auf den Keimzahlgehalt in Innenräumen aus. Ebenso muss bei einer Auswertung berücksichtigt werden, ob eine einheitliche Probenentnahme und -auswertung erfolgte.

Weiterhin ist die Substratspezifität der Schimmelpilze zu bedenken, um den Zusammenhang von befallenen Gut und den gefundenen Schimmelpilzarten herstellen zu können. Die äußeren regionalen und lokalen Bedingungen spielen bei der Verteilung der Schimmelpilzarten auch eine große Rolle: Liegt das untersuchte Institut in einem Industrie-, Wohn- oder eher landschaftlich geprägtem Gebiet? Aber auch in schon sehr geringer Entfernung sind Quellen für eine hohe Sporenkonzentration zu entdecken, so z. B. Abluftschächte von Klimaanlage; Reinigungskammern oder andere hausinterne Gegebenheiten.

Dennoch sind verallgemeinernd folgende Schimmelpilzgattungen – in wechselnder Rangfolge – am häufigsten anzutreffen: *Chladosporium herbarum*, *Alternaria tenuis* und *Aspergillus fumigatus*. Weiterhin werden oft Arten von *Penicillium*, *Fusarium*, *Mucor* und andere angegeben.<sup>14</sup>

### Klimatische Bedingungen in Magazin- und Arbeitsräumen

Im Rahmen einer Dissertation wurden sieben süddeutsche Archive und Bibliotheken untersucht. Davon verfügten zwei Institute über eine Klimaanlage (konstante Temperatur von durchschnittlich 17 °C bzw. 19,0 °C; konstante Relative Luftfeuchte von 50 % bzw. 36 %). Es waren folgende Klimawerte anzutreffen:<sup>15</sup>

Raumtyp	Relative Luftfeuchte	Durchschnitt RL	Temperatur	Durchschnitt T
Archive / Magazine	23–60 %	50,0 %	15–23 °C	17,9 °C
Arbeitsplatzräume	15–59 %	41,0 %	17–24 °C	19,0 °C
Öffentliche Räume	30–50 %	39,0 %	17–24 °C	20,5 °C

Tab. 1: Klimatische Durchschnittswerte einiger Magazinräume

Interessanterweise liegt die Relative Luftfeuchte in den Archivräumen höher, als in den Arbeitsplatzräumen und den öffentlichen Räumen. Dies kann auf das Einbringen einer gewissen Menge Wasser durch die Schleusenräume verursacht werden, woraus bei den niedrigeren Magazintemperaturen die erhöhte Luftfeuchtigkeit resultiert.

### Verteilung der Luftkeimzahlen

Die höchsten Konzentrationen von Sporen wurde bei Relativen Luftfeuchten von 30–60 % gemessen, wobei

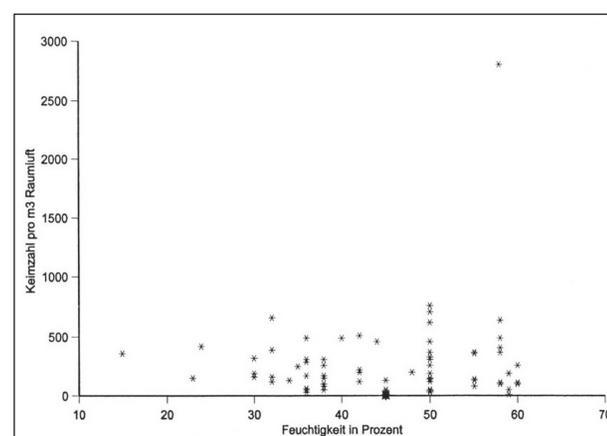


Abb. 1: Sporenkonzentration bei verschiedenen Relativen Luftfeuchten

der Bereich von 50–60 % besonders hervorsteht. Weitere Unterschiede der Keimzahl ergab eine Unterteilung nach Nutzungsarten der Räume. Dabei schnitten die öffentlichen Räume mit der geringsten



Keimzahl ab, höher ist sie in den Depoträumen und signifikant höher in den Arbeitsräumen!<sup>16</sup>

Die unterschiedlichen Konzentrationen lassen sich folgendermaßen herleiten: Die öffentlichen Räume wirken als Schleuse. Durch eine enorme permanente Luftumwälzung werden Sporen eingebracht, aber auch wieder heraustransportiert. In der weiteren, weniger frequentierten Schleuse (Arbeitsräume) werden die Sporen allmählich angesammelt. Dies liegt an der hier geringeren Luftumwälzung und meist an der Trennung von einer wirksamen Frischluftzufuhr, weiterhin an dort oft vorhandenen Teppichen (Sporenfänger), Blumentöpfen, Kleidung und Nahrungsmitteln. Die Depoträume werden weniger benutzt und sind meist feuchter, so dass die eingebrachten Sporen die Möglichkeit haben, sich an geeigneten Stellen abzusetzen. Eine hier nicht durchgeführte Beprobung der Oberflächen würde die Luftkeimmessungen ergänzen und eine bessere Interpretation erlauben.

### Pathogenität

Von der großen Anzahl der Pilzarten ist nur ein relativ kleiner Teil von medizinischem Interesse. Dies bezieht sich auf die humantoxische Wirkung, auf ihre allergieauslösenden Wirkungen sowie auf Krankheitsbilder einer Infektion (Gewebsinvasion). Die durch Schimmelpilze verursachten Krankheitsbilder sollen nur angerissen werden, da die humanpathologischen Gefahren durch aufgenommene Sporen vielerorts schon ins Bewusstsein der Restauratoren und Archivare etc. gerückt sind.

Allgemein kann festgestellt werden, dass von den Schimmelpilzen *Aspergillus fumigatus*, *Chaetium*, *Paecilomyces*, *Stachybotrys* und *Wallemia* ein besonders hohes gesundheitliches Gefahrenpotential ausgeht.

### Mykosen und Allergien

In der medizinischen Literatur wird davon ausgegangen, dass in der Regel nur in einem immungeschwächten Organismus Mykosen entstehen können. Die Sporen werden über die Lunge, die Schleimhäute und die beschädigte Haut aufgenommen. Sie können dann Mykosen oder Allergien auslösen. Der menschliche Körper wird schon von Geburt an mit Sporen und teilweise auch Schimmelpilzen kontaminiert. Schnell bildet er ein entsprechendes Abwehrsystem aus, bzw. lernt, bestimmte unschädliche oder gar nützliche Pilzarten zu dulden.

Eine Mykose entsteht durch das Austreiben von Sporen und dem anschließenden Anwachsen einer Pilzkultur im Körper (z. B. Lungenmykosen, Dermatomykosen, Aspergillose). Die Bezeichnungen endogene Mykose und exogene Mykose lassen nur auf die Herkunft der Erreger schließen, nicht auf eine bestimmte Pilzart. Die durch deren Stoffwechsel abge-

sonderten Mykotoxine können bei einer Langzeitwirkung kanzerogene, mutagene, teratogene oder östrogene Wirkungen haben.

Mykoallergosen werden durch verschiedene Pilzbestandteile ausgelöst. Mit der Atemluft aufgenommene Sporen wirken wie Stäube oder Pollen als spezifische Allergene bei Asthma oder ähnlichen Krankheitsbildern.<sup>17</sup>

Da jedoch neuere Untersuchungen zeigen, dass viele Menschen, die in engen Kontakt zu befallenen Objekten stehen, oft über Krankheitssymptome klagen, die keinen der bisher aufgeführten entsprechen, sind weitere Begleiterscheinungen zu beachten.

### Unwohlbefinden

Häufig klagen Mitarbeiter befallener Bestände über ein indifferentes Unwohlsein („Sick Building Syndrom“ SBS). Obwohl sich keine klassisch klinischen Zusammenhänge zwischen den Beschwerden und den Schimmelpilzen herstellen lassen, wird dieser Umstand von Baubiologen und Arbeitsmedizinern ausgiebig – mit differierenden Ergebnissen – untersucht. Allerdings liegen bisher nur empirische Werte über Beschwerden vor, aber keine wissenschaftlich begründeten humantoxikologischen Werte.

Das schlechte Raumklima wird durch von den Schimmelpilzen freigesetzte, flüchtige organische Verbindungen (MVOCs genannt: Microbiological Volatile Organic Compounds) verursacht. Sie sind auch für den modrigen Geruch in befallenen Räumen verantwortlich. Diese Verbindungen führen bei hohen Konzentrationen zu Kopfschmerzen, Schleimhautreizungen und Konzentrationsschwächen. Es entweichen unter anderem folgende schimmelpilzspezifisch verursachte MVOCs (nach Häufigkeit absteigend geordnet): Alkohole (u. a. Ethanol und 2-Butanol), Ketone (u. a. Aceton und 2-Hexanon) und Furane.<sup>18</sup>

### Erkennung

Ein Schimmelpilzbefall auf einem Objekt kann bei einem partiellen pelzartiger Überzug, Verfärbungen der Oberfläche oder beim Aufliegen eines feinen Haarsystems festgestellt werden. In Räumen kann bei einem typisch modrigen Geruch auf eine entsprechende Kontamination geschlossen werden. Wenn beim Betreten eines befallenen Raumes der Atem stockt (Abwehrreaktion des Körpers), sollte (mit einer Atemschutzmaske!) nach etwaiger Verseuchung gesucht werden.

Der pelzartige Flaum entsteht durch schon angewachsene Pilzkulturen und stellt den Fruchtkörper mit den Sporen dar. Dieser ist sehr gut bei hellen Untergründen zu erkennen. Bei glatten (dunklen) Oberflächen ist ein Mycel relativ gut bei Schrägansicht sichtbar. Ähnliche Strukturen sind auch auf Abzügen und Negativen zu finden, die nicht mit Salzausblühungen



durch schlecht fixierte Fotografien verwechselt werden dürfen.

Aber auch einige Bakterien bilden Farbstoffe, die durch Wasserdiffusion in die Umgebung wandern. Dadurch folgen sie dem Verlauf der Papierfasern und können trügerisch als Pilzgeflecht erscheinen. So bilden die Bakterien der Serratia-Gruppe den oft gegenwärtigen violetten Farbstoff Prodigiosin. Angemerkt sei hier, dass diese Bakterien bevorzugt Gelatine abbauen.<sup>19</sup>

Abbauprodukte durch Schimmelpilze und Mycele sind teilweise erst unter UV-Licht zu erkennen. Daher ist eine kurzzeitige Bestrahlung mit UV-Licht durchaus im Zweifelsfalle zu vertreten.

In großvolumigen Depoträumen, die keine aufdringlichen Anzeichen eines Schimmelpilzbefalles ausweisen, jedoch raumstrukturell schlecht überschaubar sind, kann im Verdachtsfalle die Messung der MVOCs durch Baubiologen oder das Gesundheitsamt einen Hinweis für einen verdeckten Pilzbefall bringen.

### Schlussfolgerungen

Wurde ein Befall festgestellt, ist eine nähere und teure Spezifikation der Arten m. E. nicht notwendig, da die Wachstumsbedingungen, die verursachten Schäden (an Material und Menschen) und einzuleitenden Schutz- und Gegenmaßnahmen sehr ähnlich sind. Dem gegenüber steht die Empfehlung von Meier und Petersen, unbedingt nähere Untersuchungen zur Belastung durch Schimmelpilze durchführen zu lassen. Dies soll v. a. dem Gesundheitsschutz (vgl. TRB 240), der Verhinderung der Rekontamination der behandelten Objekte und überhaupt der Beurteilung des Gefährdungspotentials dienen.<sup>20</sup>

An dieser Stelle kann keine definitive Aussage bezüglich der Für und Wider getroffen werden. Zur Orientierung folgen nun die Behandlungsmöglichkeiten von Schimmelpilzen auf Fotografien sowie Empfehlungen zur Konservierung.

### Behandlung von verschimmeltem Gut

Nachdem mit Schimmelpilzen befallene Objekte gefunden wurden, sollte herausgefunden werden, was die Ursachen des Befalles sind, bzw. sein können. Danach erst kann ein sinnvoller Maßnahmenkatalog erstellt werden, um die Fotografien schonend zu behandeln und möglichst dauerhaft frei von Schimmelpilzen zu erhalten.

### Vorbereitende Maßnahmen

Bevor eine nervöse „Abschiebung“ der befallenen Fotografien direkt zu einem Sterilisationsinstitut erfolgt, muss das Ziel einer Behandlung definiert werden. Dies sollte in enger Zusammenarbeit zwischen dem Kura-

tor, einem Restaurator und dem avisierten Dienstleister (Sterilisationsinstitut bzw. Restaurator) erfolgen. In der Planungsphase können kleinere befallene Konvolute separat, aber möglichst trocken gelagert werden (Quarantäne). Sind ganze Räumlichkeiten betroffen, können die Fotografien weiterhin dort gelagert werden. Das Ausleihen von Luftentfeuchtern (die bis zu 40 l Wasser in 24 h aus dem Raum „saugen“ können) bewirkt eine allmähliche Trocknung des Raum-inhaltes und ist eine erste Maßnahme, um die Aktivität der Pilze zu bremsen.

Gehen für die Planung und das Besorgen von Geldern auch zwei Wochen dahin, so geht der Bestand in diesem Zeitraum meist nicht dem völligen Untergang entgegen (Es sei denn, eine wirkliche Katastrophe liegt vor.). Nur sollte sofort die Benutzung der Fotografien möglichst vermieden werden.

Als erster Schritt muss ermittelt werden, ob der Befall „frisch“ ist oder schon lange Zeit zurückliegt. Wird durch die augenscheinliche Betrachtung vermutet, dass der Befall erst vor kurzer Zeit stattfand, kann davon ausgegangen werden, dass die Pilze noch aktiv sind. Handelt es sich beispielweise um einen Konvolut, der nach einer Ausstellungsreise mit entsprechend auffälligen Veränderungen zurückgegeben wird? In was für einem Klima wurden die Fotografien in der Zeit transportiert und gelagert? Sind die Fotografien stark verwellt, geht dies oftmals auf eine kurzzeitige, aber intensive Befeuchtung zurück. Dagegen kann bei noch recht planliegenden Fotografien davon ausgegangen werden, dass diese über einen längeren Zeitraum feucht gelagert wurden.

Möglicherweise jedoch liegt die Besiedlung mit Schimmelpilzen sehr lange zurück, so dass diese inaktiv sein können. Handelt es sich etwa um einen alten Bestand, der als Schenkung in ein anderes Depot übernommen werden soll? Stammt die Schädigung aus Kriegszeiten? Sind die Fotografien noch feucht oder inzwischen trocken?

Bei der Betrachtung der Fotografie ist aber auch deren unmittelbare und mittelbare Umgebung zu berücksichtigen: Sind eventuelle Rahmen, Rückwände und Passepartouts ebenfalls befallen? Dies lässt darauf schließen, dass die Fotografien über einen längeren Zeitraum zu feucht waren. Sind dagegen Schimmelpilze nur auf dem Foto zu finden, kann der Befall schon vor dem letzten Montieren stattgefunden haben und bei ausreichend trockener Lagerung inaktiv sein. Dem gegenüber kann der Pilzbefall noch so frisch sein, dass die Pilze bislang nur auf dem Foto siedeln und noch keine Zeit hatten, sich auf die unwirtschaftlicheren Materialien auszubreiten.

Generell müssen die klimatischen Bedingungen und sonstige Gegebenheiten (vgl. Siedlungsbedingungen) beachtet werden, auch die im eigenen Depot ...



Dies sind nur einige Beispiele aus den vielen Kombinationsmöglichkeiten, die zur Ursache der Besiedlung führen können und aus denen ein Behandlungskonzept abzuleiten ist.

### Definition von Desinfektion – Sterilisation – Konservierung

Die Anforderungsprofile für die Sterilisations- und Desinfektionsverfahren sind einander sehr ähnlich: Sie müssen eine dem Ziel entsprechend tödliche Wirkung auf die Hyphen und/oder Sporen haben, aber für den Anwendenden und später Benutzenden gesundheitlich möglichst unbedenklich sein. Des Weiteren dürfen sie das Behandlungsgut nicht beschädigen (Materialverträglichkeit vorher prüfen!). Aufgrund der Vielzahl von Schimmelpilzarten und deren (Über-)Lebensformen auf Kulturgütern sollen die eingesetzten Verfahren und Mittel ein breites Wirkungsspektrum aufweisen (im Gegensatz zur Behandlung von bspw. Menschen).

Mit einer *Desinfektion* „... wird ein Gegenstand in einen Zustand versetzt, in dem er nicht mehr infizieren kann (lat. *inficere*: vergiften). Desinfektionsmaßnahmen sollen die Abtötung bzw. irreversible Inaktivierung von Keimen an und in kontaminierten Objekten sowie die Unterbrechung von Infektionsketten bewirken“<sup>21</sup>. Weiter als die Inaktivierung geht die Sterilisation: Da aber auch im medizinischen Bereich eine vollkommene Sterilität nicht erreichbar ist, wird noch an einer sinnvollen Definition gearbeitet. Das Deutsche Arzneibuch bezeichnet aktuell die *Sterilisation* als „... das Freimachen eines Gegenstandes von vermehrungsfähigen Organismen“. **Auch eine vollständige Sterilisation bietet nur einen temporären Schutz gegen einen Neubefall.**<sup>22</sup>

Daher hat die *Konservierung* zur Aufgabe, einen Gegenstand über einen längeren Zeitraum unverändert zu bewahren. Zu diesem Zweck müssen alle schädigenden und verderblichen Einflüsse ferngehalten werden<sup>23</sup>.

Die TRBA 240 „Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit mikrobiell kontaminiertem Archivgut“ weist aus, dass die Sterilisation die letzte Methode der Wahl ist. Ihr ist die Dekontaminierung durch eine Reinigung grundsätzlich vorzuziehen.<sup>24</sup>

### Behandlungsmöglichkeiten

Forschungen über die Sterilisation und Desinfektion in Hospitälern und in der Lebensmittelindustrie wurden schon seit Beginn des 20. Jahrhunderts durchgeführt. Aus dem großen Fundus der medizinischen und großtechnischen Praktiken haben sich einige in der Restaurierung bewährt. Allgemein können die Behandlungsmöglichkeiten von Schimmelpilzen in drei Kategorien unterteilt werden. Dies sind die chemisch,

die physikalisch und die mechanisch wirkenden Verfahren.<sup>25, 26</sup>

Zu den chemischen Verfahren gehört die Begasung mit Ethylenoxid, Formaldehyd oder Blausäure, sowie die Behandlung mit Alkoholen, Säuren (z. B. Essigsäure, Peressigsäure), Silberverbindungen und das Bleichen (Kaliumpermanganat, Chlorbleichen). Physikalisch können Schimmelpilze mit elektromagnetischer Strahlung (UV-Strahlung, Mikrowellen und Röntgenstrahlen), durch Vakuumierung und durch Trocknung behandelt werden. Auf mechanischem Wege können Mikroorganismen durch Zentrifugieren und Filtern separiert werden. Profan, aber nicht weniger wichtig, ist das Abtragen von Sporen und Hyphen durch Absaugen, Abfegen oder Ähnlichem.

Die biozide Behandlung mit Formaldehyd, Blausäure, mit Mikrowellen, UV-Strahlen, Säuren und Bleichen ist für Fotografien ungeeignet und wird daher nicht weiter beschrieben. Die Wirkung von Silber und Silberverbindungen wird u. a. bei der Trinkwasseraufbereitung genutzt, jedoch scheint die Wirksamkeit fotografisch verwendeten Silbers eingeschränkt. Das Filtern bzw. Zentrifugieren ist nur bei der Reinigung von Raumluft einsetzbar.

### Sterilisation mit Ethylenoxid

Ethylenoxid ist ein farbloses, süßlich riechendes Gas. Es reagiert mit Luft zu einem explosiven Gemisch. Es ist ein technisch hergestelltes Gas und kommt in der natürlichen Atmosphäre nicht vor. Die Moleküle sind sehr reaktionsfreudig, weshalb sie eine sehr hohe Abtötungsrate aufweisen. Für den Menschen sind sie sehr toxisch und können – je nach Verträglichkeit – zu Leber- und Nierenschäden, Bewusstlosigkeit und Atemstillstand führen.

Das Behandlungsgut wird in normalen, stabilen Packsystemen verpackt (Vorgaben des Dienstleisters erfragen). Nachdem es dem Dienstleister übergeben wurde, wird eine hermetische Kammer mit den Verpackungseinheiten (meist palettenweise) befüllt. Dann wird die Temperatur darin auf 42–55 °C erhöht. Des Weiteren wird die Luftfeuchtigkeit erhöht, um die Sporen zu quellen und anzukeimen. Danach wird ein Vakuum angelegt (ca. 1 mbar) und anschließend das Ethylenoxid für die Dauer von ca. 2 h eingelassen. Um die Explosivität gering zu halten, werden Gasmischungen mit bis zu 90 % Kohlenstoffdioxid eingeleitet. Nun wird das Ethylenoxid evakuiert und mit atmosphärischer Erdluft 2–3 mal belüftet. Dabei wird 6–12 h lang mit Druckluft gespült. Eine längere Exposition beansprucht auch einer längere Desorbitionsphase. Die abschließende Freigabe des Sterilisationsgutes erfolgt durch ein unabhängiges Institut, wenn der MAK-Wert des Ethylenoxids von 1 ppm nicht überschritten wird. Die Verfahrensparameter können



aufgrund gesetzlicher Vorschriften nur gering variiert werden.

Das Ethylenoxid reagiert vornehmlich mit den funktionellen Gruppen von Eiweißen, an den Carboxygruppen, Schwefelgruppen, Aminogruppen und Hydroxygruppen. Dadurch entstehen chemische und sterische Veränderung an den Enzymen, der DNS, an Zellorganellen und Zellwänden, die den Stoffwechsel und die Fortpflanzungsfähigkeit verhindern. Als unmittelbare Reaktionsprodukte entstehen Ethylenglykole und Glykolether. Als allmählich entstehende Folgeprodukte sind Glyoxal, Dioxolan, Dioxan, Ethylenchlorhydrin und Ester der Glykoldialkylether anzutreffen.<sup>27</sup>

Darunter sind die für den Menschen sehr giftigen Ethylenglykole, das Ethylenchlorhydrin und das Glyoxal, die in Mengen an der Nachweisgrenze vorliegen. Möglicherweise gasen das Ethylenoxid und andere Substanzen länger aus, als bisher angenommen, was beim Menschen kanzerogen und fruchtschädigend wirken kann. Gelegentlich klagen Bearbeiter entsprechend behandelter Bestände über merkwürdige Gerüche. Die Desorption des Ethylenoxids erfolgt bei PVC-Materialien, Polyester- und Acetatträgern über einen sehr langen Zeitraum, der bis zu 30 Tagen dauern kann. Weiterhin sind die entstehenden Alkylether Lösungsmittel für Druck- und Kugelschreiberfarben. Auch wurden Veränderungen von synthetischen und natürlichen Farbstoffen beobachtet. Bedauerlicherweise werden bei dieser Begasung weitere polare Gruppen eingefügt, die die Wasserzugigkeit der Objekte erhöhen und damit den Wiederbefall auch unter Normalbedingungen fördern!

Vor der Entscheidung, das Gut mit Ethylenoxid begasen zu lassen, sollten die Vorteile (vollständige Sterilisation, für kleine und große Mengen geeignet, vorerst geringer personeller Aufwand) den Nachteilen (Klimastress, Erhöhung der Wasseraffinität, Verringerung der Bruchfestigkeit, Restausgasungen, evtl. großer logistischer Aufwand) gegenübergestellt werden.

Nach der Sterilisation müssen die Sporen und Hyphen abgenommen werden, da sie Allergien auslösen können (vgl. Trockenreinigung).

### Sterilisation mit Gamma-Strahlen

Die Gamma-Strahlung ist energiereichste ionisierende Strahlung. Bei der Bestrahlung von Kulturgut werden Strahlendosen eingesetzt, die keine Radioaktivität an den Objekten induziert.

Das Bestrahlungsgut muss in stabilen Kartons verpackt werden. Die Verpackungseinheiten werden auf EURO-Paletten maximal 1,80 m hoch gestapelt und so in eine Bestrahlungskammer gestellt. Die Fotografien müssen rutschfest verpackt werden, da die Paletten mit Gabelstaplern gefahren werden. Dem Dienstleister müssen materialtechnische Angaben zu den

Fotografien gemacht werden, damit er die erforderliche Strahlendosis ermitteln kann. Sie richtet sich nach der Art und Dichte des Materials und der Dichte der Packung.

In der Literatur werden für Bücher und Archivalien allgemein Strahlendosen von 5–12 kGy beschrieben. Dies seien die Erfahrungswerte der Betreiber. Soll dagegen das Auftragsprotokoll ausgefüllt werden, werden 18 kGy empfohlen. Tatsächlich ist man in dieser Hinsicht dem Dienstleister ausgeliefert, da er nur bei Übernahme seiner Vorgaben auch die entsprechenden Garantie – vollständige Sterilisation – geben wird. Eine Untersuchung des bestrahlten Gutes auf die Effizienz wird standardmäßig nicht durchgeführt.

Prinzipiell ist die maximale Strahlenresistenz von Mikroben, die bei 3 kGy liegt, zu beachten. Dies erscheint wenig, jedoch muss diese Dosis im Inneren des Paketes ankommen. Die Strahlendosis wird demzufolge bei größerer Packdichte und größerem Packvolumen erhöht, da die Strahlungsintensität nach innen hin abnimmt. Somit werden die äußeren Einheiten wesentlich stärker bestrahlt, als die inneren. Wie sich die Erfahrungen der Betreiber aus dem Archiv- und Bibliothekssektor auch auf Fotografien übertragen lassen, ist nicht geklärt. Soll tatsächlich eine größere Menge Silberfotografien bestrahlt werden, müßte die Strahlendosis wesentlich erhöht werden, da Silber sehr gut Röntgenstrahlen absorbiert. Daher wäre zu klären, ob die Strahlung überhaupt in einer sinnvollen Dosis im Inneren einer größeren Packmenge auf die Mikroorganismen trifft.

Die Palette wird am „Quellenkäfig“ (zweidimensionales Rohrsystem, welches die Strahlung emittiert) vorbeigeführt. Durch drei 90°-Drehungen wird eine homogene Dosisverteilung erreicht. Bei Anlagen ohne Kammerkühlung kann eine Erwärmung bis zu 6 Kelvin eintreten. Das Bestrahlungsgut wird mit einem Bestrahlungsprotokoll wieder zurückgegeben. Vor der Reinigung müssen die Objekte noch getrocknet werden (falls dies nicht schon vor der Bestrahlung passiert ist). Zum einen verhindert dies den baldigen Neubefall, da eine Reinigung in einem sterilen Raum kaum möglich sein wird. Andererseits erleichtert es das unbedingte Abnehmen der Sporen und Hyphen.

Die energiereiche Strahlung führt u. a. zu Vernetzungsreaktionen an Kunststoffen und zum Depolymerisieren von organischen Molekülen. Dadurch werden Eiweißstoffe denaturiert, insbesondere die DNS. Von den Betreibern wird gern die Zunahme der Festigkeit bei thermoplastischen Kunststoffen als positiver Effekt beschrieben, was durch Quervernetzungen verursacht wird. Allerdings geht dies einher mit der zunehmenden Versprödung der Materialien (PE-Abzüge und Kunststoffhüllen). Auch entstehen dabei freie Radikale, die wiederum nicht sofort vollständig reagieren, sondern bis zum Auffinden eines Reaktions-



partners noch länger in den Materialien verbleiben. Dabei können sie Radikalnester bilden und schädigende Alterungsreaktionen induzieren (Microspots) und beschleunigen.

Bei sterilisierten Büchern (Bestrahlungen zwischen 1998 und 2002) wurde wieder ein frischer Befall mit Schimmelpilzen entdeckt, was ein Beweis dafür ist, dass letztlich nach einer Schimmelpilzbehandlung das Hauptaugenmerk immer auf eine konservatorische Lagerung zu richten ist. Ebenfalls verlieren Barrytabzüge bis zu einem Viertel ihrer Bruchfestigkeit, wie in Tests nachgewiesen wurde<sup>28</sup>. Auch wenn die Fotografien unter normalen Bedingungen nicht mechanisch strapaziert werden, wird deren Lebensdauer durch eventuell mehrmalige Behandlungen erheblich verkürzt.

### Desinfektion mit Alkoholen<sup>29</sup>

Die mikrobiozide Wirkung von Alkoholen ist schon lange bekannt. Sie wirken sehr schnell, sind einfach anzuwenden, haben ein breites Wirkungsspektrum und benötigen keinen großen apparativen Aufwand (Absaugmöglichkeit für die Dämpfe schaffen).

Von den aliphatischen<sup>30</sup> Alkoholen sind die mit 2 bis 8 C-Atomen die wirksamsten. Obwohl die mit 5–8 C-Atomen am effektivsten sind, haben sich nur Ethanol (2 C-Atome) und die Propanole (3 C-Atome) in der Restaurierungspraxis durchgesetzt. Die länger-kettigen Alkohole weisen zu lange Verdunstungszeiten auf, haben einen unangenehmen Geruch und können schnell über die Haut (respektive Schleimhäute) gesundheitsschädigend aufgenommen werden<sup>31</sup>. Prinzipiell wirken die Alkohole durch das Denaturieren der Eiweißstrukturen in den lebenden Pilzteilen. Des Weiteren wird die Eiweiß- und die Zellwandsynthese behindert. Auch findet die Blockierung des Stoffwechsels durch falsche Reaktionspartner statt.

Wichtig beim Einsatz von Alkoholen ist jedoch, dass diese nicht zu hochprozentig verwendet werden. Die Zellwände verfügen über Mechanismen zum Verschießen ihrer Öffnungen, wodurch das Eindringen des Alkohols blockiert wird. Die Ansichten über eine sporizide Wirkung gehen auseinander. Da die Sporen ohnehin weitestgehend abgenommen werden müssen, ist dieser Aspekt nicht so relevant.

Bei feuchtem Gut setzt eine mikrobiozide Wirkung schon ab 30%iger Konzentration von Ethanol ein, bei trockenem Gut sind 60–70% Ethanol in Wasser am effektivsten. Allerdings muss darauf hingewiesen werden, dass eigentlich das Abwischen der Oberfläche mit dieser Lösung nicht für eine Desinfektion ausreicht! Soll tatsächlich eine Desinfektion erfolgen, müssen die Fotografien mindestens 90 sec mit einem 80%igen Ethanol-Wasser-Gemisch benetzt sein<sup>32</sup>. Allerdings werden bei einer „Reinigung mit einem Desinfektionsmittel“ die aufliegenden Hyphen und Sporen

abgenommen, was ausreicht, wenn die Fotografien danach trocken genug gelagert werden.

Besser geeignet als Ethanol sind n-Propanol und Isopropanol (2-Propanol), wobei zweiteres mikrobiell am wirksamsten ist. Beide Propanole wirken bei 60–70%iger Konzentration und zweimaliger Anwendung von 2,5 min mit einer Abtötungsrate um 98%<sup>33</sup>. Sie haben auch den Vorteil, dass sie langsamer als Ethanol verdunsten und dadurch die Einwirkzeit länger ist. Bei einer kurzen Behandlungsdauer wird nur das Luftmycel desinfiziert. Über die „Tiefenwirkung“ bis ins Substratmycel konnten keine Angaben gefunden werden.

Zu berücksichtigen ist bei der Verwendung alkoholischer Lösungen, dass ein gewisser Wasseranteil bspw. in die Gelatine eingebracht wird. Wie empfindlich eine Oberfläche auf die Feuchtigkeit und das „Reiben“ reagiert, muss an einer unauffälligen Stelle zuvor getestet werden. Möglich sind auch der Einsatz von Klimakammern oder Aerosolgeräten, die die Objekte mit der Desinfektionslösung bedampfen<sup>34</sup>. Eine zu hohe Konzentration des Alkohols (über 90%) sollte vermieden werden, da dies zum Austrocknen von Gelatine und so zu Abplatzungen und Rissen führen kann. Weiterhin verdunstet dieses Gemisch sehr schnell und die Verdunstungskälte kann zu Spannungen, z. B. bei Glasplatten, führen<sup>35</sup>. Negative Auswirkungen durch die Retentionszeiten der Lösungsmittel wurden noch nicht beobachtet<sup>36</sup>. Die alkoholische Desinfektion von Kollodium- oder Firnissschichten ist durch deren Lösungsverhalten ausgeschlossen.

Die Anwendung von Desinfektionsbädern ist nur nach einer vorigen Härtung der Gelatine denkbar, damit eventuell abgebaute Gelatine nicht verloren geht. Mit einer Härtung durch Formaldehyddämpfe geht eine gleichzeitige, ausreichende Sterilisierung der Mikroorganismen einher.

### Teilsterilisation durch Vakuumierung

Es gibt sehr gute Erfahrungen beim Einsatz dieses Verfahrens in Bibliotheken und Archiven, dennoch wird die Praxis der Vakuumierung noch recht selten angewandt. Dabei können mit ihr sehr bequem zwei Ziele erreicht werden: sowohl die Trocknung der Objekte, als auch die Abtötung aller lebenden Mikroorganismen und -teile (einschließlich des Substratmyceles)<sup>37</sup>.

Mit dem Evakuieren der Luft dehnt sich das Zellplasma der Hyphen aus und bringt die Zellen zum Platzen. Dafür muss allerdings ein recht hohes Vakuum angelegt werden. Dies funktioniert nicht bei bereits eingefrorenem Gut: Viele Mikroorganismen sind dann zwar inaktiv, können aber unter günstigen Lebensbedingungen wieder vital werden. In der Vakuumkammer entstehen bei einer schnellen Evakuierung unter 0,26 mbar schockartig Temperaturen von bis zu –23 °C, was für Kollodiummaterialien und gefir-



niste Objekte ungeeignet ist! Jedoch ist das schnelle Einfrieren auf solch niedrige Temperaturen notwendig, um schädigende Einflüsse während der Eiskristallbildung (partielle pH-Wertverschiebungen; große Eiskristalle, welche die Matrix mechanisch schädigen können) zu vermeiden.<sup>38</sup>

Erreicht man den Bereich unter 0 °C, beginnt die Trocknung der Objekte durch Sublimation des Wassers (Lyophilisierung). Für das Trocknen der Objekte muß demnach ein hohes Vakuum angelegt werden. Bei dieser Form der Trocknung wird physikalisch lose gebundenes und auch chemisch gebundenes Wasser entzogen. Die Prozessparameter wie Evakuierungsgeschwindigkeit, Temperatur/Unterdruck können individuell für einzelne Objekte, als auch Objektgruppen geregelt werden. Ist eine Scheibe in der Kammer vorhanden, kann das Behandlungsgut beobachtet werden. Durch das Einlegen von Indikatoren kann auch die Schwankung der Relativen Luftfeuchte im Inneren (etwa beim Belüften der Kammer) verfolgt und eingestellt werden. Die zu bearbeitenden Mengen können von Einzelobjekten bis zu großen Kubikmetermengen reichen, je nach Verfügbarkeit einer solchen Anlage. Neben dem Effekt des Trocknens und Inaktivierens ist ein weiterer, entscheidender Vorteil, dass keine Fremdstoffe eingetragen werden und keine chemischen Veränderungen entstehen. Weiterhin könne mit diesem Verfahren entstandene Verklebung zwischen den Fotografien gelöst werden. Gegebenenfalls muss dafür das Anlegen eines Vakuums und die Belüftung (und damit einhergehend eine erneute Befuchtung) zyklisch wiederholt werden. Dies hat sich insbesondere auch bei Glasplattennegativen als wirksam herausgestellt<sup>39</sup>.

Jedoch sollten die Fotografien bzw. Konvolute mit kräftigen Pappen bedeckt und bandagiert werden, um ein starkes Verbiegen zu vermeiden. In der Regel legen sich die Fotografien auch ohne diese „Stütze“ wieder plan, jedoch können sie sich von Kaschierungen bzw. punktuellen Verklebungen lösen.

Abschließend müssen, wie bei den zuvor genannten Verfahren, die Sporen und aufliegendes Mycel entfernt werden.

#### Wachstumshemmung durch Trocknung (Klimatisierung)

In dem Falle, dass der Befall frisch und die Fotografien noch feucht sind, kann durch einfaches Trocknen das weitere Austreiben von Sporen und die Vitalität der lebenden Mikroorganismen beendet werden. Dafür müssen die Objekte mehrmals zwischen trockene und geeigneterweise warme, saugfähige Filterpappen gelegt werden. Dies entzieht den Fotografien schnell die Feuchtigkeit: Die Verwendung warmer Einlagen senkt die Feuchtigkeit unter die des Raumklimas. Kann auf Luftentfeuchter oder Wasserabsorbentien (Silicagel)

zurückgegriffen werden, können die Fotografien in einer entsprechenden Kammer getrocknet werden. Bei nassen Objekten kann das Einlegen in reinen Alkohol (Ethanol oder Propanol) ein ebenso wirksames Mittel sein. Der Alkohol entzieht aufgrund seiner Wassermischbarkeit dem Foto das Wasser und wirkt dabei desinfizierend.

Abschließend müssen auch hier die aufliegenden Mikroorganismen entfernt werden.

#### Trockenreinigung behandelter Fotografien

Meist weisen die Fotografien eine kratzempfindliche Oberfläche auf. Ist das Abwischen mit Watte oder ein Abpinseln nicht möglich, kann ein Airbrush nützliche Dienste leisten. Dabei lassen sich mit einem entsprechenden Luftstrahl Sporen und Stäube gut entfernen. Das besser haftende Luftmycel lässt sich dann mit wassergesättigtem n-Butanol oder Benzin<sup>40</sup> weitestgehend absprühen. Diese Lösungsmittel verursachen keine Wechselwirkungen mit Gelatine, Albumin und Gummi Arabikum und anorganischen Substanzen.

Zur effizienten und arbeitshygienischen Durchführung von Reinigungsmaßnahmen müssen entsprechende Standards wie Reine Werkbänke und die Einrichtung von Schwarz- und Weißräumen eingehalten werden<sup>41</sup>.

#### Fazit

Zu der eingangs erwähnten Kenntnis, dass eine noch so aufwendige und vollständige Sterilisierung die Objekte nicht vor einem Neubefall bewahrt, wurden neben der Wirksamkeit auch die Nachteile einiger Verfahren aufgelistet. In Abwägung dieser muss die Frage nach der Verhältnismäßigkeit des Aufwandes und des Nutzens gestellt werden. Dabei müssen neben dem Ziel der Behandlung auch die Verfügbarkeit der Verfahren sowie die Kosten berücksichtigt werden. So sind bei der externen Behandlung durch eine Bestrahlung oder eine Bestrahlung noch die Verpackungs- und Transportkosten mit den entsprechenden Risiken zu beachten.

Man sollte sich nicht der Hektik der Hilfesuchenden anschließen, sondern in Ruhe Konzepte zu einer möglichst schonenden Behandlung der Fotografien erarbeiten.

Die Angaben über die Wirksamkeit von Sterilisationsverfahren und Desinfektionsmitteln variieren in der Literatur. Das liegt an den unterschiedlichen Resistenzen der verschiedenen beprobten Pilzstämmen. Da der Wiederbefall nicht vom Überleben von 10 oder 1000 Keimen abhängt, sondern von dem zukünftigen Lagermilieu, sollte nicht um die Anzahl der Keime, sondern um eine geeignete Prophylaxe und Konservierung gefeilscht werden.



## Prophylaxe und Konservierung

Die im Folgenden aufgeführten Maßnahmen beziehen sich nur auf die Bewahrung von Fotografien, Fotoalben etc. vor einem Befall durch Mikroorganismen. Die allgemein gültigen Empfehlungen zur Langzeitarchivierung (Erhaltung von Bildsilber, Farbstoffen etc.) sind unbedingt parallel zu diesen Anmerkungen zu beachten!<sup>42</sup>

Wie eingangs erwähnt, führen Desinfektions- und Sterilisationsmaßnahmen nur zur einer kurzzeitigen, weitgehenden Keimminderung. Da Schimmelpilzsporen ubiquitär vorkommen, ist das Ziel einer völligen Sterilität hier sinnlos! Die Depoträume enthalten immer eine gewisse Menge keimfähiger Sporen, so dass durchschnittlich ca. 45 % der Objekte damit kontaminiert sind. Daher kommt es vielmehr auf die Magazinhygiene (Prophylaxe) und ein geeignetes Klima (Konservierung) an. Werden beide Möglichkeiten der Prävention beherzigt, steht dem dauerhaften Bewahren der Fotografien nur noch der Mensch entgegen.

### Prophylaxe

Als prophylaktische Maßnahmen werden Vorgänge angesehen, die die Keimzahl der Schimmelpilze niedrig halten. Dazu gehören die gründliche Untersuchung zu integrierender Bestände auf etwaigen Mikrobenbefall, um keine Pilzkulturen einzuschleppen. Im Zweifelsfalle sollte eine Trocknung und Trockenreinigung erfolgen. Sollen bei einem festgestellten Befall raumumfassende Maßnahmen ergriffen werden, so ist die Bestimmung der Gesamtkeimzahl wichtiger (und billiger), als die aufwändige Bestimmung der Pilzarten. In Zusammenarbeit mit Restauratoren, evtl. Desinfektionsanstalten und dem Eigentümer können dann die Sanierungsverfahren ausgelotet werden, deren Ziel natürlich eine weitgehende und dauerhafte Verringerung der Sporenbelastung sein sollte.

Im Allgemeinen wird eine Reinigung der Wände, Böden und Lagersysteme ausreichend sein. Dabei muss auf desinfizierende Reiniger auf Essigsäure- und Peressigbasis, oder Chlorsubstanzen verzichtet werden. Geeignet ist eine alkoholische Wischdesinfektion, so dass keine gefährdenden Stoffe zurückbleiben. Als ausreichend kann auch eine Reinigung mit Wasser angesehen werden, wenn der Raum anschließend ausreichend trocken klimatisiert werden kann.

Die Quelle der hohen Feuchtigkeit muss ebenfalls beseitigt werden. Dabei sollten nicht Maßnahmen an der Innenverkleidung (wasserdichte Zementputze, Anstriche oder Folien) vorgenommen werden, da die Baufeuchte dann von diesen Raum herum in andere Wände weitergeleitet wird und dort in der Regel weitere Schäden verursacht. Ist die Bausubstanz betroffen, sollte der Kontakt zu einem Denkmalamt oder zu einem Diplomrestaurator aufgenommen werden,

da viele Hausmeister und herkömmliche Handwerksbetriebe die Problematiken nicht in ihrer Gesamtheit überblicken.

Auch sollte vor Beginn baulicher Veränderungen in einem Depotraum überlegt werden, wie sich die Maßnahmen auf die Veränderungen des Raumklimas auswirken können. Dies gilt vor allem für Keller- und Dachräume, die mit Heizungen, luftzugdichten Fenstern oder Wandmöbeln versehen werden sollen. Aber auch abgehängte Decken, über denen ein nicht einsehbares Mikroklima entsteht, stellen eine Gefährdungsquelle dar. Sehr gute Voraussetzungen für eine zukünftige Magazinpflege stellen weitgehend fugenfreie Innenverkleidungen und teppichlose Fußböden dar. So kann die Keimzahl nach einer gründlichen Anfangsreinigung durch zweimonatige Fußbodenreinigungen auf einem konstant niedrigen Stand gehalten werden<sup>43</sup>. Die Reinhaltung und Wartung von Klimaanlage und deren Filtern muss sich von selbst verstehen. Die Wirksamkeit der Reinhaltungsmaßnahmen kann durch ein Monitoring der Keimzahlen überprüft werden.<sup>44,45</sup>

Die Farben der Wände sollten wasserdampfdurchlässig sein, wie es zum Beispiel Kalk- und Kaseinanstriche sind. Außerdem erhält man dadurch eine stark alkalische Oberfläche, die das Wachstum von Schimmelpilzen hemmt. Durch den Zusatz von 5–10 % Zinkoxid zur Wandfarbe kann das Pilzwachstum dort zu 90–100 % gehemmt werden<sup>46</sup>.

Um das Absinken von Sporen und den Feuchtigkeitsstau in Raumecken zu vermeiden, soll eine Luftumwälzung von dem 1,1-fachen des Raumvolumens pro Stunde erfolgen. So können z. B. mit dem *Aeromat F10* 100 m<sup>3</sup> pro Stunde umgewälzt werden, wobei die angesaugte Luft gleichzeitig mittels UV-Strahlung und einer Filterung von Sporen sterilisiert und gereinigt wird<sup>47</sup>.

### Konservierung

Die konservatorischen Maßnahmen beziehen sich auf die klimatischen Bedingungen des Depots. Dabei ist zu beachten, dass Schimmelpilzsporen schon nach einem Tag austreiben und nach drei Tagen erkennbares Mycel bilden können. Sie benötigen dafür allerdings eine konstant hohe Feuchtigkeit. Die Temperatur spielt dabei eine untergeordnete Rolle, weshalb höhere Temperaturen (meist einhergehend mit einer kurzfristig sinkenden Relativen Luftfeuchte) unschädlicher sind, als die Erhöhung der Feuchtigkeit. Prinzipiell lässt sich das Anwachsen von Schimmelpilzen bei Temperaturen unter 20 °C und Relativen Luftfeuchten unter 50 % verhindern. Des Weiteren sind die Ursachen zu minimieren, die im ersten Teil des Artikels als Quellen für eine Pilzkontamination genannt wurden. Auch hier schlägt die TRBA 240 vor, Papiere mit einem Wassergehalt von über 10 % zu trocknen<sup>48</sup>. Aufgrund

der Materialkombinationen ist dies ohne Weiteres hier nicht übernehmbar.

Die Klimata der Depots sollten regelmäßig kontrolliert werden. Dies kann am besten mit einem Thermo-hygrografen geschehen, der kontinuierlich Messwerte liefert. Auch kleinere, elektronische Messgeräte reichen allgemein aus. Jedoch ist bei Preisklassen bis 200 € zu bedenken, dass diese Geräte die Temperatur zwar sehr genau angeben können, aber die Luftfeuchte mit einem Messfehler von bis zu 3 % Abweichung gemessen wird. Steht nur ein Messgerät für mehrere Räume zur Verfügung, können systematische Einzelmessungen über die Räume verteilt durchgeführt werden. Vor allem bei Wetterumschlag sollte die Häufigkeit der Messungen erhöht werden. Weiterhin gibt es inzwischen eine große Auswahl an Datenloggern, die auch an klimatisch „gefährdeten“ Stellen (Wand- und Möbelecken, in Kisten und Schränken) besonders gut einsetzbar sind.

Verfügt man nicht über Messgeräte, können „Indikatoren“ an prädestinierten Stellen ausgelegt werden. Dies können Papierstreifen sein, die mit Salzen bedruckt sind, die auf Feuchtwechsel mit einem Farbumschlag reagieren (erhältlich über den Chemikalienhandel). Aber auch mit Lebensmittelgelatine bestrichene und im Depot ausgelegte Papiere<sup>49</sup> bilden ein hervorragendes Sammel- und Nährmedium, so dass an ihnen Besiedlungstendenzen leicht abzulesen sind<sup>50</sup>. Dies entbindet jedoch nicht davon, in einem ruhenden Archiv in regelmäßigen Abständen den Bestand stichprobenartig zu untersuchen.

Damit wären die grundsätzlichen Voraussetzungen für eine passive Konservierung genannt. Eine Vielzahl relativ einfach zu praktizierender Maßnahmen werden in dem Buch „Bestandserhaltung in Archiven und Bibliotheken“ vorgestellt<sup>51</sup>.

## Anmerkungen

- 1 Georg Wildführ: Medizinische Mikrobiologie, Immunologie und Epidemiologie. (Bd. 3) Leipzig 1978, 2. Aufl., S. 1887.
- 2 Wilhelm Nultsch: Allgemeine Botanik. Lehrbuch für Mediziner und Naturwissenschaftler, Stuttgart 1981, S. 143–164.
- 3 Christian Wolf: Vorkommen von humanpathogenen Schimmelpilzarten in Archiven anhand von vergleichenden Luftkeimmessungen. Diss. Univ. Erlangen-Nürnberg 2002, S. 4–6.
- 4 Georg Wildführ: wie Anm. 1, S. 1889–1890.
- 5 Georg Wildführ: wie Anm. 1, S. 1890–1892.
- 6 Klaus Kupfer et al.: Materialfeuchtemessung. Grundlagen, Messverfahren, Applikationen, Normen. Renningen-Malmsheim 1997.
- 7 Christina Meier, Karin Petersen: Schimmelpilze auf Papier. Ein Handbuch für Restauratoren, Biologische Grundlagen, Erkennung, Behandlung und Prävention. Tönning 2006, S. 20–25.
- 8 Sabine Fleischmann: Ursachen, begünstigende Faktoren, Auswirkungen und Prophylaxe von Feuchtigkeit und Schimmelpilzbildung in Wohnräumen. Diss. Univ. Jena 2003.
- 9 Robert Fuchs: Schädlingsbekämpfung an befallenen Schrift- und Archivgut: Vergleich alter und neuer Verfahren – Moderne Untersuchungen zur Veränderung der Molekülstruktur. in: Dem Zahn der Zeit entrissen. Neue Forschungen und Verfahren zur Schädlingsbekämpfung im Museum, (Publikation der Abteilung Museumsberatung Nr. 2) Hrsg. Landschaftsverband Rheinland, Köln 1997, S. 78.
- 10 C. A. Finch, A Jobling: The physical properties of gelatin. in: The Science and Technology of Gelatin. Hrsg. A. G. Ward, A. Courts, London New York San Francisco 1977 (Food science and technology), S. 251–258.
- 11 Gabriele Anna Roosen: Untersuchungen zur Beweglichkeit von Wassermolekülen in den Biopolymeren Stärke und Gelatine. Diss. Univ. Hamburg 1991, S. 19.
- 12 Karin Petersen: Methoden zum Nachweis mikrobieller Besiedlung von Kulturgut. in: Dem Zahn der Zeit entrissen. Neue Forschungen und Verfahren zur Schädlingsbekämpfung im Museum, (Publikation der Abteilung Museumsberatung Nr. 2) Hrsg. Landschaftsverband Rheinland, Köln 1997, S. 91–97.
- 13 Koloniebildende Einheit.
- 14 H. Elixmann et al.: Schimmelpilze in Archiven. Probleme bei der Sanierung und Prävention, in: Arbeitsblätter des Arbeitskreises Nordrhein-Westfälischer Papierrestauratoren (Bd. 3, Tagungsbericht des 10. Fachgesprächs der NRW-Papierrestauratoren in Brauweiler und Walberberg, 24.–25.10.1990), Hrsg. Landschaftsverband Rheinland, Pulheim 1991, S. 44.
- 15 Christian Wolf: wie Anm. 3, S. 24–27.
- 16 Christian Wolf: wie Anm. 3, S. 28–35.
- 17 Georg Wildführ: wie Anm. 1, S. 1895–1898.
- 18 Sven Schuchardt et al.: Von Schimmelpilzen in Innenräumen gebildete leicht flüchtige organische Verbindungen. Bewertung der gesundheitlichen Risiken, (Schriftenreihe des Instituts für Toxikologie am Universitätsklinikum Kiel, Bd. 46) Kiel 2001, S. 37–39
- 19 Georg Wildführ: Medizinische Mikrobiologie, Immunologie und Epidemiologie. (Bd. 2) Leipzig 1977, 2. Aufl., S. 1082–1083.
- 20 Christina Meier, Karin Petersen: Schimmelpilze auf Papier. Ein Handbuch für Restauratoren, Biologische Grundlagen, Erkennung, Behandlung und Prävention. Tönning 2006.
- 21 Karl Heinz Wallhäußer: Praxis der Sterilisation, Desinfektion – Konservierung: Keimidentifizierung – Betriebshygiene. Stuttgart, New York 1995, S. 388.
- 22 Karl Heinz Wallhäußer: wie Anm. 21, S. 250f.
- 23 Karl Heinz Wallhäußer: wie Anm. 21, S. 417.
- 24 TRBA 240. Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe. Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten mit mikrobiell kontaminiertem Archivgut. Absatz 5.3 und 5.4. März 2003.
- 25 Karl Heinz Wallhäußer: wie Anm. 21, S. 251.
- 26 Walter Steuer: Leitfaden der Desinfektion, Sterilisation und Entwesung, mit Grundlagen der Mikrobiologie, Infektionslehre, Epidemiologie und der tierischen Schädlinge. Stuttgart Jena Ulm Lübeck 1998.
- 27 CD-Römpf, Version 1.0, Stuttgart New York 1995.
- 28 Die Tests wurden mit Frau Dipl.-Restauratorin Maria Bortfeld (Berlin) durchgeführt. Die Messwerte können eingesehen werden.
- 29 Bei der Desinfektion mit Alkoholen handelt es sich im Grunde um eine Lebendsterilisation, da nur die virulenten Teile, nicht aber die Sporen zwangsweise abgetötet werden. Dies kann allerdings durch eine zyklische Behandlung erfolgen, wenn den Sporen mittels Feuchtigkeit gezielt die Möglichkeit gegeben wird, den Keimschlauch auszutreiben. Ist dies geschehen, kann ca. 5 Tage später erneut eine Behandlung mit Alkoholen erfolgen.
- 30 aliphatisch: geradkettige, unverzweigte Moleküle.
- 31 Udo Eickmann: Desinfektionsmittel im Gesundheitswesen, Grunddokumentation aus Sicht Deutschlands. In: Sicherer Umgang mit Desinfektionsmitteln im Gesundheitswesen, Grunddokumentation: Arbeitspapier für Spezialisten der Arbeitssicherheit (ISSA Prevention Series 2024 G). Hamburg 1997, S. 80–87.
- 32 Karl Heinz Wallhäußer: wie Anm. 21, S. 469–475.
- 33 Karl Heinz Wallhäußer: wie Anm. 21, S. 473.
- 34 Claudia Wolff: Konservierungsmaßnahme in der Stiftsbibliothek Xanten, ein Zwischenbericht. Arbeitsblätter des Arbeits-



- kreises Nordrhein-Westfälischer Papierrestauratoren. 16. Fachgespräch, 31.03.-01.04.2003 in Detmold und Stapelage. Hrsg. Landschaftsverband Rheinland, Pulheim 2004, S. 30f.
- 35 Bert Jaček: Die Restaurierung der Fotografie „Elsa Muche“ (um 1930) von Hugo Erfurth unter besonderer Berücksichtigung einer Firnisabnahme und der bleichenden Entfernung von Schimmelpilzausscheidungen. Diplomarbeit, FH Köln 1998, S. 40–58.
- 36 Masschelein-Kleiner, Liliane: Die Lösungsmittel. in: Lösungsmittel in der Restaurierung. Hrsg. Gerhard Banik, Gabriela Krist, Wien 1984, S. 136f.
- 37 Robert Fuchs: Passive Schädlingsbekämpfung – Ein neuer Ansatz zur schonenden Konservierung von Kulturgut und zum Arbeitsschutz. In: Museumsbaustein (Bd. 4: Das Museumsdepot: Grundlagen – Erfahrungen – Beispiele), Hrsg. W. Fuger, K. Krelinger, München 1998, S. 134–138.
- 38 Claudia Roth: Ein Mikro-Waageverfahren zur kontinuierlichen Bestimmung der Sublimationsgeschwindigkeit während der Gefriertrocknung. Diss. Univ. Erlangen 2000.
- 39 Nadine Thiel: Restaurierungs- und Konservierungskonzept für den Glasplatten-Negativ-Bestand Heinrich Kleu des Stadtarchivs Neuss. Diplomarbeit FH Köln. Köln 2006.
- 40 Bert Jaček: wie Anm. 34, S. 40–58.
- 41 Robert Fuchs: wie Anm. 36, S. 138.
- 42 Sebastian Dobruskin et al.: Faustregeln für die Fotoarchivierung, ein Leitfaden. Hrsg. Arbeitsgruppe „Fotografie im Museum“ des Museumsverbands Baden-Württemberg e. V. (Rundbrief Fotografie. Sammeln – Bewahren – Erschließen – Vermitteln. Sonderheft 1), Esslingen 2001.
- 43 Bruno Klotz-Berendes: Schimmelbefall in Bibliotheken. Vorkommen, Gefährdung, Bekämpfung. In: Bibliotheksdienst Heft 1 (34. Jg.), 2000, S. 57f.
- 44 Robert Fuchs: wie Anm. 9, S. 79f.
- 45 Petersen, Karin: wie Anm. 12, S. 91–97.
- 46 Einar Olsen: Experimentelle Untersuchungen über die Wirkung von Zinkoxid und Titandioxid auf Dermatophyten und Schimmelpilze. Diss. Univ. TU München 1980, S. 12–31.
- 47 Produktpreis: ca. 400 EURO. Es sind auch leistungsfähigere Geräte erhältlich. 100 Kubikmeter entsprechen etwa einem Raum von 36 qm und 3 m Höhe, oder 50 qm bei 2 m Höhe.
- 48 TRBA 240, wie Anm. 24. Absatz 5.3.
- 49 Vorzugsweise können auch schwarze Papiere verwendet werden, auf dem das Mycel besser zu erkennen ist.
- 50 Diese Tests wurden erfolgreich in befallenen bzw. verdächtigen Badezimmern, Kellerräumen, Depot- und Arbeitsräumen angewandt.
- 51 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. Hrsg. Hartmut Weber (Serie A Landesarchivdirektion Baden-Württemberg, Heft 2), Stuttgart 1992, S. 71–90. Ein weiterer sehr guter Artikel zu diesem Thema (mit Angaben von Dienstleistern) ist unter [http://lad-bw.de/lad/bestandserhaltung/be2\\_haberditzl12.htm](http://lad-bw.de/lad/bestandserhaltung/be2_haberditzl12.htm) zu finden.





# Schimmelpilze auf einmalig beschreibbaren Compact Discs (CD-R)

von Luzius Dinkel

Zur Thematik der Schimmelpilze in Archiven wurden bereits verschiedene Beiträge verfasst. Leider eher am Rande wird auf die Luftkeimzahlbestimmung eines Raumes eingegangen, die öfter analog zu den medizinischen Verfahren in Archiven ihre Verwendung findet. Da sich der Mensch aber in einem Raum bewegt, bringen die meist quantitativ ausgelegten Verfahren aus dem Gesundheitswesen nur bedingt brauchbare Resultate. Beispielsweise wird mit dem sogenannten Luftkeimsammler ein bestimmtes Luftvolumen angesaugt, wobei die Keime auf einem Filter hängenbleiben. Diese Messmethode ergibt nur eine Ahnung der biologischen Aktivitäten, da von einem Raum nur ein geringer Teil wirklich erfasst werden kann. Sporenquellen oder Mikroklimatas, die zu erhöhten Sporenkonzentrationen führen können, sind so nicht lokalisierbar.

## Luftkeimzahlbestimmung mit Agarplatten

Diese an einen Zyklus gebundenen Messungen geben Aufschluss über die bestehenden biologischen Aktivitäten während einer bestimmten Zeit an einem bestimmten Ort.

Anhand der Anzahl keimbildender Einheiten, dem eigentlichen „Saatgut“ von Mikroorganismen, kann das biologische Potenzial in einem Raum ermittelt werden, das in Korrelation mit bestimmten Faktoren wie Temperatur, Lichtverhältnisse, potenzielle Nahrung, Wasseraktivität<sup>1</sup> usw. steht.

Keime sind auf eine Transportmöglichkeit wie Luftzug, Gravitation, elektrostatische Aufladung usw. angewiesen. Diese Trägheit wird bei der Luftkeimzahlbestimmung mit Agarplatten zur Bestimmung der Keimzahldichte eines Raumes ausgenutzt, indem die durch Gravitation zu Boden sinkenden keimbildenden Einheiten auf die definierte Fläche der Agarplatte an einem bestimmten Ort fallen.

Dazu wird ein vollständiger<sup>2</sup> komplexer Nährboden<sup>3</sup> in Petrischalen ausgegossen. Die Nährböden bestehen aus Agar-Agar als Geliermittel und Malzextrakt, einem komplexen Nährstoff, auf dem die meisten Schimmelpilze<sup>4</sup> wachsen. Es wird je 15 Gramm der beiden Pulver mit einem Liter Leitungswasser aufgefüllt und anschließend sterilisiert. Fehlen die dazu

üblichen Autoklaven, kann die Sterilisierung mittels Dampfkochtopf vorgenommen werden. Die Flüssigkeit wird in eine saubere Glasflasche gegossen und mit dem dazugehörigen Deckel abgedeckt. Nach etwa 60 Minuten<sup>5</sup> im Dampfkochtopf ist die Nährlösung steril.

Nach diesem Prozess wird die Flüssigkeit in sterile Einweg-Petrischalen aus dem Handel gegossen und abgedeckt. Ansonsten können Glaspetrischalen, in Aluminiumfolie gehüllt, dem Sterilisierungsprozess beigelegt werden. Während dem Abkühlungsprozess verfestigt sich die Nährlösung zu einem Gel.



Abb. 1: Jede homogene Bewuchsfläche entspricht einem Organismus

Im zu überprüfenden Raum sollen diese Petrischalen strategisch gut verteilt werden und für eine Stunde geöffnet bleiben. Bei einer zyklischen Untersuchung eines Raumes sollte stets die gleiche Verteilungsordnung angewendet werden. Die Anfertigung eines Lageplans vereinfacht die Wiederholbarkeit der Anordnung. Auf diese Weise können die Daten nach statistischen Merkmalen ausgewertet werden.

Zum Bebrüten genügt es, die Petrischalen einzeln verpackt in Plastikbeuteln in einem Raum von



konstanten 20 °C zu inkubieren<sup>6</sup>. Nach etwa 21 Tagen kann die Auswertung vorgenommen werden. Sollte sich aber bereits ein Schaden bemerkbar gemacht haben, muss die Inkubation über einen längeren Zeitraum von etwa einem halben Jahr erfolgen, da es gewisse Organismen gibt, die nur sehr langsam wachsen. Die Auswertung erfolgt über die Anzahl der Organismen, wobei ein homogen sichtbarer Sektor einem Organismus entspricht (Abb. 1).

Die einmalig beschreibbare Compact Disc (CD-R), bestehend hauptsächlich aus organischen Kunststoffen, wird – wie schon das Magnetband – infolge der großen Verbreitung ihre Wege ins Archiv finden. Es erscheint somit sinnvoll, die CD-R auf bekannte Gefahren in Archiven zu testen.

Schimmelsporen lassen sich in Räumen nicht vermeiden, lediglich die Konzentration durch bauliche und periodisch hygienische Massnahmen verringern. Bei klimatisch günstiger Umgebung und einer organischen Nahrungsquelle entwickeln sich deshalb schnell Brutstätten für Schimmelpilze.

### Technische Aspekte der einmalig beschreibbaren Compact Disc

Eine einmalig beschreibbare Compact Disc besteht grösstenteils aus Polycarbonat<sup>7</sup> (Kunststoffsubstrat)<sup>8</sup>, also einem organischen Kunststoff, dessen optische Eigenschaften im Vergleich zu reinem Polycarbonat optimiert wurden, um eine für den Abtastlaser (Diodenlaser)<sup>9</sup> günstigere Durchlässigkeit zu erreichen.

Auf die Substratschicht folgt eine spezielle Farbstoffschicht, der sogenannte dye. Die Farbe verändert bei der Einwirkung von Licht mit einer Wellenlänge zwischen 780–790 nm, also im Bereich des nahen Infrarotspektrums, ihre optische Durchlässigkeit und wird trübe. Durch diese trüben oder transparent gelassenen Sektoren (pits und lands) entsteht eine Binärcodierung, die durch eine Übersetzungseinheit und einen digital/analog-Wandler in eine lesbare Form gebracht wird.

Insgesamt werden drei verschiedene Farbstoffe eingesetzt: Cyanin<sup>10</sup> (auch metallstabilisiertes Cyanin<sup>11</sup> wie bei TDK<sup>®</sup>), Phtalocyanin<sup>12</sup> oder ein Azofarbstoff<sup>13</sup>. Das bei der ersten Generation von Rohlingen verwendete Cyanin stellte sich als wenig geeignet heraus. Wärme und Sonnenlicht begünstigen eine beschleunigte Degradation.

Die darauf folgende Reflexionsschicht, in den meisten Fällen aus Silber, wird bei der Produktion im Sputterverfahren oder der Kathodenzerstäubung auf den Rohling appliziert.

Ungetrübte Stellen der Farbstoffschicht lassen den Abtastlaser bis zur Reflexionsschicht durchdringen, wo er auf denselben Weg in entgegengesetzter Richtung wieder zurückgeschickt wird. Der La-

serstrahl trifft den Detektor im Abspielgerät und löst einen Impuls aus. Bei einer trüben Stelle in der Farbstoffschicht wird der Strahl absorbiert und löst keinen Impuls aus.

Die Deckschicht (surface layer) wird mittels Siebdruckverfahren appliziert, wobei eine Farbe aus einem UV-härtenden Acrylharz und einer starken Pigmentierung verwendet wird. Sie hat keine funktionelle Bedeutung. Bei einigen Rohlingen wird zusätzlich eine Schutzschicht aufgetragen, welche eine erhöhte Sicherheit vor Fremdeinwirkungen bieten soll (Abb. 2).

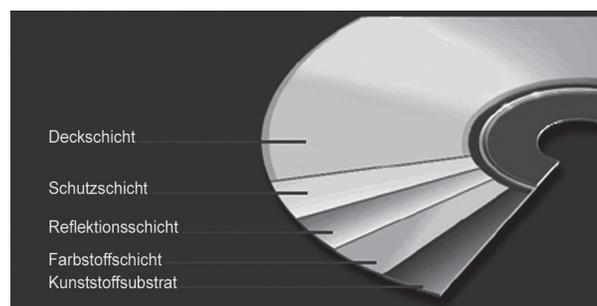


Abb. 2: Mit Ausnahme der Reflexionsschicht (Silber oder Gold) werden bei einer einmalig beschreibbaren Compact Disc organische Kunststoffe verwendet

### Prüfverfahren

Das Material wurde nach den Normen SN EN ISO 846<sup>14</sup> A und B getestet und nach der Weisung SOP 849<sup>15</sup> der EMPA St.Gallen geprüft. Dieses normierte Vorgehen bezieht sich auf fünf im Bereich Kunststoff anzutreffende Schimmelpilze. Das Probematerial wird auf Agarplatten gelegt und anschliessend mit einer Sporensuspension beimpft. Methode A und B unterscheiden sich anhand der unterschiedlichen Sporensuspensionen. Diese Lösungen bestehen aus verschiedenen Salzen, welche die Sporen binden. Lösung A wird als unvollständige Nährlösung bezeichnet (Tab. 1), Lösung B weist zusätzlich einen Saccharose-Zusatz auf (vollständige Nährlösung). Die Organismen werden gemischt und auf die Probe, respektive die Probeumgebung, appliziert und bei einer Temperatur von 29 °C bebrütet.

NaNO <sub>3</sub>	2,0 g
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,7 g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,3 g
KCl	0,5 g
MgSO <sub>4</sub> x 7H <sub>2</sub> O	0,5 g
FeSO <sub>4</sub> x 7H <sub>2</sub> O	0,01 g
H <sub>2</sub> O	1000 ml

Tab. 1: Bestandteile der unvollständigen Nährlösung nach SN EN ISO 846 A



Abb. 3: Nach der Abschöpfung wurde das Pilzmaterial in einer Mineralienlösung zentrifugiert, wobei sich das unerwünschte Material absetzt. Die Lösung wird anschließend fünfmal durch eine Glaswatte gefiltert, um eine reine Sporensuspension zu erhalten

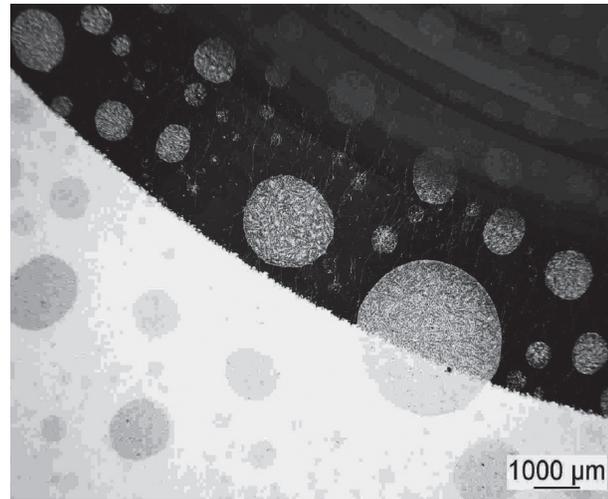


Abb. 4: Nach dem Verdunsten des Wassers bilden sich weiße auskristallisierte Bereiche, bestehend aus Mineralien und den im Komplex gebundenen Sporen

Nr.	Log. Nr.	Kulturnr.	Name	Kultur seit	Herkunft
1	123/966	510	Aspergillus niger van Tieghem	22.10.1984	ATCC 6275
2	123/1002	511	Penicillium furiculosum Thom	22.10.1984	CMI 114933
3	123/1005	549	Paecilomyces variotii Bain	02.07.1990	ATCC 18502
4	123/1003	513	Gliocladium virens Miller et al.	22.10.1984	ATCC 9645
5	123/959	514	Chaetomium globosum Kunze: Fries	22.10.1984	ATCC 6505
6	123/1022	610	Phoma sp	9.1992	EMPA Isolation
7	123/1012	637	Eurotium amstelodami Mangin	2.2003	DSMZ Nr. 62629

Tab. 2: Auflistung der verwendeten celluloseabbauenden Schimmelpilzstämmen

Als ergänzende Maßnahme wurde das Material nach den Richtlinien der International Electrotechnical Commission<sup>16</sup> getestet. Diese Normierung mit der Bezeichnung CEI IEC 68-2-10 schließt ebenfalls Stämme, welche Cellulose abbauen mit ein (Tab. 2, Abb. 3). Der Unterschied zu dem bereits erwähnten Verfahren besteht darin, dass kein Geliermittel (Agar-Agar) eingesetzt wird. Das Probematerial wird nur mit der Sporensuspension (einmal vollständig und einmal unvollständig) besprüht und in Feuchtkammern bei Temperaturen von 29 °C und einer relativen Feuchte von 75 %, 85 % oder 95 % bebrütet.

## Agarplattentest ISO 846

### Vorgehensweise

Der Test sollte nachweisen, ob eine Kontamination des Materials überhaupt möglich ist. Die CD-R Rohlinge wurden in direktem Kontakt auf Nährböden gelegt und anschließend im Sprühverfahren mit der Sporensuspension kontaminiert. Der Saccharose-Zusatz nach

ISO B beschleunigt das Wachstum in der ersten Phase und ermöglicht die Beantwortung auf die Frage nach der fungistatischen Wirkung des Testmaterials.

Das Wachstum nach ISO A erfolgt langsamer, da sich der Pilz erst auf die potenzielle Nahrung einstellen muss. Die Geschwindigkeit dieser Einstellung ist bei gleichen Umweltbedingungen zwischen den Organismen unterschiedlich, was eine präzisere Auswertung ermöglicht. Die Proben wurden anschließend für 80 Tage bei einer Temperatur von 29 °C bebrütet.

### Wachstumsstadien

Auf Abbildung 4 sind die auskristallisierten Salze der Sporensuspension zu erkennen. Die Sporen werden so an einen Ort des zu testenden Materials gebunden. Abbildung 5 zeigt das Mycelwachstum nach etwa 7 Tagen. Deutlich zu erkennen sind die Hyphen des Mycels, welche sich ihren Weg aus dem Salzkristall bahnen. Anschließend wachsen die Pilzfäden zu einem Netzwerk zusammen (Abb. 6). Das Netzwerk



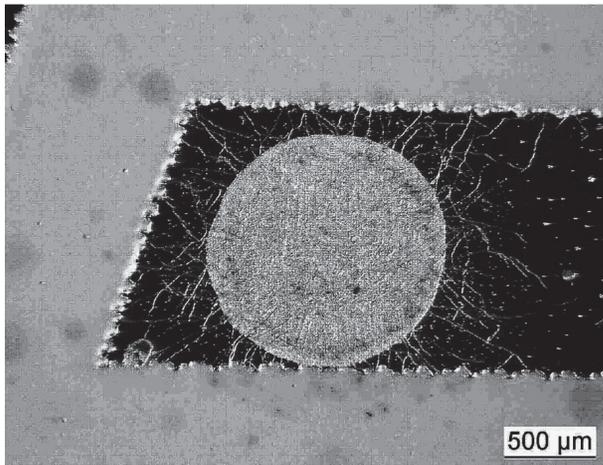


Abb. 5: Wachstum nach wenigen Tagen. Die Pilzfäden, Hyphen genannt, beginnen mit der Überwucherung des Probematerials

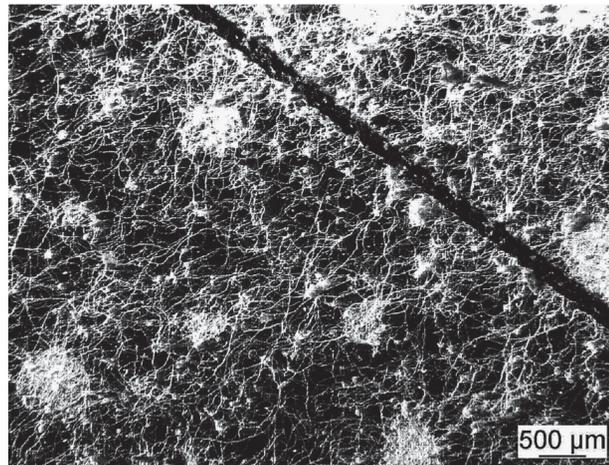


Abb. 7: Benachbarte Organismen beginnen sich ineinander zu verfilzen. Der Konkurrenzkampf untereinander führt zu einer schnellen Verflechtung in der Hoffnung eine freie abbaubare Stelle zu finden

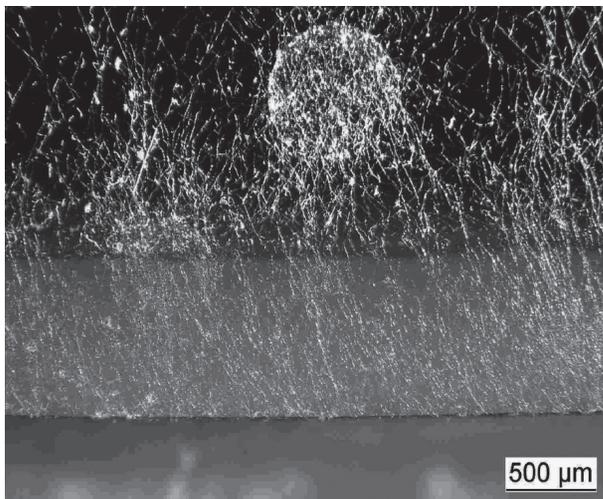


Abb. 6: Vollständig überwachsene Fläche einer Probe

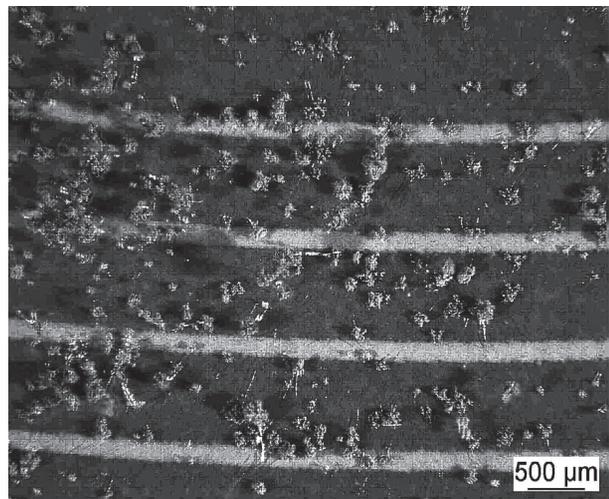


Abb. 8: Aus Wasser- oder Nahrungsmangel gewachsene Konidienträger

verdichtet sich und ist mit bloßem Auge gut sichtbar (Abb. 7). Im Verband der ausgetrockneten Tropfen wachsen die ersten Fruchtkörper (Sporangien) heran, was aber mit dieser Vergrößerung noch nicht zu erkennen ist. Die Konidienträger sind ausgereift und bereit ihre Sporen durch Erschütterung oder durch einen Luftstoß abzuwerfen. Dies bedeutet, dass der Pilz genügend Nahrung findet, aber an Wasserknappheit leidet. In diesem Stadium muss der Pilz mit dem niedrigsten Wassergehalt auskommen ohne zu verderben (Abb. 8).

## Feuchtkammertest IEC 68–2–10

### Vorgehensweise

Diese Testreihe sollte Aufschlüsse über die Wachstumsbedingungen der Pilze geben. Durch die Bebrütung unter verschiedenen klimatischen Bedingungen

konnten Erkenntnisse über die Vorlieben der verwendeten Pilze in Bezug auf relative Feuchte und Temperatur ihrer Umgebung und ihren Wachstumsgrad gesammelt werden. Diese spezifischeren Versuche im Vergleich zu den nach ISO durchgeführten Testreihen lieferten Erkenntnisse über das Gefahrenpotenzial bei insgesamt vier verschiedenen klimatischen Bedingungen. Je nach klimatischen Vorlieben der Pilze wurden die Proben nach der Beimpfung in den entsprechenden Klimakammern zur Auskeimung (der Pilze) gebracht.

Temperatur und relative Feuchte wurde mit verschiedenen Glasbehältern und zwei Klimaräumen erzeugt. In den beiden Klimaräumen herrschten konstante Klimatas von einmal 24 °C und einer relativen Feuchte von 75 % und einmal 29 °C mit einer relativen Feuchte von 95 %. Mit luftdichten Glasbehältern und einer darin befindlichen gesättigten Kaliumchlor-



ridtlösung wurde eine dritte Möglichkeit (85 % relative Feuchte) geschaffen. Der Feuchtigkeitsgehalt spielt für das Wachstum der Pilze eine bedeutendere Rolle als die Temperatur. Pilze wachsen in einer typenbezogenen Bandbreite der Temperatur heran, wobei das Wachstum lediglich etwas beschleunigt oder verlangsamt stattfindet.

Zur Überprüfung der oberflächlichen fungistatischen Wirkung wurden die Testrohlinge mit den Sporensuspensionen nach ISO A/B beimpft und den entsprechenden Klimatas ausgesetzt. Um eine möglichst gleichmäßige Verteilung zu erreichen, wurde zur Applikation der Sporensuspension eine Sprühflasche verwendet. Nach dem Verdunsten des Wassers bilden sich aus den gelösten Mineralien kleine Kristallkomplexe, die der Bindung der Sporen dienen.

Auch die Farbstoffschicht wurde auf ihre fungistatische Wirkung geprüft. Um eine Kontamination zu erreichen, musste die Farbstoffschicht zunächst freigelegt werden, was am Besten mit einer Schichttrennung zu erreichen war. Dabei war es unerheblich, ob sich die Farbstoffschicht auf der Reflexions- oder der Substratschicht befindet. Dank der speziellen Herstellung der CD-R ist eine Schichttrennung mit relativ geringem Aufwand möglich (Abb. 9, 10).

Die Oberfläche, Schutz- und Reflexionsschicht, also die obersten drei Schichten, sind mit einem UV-härtenden Bindemittel miteinander verklebt. Die Haftung der Reflexionsschicht auf der Farbstoffschicht beruht infolge des Sputterprozesses nur auf der Verzahnung des Metalls mit den benachbarten Schichten. Dabei wird Silber oder Gold atomisiert und durch ein starkes Magnetfeld auf das gewünschte Material geschossen.<sup>17</sup> Anschließend werden die Ränder gut mit den anderen Schichten verklebt, um einen Schälprozess zu verhindern.

Die Beimpfung und die anschließende Bebrütung der verschiedenen Farbstoffschichten wurde analog zu den vorangegangenen Tests nach IEC durchgeführt. Dabei wurden die beimpften Proben in denselben Glasbehältern der nach IEC Norm umgesetzten Tests 30 Tage bebrütet.

Sterilisierte Rohlinge wurden zu bereits kontaminierten Rohlingen gelegt und in der Nähe einer Sporenquelle platziert. Es sollte damit eine Kontamination durch Konvektionsströme simuliert werden. Ein Viertel des Rohlings wurde zur Markierung mit Klebeband abgeklebt. Diese Zone wurde mit den Händen leicht angerieben, dabei blieben menschliche Ausdünstungen am Rohling haften und veränderten die Oberflächeneigenschaften.

Diese markierte Stelle sollte Aufschlüsse geben, wie sich das Anfassen mit bloßen Händen auf das Wachstumsverhalten auswirkt. Das menschliche Fett bietet auf der CD-R nicht nur eine potenzielle Nah-



Abb. 9: Mit einem Messer wird die Oberfläche bis auf die Polycarbonatschicht eingeritzt



Abb. 10: Die eingeritzte Stelle wird mit einem Klebeband abgezogen

rungsquelle, sondern auch eine verbesserte Haftungsmöglichkeit für die Sporen.

Diese Rohlinge werden nach 7 Tagen auf einen vollständig synthetischen Nähragar abgeklatscht. Die nun durch die Rohlinge beimpften Nährmedien werden anschließend in einer Klimakammer 3 Tage lang bebrütet, um das Wachstum zu forcieren. Nach einer gewissen Zeit werden die möglichen Keime sichtbar und zählbar.<sup>18</sup>

#### Wachstumsstadien

Der Bewuchs wurde anhand optischer Merkmale mit einer Matrix (Tab. 3) ausgewertet. Im Bereich von 24 °C und einer relativen Feuchte von 75 % wurde innerhalb von 3 Monaten kein Wachstum festgestellt. Dies bedeutet aber nicht, dass prinzipiell nicht mit einem Wachstum zu rechnen ist. Gewissheit würde hier ein Langzeitversuch über ein oder mehrere Jahre bringen. Unter den anderen klimatischen Bedin-



gungen konnte eindeutig ein Bewuchs festgestellt werden (Abb. 11).

Stufe	Erscheinungsbild
0	kein Bewuchs (mit der Lupe ausgewertet)
1	Bewuchs nur mit der Lupe zu sehen
2	Bewuchs mit dem Auge sichtbar, max. 25 % der Fläche
3	Bewuchs bis 50 %
4	Bewuchs über 50 %
5	Bewuchs vollständig

Tab. 3: Auswertung des Bewuchses anhand optischer Merkmale

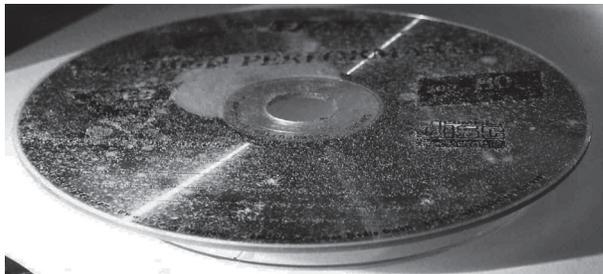


Abb. 11: Der vollständige Bewuchs ist mit bloßem Auge gut sichtbar

## Auswertung

### Agarplattentest ISO 846

Der Agarplattentest ISO B wird angewendet, um die Resistenz gegen mykologische Angriffe zu testen. Bis zu einem Pilzwachstum der Stufe 2 wird von einem fungistatischen Effekt gesprochen. Das bedeutet, dass das Material eine wachstumshemmende Wirkung für Pilze aufweist. Ein Bewuchs von mehr als 25 % bedeutet eine Nichtresistenz des Materials.

Die vollständigen Nährböden simulieren die in der natürlichen Umgebung vorkommenden Verunreinigungen, also potenzielle Kohlenstoffquellen (Fingerabdrücke, Staub usw.), und werden als Wachstumstarter verstanden. Ein mögliches Auskeimen erfolgt nach sehr kurzer Zeit.

Der Versuch nach ISO A soll das eigentliche Pilzwachstum in seiner direkten Form nachweisen. Die dazu benötigte Kohlenstoffquelle wird direkt aus dem Probenmaterial vom Organismus herausgelöst und verwertet. Mit der Durchführung dieser beiden Tests wird die Resistenz eines Materials in Bezug auf dessen fungistatische Wirkung sowie auf deren Biodeterioration<sup>19</sup> ersichtlich.

Unabhängig von der Vollständigkeit des Nährmediums sind nach drei Monaten Bebrütungszeit Wachstumsstadien zwischen 4 und 5 zu beobachten. Das

Wachstum auf den verschiedenen Typen unterscheidet sich in einem sehr geringen Ausmaß. Trotz Startschwierigkeiten setzte das Wachstum unter ISO A plötzlich ein. Die Wachstumsstärke lässt darauf schließen, dass sich die Schutzschicht einer CD-R hervorragend als Nahrungsquelle eignet und auch abgebaut wird. Die Biodeterioration dieses Materials äusserte sich in einer zunehmenden Brüchigkeit. Mit einer Wolframnadel liessen sich Schollen mühelos absplitteln. Im originalen, nicht kontaminierten Zustand liess sich dieses Material lediglich mit etwas Kraftaufwand zur Seite quetschen. Allgemein betrachtet unterstreichen diese Tests die Aussage, dass die CD-R **keine** fungistatische Wirkung aufweist. Das Material ist gegen Pilzbefall nicht resistent und enthält Nährstoffe für das Wachstum von Schimmelpilzen.

### Feuchtkammertest IEC 68–2–10

Die Resultate des Feuchtkammertests lieferten, wie erwartet, ein differenziertes Bild über die Wachstumsbedingungen. Kein Bewuchs konnte nach der dreimonatigen Inkubationszeit bei 24 °C und einer relativen Feuchte von 75 % festgestellt werden. Das heißt aber nicht, dass ein Bewuchs kategorisch ausgeschlossen werden kann. Der in unseren Breitengraden stark verbreitete *Aspergillus niger* beispielsweise, beginnt durchaus bei diesen klimatischen Bedingungen zu wachsen, benötigt aber mehr Zeit.

Die Verpilzung der oberflächlich behandelten Rohlinge wiesen bei 85 % relativer Feuchte starke Unterschiede auf. Das dichteste Myzel wurde bei einem Vertreter der Aspergillen, der *Eurotium amstellodami* mangin, beobachtet. Die Flächen der Rohlinge waren zwischen 50 % und 100 % mit Schimmel bedeckt. Etwas geringer, aber auch deutlich über 50 %, war die sichtbare Kontaminierung bei der ISO B Sporensuspension. Der Bewuchs bei *Gliocladium virens* Miller et al. und beim *Phoma* sp. war mit maximal 50 % der Fläche etwa gleichstark.

Bei einer relativen Feuchte von 95 % wurden nur die beiden ISO Mischungen getestet. Die anderen drei Stämme wurden unter diesen klimatischen Bedingungen nicht getestet, da sie unter solchen Bedingungen erfahrungsgemäß – wenn überhaupt – nur gering auskeimen würden. Die vollständige Sporensuspension nach ISO B erfüllte die Erwartungen mit dem grössten Bewuchs. Aus zeitlichen Gründen wurde die ISO A Mischung nur bei 95 % relativer Feuchte getestet. Bei diesem begünstigten Klima überwuchs der Schimmel bis über 50 % der Rohlingsfläche.

Der zeitliche Rahmen zwischen Kontaminierung und Auskeimung, respektive Wachstumsgeschwindigkeit, ist in erheblichem Masse von der relativen Feuchte und dem Organismus selber abhängig. Weniger gravierenden Einfluss auf die Wachstumsgeschwindigkeit hat die Temperatur.

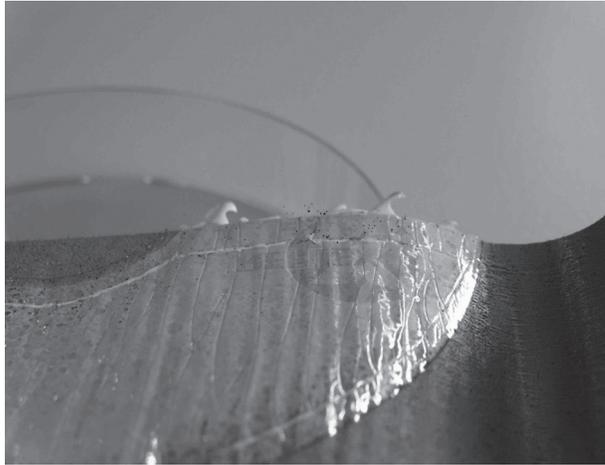


Abb. 12: Die Konidienträger sind als schwarze Punkte mit bloßem Auge sichtbar

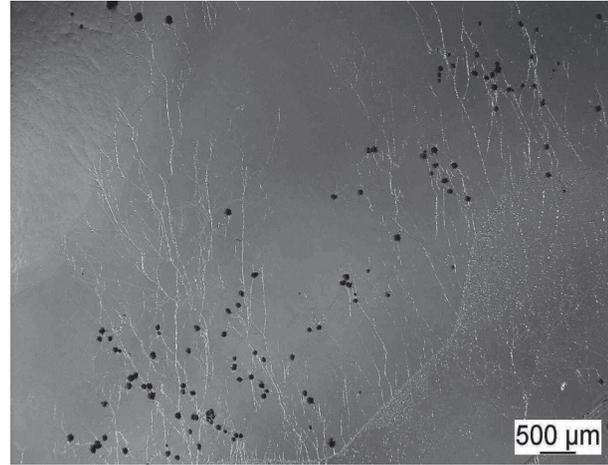


Abb. 13: Mikroskopische Aufnahme der kontaminierten Farbstoffschicht

Ein ähnliches Bild konnte bei den getesteten Farbstoffen festgestellt werden. Alle zeigten eine Verpilzung bis 50 % der Fläche bei einer relativen Feuchte von 85 %, wobei die mit dem *Phoma* sp. beimpften Proben ein leicht geringeres Wachstum aufwiesen (Abb. 12, 13).

Bei 95 % relativer Feuchte wurde bei allen mit der ISO B Mischung besprühten Proben ein Wachstum von über 50 %, bei ISO A erwartungsgemäß bis 50 % festgestellt.

Die bebrüteten Abklatschproben, anhand derer eine Kontaminierung durch benachbartes verseuchtes Material simuliert wurde, zeigten eindeutig ein erhöhtes Gefahrenpotenzial bei verschmutzten Proben. Die Agarplatten der Fingerabdrucksproben waren mit Schimmelkolonien vollständig übersät, auf den Proben der gereinigten Oberflächen wuchsen zwischen einer und drei Kolonien.

## Fazit

Die nach IEC Normen durchgeführten Tests bewiesen, dass das Material durch verschiedene, in Archiven vorkommende Schimmelpilze befallen werden kann. Mithilfe der durchgeführten Versuche der Sporenübertragbarkeit, wird die Gefahr für einen CD-R Bestand offensichtlich.

Die produktbezogene Anfälligkeit erwies sich als nicht gravierend. Die minimal unterschiedlichen Resultate sind eher auf Oberflächenbeschaffenheit und auf das Vorhandensein der schützenden Beschriftung zurückzuführen, als auf materielle Komponenten der allgemein vorhandenen Schichten.

Auch die Farbstoffschicht einer CD-R ist nicht vor einer biologischen Kontamination sicher. Ein Schimmelbefall der Informationsschicht und ein daraus resultierender Datenverlust ist somit möglich.

Die Veränderung der Oberflächeneigenschaften durch Fingerabdrücke erhöht die Gefahr eines mög-

lichen Schimmelbefalls erheblich. Durch die menschlichen Sekrete wird eine schnell abbaubare Kohlenstoffquelle hinzugefügt, die als Katalysator, ebenso wie der Saccharose-Zusatz der ISO B Sporensuspension, zu einem beschleunigten Wachstumsstart führt. Die Verunreinigungen bedeuten ebenfalls eine verbesserte Haftungsunterlage für Sporen.

## Biodeterioration

### Gewichtsänderung

Eine biologisch bedingte Degradation bedeutet den Abbau des Materials. Organismen lösen mit einem Schleim aus Enzymen<sup>20</sup> die organischen Bestandteile heraus. Es sollte nun möglich sein, anhand der Gewichtsänderung den Materialverlust zu bestätigen. Dazu wurden die Rohlinge vor und nach der Kontaminierung gewogen, wobei sie zuerst mit Ethanol gereinigt und in einem Trockenschrank für 7 Tage entfeuchtet wurden. Ausnahmslos alle Rohlinge wiesen erstaunlicherweise eine Gewichtserhöhung auf. Dieses Ergebnis konnte ebenfalls an der EMPA St.Gallen bei einer Versuchsreihe von Schlauchbooten festgestellt werden. Als Ursache wird vermutet, dass sich bei einem Kunststoffverbund Wasser zwischen den Schichten einlagert und nur sehr langsam aus dem Material entweichen kann.

### Reflexion

Bei allen behandelten Proben konnte eine Veränderung der Reflexion festgestellt werden. Bei rund 40 % der Proben liegen diese Werte über den Referenzmessungen, die Reflexion hat sich also verbessert, was auf ein Phänomen hinweist, das an dieser Stelle nicht zu erklären ist. Die anderen 60 %, insgesamt 33 Proben, liegen unter den Referenzwerten. Für sie kann die Aussage, ob eine Biodeterioration stattgefunden hat, bejaht werden.





Abb. 14: Trübung der Reflexionsschicht



Abb. 15: Transparent gewordene Stelle

Es ist leider kein Muster in Bezug auf die erhöhten Werte erkennbar. Dies bedeutet, dass keine wissenschaftlich untermauerte Aussage über einen bestimmten Test in Bezug auf die Biodeterioration getroffen werden kann.

Bei etwa der Hälfte aller getesteten Compact Discs entstanden Materialveränderungen der Reflexionsschicht, die entweder als Trübung (Abb. 14) zu erkennen war oder wo sich in extremen Fällen das Silber aufgelöst zu haben schien (Abb. 15). Mögliche Ursachen wären eine Reaktion durch die in der Sporensuspension enthaltenen Salze oder durch die vom Schimmelpilz produzierten Enzyme.

## Anmerkungen

- 1 Unter Wasseraktivität versteht man das Verhältnis aus dem Wasserdampfdruck im Substrat zum Sättigungsdruck des reinen Wassers bei derselben Temperatur.
- 2 Vollständig bedeutet die Zugabe einer Kohlenstoffquelle in ein Nährmedium.
- 3 Komplexe Nährböden – Nährböden aus natürlichen Produkten, wie zum Beispiel Fleischextrakt, Malzextrakt usw.
- 4 Je nach Verwendungszweck muss ein anderer Nährboden hergestellt werden. Der erwähnte Nährboden aus Malz und Agar wird für feuchtigkeitsliebende Schimmelpilze verwendet, die auch am häufigsten anzutreffen sind. Andere bilden eher eine Ausnahme. REISS, Jürgen: Schimmelpilze, Lebensweise, Nutzen, Schaden, Bekämpfung, Berlin, New York, Tokyo 1986, S. 28 ff.
- 5 Diese Angaben stützen sich auf Erfahrungen in Bezug auf den ganzen Sterilisierungsprozess. Die effektive Sterilisierungszeit, das heisst bei einer Temperatur von 121°C und einem Druck von 1.01325 bar (1 Atmosphäre), beläuft sich auf 15 min. Mit einberechnet ist dabei auch die Aufwärmphase des Wassers. (Laut Aussage von Dr. Paul Raschle).
- 6 Inkubation = Bebrütung.
- 7 Makrolon CD 2005; Thermoplast ISO 7391-PC, DR, 46-24-9 und -DP-1265; Lieferanten: Bayer (Deutschland), Teijin Chemical (Japan, Niederlassung in Venlo NL), GE Plastics (Division von General Electric, USA).
- 8 Engl. Substrate layer.
- 9 Bayer Plastics Information (2002); The World of Bayer Engineering Plastics, Bayer AG 2.Version, Informations CD Rom.
- 10 Zum Beispiel bei der Firma Organica in Wolfen (Sachsen-Anhalt, Deutschland) erhältlich
- 11 <http://www.cd-info.com/CDIC/Technology/CD-R/Media/TDK.html>, 27. August 2003, 09:28 Uhr.
- 12 wird geliefert von Ciba (Schweiz, Entwicklungen werden von der Firma Plasmon in England gemacht) sowie von Mitsui Chemical (Japan).
- 13 <http://www.sonydadc.com/products.disk.record.go>, 27. August 2003, 09:28 Uhr. Dieser Farbstoff wird von Mitsubishi Chemical Japan verwendet, die Rohlinge sind unter dem Handelsnamen Verbatim erhältlich.
- 14 Schweizerische Normen Vereinigung (1998): Kunststoffe – Bestimmung der Einwirkung von Mikroorganismen auf Kunststoffe, SN EN ISO 846.
- 15 MÄDER, X. (28.01.1999): Prüfung der Schimmelpilzbeständigkeit von Kunststoffen, beschichteten Textilien und Folien, mikrobiologische Prüfung, Schimmelpilze, Kunstleder, Folien, Gewichtsveränderung, Bewuchsversuch, Labormethode, Standard Operating Procedure SOP 000848 der EMPA, 4. Ausgabe, Freigegeben durch Dr. E. Graf.
- 16 International Electrotechnical Commission (1988): Basic environmental testing procedures, part 2: tests-test J and guidance: mould growth, publication 68-2-10.
- 17 [http://de.mam-e.com/web/process\\_fabric02.phtml#depot](http://de.mam-e.com/web/process_fabric02.phtml#depot), 27. August 2003, 10:21 Uhr.
- 18 Diese Methode wird standardmässig an der EMPA in St.Gallen durchgeführt. Die angewandte Technik basiert auf den Informationen von Dr. Matthias Liniger und Dr. Paul Raschle.
- 19 Unter Biodeterioration versteht man eine durch Organismen hervorgerufene Degradation des Materials.
- 20 EPS = enzymatische polymere Substanzen.



# Der Bestand der Textilmusterbücher der Neuen Augsburger Kattunfabrik im Bayerischen Textil- und Industriemuseum

von Maria Sutor

Das Bayerische Textil- und Industriemuseum in Augsburg (tim) dokumentiert die Bedeutung der Stadt als Zentrum der Textilindustrie.<sup>1</sup> Einer der Kernbestände des Museums ist der umfangreiche Bestand an Textilmusterbüchern der Neuen Augsburger Kattunfabrik, NAK. Im Folgenden sollen der Bestand vorgestellt, die konservatorischen Problemstellungen aufgezeigt und Möglichkeiten der Behandlung diskutiert werden.

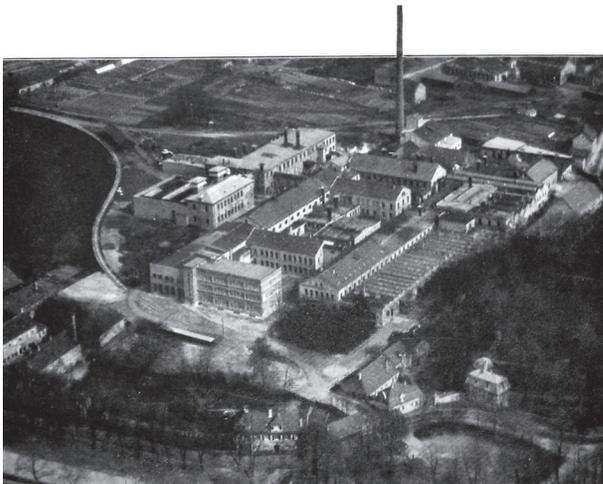


Abb. 1: NAK-Firmengelände im Jahr 1931

## Augsburg und die Textilindustrie

Die Bedeutung Augsburgs als Textilstadt reicht bis ins späte Mittelalter zurück und begründet sich in einem günstigen Zusammenspiel geographischer und historischer Voraussetzungen. Neben der wertvollen Antriebsenergie, die die beiden Flüsse Lech und Wertach liefern und dem jahrhundertealten Wissen der ortsansässigen Weber, Ingenieure und Kunsthandwerker ist es das Kapital der Augsburger Handelshäuser, die seit dem 14. Jh. besonders durch die Familie Fugger vertreten waren<sup>2</sup>. Schon im 17. Jh. wurde das Wissen um den Kattundruck von England auf den Kontinent getragen. Die Kattundruckerei zeichnet sich durch eine große Feinheit des Drucks und hohe Leuchtkraft der Farben aus und übertrifft damit die bis dahin vorherrschenden Barchentstoffe<sup>3</sup>.

Eine der ersten Augsburger Textilfabriken ist die seit 1705 bestehende *Apfel'sche Kattundruckerei*, die 1781 von Johann Michael Schöppler und Gottfried Hartmann übernommen und in Schöppler & Hartmann umbenannt wurde. Unter ihrem späteren Leiter Karl Forster galten die Produkte der Türkischrotdruckerei und die bedruckten Halstüchern als herausragend in Deutschland. 1880 wurde die Fabrik in eine Aktiengesellschaft umgewandelt und trug daraufhin den Namen *Augsburger Kattunfabrik*, ab 1885 *Neue Augsburger Kattunfabrik*, NAK. 1996 wurde sie nach über 200 Jahren und einer bewegten Geschichte endgültig geschlossen.

Die Textilmuster der NAK und ihrer Vorgänger wurden in großformatigen Büchern archiviert<sup>4</sup>. Diese Bücher enthalten über die 200-jährige Firmengeschichte hinweg eine dichte Überlieferung der Musterentwürfe. Insgesamt umfasst der Bestand 555 großformatige Bände mit geschätzten 1,3 Mio. Stoffmustern<sup>5</sup>. Das älteste Buch stammt aus dem Jahr 1792, das jüngste aus den 90er Jahren des 20. Jahrhunderts.

Die Muster dokumentieren die Entwicklung des Textildrucks der Neuen Augsburger Kattunfabrik. Daneben beinhalten viele der Bücher auch Muster anderer mitteleuropäischer Firmen, so dass der Textildruck auch außerhalb Deutschlands nachvollzogen werden kann. Mit ihrem Fundus an Mustern sind die Bücher auch für das heutige Textildesign von Interesse, und dienen als „kreatives Archiv“ für Designer und Wissenschaftler. In Umfang und Bedeutung steht der Augsburger Bestand damit anderen großen europäischen Textilmustersammlungen in nichts nach<sup>6</sup>.

Die Textilmusterbücher bilden einen der Kernbestände des Bayerischen Textil- und Industriemuseums. Die Nutzbarkeit der Bücher und die Zugänglichkeit des Bestandes sind von großer Bedeutung für das Museum, das sich mit allen Interessierten als interaktiv agierende Einrichtung versteht. Grundlegende Voraussetzung der Präsentation und der Zugänglichkeit der Textilmusterbücher ist jedoch neben der inhaltlichen Forschung eine restauratorische und konservatorische Nutzbarmachung der Bestände.



## Der Bestand der Textilmusterbücher

### Depotsituation

Seit 2001 befindet sich der Bestand der Textilmusterbücher in der sog. Kuka-Halle, einer sanierten Fabrikhalle in Augsburg, die die vorläufige Zentrale des Museums bis zur Fertigstellung der neuen Räume in der Fabrikanlage der 2003 aufgegebenen Augsburg Kammgarnspinnerei, AKS, darstellt und in der derzeit noch ein großer Teil der Museumsbestände aufbewahrt wird.

Die Textilmusterbücher lagern in einem sehr klimastabilen Depotraum im Keller des Gebäudes. Bei der Sanierung der Kuka-Halle wurden die Räume mit der im Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege von Henning Großschmidt entwickelten Temperierung der Wände versehen, die ohne künstliche Klimatisierung ein vorbildlich stabiles Raumklima schafft. Die aufgezeichneten Klimawerte liegen konstant und ohne Schwankungen bei knapp über 50 % r.F. und 17 °C<sup>7</sup>.

Die Bücher wurden in ihrer chronologischen Ordnung mit fortlaufenden Nummern auf Rückenschildchen versehen. Diese historische Reihenfolge bleibt auch in der Anordnung der Bücher im Depot des Museums weitgehend erhalten. Aufgrund des geringen Platzangebots werden die Bücher derzeit hauptsächlich stehend in den in enger Reihung angeordneten und über die gesamte Raumhöhe reichenden Regalen gelagert. Nur einzelne Bücher, die aufgrund ihrer außerordentlichen Größe (Überformate) oder ihres besonders fragilen Zustandes eine Sonderbehandlung benötigen, werden liegend und außerhalb ihrer chronologischen Ordnung gelagert. Die aktuelle, offene Lagerung der Bücher begründet sich in zweierlei Hinsicht. Einerseits ist sie die naheliegendste Art der Aufbewahrung. Andererseits wird damit auch das Ziel verfolgt, den beeindruckenden Bibliothekscharakter des Bestandes zu zeigen und damit das Depot zum Schaudepot zu machen.

### Format und Gewicht der Bücher

Zur effektvollen Präsentation auch großer Textilmuster, wie der besonders hoch geschätzten Halstücher des 19. Jh., wurden entsprechend großformatige Bücher für die Aufbewahrung der Muster verwendet. Die Bücher besitzen Maße von durchschnittlich 40 cm Breite, 60 cm Höhe und 10 cm bis 15 cm Stärke. Die größten Bücher erreichen Maße von 70 cm Breite, 100 cm Höhe und Buchstärken von 25 cm bis 30 cm. Verbunden mit diesen Ausmaßen ist ein entsprechend hohes Gewicht der Bücher (Abb. 3).

### Einbandkonstruktion und Buchblock

Die Konstruktion der meisten Einbände lehnt sich an eine für leichte Broschüren übliche Bindung an. Zwei



Abb. 2: Der Bestand der Textilmusterbücher im Depot des Bayerischen Textil- und Industriemuseums



Abb. 3: Großformatige Bücher

Deckelpappen bilden zusammen mit einem direkt und ohne Rückeneinlage fest mit dem Buchrücken verklebten Rückenüberzug den Einband. Viele der älteren Bücher – bis etwa Mitte des 19. Jh. – sind da-

bei als Halblederbände gebunden. Ein sehr großer Teil des Bestandes und fast alle Bände des 19. Jh. besitzen einen hellen Leinenüberzug, unter dem sich aufgrund der geringen Materialstärke die Heftbünde abzeichnen. Die Einbände erfüllen damit nicht die aufgrund des Formates und Gewichtes der Bücher erforderliche Stabilität<sup>8</sup>.

Der Buchblock besteht aus Heftlagen, die, um den Volumenzuwachs durch die eingefügten Textilmuster auszugleichen, im Falz mit Papierstegen versehen wurden. Die Buchblöcke wurden – außer den in Blockheftung gebundenen Büchern – auf Bänder geheftet. Häufig wurden später Teile der Buchblöcke wieder aus den Büchern herausgetrennt.

### Papier und Textilmuster

Die für die Textilmusterbücher verwendeten Papiere spiegeln den für die jeweiligen Zeitabschnitte typischen Gebrauch wider. Im 18. Jh. und Anfang des 19. Jh. wurden vorwiegend Büttenpapiere verwendet, die trotz unterschiedlicher Qualität und Papierstärke im Wesentlichen gut erhalten sind. Ein großer Teil der Textilmuster des 19. und 20. Jh. wurde in Büchern aus kurzfasrigem, teilweise sehr dünnem und gegenüber mechanischen Belastungen sehr empfindlichem Vélinpapier aufbewahrt. Für einen erstaunlich geringen Teil der Bücher ab Mitte des 19. Jh. und bis in das 20. Jh. hinein – unter 20 % des Bestandes – wurde holzhaltiges, kurzfasriges Papier verwendet. Wahrscheinlich ist die Verwendung hochwertiger Papiere auf die hohe Wertschätzung der Bücher und ihre bereits bei der Bindung geplante dauerhafte Archivierung zurückzuführen.

Die Textilmuster, die das Zentrum des Bestandes darstellen, bestehen überwiegend aus Baumwolle. Es finden sich jedoch auch einige wenige Muster aus Wollgewebe oder Seide in den Büchern. Es handelt sich dabei vermutlich um angekaufte Muster von Fremdfirmen, da in der *Neuen Augsburger Kattunfabrik* – wie der Name bereits verrät – ausschließlich Baumwolle verarbeitet wurde. Die in ihrer Größe stark unterschiedlichen Muster wurden teilweise sehr großzügig, teilweise enger auf die Buchseiten montiert und mit fortlaufenden Zahlen nummeriert. Die Stoffe wurden nur partiell befestigt – wahrscheinlich, um den beweglichen Charakter des Materials zur Geltung kommen zu lassen. Oft wurden die ursprünglich eingeklebten Muster entfernt und durch neue ersetzt, was an den Spuren alter Klebungen erkennbar ist.

Anhand der Art der Montierung lassen sich die firmeneigenen Muster von jenen der Fremdfirmen unterscheiden. Im Gegensatz zu den mit Abstand zu den Seitenrändern montierten Mustern der NAK sind die Muster in firmenfremden Büchern bis dicht an die Blattkanten montiert, so dass häufig sich lösende Fäden über den Buchblock hinausstehen.



Abb. 4: Muster aus dem Jahr 1792 (Farbabb. s. S. 151)

### Schäden

Die aus den Materialeigenschaften, der Lagerung und der Nutzung resultierenden Beziehungen liegen den im Folgenden beschriebenen Schadensmechanismen zugrunde.

### Deformationen

Eine der Hauptursachen der mechanischen Schäden am Bestand sind Format und Gewicht der Bücher, die in zweierlei Hinsicht das Risiko einer Schädigung bergen.

Einerseits entstehen Schäden durch die im wahren Sinne des Wortes erschwerte Nutzung der Bücher. Durch das Gewicht wird eine sorgfältige Handhabung eingeschränkt. Mechanische Beschädigungen werden damit gefördert. Verstärkt wird die Problematik bei der Handhabung durch das beengte Platzangebot im Depot und die mit der vollständigen Raumnutzung verbundenen, großteils ungünstigen Arbeitshöhen. Durch die eng stehende Anordnung der Bücher im Regal werden die Bücher zwar seitlich gegen das Umfallen stabilisiert, es entsteht jedoch beim Herausnehmen Reibung an den Buchdeckeln, die bereits zu großen Verlusten an den Überzugsmaterialien geführt hat.

Andererseits führt das Gewicht zu Deformationen der stehend gelagerten Bücher. Diese werden durch die wenig stabile Konstruktion der Einbände stark begünstigt. Zusätzlich besitzen die Buchblöcke in sich eine nur geringe Stabilität, da weder durch die unregelmäßig eingeklebten Textilmuster, noch durch die Falzausgleiche ein einheitlicher, kompakter Buchblock erreicht werden kann. Die meisten Bücher sin-

ken in der Folge zum Vorderschnitt hin ab, wodurch sich der Buchblock zum Fußschnitt wellenförmig verformt. Die Buchrücken verwölben sich im besten Fall am Kopfschnitt konkav, oft brechen oder reißen jedoch die Falzgelenke. Zusätzlich ergibt sich durch die Nutzung, speziell durch das Blättern der Seiten eine längs des Rückens S-förmig gebogene Deformation, die durch den Einband nicht verhindert werden kann. Diese ausgeprägten und in ihrer neuen Form bereits wieder stabilen Deformationen sind das Ergebnis einer langsamen Veränderung, die wahrscheinlich durch eine dauerhafte und bereits historische, stehende Lagerung entstanden (Abb. 5).

### Überarbeitungen

Aufgrund der Schäden wurden durch den gesamten Bestand hinweg die meisten Einbände zur Stabilisierung und Reparatur der Schäden ab den 70er Jahren des 20. Jh. stark überarbeitet. An zahlreichen Büchern wurden die Deckelinnenseiten mit Pappe verstärkt und die Rücken mit (beschichtetem) Einbandgewebe überzogen oder das brüchige Leder mit klarem Lack gefestigt (Abb. 6). Andere, wahrscheinlich stärker beschädigte Bücher, erhielten einen vollständig neuen Einband. Dabei wurden die Buchblöcke meist beschnitten und die Bücher im Stil des für diesen Bestand traditionell angewandten Broschur-einbandes neu eingebunden.

Unter den frühen Halblederbänden existiert in der Folge dieser Maßnahmen kaum noch ein original erhaltener Einband. Die hellen Halbgewebeebände dagegen sind weniger stark verändert. Durch die Überarbeitungen wurde einerseits ein großer Teil des Originalcharakters der Bücher zerstört, andererseits befinden sich die Einbände dadurch nun in weitgehend stabilem Zustand.

### Wasserschaden

Ebenfalls aus der historischen Lagerung überkommen ist eine unterschiedlich starke Schädigung vieler Bücher durch Feuchtigkeit, die sich in Form von Wasserrändern auf den Einbänden abzeichnet. Die stärksten Wasserschäden finden sich unter den wenig überarbeiteten Büchern des 19. Jh. mit hellem Leineneinband.

Auffällig ist hierbei, dass Bücher, die chronologisch aufeinander folgen nicht unbedingt gleichermaßen geschädigt sind. Dies spricht für eine nicht durchgängig eingehaltene Chronologie in der Lagerung. Anhand des Tropfenverlaufs ist zu erkennen, dass die Bücher zum Zeitpunkt des Schadens teils liegend, teils stehend gelagert wurden. Die Unterschiedlichkeit der Schädigung spricht außerdem dafür, dass es sich nicht um ein einzelnes Schadensereignis, sondern um wiederholte Schädigungen handelt (vgl. Abb. 5).



Abb. 5: Stark deformierte Bücher



Abb. 6: Überarbeitungen der Einbände

Infolge der Einwirkung von Feuchtigkeit konnte sich in vielen Büchern Schimmel bilden. Durch die Mikroorganismen ist das Papier partiell bereits so weit abgebaut, dass auch eine geringe mechanische Belastung zum Einreißen führt. Gleichzeitig wurde der für die Montierung der Textilmuster verwendete Klebstoff so stark geschwächt, dass sich die Muster lösen und damit verloren zu gehen drohen. Auch die Textilmuster selbst und besonders die Zwischenräume der Buchseite und Textilmuster sind von Mikroorganismen befallen. Durch den stärkeren Faserverbund der Fäden sind die Textilmuster jedoch weniger fragil als das Papier. Bemerkenswert ist, dass sich unter den Büchern mit stark saurem Papier kein Befall durch Mikroorganismen findet. Möglicherweise handelt es sich um Arten, die ein saures Milieu nicht vertragen.

Die betroffenen Bücher müssen für die Benutzung gesperrt werden. Dies dient einerseits der Vermei-



derung weiterer mechanischer Schädigung, andererseits der Sicherheit der Benutzer vor der im Umgang mit Mikroorganismen bestehenden gesundheitlichen Gefährdung.

### Brüchiges Papier

Das durch die Herstellung und die Inhaltsstoffe bereits saure und durch die Alterung sehr stark brüchige Papier stellt das größte konservatorische Problem im Bestand der Textilmusterbücher dar. Die bereits vollzogene Schädigung ist nicht reversibel und schon die Verlangsamung der Abbauprozesse schwierig. Das Papier eines Teils der Bücher ist bereits so stark geschwächt, dass jede mechanische Belastung zu Substanzverlusten führt. Vor allem die Blattkanten weisen zahlreiche Knicke und Einrisse auf. Teilweise reichen die meist kurzen Risse bis weit in die Seite hinein. Einzelne Seiten lösen sich im Falz aus dem Buchblock und drohen verloren zu gehen. Durch das Gewicht der montierten Textilmuster werden die Seiten partiell und ungleichmäßig belastet und folglich weiter geschädigt. Auch diese Bücher müssen für die Benutzung gesperrt werden, um eine weitere mechanische Schädigung des Materials zu vermeiden.

### Konservierungskonzept und erste Maßnahmen

Das Konzept für die Konservierung des Bestandes der Textilmusterbücher stellt den Nutzungsaspekt in den Mittelpunkt. Die Bücher sollen einerseits der wissenschaftlichen Forschung, andererseits aber auch einer allgemeinen Nutzung zur Verfügung stehen.

Der Maßnahmenkatalog umfasst dabei im Wesentlichen folgende Punkte:

- a) Bestandserhaltende Maßnahmen (Erfassung des Gesamtbestandes in einer Datenbank, Verbesserung der Depotbedingungen, Formulierung von Nutzungsbedingungen)
- b) Konservatorische Maßnahmen am Bestand (Pflegetechniken, Behandlung des brüchigen Papiers, Schimmelpilzbehandlung)
- c) Restaurierung zunächst einzelner, herausragender und besonders interessanter Bücher (für die Ausstellung)

### Bestandserhaltende Maßnahmen

Als grundlegende Voraussetzung für die Erhaltung des Gesamtbestandes und als Vorarbeit zu allen weiteren konservatorischen Schritten wurden die unter Punkt a) formulierten Maßnahmen bereits durchgeführt.

### Datenbank

Als Arbeitsgrundlage zur Erfassung und Erschließung der Musterbücher wurde eine Datenbank angelegt, die mit zunehmender Vollständigkeit den Zugriff auf die

Bücher selbst reduzieren soll. Die Datenbank enthält detailliert Angaben zu Inhalt und Datierung der Bücher sowie Objektbeschreibung, Schadensanalyse, Restaurierungskonzept und durchgeführten Maßnahmen. Die Datensammlung soll stetig erweitert und schließlich in die Museumsdatenbank übernommen werden.

### Verbesserung der Depotbedingungen

Des Weiteren wurde die aktuelle Depotsituation verbessert und Anforderungen an die zukünftigen Bedingungen festgelegt. Ein konstantes Klima ist von grundlegender Bedeutung für die Hemmung der Alterungsprozesse im Papier und das Schimmelpilzwachstum. Die aufgezeichneten, derzeitigen Werte entsprechen bereits den Anforderungen und müssen deshalb nicht verändert werden. Es bleibt zu wünschen, dass diese Werte auch in den neuen Depoträumen erreicht werden können. Außerdem von Bedeutung sind Licht- und Staubschutz im Depot. Damit können lichtinduzierte Alterungsprozesse verlangsamt und schädigende Substanzen im Staub von den Büchern ferngehalten werden. Eine verschließbare Rollregalanlage soll im neuen Depot die geforderten Bedingungen erfüllen und zusätzlich geeignete Arbeitshöhen ermöglichen.

Derzeit ist eine grundlegende Veränderung der Depotbedingungen schwer möglich. Eine wesentliche Verbesserung der Lagerungsbedingungen stellt die liegende Lagerung aller Bücher dar. Format, Gewicht und Einbandkonstruktion geben diese Form der Depotierung vor, wenn weitere Deformationen vermieden werden sollen. Die Umstellung auf die liegende Lagerung, die nicht wesentlich mehr Platz beansprucht als die derzeitige, ist wichtigstes Kriterium für die Planung der neuen Depoträume. Im aktuell genutzten Depot wurden bereits einzelne, besonders große und schwere Bücher aus ihrer chronologischen Ordnung im Regal herausgenommen und auf neu geschaffenen Lagerflächen liegend deponiert. Ein neu erstelltes Standortverzeichnis unterstützt die Auffindbarkeit der Bücher.

### Nutzungsbedingungen

Um die Anforderungen im Umgang mit den Büchern zu definieren, wurden Nutzungsbedingungen formuliert. Diese umfassen über Hinweise zu Handhabung und Transport der Bücher (Bibliothekswagen) hinaus Bedingungen, die bei der Nutzung (Handschuhe), Lektüre (Buchkeile), Vervielfältigung, Ausleihe und Ausstellung beachtet werden müssen. Als Schutz gegenüber mechanischen Belastungen bei der Entnahme aus dem Regal wurden zunächst die restaurierten Bücher mit Hüllen in Form von Buchschubern versehen. Langfristig sollten jedoch alle Bücher Schuber erhalten.

Über die ausgeführten Schritte hinaus, müssen die formulierten Forderungen an die mit dem Bestand arbeitenden Personen vermittelt werden. Eine Einfüh-



rung in die Handhabung, den Transport und die Benutzung der Bücher ist deshalb abschließender Teil der bestandserhaltenden Maßnahmen.

## Konservierung

Wesentlich umfangreicher als die Veränderung der äußeren Bedingungen sind die Schritte, die zur Erhaltung des Bestandes durch eine Konservierung der Bücher notwendig sind. Zudem steht die Konservierung in zwei wesentlichen Punkten in technischer Sicht vor schwer löslichen Problemen.

## Pflegemaßnahmen

Die Durchführung von Pflegemaßnahmen ist aufgrund der großen Anzahl von 555 Büchern umfangreich und kann aufgrund der weniger drängenden Problematik zeitlich zurückgestellt werden. Die notwendigerweise auszuführenden Punkte umfassen eine Reinigung der Oberflächen von Staub, die Befestigung loser Textilmuster, die Entfernung von Selbstklebestreifen und Metallteilen, die Sicherung sich lösender Seiten oder Lagen, die Schließung größerer Risse, das Glätten geknickter Seiten, die Behandlung von Tintenfraß, die Erneuerung der Rückenschildchen, die Korrektur fachlich unsauber ausgeführter Neubindungen und die Rückführung der Deformationen.

## Schimmelpilzbehandlung

Das erste der beiden konservatorischen Hauptprobleme ist die Behandlung des Schimmelpilzbefalls. Der bereits fortgeschrittene Abbau der Papiersubstanz einerseits und die gesundheitliche Gefährdung für die Nutzer andererseits führen zu einem Ausschluss der Bücher aus der Nutzung. Die Behandlung kann, wenn man davon absieht, die das Material stark belastenden und in ihrem dauerhaften Erfolg umstrittenen Methoden der Gammabestrahlung oder der Ethylenoxidbegasung anzuwenden, lediglich eine Abnahme der oberflächlich aufliegenden Sporen umfassen. Eine Entfernung des tief im Faservlies des Papiers verankerten Mycels dagegen ist nicht möglich. Solange aber nicht günstige klimatische Bedingungen das Wachstum der Mikroorganismen fördern, erfolgt keine weitere Schädigung. Als positiv kann hier das stabile Klima bezeichnet werden, das zu einer Verlangsamung der Schädigung beiträgt. Durch die Abnahme der Sporen wird die Gesundheitsgefährdung für Nutzer gebannt. Im Falle des noch nicht weit fortgeschrittenen Materialabbaus sind die entsprechenden Bücher anschließend wieder nutzbar.

Diejenigen Bücher, bei denen das Papier jedoch stark abgebaut ist, müssen weiterhin von der Benutzung ausgenommen werden. Hier ist eine Stabilisierung der Substanz notwendig, um Materialverluste zu vermeiden. Diese Festigung gestaltet sich schwie-



Abb. 7: Befall durch Mikroorganismen (Farbabb. s. S. 151)

rig, da die geschädigten Seiten nicht als isolierte Einzelblätter vorliegen, sondern im Verbund des Buchblocks. Außerdem müssen bei der Behandlung die auf die Seiten montierten Textilmuster berücksichtigt werden. Eine wässrige Behandlung wäre für die Stabilisierung des Papiers notwendig, schließt sich aber aus den beiden genannten Gründen aus. Zusätzlich muss das fragile Material partiell durch ein Trägermaterial unterstützt werden.

## Säuregeschädigtes Papier

Auch der Behandlung des brüchigen Papiers stehen die Buchform und die auf die Seiten montierten Tex-



Abb. 8: Saures und brüchiges Papier



Abb. 9: Muster aus dem Jahr 1792 (Farbabb. s. S. 151)

tilmuster entgegen. Hier lässt sich jedoch das Fortschreiten des Schadens nicht alleine durch ein stabiles Klima vermeiden. Die weniger stark geschädigten Bücher können noch, unter Vorbehalt und durch Restauratoren, eingesehen werden, die am stärksten geschädigten Bücher müssen von der Benutzung ausgeschlossen werden.

Die Entsäuerung des Papiers, die Pufferung und Stabilisierung kann sinnvoller Weise nur wässrig durchgeführt werden, was sich jedoch aus den genannten Gründen ausschließt. Zusätzlich muss auch hier ein Trägermaterial eingebracht werden, da die Papiersubstanz bereits so stark geschädigt ist, dass sie einer Nutzung nicht mehr standhält. Die betroffenen Bücher müssen für die Benutzung gesperrt werden, um eine weitere mechanische Schädigung des Materials zu verhindern. Um die in den Büchern enthaltenen Informationen zu erhalten, können einzelne oder alle Buchseiten mit den montierten Textilmustern digitalisiert werden. Auf diese Weise bleibt Wissenschaft und Forschung wenn nicht das authentische Objekt, dann doch der Inhalt zugänglich.

### Restaurierung

Parallel zur Behandlung des gesamten Bestandes werden die für die Präsentation in der Dauerausstellung des *tim* bestimmten Bücher restauriert. Diese Bücher sind jedoch nicht Gegenstand der hier beschriebenen bestandserhaltenden Maßnahmen und sollen deshalb nicht weiter behandelt werden<sup>9</sup>.

### Fazit

Die bisherige Bestandsaufnahme soll zu einem grundsätzlichen Verständnis für die Textilmusterbücher der

NAK und die vorhandenen Schäden führen. Sie ist die Voraussetzung für weiterführende Überlegungen zur Behandlung des Bestandes.

Die Verbesserung der Depotbedingungen, die Formulierung von Nutzungsbedingungen und die erleichterte Zugänglichkeit der Bücher über die neu angelegte Datenbank sind erste Schritte zum angestrebten Ziel. In einem weiteren Schritt sollen durch die Entwicklung einer effizienten Behandlungsmethode zur Abnahme der Mikroorganismen und gleichzeitigen Stabilisierung des geschwächten Materials die entsprechenden Bücher der Nutzung wieder zugänglich gemacht werden. Ein schwer lösbares Problem stellt die Behandlung des sauren und brüchigen Papiers dar. Es muss nach einer Lösung gesucht werden, die weit reichender ist als die betroffenen Bücher für die Benutzung zu sperren oder lediglich die in ihnen enthaltenen Informationen durch eine Digitalisierung extern zu sichern. Über ihre Zugehörigkeit zum Gesamtbestand hinaus, sind die Bücher jedoch auch als Einzelobjekt von Interesse. Es sind deshalb Pflegemaßnahmen für alle Bände und die Konservierung und Restaurierung einzelner, herausragender Bücher notwendig, wenn die „Schatzkammer des *tim*“ vollständig erschlossen und zugänglich gemacht werden soll.

### Dank

Für die Möglichkeit, im Rahmen der Beschäftigung mit dem Bestand der Textilmusterbücher am Aufbau des Bayerischen Textil- und Industriemuseums mitzuarbeiten, danke ich an erster Stelle Dipl.-Rest. Christina Schmitt, Textilrestaurierung, und Dr. Richard Loibl, Leiter des *tim*. Für die Beantwortung und Diskussion so mancher Frage zur Behandlung der Textilmusterbücher und für immerwährende und tatkräftige Unterstützung bedanke ich mich herzlich bei allen Kolleginnen und Kollegen der Restaurierung, im Besonderen bei Jutta Linn und Dipl.-Rest. Volker Hingst.

### Anmerkungen

- 1 Informationen über das Bayerische Textil- und Industriemuseum finden sich auf der Internetseite [www.tim-bayern.de](http://www.tim-bayern.de), 23.5.2007, außerdem: Das bayerische Textil- und Industriemuseum. Schriften des *tim*, Heft 1, Hrsg. Richard Loibl, Augsburg 2005.
- 2 <http://www.stmwfk.bayern.de/kunst/museen/druckversion.asp>, 24.2.2007.
- 3 150 Jahre Neue Augsburger Kattunfabrik, vormals Schöppler & Hartmann. Augsburg 1931.  
Barchent ist ein Mischgewebe aus Baumwolle auf Leinenkette, <http://de.wikipedia.org/wiki/Barchent>, 30.5.2007. Kattun ist ein leichtes, dichtes Gewebe aus Baumwolle, das sich besonders zum Bedrucken eignet. Baumwolle kommt seit dem 12. Jh. zu den heimischen Rohstoffen und wird aus Syrien und Ägypten vor



- allem über Venedig nach Bayern importiert. <http://de.wikipedia.org/wiki/Kattun>, 1.3.2007.
- 4 Ab Mitte des 20. Jahrhunderts wurden großformatige Muster zusätzlich an Laschen aus Karton befestigt, die – Kleiderbügel ähnlich – einzeln auf Stangen aufbewahrt wurden. Diese Kartolaschen sollen aufgrund ihrer vom Bestand der Musterbücher stark abweichenden Anforderungen an die Bestandserhaltung hier jedoch ausgeklammert werden.
  - 5 Annegret Wenz-Haubfleisch, Claudia Selheim, Natascha Zödi: Textile Schätze – verborgen zwischen Buchdeckeln. In: *Industrie-kultur* 1, 2006, S. 14–15.
  - 6 Weitere Bestände an Textilmusterbüchern befinden sich in folgenden Institutionen: Sächsisches Staatsarchiv Chemnitz, Rheinisches Industriemuseum Oberhausen, Deutsches Textilmuseum Krefeld, Wiesentäler Textilmuseum (Lörrach), Kunstgewerbemuseum Berlin, Museum für Kunst und Gewerbe Hamburg, Stadtarchiv Hof, Historisches Museum Basel, Textilmuseum St. Gallen, Textilmuseum Prato.
  - 7 Henning Großschmidt: Das temperierte Haus. Sanierte Architektur – Behagliche Räume – „Großvitrine“. In: *Klima in Museen und historischen Gebäuden, die Temperierung*. Band 9 der wissenschaftlichen Reihe Schönbrunn. Hrsg. Schloss Schönbrunn, Wien und Kunstforum Ostdeutsche Galerie Regensburg 2004.
  - 8 Zur genauen Verteilung der Einbandtypen wie auch anderer Details zu den Büchern wurden alle relevanten Daten in einer Datenbank gesammelt.
  - 9 Restaurierung der Bücher veranlasst von Christina Schmitt, Textilrestaurierung des tim, Ausführung von Peter Axer, Restaurator M. A.

# Zum Stand der Behandlung verschimmelter Archivbestände

von Robert Fuchs

In Archiven findet sich immer wieder Schimmel in Akten und anderem Archivgut. Der Befall ist immer auf eine schlechte Aufbewahrung zurückzuführen. Um sich klar zu machen, weshalb Archivgut immer wieder von Mikroorganismen befallen wird, ist es notwendig, sich die Lebensbedingungen zu verdeutlichen.

Schimmelpilze sind Pflanzen die einen einfachen Vegetationskörper (Thallus) besitzen, also keinen Spross und Wurzel. Es sind keine Pigmente zur Photosynthese vorhanden und somit ist keine Assimilation mit  $\text{CO}_2$  möglich. Die Morphologie der Schimmelpilze ist einfach zu beschreiben: sie besitzen ein Mycelgeflecht aus einzelnen Hyphen, die aus separierten und unseparierten Zellfäden bestehen können.<sup>1</sup>

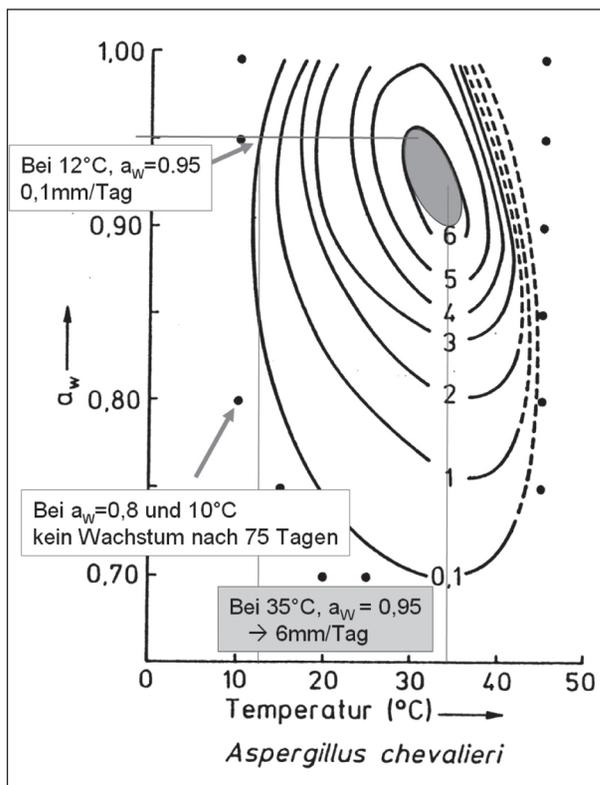


Abb. 1: Diagramm zur Verdeutlichung des Zusammenhangs von Objektfeuchte (Wasseraktivität), Temperatur und Wachstumsgeschwindigkeit von *Aspergillus chevalieri* (aus: Reiß: Schimmelpilze s. Anm. 1). Bei 12 °C und einer Objektfeuchte von 95 % wächst der Schimmel mit 0,1 mm/Tag. Bei 10 °C und einer Objektfeuchte von 80 % ist kein Wachstum vorhanden. Bei 35 °C und einer Objektfeuchte von 95 % wächst der Schimmel mit 6 mm/Tag!

Ihre beliebtesten Nahrungsquellen sind Cellulose aus Kleister und Papier oder Proteine aus Klebstoff und Pergament. Beste Nahrungsquelle sind Rückstände eines früheren Befalls, da die Cellulose- oder Proteinketten der besiedelten Materialien durch die zuvor stattgefundene „Verdauung“ bereits verkürzt sind. Sie sind bei einem Wiederbefall leichter abzubauen und daher bevorzugte Nahrungsgrundlage. Wie immer wieder zu lesen ist, benötigen die meisten Schimmelpilze Temperaturen zwischen mindestens 18 und 25 °C und eine relative Luftfeuchte von 65 %. Doch eigentlich ist die Objektfeuchte der ausschlaggebende Punkt und nicht die Raumfeuchte. Damit Papier befallen werden kann, muss lokal eine bestimmte Wassermenge vorhanden sein. Diese nennt man Objektfeuchte oder wissenschaftlich Wasseraktivität  $a_w$ . Für ein Keimen der Sporen muß eine Wasseraktivität von 0.6 bis 0.99 vorliegen, d. h. die lokale Wassermenge muss mindestens zwischen 60 und 99 % liegen (Abb. 1). Die lokale Wasseraktivität hängt sehr stark von der weiteren Aufnahmefähigkeit des Wassers an der gegebenen Stelle ab: Wird ein aufgetropfter Wassertropfen aufgrund der Materialbeschaffenheit schnell weitergeleitet, kann sich lokal keine hohe Objektfeuchte einstellen. D.h. bei den meisten offenporigen faserigen Papiermaterialien schlägt die Feuchtigkeit auf die umliegenden Stellen durch und die Wasseraktivität bleibt unter 0.6. Ist das Papiermaterial dicht und beispielsweise durch einen kunstharzhaltigen Strich versiegelt, bleibt der Wassertropfen auf der Oberfläche eine Zeit lang stehen und die Wasseraktivität beträgt dann dort 1.0. Man spricht im letzten Fall von Kondenswasserbildung. Kann sich die hohe Objektfeuchtigkeit für eine bestimmte Zeit halten, keimen die vorhandenen Sporen aus und das Schimmelpilzwachstum beginnt (Abb. 2).

Aus den geschilderten Gründen findet sich Schimmelbefall bei einem akuten Wassereintrich immer erst an den Stellen, die das Wasser nicht gut weiterleiten und bei erhöhter Temperatur. Das ist in einem Bücherregal immer auf dem Einband der Fall, dort wo die Oberfläche mit Klebstoff, Kunststoffolie oder Kunstharzen wasserundurchlässig gemacht wurde (Abb. 3).

Die Sporen von Schimmelpilzen sind ubiquitär, d. h. sie sind in jeder normalen Zimmerluft vorhan-



Abb. 2: Durch einen Wassereinbruch hervorgerufener Schimmelpilzbefall. Die Schimmelpilze bilden sich an den Stellen der Einbände, die Feuchtigkeit nicht aufnehmen können und wo es dadurch zu Kondenswasserbildung kommt. (Farbabb. s. S. 152)

den. Wenn sie auf diese feuchten Stellen fallen, beginnt das Wachstum – in seiner Geschwindigkeit abhängig von der Umgebungstemperatur und davon, ob die Nahrung vor Ort (Cellulose oder Proteine) durch einen früheren Befall schon aufgeschlossen wurde. Auch ein zuvor mit Ethylenoxidgas oder Gammastrahlen sterilisierter Bestand wird unter den geschilderten Umständen wieder befallen.<sup>2</sup>

### Schädigungen des Archivgutes

Schimmelpilze schädigen Papier durch den Abbau von Kohlenhydraten und Polysacchariden. Beides ist in Papier und Kleister reichlich vorhanden. Durch den Abbau werden Celluloseketten gekürzt und als Ausscheidungsprodukte Farbstoffe oder gefärbte Sporen abgelagert. In den meisten Fällen werden nur diese vom Archivar oder Bibliothekar wahrgenommen. Erst wenn der Celluloseabbau das Papier schon derart geschwächt hat, dass das Papier bricht oder gar zu Pulver zerfällt, wird die Degradation sichtbar. Nor-



Abb. 3: Der Bereich um das Selbstklebeetikett ist besonders wasserundurchlässig, daher bildet sich dort bevorzugt ein Schimmelpilzbefall. (Farbabb. s. S. 152)

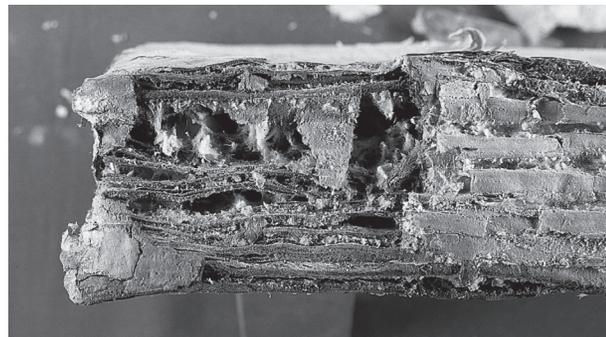


Abb. 4: Ein durch schlechte Lagerung völlig verpilztes Buch. Nach einer Behandlung mit Gammastrahlen wurde es einfach in einem Pappkasten verpackt. Der nächste Archivar entdeckte das Buch, hielt es für eine Gefahr und sandte es erneut zur Bestrahlung ... Heute ist es immer noch nicht gereinigt und zum dritten Male durch Bestrahlung sterilisiert. Die Behandlungen haben das Papier derart geschwächt, dass jetzt eine Reinigung nicht mehr möglich ist und das Buch als Totalverlust verbucht werden muss. (Farbabb. s. S. 152)

malerweise wird restauratorisch das geschwächte Papier durch Laminierung oder Hinterklebung mit Japanpapier wieder gestärkt. Die farbigen Schimmelflecken lassen sich hingegen nur schlecht entfernen. Da sie keine weiteren Schädigungen des Papiers hervorrufen und eine rein ästhetische Störung darstellen, versucht man sie nur dann zu entfernen, wenn sie bei Graphiken den Gesamteindruck oder die Lesbarkeit zu stark beeinträchtigen. Tragisch ist jedoch, dass diese Flecken oft von unkundigen Laien für die eigentlichen Schädlinge gehalten werden. Festzuhalten ist, dass nur Sporen und Hyphen keimen können und im weiteren Verlauf schädigen. Werden diese schädlichen Bestandteile entfernt, bleiben die nicht schädlichen Flecken zurück. Aus Unkenntnis werden jedoch gerade die Flecken immer wieder mit den verschiedenen Sterilisationstechniken behandelt. Schimmelflecken bestehen aus Farbstoffen und können nur mit geeigneten Bleichtechniken reduziert oder entfernt werden, doch dazu muss eine vernünftige Risikoeinschätzung stattfinden. Bei un-



sachgemäßer Behandlung sind schnell auch andere Tinten oder Farbmittel entfernt oder das Papier bekommt einen unnatürlichen Weißgrad oder weitere Flecken.

## Bekämpfung eines Schimmelbefalles

Ein akuter Schimmelbefall kann mit sehr unterschiedlichen Sterilisationstechniken behandelt werden. Es kann versucht werden alle Teile eines Schimmels zu sterilisieren. Auch ist eine Abtötung nur der lebenden Schimmelteile möglich. Häufig wird eine „Desinfektion“ beschrieben. Letztere ist die kurzfristige Behandlung einer glatten Oberfläche mit einem Desinfektionsmittel; beispielsweise mit 70 %igem Ethanol. Per Definitionem geht das nur bei einer dichten glatten Oberfläche: es kann ein Metallgegenstand in einem Operationsraum in einer Klinik desinfiziert werden. Doch schon die Anwendung von Desinfektionsmittel auf der rauen Handoberfläche kann nur vorübergehend für eine Desinfektion sorgen. So ist es auch mit Papier. Papier muss fast mit Ethanol getränkt werden, um eine kurzzeitige Desinfektion, d. h. das Abtöten der meisten aktiven Schimmelteile zu erreichen.<sup>3</sup> Eine Abtötung der Sporen wird damit nicht erreicht. Für die schnelle Behandlung eines akut befallenen Bestandes und zur Unterstützung einer Reinigung hilft das Abtupfen mit Ethanollösung. Es muss aber gleichzeitig gesichert sein, dass die klimatischen Bedingungen anschließend drastisch verbessert werden, sonst werden die Schimmelpilze wieder nachwachsen.

Neue Untersuchungen haben gezeigt, dass nur durch Baden des Papierses in 60 %igem Ethanol das aktive Schimmelpilzwachstum gestoppt werden kann. So wie der Mediziner die Hände immer wieder desinfizieren muss, müsste dies bei einem Archivbestand auch immer wieder gemacht werden, wenn die Klimabedingungen für die Aufbewahrung dauerhaft schlecht sind.

## Vollsterilisation

Für eine Vollsterilisation von schimmelpilzbefallenem Archivgut spricht der Arbeitsschutz. Menschen können durch verschimmelte Akten in ihrer Gesundheit beeinträchtigt werden. Es werden immer noch drei verschiedene Techniken angewendet:<sup>4</sup>

### a) Begasung mit Ethylenoxid (ETO) oder Propoxid

Diese Methode ist auch bei der späteren Nutzung für den Menschen schädlich! Reste von ETO sind gesundheitsschädlich für Mensch und Tier, doch auch die Reaktionsprodukte von ETO mit Papier sind Ausgangspunkt für den weiteren Zerfall. Mit Feuchtigkeit kann u. a. Glycerol entstehen, das hygroskopisch ist und erneuten Mikrobenbefall fördert. Auch wird das

Archivgut in Folge der Behandlung stark geschwächt. Man kann davon ausgehen, dass nach jeder ETO-Behandlung Papier, Bindemittel oder Druckerschwärzen um 10–25 % geschwächt sind.

### b) Dampfsterilisation (bei ca. 130 °C im Wasserdampf)

In manchen Restaurierungsabteilungen werden verschimmelte Buchblöcke im Sterilisator mit 130 °C heißem Wasserdampf behandelt. Nicht jedes Archivgut kann so sterilisiert werden. Papier schrumpft dabei, Tinten können auslaufen. Nur gedrucktes Schriftgut auf gutem Hadernpapier übersteht die Prozedur relativ unberührt. Bücher müssen sich für diese Art der Behandlung im ungebundenen Zustand befinden.

### c) Bestrahlung mit $\gamma$ -Strahlen (bspw. Kobalt-60)

Das Bestrahlen von Archivgut mit harter Strahlung sterilisiert sehr gut. Ganze Paletten können bei ausreichend hoher Strahlungs-dosis behandelt werden. In vielen Untersuchungen musste jedoch auch festgestellt werden, dass Papier, Leder und Pergament stark geschädigt wird. Das Schriftgut verliert bis zu 50 % (!) seiner Festigkeit, was bei saurem Papier nahezu das Ende bedeutet. Nicht selten werden ganze Bibliotheks- oder Archivbestände auf Paletten verpackt und an die einschlägigen Anbieter gegeben. Selten kommen die Bestände geprüft bzw. versehen mit einem Strahlungsprotokoll wieder zurück. Bei einer Prüfung werden verschimmelte Testbögen in einer Kunststoffüte eingeschweißt und an unterschiedlichen Stellen der Palette (Außen und Innen) beigelegt und hinterher die biologische Aktivität der Testbögen überprüft. Strahlungsprotokolle beinhalten Angaben wie Dosisleistung und Zeit der Behandlung. Für eine nachfolgende Beurteilung sind diese Angaben von größter Bedeutung. In jedem Falle ist die Bestrahlung ein äußerst harter Eingriff in das Gefüge der Objekte. Besonders bei stark befallenem Papier ist die Grundfestigkeit schon stark beeinträchtigt und es bedarf einer genauen Abschätzung des Risikos, ob sich derartige Papiere überhaupt für eine Bestrahlung eignen.

Eine Oberflächenreinigung, eine Entfernung der abgetöteten Schimmelteile muss auch bei der Bestrahlung angeschlossen werden, da auch abgetötete Hyphen ein großes Gesundheitsrisiko darstellen. Da die Flecken aus den Stoffwechselprodukten der Schimmelpilze bei keiner der genannten Behandlungen verschwinden, besteht ein hohes Risiko, dass Papiere mit Schimmelflecken durch Bibliothekare nicht richtig beurteilt und mehrmals nacheinander sterilisiert werden (Abb. 4). Wenn man bedenkt, dass dabei jedes Mal die Festigkeit abnimmt, ist irgendwann die völlige Zerstörung vorprogrammiert.

In den Magazinen herrschen nie sterile Bedingungen. So sind durch Totalsterilisation behandelte



Objekte nach kurzer Zeit wieder durch den ubiquitären Sporenflug „befallen“. Eine Überprüfung der Sterilität würde wieder nur einen „erneuten“ Schimmelbefall feststellen. Eine genaue Bestimmung des Risikofaktors „biologische“ Aktivität von Schimmelpilzen ist nicht einfach, sollte aber für jede Entscheidung bindend sein.

## Lebendsterilisation

Bei der Lebendsterilisation (Teilsterilisation) werden durch akuten Feuchtigkeitsentzug virile Schimmel abgetötet. Sie sind dann auch für den Menschen keine unmittelbare Gefahr mehr. Durch die nachfolgende Reinigung der Oberfläche werden auch die bei diesem Verfahren nicht abgetöteten Sporen entfernt. Die Objekte sind in ihrem Zustand einem Objekt vergleichbar, das vollsterilisiert wurde und einige Zeit in einer normalen Umgebung gelagert wurde. Auf der Oberfläche befinden sich einige wenige Sporen, die durch die jetzt sichere Lagerung nicht keimen können und das Objekt nicht mehr bedrohen.

Der große Vorteil der Lebendsterilisation ist, dass das Material durch die Behandlung nicht geschwächt wird.

Der akute Feuchtigkeitsentzug wird durch ein Vakuum erzielt, das in einer Kammer mit angeschlossener Vakuumpumpe erzeugt wird. Bei einem Vakuum von bis zu 0,1 mBar wird die in den Hyphen enthaltene Feuchtigkeit abgezogen und die Zellschläuche fallen in sich zusammen. Der Schimmelpilz ist augenblicklich tot. Als positiver Nebeneffekt ist zu werten, dass sich durch Schimmelbefall verblockte Akten oder Bücher anschließend leichter öffnen lassen, da die zu den Papieren quervernetzten Hyphen geschwächt werden und schrumpfen. Die Papierstabilität wird durch die Behandlung nicht beeinträchtigt.

## Neue schonende Arbeitstechnik

Mithilfe einer ausgeklügelten Logistik können heute verschimmelte Akten und Bücher sehr kostengünstig behandelt werden. Damit gereinigte Objekte nicht mit dem befallenen Gut zusammenkommen und evtl. wieder kontaminiert werden, lagert man das verschimmelte Gut in einem sog. „Schwarzraum“.<sup>5</sup> Die an einem Tag zu bewältigende Menge kommt in den Behandlungsraum, in dem die lebenden Schimmelteile in einer Vakuumkammer möglichst über Nacht getrocknet werden. Am anderen Tag werden die getrockneten Akten einzeln in einer Reinen Werkbank ausgebürstet und von Sporen und Schimmelteilen gereinigt. Durch eine Durchreiche oder Schleuse werden die gereinigten Objekte in den sich anschließenden „Weißraum“ gebracht. Dort können sich weitere Restaurierungsarbeiten anschließen wie Risssschließung, Fehlstellen-

ergänzung, Laminierung schwacher Stellen und Neuverpackung in archivgerechte Systeme.

Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass im Arbeitsablauf Personen die im Schwarzraum zu tun haben, nicht in den Weißraum gehen dürfen, ohne sich vorher besonders gereinigt und die Arbeitskleidung gewechselt zu haben, nur so kann eine Querkontamination der Bestände vermieden werden.

Die logistische Planung dieses Ablaufes ist schon an einigen Stellen verwirklicht worden und funktioniert außerordentlich gut. Die Schimmelbehandlung mittels der „Teilsterilisation“ in Kombination mit der Weiß-Schwarz-Logistik ist kostengünstig und erfolgreich. Es gibt bereits Anbieter dieser Art der Reinigung, die durch den Einsatz kostengünstiger Arbeitskräfte marktgerecht arbeiten können.

## Hygiene

Wie schon erwähnt wurde, ist kein Magazin steril. Dennoch sollten keine verdreckten und ungepflegten Lagerräume genutzt werden. Eine regelmäßige Reinigung der Regale und des Fußbodens sollte Pflicht sein.

Noch heute werden durch ungenügend ausgebildete Architekten Fehler bei der Errichtung und Einrichtung von Archiven gemacht. Es gibt per se unhygienische Magazinbereiche, die nicht gereinigt werden können und Bauwerke, deren Klima schon durch die Konstruktion nicht beherrschbar ist. So hat man beispielsweise im Stadtarchiv Bochum einen Filzteppichboden verlegt. Auch bringt die Bauweise des Gebäudes bei Klimaschwankungen große Probleme mit sich: so ist die Anlieferungstüre aus Metall und führt ohne Klimaschleuse direkt nach Außen. Bei kaltem Wetter leitet die Türe die Kälte direkt in das Magazin und erzeugt Schwitzwasser auf der Innenseite, bei Hitze wird die Wärme unmittelbar in den Magazinbereich gestrahlt. Ein Windfang hätte die geschilderten Nachteile an dieser Stelle des Baukörpers schon deutlich vermindert und würde die ökonomische und ökologische Situation des Archivs verbessern.

Die Reinigung von Lagerflächen im Magazinbereich muss leicht möglich sein. Die Regale und Böden sollten glatte Oberflächen haben, am besten sind daher einbrennlackierte Metallregale und versiegelte Betonböden. Wie wirksam die Reinigung eines Magazins sein kann, kam vor 10 Jahren bei einer begleitenden Untersuchung an der Stadtbibliothek in Trier zutage. Die seit Anfang der 50er Jahre nicht mehr ordentlich gereinigten Magazine wurden einer Generalreinigung unterzogen. Vor der ersten Maßnahme wurde die Keimzahl der Magazinluft bestimmt. Sie war schon nach der ersten Reinigungsmaßnahme drastisch gefallen. Nach einer zweiten Reinigung nach einem Jahr fiel die Keimzahl erneut, aber nur mehr



um wenige Prozente. Bei der Reinigung wurden alle sichtbaren Regalteile mit einer Reinigungsflüssigkeit aus Seife und Alkohol abgerieben. Die im Regal stehenden Bücher wurden mit Staubsaugern, die mit Saugbürste und mit Mikrofilter ausgestattet waren, abgesaugt; stark verschmutzte Oberflächen nochmals mit Staubtüchern abgerieben.

Bei der Reinigung dürfen aggressive Reinigungsmittel nicht direkt mit dem Kulturgut zusammenkommen. Auch sollten die Akten oder Bücher des untersten Regalfaches nicht mit dem Bodenwischsystem in Kontakt kommen, ein Umstand der heute beim Regalkauf noch selten berücksichtigt wird.

## Zusammenfassung

Verschimmelte Bestände in Archiven und Bibliotheken werfen ein schlechtes Licht auf die durchgreifende konservatorische Betreuung der Bestände durch Bibliothekar und Archivar. Schimmel kann nur durch schlechte Lagerung, durch ungeeignetes Klima und mangelnde Hygiene auftreten. Der Grundverantwortung des Archivars und Bibliothekars obliegt die Bewahrung der ihm anvertrauten Objekte. Nach den heutigen bautechnischen, restauratorischen und konservatorischen Erkenntnissen ist es sehr einfach, Akten, Bücher und Kunstwerke so aufzubewahren, dass sie nicht von Schimmel befallen und zerstört werden. Der Sporenflug ist zwar ubiquitär, die Buch- und Aktenmaterialien die beste Nahrung, doch muss es in Magazinen nicht zu einem aktiven Schimmelbefall kommen. Klimaregelung und Umluft sorgen bei

Schimmelsporen für ungünstige Bedingungen zur Keimung. Eine regelmäßige Reinigung der Räume, Regale und des Archivgutes vermindert die Sporenkonzentration. Kommt es nach Katastrophen dennoch zu einem Befall, können neue konservatorisch richtige Behandlungsmaßnahmen für den kostengünstigen Erhalt einer Sammlung sorgen. Immer sollte neben dem Schutz der Mitarbeiter auch der konservatorisch beste Erhalt der Bestände berücksichtigt werden.

## Anmerkungen

- 1 Jürgen Reiß: Schimmelpilze, Berlin 1986. Mary-Lou E. Florian, Fungal Facts, London 2002.
- 2 Oliver Hahn: Chemische Schädlingsbekämpfung – Risiken für Pigmente und Farbstoffe, *Restauro* 1999, S. 275–279.
- 3 Christina Meier, Karin Petersen: Schimmelpilze auf Papier, *Tönning* 2006, S. 144.
- 4 Robert Fuchs: Schädlingsbekämpfung an befallenen Schrift- und Archivgut: Vergleich alter und neuer Verfahren – Moderne Untersuchungen zur Veränderung der Molekülstruktur, in: *Dem „Zahn der Zeit“ entrissen!*, Neue Forschungen und Verfahren zur Schädlingsbekämpfung im Museum, Landschaftsverband Rheinland, Rheinisches Archiv- und Museumsamt, Abt. Museumsberatung, [= Publikationen der Abteilung Museumsberatung Nr. 2], Köln 1997, S. 53–83, 152–168.
- 5 Robert Fuchs: Passive Schädlingsbekämpfung – Ein neuer Ansatz zur schonenden Konservierung von Kulturgut und zum Arbeitsschutz, in: *Das Museumsdepot* [= MuseumsBausteine Bd. 4, Walter Fuger, Kilian Kreiling Hg.], München 1998, S. 131–139. Dieser Artikel ist auch in polnischer Übersetzung erschienen: Robert Fuchs, *Zwalczanie Szkodników na zaatakowanym materiale bibliotecznym i archiwalnym – Porównanie starych i nowych metod. Nowoczesne metody badawcze do porównania zmian w strukturze molekularnej*, in: *Ochrona Zabytków* 200.1, Warszawa 1998, S. 63–80.



# Forschungsstand zum Einsatz von Imidazol-/Azolderivaten bei der Schimmelpilzbekämpfung

von Johannes Kistenich

## Vorbemerkung

Ein Schwerpunktthema des 18. Fachgesprächs der nordrhein-westfälischen Papierrestauratorinnen und -restauratoren im März 2007 bildete der Umgang mit Schimmelpilzkontamination typischer Medien in Archiven und Bibliotheken (Papier, Fotografie, CD). Mehrfach hervorgehoben wurden die bekannten Unzulänglichkeiten und Risiken der beiden heute großtechnisch eingesetzten Verfahren ( $\gamma$ -Bestrahlung und Ethylenoxidbegasung) im Hinblick auf die Schädigung der Schreib- und Beschreibstoffe sowie – bei Ethylenoxid – auf Gesundheits- und Arbeitsschutz beim Umgang mit den behandelten Unterlagen.

In den Vorträgen und Diskussionen wurden unterschiedliche Ansätze und Positionen im Hinblick auf die Notwendigkeit einer Teilsterilisierung deutlich. Prof. Dr. Robert Fuchs sprach sich in seinem Beitrag für einen Verzicht auf eine Teilsterilisierung aus: Es genüge, das kontaminierte Papier einer Vakuumtrocknung mit anschließender Trockenreinigung zu unterziehen und im Übrigen auf die Magazinhygiene und die kontrollierte Einhaltung der erforderlichen klimatischen Bedingungen in den Magazinen zu achten, um ein erneutes Wachstum zu unterbinden.

Die Vakuumtrocknung ist eine Methode zur Reduzierung des Wasseranteils in Papier, wenn dieses zu feucht gelagert wurde, um durch einen schnellen Feuchtigkeitsentzug Neuschäden durch Pilzwachstum angesichts ubiquitär vorhandener Sporen möglichst zu vermeiden. Bei der Wahl dieser Behandlungsmethode ist zu beachten, dass (auch) für die Vakuum-

trocknung negative Auswirkungen auf wasserlösliche Materialien (z. B. Ausbluten von Farbstoffen) in der Literatur beschrieben werden, was die Anwendbarkeit u. a. bei jüngerem, etwa seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert entstandenen Archivgut einschränkt.

Ungeeignet ist die Vakuumtrocknung grundsätzlich für die Behandlung keimfähiger Altschäden.<sup>1</sup> Nach der Überzeugung des Verfassers dieses Beitrags geht es an der Realität vorbei zu glauben, alleine durch Magazinhygiene und Klimatechnik in der Praxis einen Wiederbewuchs verhindern zu können.

Dies sei an einem Beispiel aus der Praxis erläutert, wie es ähnlich gewiss auch in anderen Archiven und Bibliotheken wiederholt beobachtet worden ist: Seit Spätherbst 2000 ist im Landesarchiv Nordrhein-Westfalen Staats- und Personenstandsarchiv Detmold der Bestand „Oberlandesgericht (Appellationsgericht) Paderborn“ (Bestandssignatur M 8) mit knapp 1100 Archibänden in rund 200 Kartons und einer Laufzeit von 1780 bis 1879 für die Benutzung gesperrt, unmittelbar nachdem bei Aushebungen an verschiedenen Archivalien starker Schimmelbewuchs festgestellt wurde.<sup>2</sup> Um dies zu erklären, muss man sich die Geschichte des Archivbestandes<sup>3</sup> vor Augen führen und mit dem 2000 ermittelten Schadensbild<sup>4</sup> in Verbindung setzen (Tabelle 1).

Der Bestand umfasst – abgesehen von weiteren Überlieferungssplittern – im Wesentlichen zwei größere Zugänge. Ein Teil war vor Beginn des Zweiten Weltkriegs an das damals zuständige Staatsarchiv Münster abgegeben worden und gelangte von dort

Signaturen	Kartons	Schadensklasse*	Zugang	Aktentyp
1–671	1–98	v. a. 2 und 3	aus Zugang 80/1965	Testamente
672–927	99–169	0	Abgabe aus Staatsarchiv Münster 1963	General-, Verwaltungs-, Prozessakten
928–1069	169–194	v. a. 2 und 3	aus Zugang 80/1965	v. a. Personalakten, Grundakten, Vormundschaftsakten, Nachlasssachen

\* Schadensklasse 0 = keine sichtbare Kontamination; 1 = leichter Pilzbefall, ohne Substanzverlust; 2 = mittelstarker Befall mit Substanzverlust an den Rändern und abgebauten Papierbereichen; 3 = starker Befall mit großen Fehlstellen im Papier, abgebautes und verblocktes Papier.

Tabelle 1: Verteilung des Schadensbilds im Bestand M 8

1963 an das Staatsarchiv Detmold. Diese Akten werden seit der Ordnung und Verzeichnung 1968/69 unter den Archivsignaturen 672–927 geführt und weisen entsprechend der Bestandsaufnahme im Jahre 2000 keinen Pilzbefall auf. Ganz anders verhält es sich bei denjenigen Teilen des Bestandes, die 1965 im Rahmen von Aussonderungsarbeiten im Landgericht Paderborn als archivwürdig ins Staatsarchiv Detmold übernommen wurden (Zugang 80/1965). Es handelte sich dabei fast ausnahmslos um fünf Aktengruppen: Testamente, sowie Personal-, Grund-, Vormundschafts- und Nachlassakten (Signaturen 1–671, 928–1069). Der ganz überwiegende Teil dieser Kartons weist einen mittelstarken bis starken Schimmelpilzbefall auf. Daraus lässt sich klar ersehen, dass der ursprüngliche Schaden noch innerhalb der (Alt-) Registratur bei Gericht entstanden ist. Da so unterschiedliche Aktentypen wie Testamente, Personalakten und Grundakten betroffen sind, die (bis heute) von verschiedenen Abteilungen eines Gerichts (Nachlassabteilung, Verwaltung, Grundbuchamt) bearbeitet werden und in aller Regel auch angesichts des massenhaften Anfalls von Unterlagen über je eigene Aktenräume verfügen, liegt es nahe, dass es sich nicht um einen begrenzten, sondern die Mehrzahl der Altregistraturräume umfassenden Wasser-/Feuchtigkeitsschaden gehandelt hat. Im Falle von Paderborn wäre etwa an die weiterreichende Zerstörung der Gerichtsgebäude im Stadtzentrum während des Bombenangriffs auf Paderborn am 27. März 1945 zu denken oder allgemeiner an wechselnde, schlechte Lagerungsbedingungen in der Übergangszeit bis zum Umzug in das neue Gerichtsgebäude 1953.<sup>5</sup>

Im Zusammenhang der Übernahme der Akten 1965, bei den anschließenden intensiven Ordnungs- und Verzeichnungsarbeiten bis 1969 und auch im Rahmen der durchaus regen Benutzung des Bestandes fehlt jeder Hinweis auf ein derart eklatantes Schadensbild, wie es 2000 vorgefunden wurde. Konservatorische oder restauratorische Arbeiten am Bestand wurden den Quellen zufolge nicht in Erwägung gezogen. Hätte man es über einzelne Stockflecken hinaus mit einer solchen Dimension eines Schimmelschadens zu tun gehabt, so müsste man in den Akten zur Übernahme oder im Findbuch irgendeinen Hinweis darauf finden. Die Erstellung des Findbuchs wäre unter den heute bestehenden Bedingungen regelrecht unmöglich gewesen (stark abgebautes und verblocktes Papier). Das heißt aber im Umkehrschluss, dass trotz kontinuierlicher Lagerung in einem Archivzweckbau, seit 1990 in einem mit moderner Klimatechnik ausgestatteten neuen Magazintrakt, der Schaden erheblich größer geworden, d. h. der Schimmelpilzbefall deutlich zugenommen hat.<sup>6</sup> Die anderen in den denselben Magazinräumen gelagerten Archivalien ohne „Vorbela- stung“ durch einen älteren Schimmelschaden „über-

standen“ die vorübergehenden Klimaschwankungen ohne erkennbare Spuren, während der Bestand M8 mit keimfähigem Altschaden massiven Wiederbewuchs aufzeigt.

Ergänzend zur erforderlichen Trockenreinigung auf eine Teilsterilisierung, d. h. die Abtötung des zum Zeitpunkt der Behandlung im Papier befindlichen keimfähigen Materials, zu verzichten heißt also, eine „tickende Zeitbombe“ im Magazin zu lagern, die selbst bei kurzfristigen, vorübergehenden Klimaschwankungen (z. B. durch Ausfall oder Fehlfunktionen der Klimatisierung, kurzzeitigem Anstieg der Luftfeuchtigkeit durch Unglücksfälle wie Rohrbrüche oder Wassereintrich durch poröse Fensterdichtungen bei Gewitterregen usw.) zu einem explosionsartigen Wiederbewuchs führen kann. Zudem ist zu bedenken, dass längst nicht alle Archive und Bibliotheken über (ausreichend) Magazinräume verfügen, in denen über Jahreszeiten und Witterungskapriolen hinweg kontinuierlich die erforderlichen klimatischen Bedingungen exakt eingehalten und immer die erforderlichen Verpackungen angeschafft werden können. Um das Risiko eines Wiederbewuchses an verpilzten Unterlagen auf ein Normalmaß zu senken, ist also eine Teilsterilisierung in Fällen mit keimfähigen Altschäden angezeigt. Die Herausforderung bleibt, dafür Verfahren zu finden, die unter den Gesichtspunkten von zuverlässiger / „breiter“ fungizider Wirkung, Schonung der Schreib- und Beschreibstoffe, Gesundheits-, Arbeits- und Umweltschutz sowie Wirtschaftlichkeit praktikabel und vertretbar sind. Hierzu einen Beitrag zu leisten, ist das Ziel eines laufenden Forschungsprojekts im Landesarchiv Nordrhein-Westfalen, über dessen Stand hier berichtet wird. Darüber hinaus sind im Technischen Zentrum ab 2007 Versuchsreihen zur Untersuchung von Trockenreinigungsmethoden und deren Wirkung auf einen Wiederbefall geplant.

## Ausgangspunkt

Im Rahmen des 15. Fachgesprächs der NRW Papierrestauratoren im März 2001 in Walberberg wurde über erste Ergebnisse eines damals begonnenen Forschungsprojekts am Staatsarchiv Detmold zum Einsatz pharmazeutisch genutzter Antimykotika zur Bekämpfung papierrelevanter Schimmelpilze berichtet: Eine Versuchsreihe hatte ergeben, dass das seit 1973 pharmazeutisch als Breitbandantimykotikum eingesetzte Clotrimazol bei einer Einzelblattbehandlung in einem Tauchbad mit einer 10 %-igen alkoholischen Lösung und einer Behandlungszeit von maximal 30 Minuten zuverlässig den Befall von vier typischen Vertretern unterschiedlicher Gruppen papierrelevanter Schimmelpilze (*Aspergillus versicolor*, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium brevicompactum* und *Trichoderma virens*) abtötet. Die fungizide Wirkung des Clotri-



mazols als Repräsentant der Imidazol- bzw. Azolantimykotika basiert im Wesentlichen auf der Hemmung der Biosynthese von Ergosterol, einem Hauptbestandteil der Zellmembran von Pilzen. Im Hinblick auf den Arbeits- und Gesundheitsschutz bietet der Wirkstoff Clotrimazol den Vorteil, dass sich auch nach jahrzehntelangen pharmazeutischen Studien (bei äußerlicher/topischer Anwendung) keinerlei Hinweise auf Toxizität, Karzinogenität, Mutagenität, teratogene Effekte oder Resistenzen ergeben haben. Unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit handelt es sich bei Clotrimazol um eine technisch in großen Mengen hergestellte, vergleichsweise kostengünstige Chemikalie.<sup>7</sup> Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Zwischenergebnisse standen noch die Messergebnisse für die Veränderungen der Papiereigenschaften durch das 30-minütige Bad in der 10 %-igen ethanolischen Clotrimazol-Lösung aus.

### Ermittlung der Einflüsse des Behandlungsbads auf die Papiereigenschaften

Hierzu wurden der pH-Wert nach einstündiger Kaltextraktion (gemäß DIN 53 124/ISO 6588), die Bruchkraft und die Bruchkraft nach definierter Falzung (jeweils längs und quer, in N) sowie die Bruchdehnung (längs und quer in % in Anlehnung an DIN 53 112 Teil 1) an drei Testpapieren nach künstlicher Alterung (gemäß ISO 5630-3: 1986) bei 80 °C ( $\pm 0,5$  °C) und 65 % ( $\pm 1$  %) relativer Luftfeuchtigkeit über 12, 24 bzw. 48 Tage bestimmt.<sup>8</sup>

Für die Versuchsreihe wurden drei Papiersorten herangezogen, mit denen 1995 das Bundesamt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin die Bestimmungen für den Abschlussbericht zum Bückeburger Konservierungsverfahren (Mengenentsäuerung) durchgeführt hat. Dies erlaubt im Folgenden den Abgleich mit den Werten nach der Behandlung mit der alkoholischen Clotrimazol-Lösung, ohne dass selbstverständlich an einen Einsatz dieser Lösung als Entsäuerungsmittel gedacht ist. Es handelt sich im Einzelnen um folgende Testpapiere:<sup>9</sup>

- Papier 4: Neupapier von ca. 1985, Sort. 57050 „Pama Rex“, satiniertes Umdruck- und Schreibmaschinenpapier, holzstoffhaltig, 80 g/m<sup>2</sup> (saure Harzleimung).
- Papier 20: natürlich gealtertes Papier von 1951. Zeitungsdruckpapier „Bundesanzeiger“, holzstoffhaltig, 50 g/m<sup>2</sup> (saure Harzleimung).
- Papier 24: natürlich gealtertes Papier von 1936, Druck- und Schreibmaschinenpapier „Aufsichtsbuch für Städte“, holzfrei, 80 g/m<sup>2</sup> (saure Harzleimung).

Zur Probenvorbereitung behandelt wurden je zwölf Prüflätter (Format ca. DIN A4) pro Sorte. Drei Blät-

ter jeder Papiersorte wurden ohne anschließende Alterung (Werte: 0 Tage) zur Seite gelegt. Während der Alterung wurden ebenfalls jeweils drei Testpapiere jeder Papiersorte nach 12, 24 bzw. 48 Tagen aus dem Klimaschrank entnommen, getrocknet und in separaten säurefreien Mappen bis zur Messung aufbewahrt. An den getrockneten Papieren waren mit bloßem Auge keine Anzeichen von Veränderung durch die Behandlung, etwa Lösungsmittelränder, Vergilbung oder Ähnliches erkennbar. Angesichts des Lösungsmittels (Ethanol) war erwartungsgemäß lediglich die rote Farbe auf einem Blatt von Papier 24 leicht ausgelaufen (zum Folgenden vgl. Tabelle 2).

#### pH-Werte (Abb. 1)

Die pH-Werte steigen infolge der Clotrimazolbehandlung durchweg gegenüber den unbehandelten Papieren, und zwar im Mittelwert bei Papier 4 um 0,9, bei Papier 20 um 1,4 und bei Papier 24 um 0,5 pH-Einheiten. Die erreichten Maximalwerte liegen, abhängig von dem Säuregehalt des Papiers vor der Behandlung, zwischen pH 5,1 und pH 6,8. Erwartungsgemäß werden Größenordnungen wie nach der Behandlung im Bückeburger Entsäuerungsverfahren nicht erreicht. Immerhin hebt die Behandlung mit der Clotrimazol-Lösung aber den pH-Wert messbar. Papiere, die neben der Schimmelbekämpfung auch einer Entsäuerungsbehandlung unterzogen werden sollen, müssten demzufolge in jedem Fall zunächst mit der Clotrimazol-Lösung behandelt werden und anschließend der Entsäuerung zugeführt werden.

#### Bruchdehnung (Abb. 2 und 3)

Die Werte für die Bruchdehnung (längs) liegen bei den Papieren 4 und 24 wiederum zwischen den Messergebnissen der unbehandelten und denen der nach dem Bückeburger Verfahren entsäuerten Papiere. Bei Papier 20 zeigt sich nach Alterung sogar ein geringfügig günstigerer Kurvenverlauf als nach der Entsäuerungsbehandlung. Für die Bruchdehnung (quer) ergeben sich Werte, die ohne und bei 12-tägiger Alterung unterhalb derjenigen für die unbehandelten Papiere liegen, bei 24 und 48 Tagen Alterung hingegen höher.

#### Bruchkraft (Abb. 4 und 5)

Hinsichtlich der Bruchkraft (längs) liegen die Werte für Papier 4 noch merklich (3–7 %) über denen nach der Behandlung im Bückeburger Verfahren, bei Papier 24 im Wesentlichen zwischen unbehandeltem und entsäuertem Zustand, Papier 20 zeigt mit Ausnahme des Wertes vor der Alterung einen Verlauf in der Größenordnung des unbehandelten Papiers. Bei der Bruchkraft (quer) liegen sämtliche Messwerte nach der Clotrimazolbehandlung über denen nach der Entsäuerung entsprechend dem Bückeburger Verfahren



Proben-Nummer	Papier 4				Papier 20				Papier 24			
	0 Tage	12 Tage	24 Tage	48 Tage	0 Tage	12 Tage	24 Tage	48 Tage	0 Tage	12 Tage	24 Tage	48 Tage
Alterungsstufe												
pH-Wert – Kaltextrakt	unbehandelt	5,9	5,6	5,0	5,5	4,5	4,3	4,3	4,1	4,6	4,7	4,7
	behandelt Clo	6,8	6,5	6,1	5,9	6,1	5,8	5,5	5,5	5,4	5,1	5,1
	behandelt BV	10,0	9,2	9,3	9,0	10,7	9,9	9,7	9,1	9,4	8,7	7,8
<b>Bruchdehnung (%)</b>												
<b>- längs</b>	unbehandelt	1,4±0,1	1,4±0,1	1,4±0,1	1,2±0,1	0,7±0,1	0,6±0,1	0,4±0,1	0,4±0,1	1,1±0,1	0,8±0,1	0,6±0,1
	behandelt Clo	1,7±0,1	1,6±0,2	1,6±0,1	1,5±0,1	0,7±0,1	0,7±0,1	0,6±0,1	0,6±0,1	1,1±0,1	0,9±0,1	0,8±0,1
	behandelt BV	2,1±0,6	2,1±0,1	1,4±0,1	1,9±0,1	0,8±0,1	0,7±0,1	0,6±0,1	0,6±0,2	1,6±0,2	1,2±0,2	1,3±0,4
<b>- quer</b>	unbehandelt	2,9±0,3	2,8±0,3	2,6±0,2	2,4±0,2	1,1±0,1	0,8±0,2	0,8±0,1	0,6±0,1	1,8±0,3	1,2±0,3	1,1±0,2
	behandelt Clo	2,7±0,1	2,6±0,1	2,7±0,1	2,5±0,2	0,9±0,1	0,7±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1	1,4±0,2	1,3±0,2	1,3±0,1
	behandelt BV	3,0±0,3	2,9±0,4	2,8±0,3	2,8±0,4	0,9±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1	0,8±0,1	1,8±0,4	1,6±0,3	1,3±0,3
<b>Bruchkraft (N)</b>												
<b>- längs</b>	unbehandelt	65,8±2,3	65,4±2,2	62,8±3,1	61,2±2,1	20,7±2,9	16,3±2,6	15,4±2,8	12,0±2,5	64,6±4,6	53,6±4,6	46,7±5,7
	behandelt Clo	73,6±2,1	75,2±3,2	74,0±0,9	71,9±1,9	26,8±2,3	17,7±1,0	13,7±1,1	11,7±0,2	74,9±1,3	58,1±3,6	50,8±0,7
	behandelt BV	69,0±5,2	72,4±2,8	71,7±1,8	69,0±2,6	24,1±3,3	21,2±1,9	20,0±2,7	19,8±4,0	70,2±3,8	64,8±4,4	64,3±3,6
<b>- quer</b>	unbehandelt	24,9±0,8	25,2±0,7	24,4±0,7	23,7±0,5	11,3±1,2	9,3±1,5	8,5±1,0	7,6±1,1	27,2±2,5	26,4±1,6	23,0±2,6
	behandelt Clo	30,4±0,1	29,2±0,2	30,0±0,2	28,8±0,6	16,0±1,2	12,5±1,3	14,9±1,3	12,7±0,9	36,4±1,3	32,5±1,7	36,9±1,1
	behandelt BV	29,4±0,9	28,3±0,5	27,9±0,8	28,2±0,7	11,3±1,5	10,9±1,6	10,3±1,2	10,9±1,5	31,1±1,7	29,4±1,2	28,6±1,3
<b>Bruchkraft nach Falzung (N)</b>												
<b>- längs</b>	unbehandelt	-	-	-	-	18,0±3,0	12,2±3,2	8,5±2,1	3,6±1,6	41,9±2,7	24,4±4,5	15,5±3,3
	behandelt Clo	64,3±3,6	60,0±3,2	55,2±0,4	49,4±4,2	16,9±2,4	6,0±1,2	2,8±0,4	1,9±0,1	36,1±1,7	24,0±1,8	14,3±2,7
	behandelt BV	-	-	-	-	20,5±3,1	9,7±2,5	9,8±1,5	9,4±3,1	35,6±5,1	31,8±2,8	25,6±5,2
<b>- quer</b>	unbehandelt	-	-	-	-	10,3±1,5	8,3±1,1	6,3±0,9	2,8±0,4	24,7±2,1	15,1±1,5	11,4±1,4
	behandelt Clo	30,2±1,0	28,4±0,6	25,3±0,8	23,3±0,8	8,1±1,0	4,3±0,6	3,9±0,4	3,1±0,6	27,1±2,1	17,1±1,4	11,5±1,1
	behandelt BV	-	-	-	-	10,4±2,6	6,5±2,4	5,9±1,1	6,7±1,8	21,9±2,5	19,1±2,0	18,2±3,0

Clo: Behandlung mit 10 %-iger ethanolscher Clotrimazol-Lösung

BV: Werte, die 1995 das Bundesamt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin für den Abschlussbericht zum Bückeburger Konservierungsverfahren (Mengensäuerung) an den gleichen Papieren ermittelt hat.

Tabelle 2: Prüfungsergebnisse: Änderung der Papiereigenschaften bei der Behandlung mit einer 10 %-igen ethanolschen Clotrimazol-Lösung



(durchschnittlich bei Papier 4: +4 %, bei Papier 20: +29 %, bei Papier 24: +19 %), wobei alle drei Papiere eine signifikant geminderte Bruchkraft bei der Alterung nach 12 Tagen aufweisen.

**Bruchkraft nach definierter Falzung (Abb. 6 und 7)**

Für Papier 4 wurden 1995 in der BAM-Studie keine Werte für unbehandelte bzw. nach dem Bückeburger Verfahren behandelte Proben ermittelt; insofern fehlen hier die Vergleichsdaten. Bei dem hadernhaltigen Papier 24 zeigt sich sowohl in Längs- wie in Querrichtung ein Kurvenverlauf der dem des unbehandelten Papiers annähernd entspricht. Lediglich bei dem extrem brüchigen, holzstoffhaltigen Papier des Bundesanzeigers von 1951 (Papier 20) zeigt sich für die Werte ohne, sowie nach 12 und 24 Tagen Alterung eine deutliche Schwächung der Bruchkraft nach definierter Falzung, während die Werte nach 48 Tagen Alterung für die Längsrichtung geringfügig schlechter, in Querrichtung geringfügig besser sind. Derart geschädigte Papiere bedürften freilich für eine dauerhafte Aufbewahrung ohnehin einer konservatorischen Behandlung (z. B. Entsäuerung, Papierspalten). Bemerkenswerterweise liegen auch bei der Behandlung nach dem Bückeburger Verfahren die Werte für die Bruchkraft nach definierter Falzung in Querrichtung bei Papier 20 bis zum 24. Tag der Alterung unter denen für die unbehandelten Proben.

**Zwischenfazit**

Die Messwerte für pH-Wert, Bruchdehnung und Bruchkraft zeigen, dass die Papiereigenschaften infolge der Behandlung mit der alkoholischen Clotrimazollösung überwiegend positiv gegenüber den unbehandelten Proben beeinflusst werden, wobei die beobachteten mechanischen Effekte wohl hauptsächlich auf die Einwirkung des polaren organischen Lösungsmittels Ethanol zurückzuführen sind. Die pH-Werte liegen durchweg höher, bleiben allerdings insgesamt im schwach sauren Milieu (ca. pH 5–7), die Bruchdehnung entwickelt sich in Längsrichtung ebenfalls in allen Fällen gleich oder besser als beim unbehandelten Papier, für die Querrichtung gilt dies für die beiden letzten Alterungsstufen. Mit Ausnahme der Bruchkraft (längs) bei Papier 20, die nach der Clotrimazolbehandlung teilweise etwas geringer ist als bei den unbehandelten Papieren, sind die Messergebnisse für die Bruchkraft ansonsten (längs und quer) stets über denen der unbehandelten Proben und in vier von sechs untersuchten Proben liegen sämtliche Werte sogar noch über denen nach einer Behandlung im Bückeburger Verfahren zur Mengenentsäuerung. Hinsichtlich der Bruchkraft nach definierter Falzung zeigt sich bei Papier 4 eine ähnliche, bei Papier 20 eine ungünstigere Entwicklung im Vergleich zu den

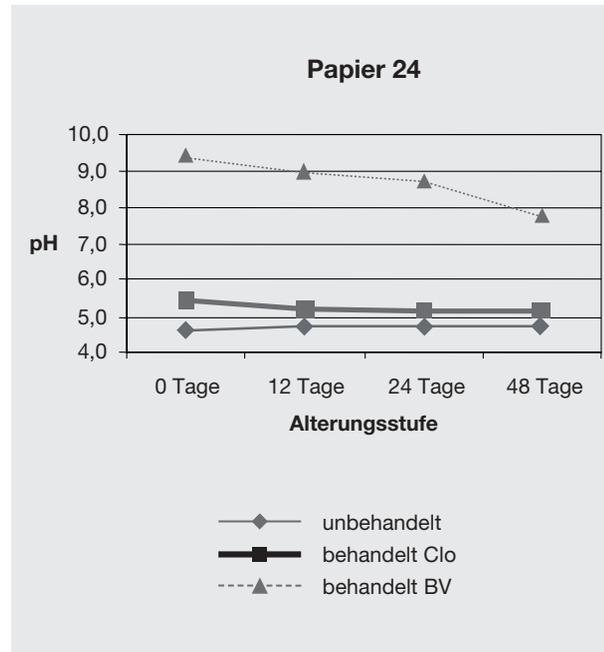
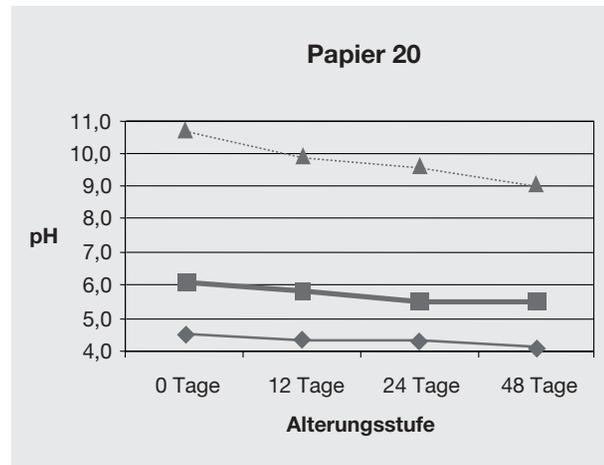
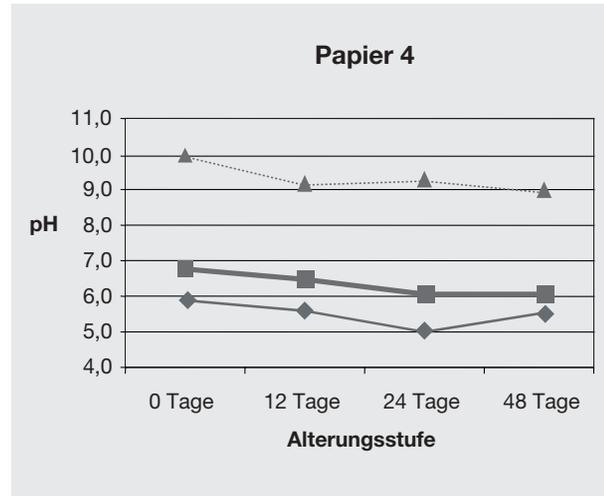


Abb. 1: pH-Werte



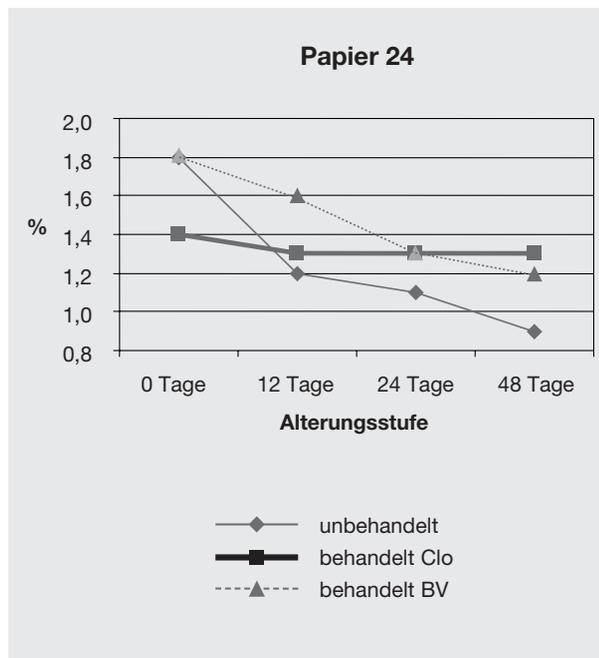
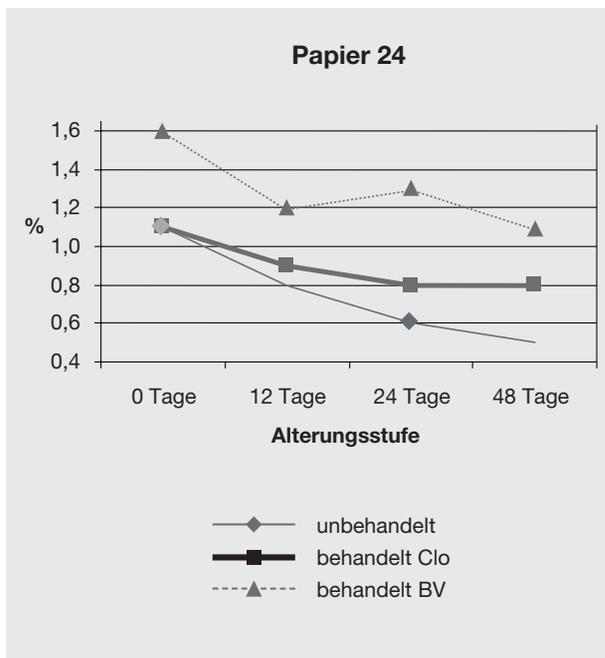
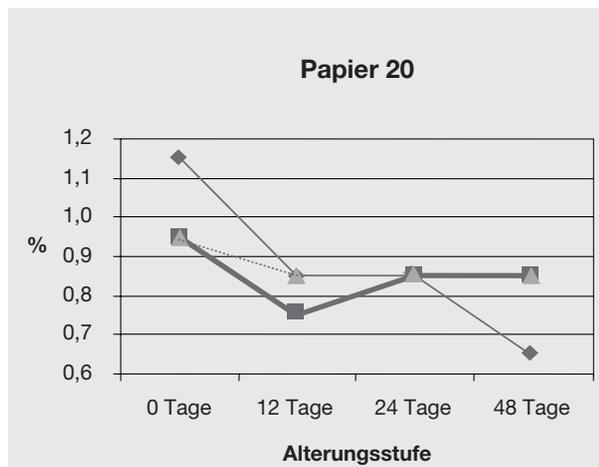
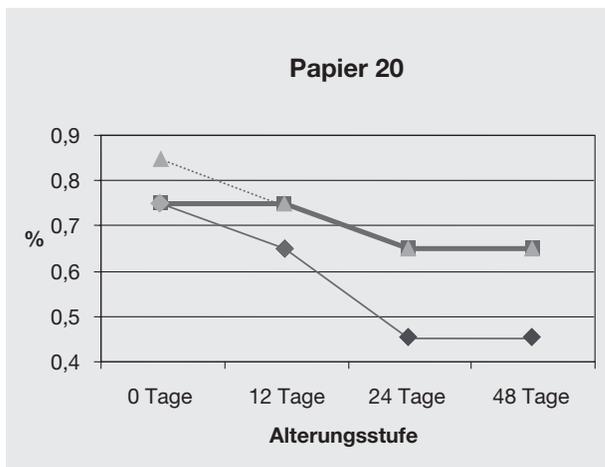
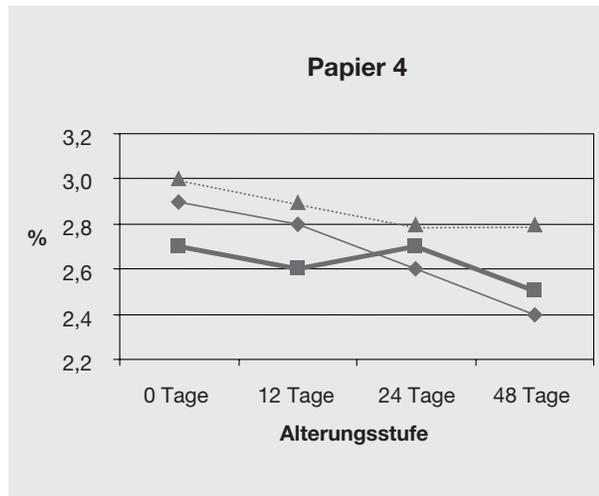
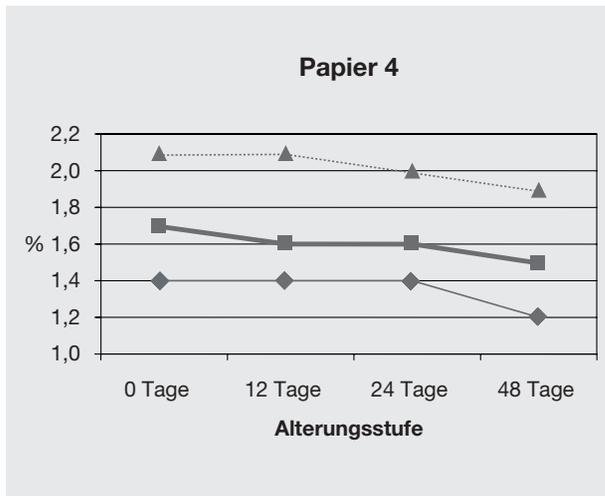


Abb. 2: Bruchdehnung (längs) in %

Abb. 3: Bruchdehnung (quer) in %

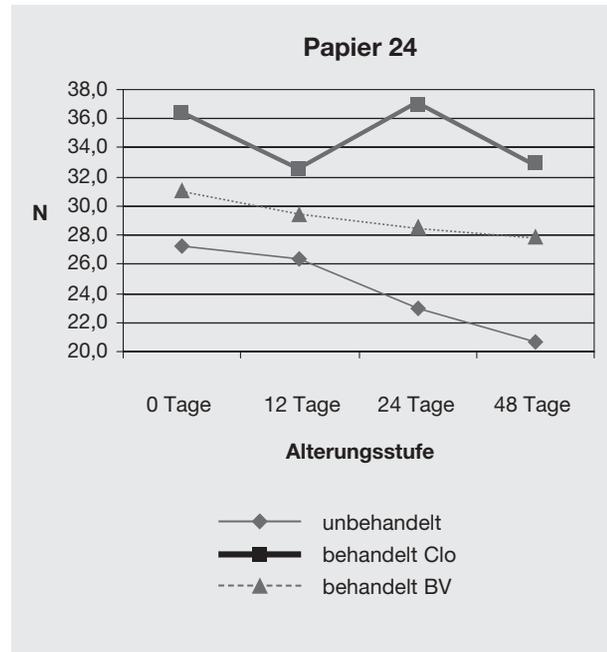
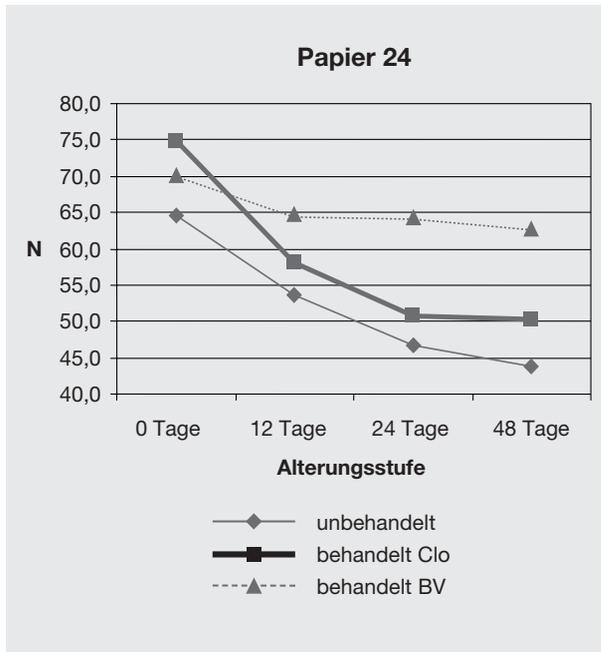
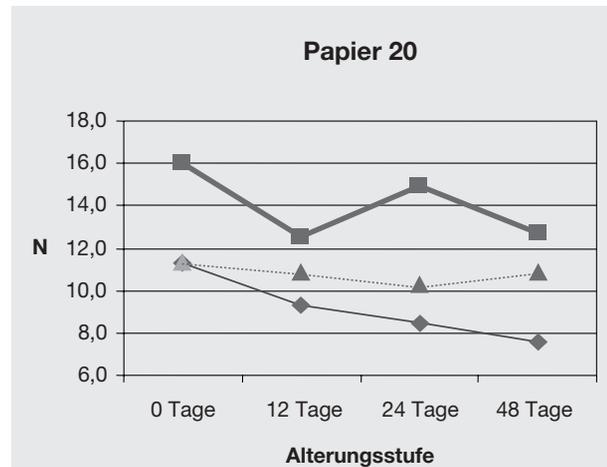
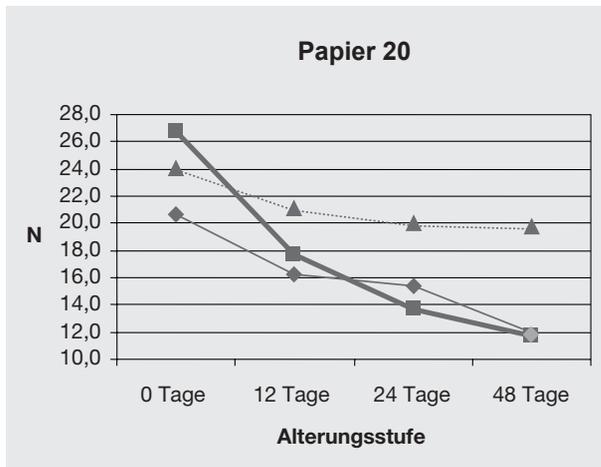
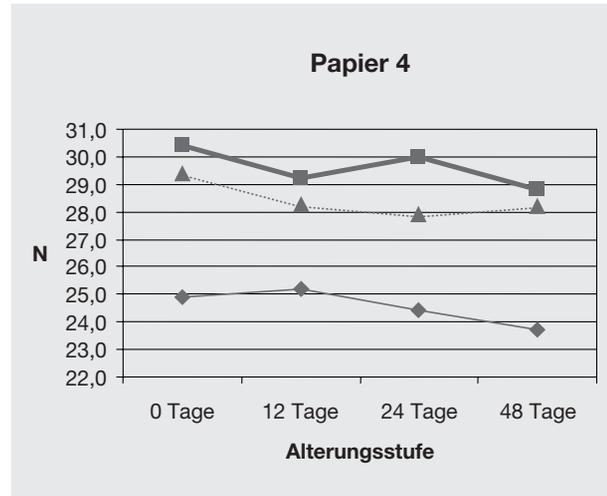
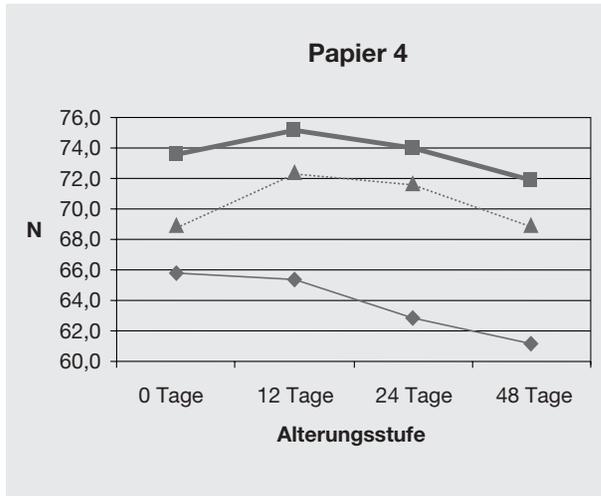


Abb. 4: Bruchkraft (längs) in N

Abb. 5: Bruchkraft (quer) in %



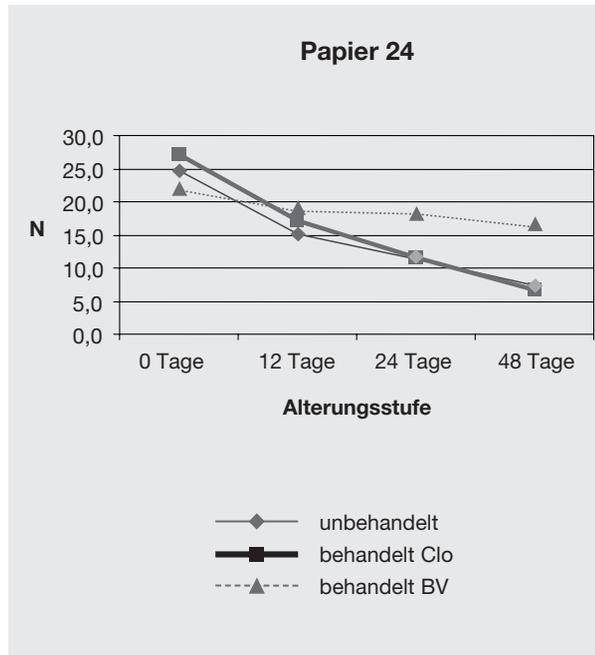
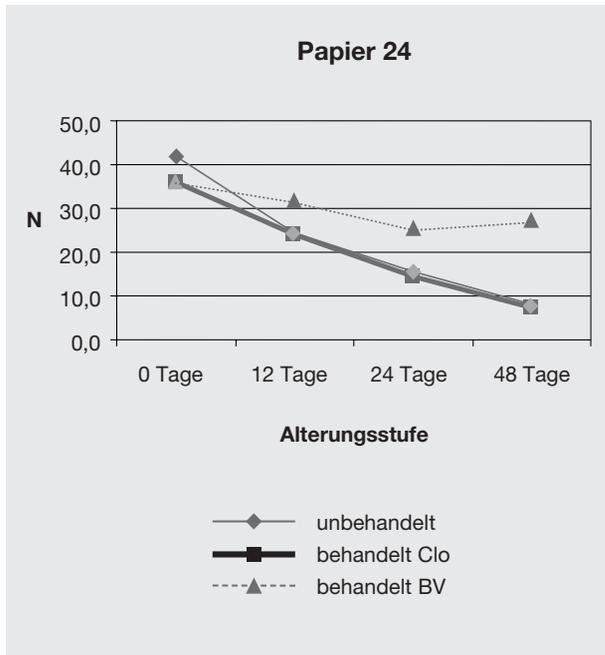
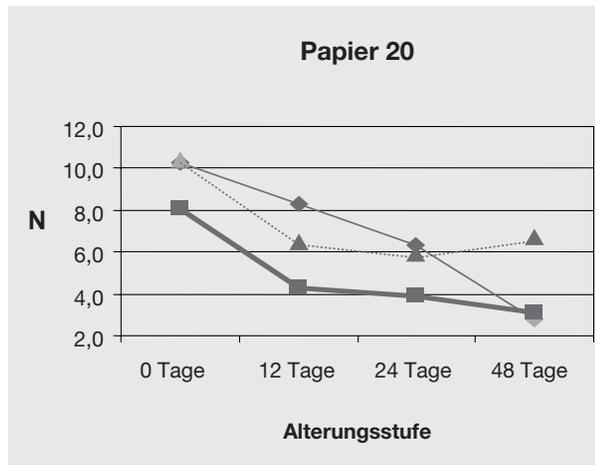
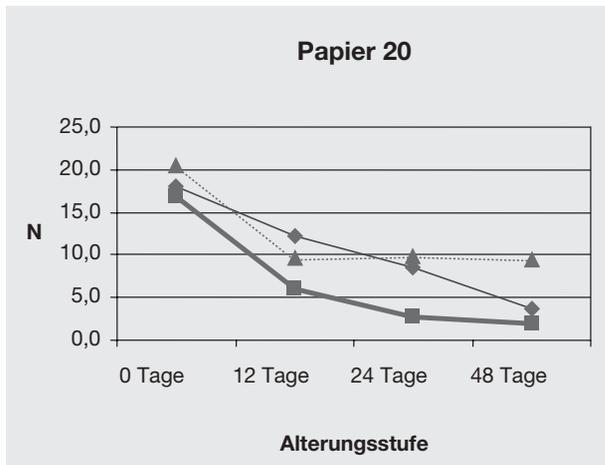
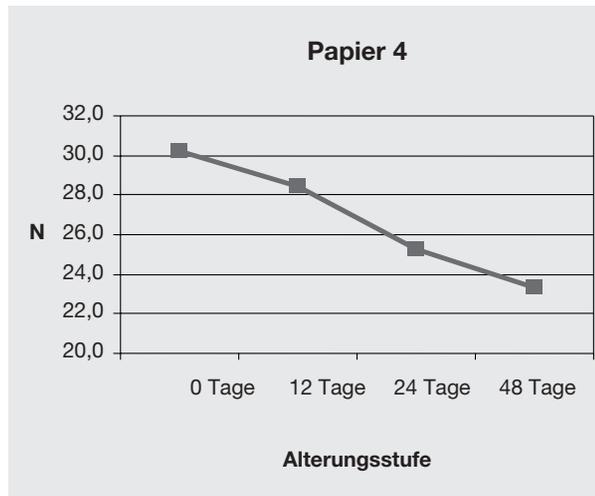
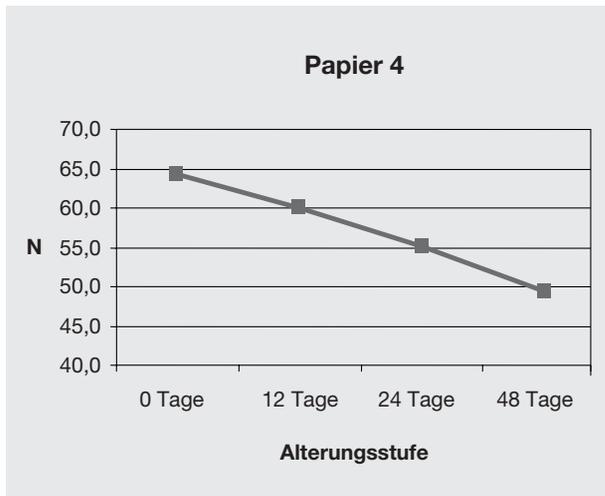


Abb. 6: Bruchkraft nach definierter Falzung (längs) in N

Abb. 7: Bruchkraft nach definierter Falzung (quer) in N



unbehandelten Papieren. Mit Ausnahme möglicherweise der Bruchkraft nach definierter Falzung sind spezifische, signifikante Unterschiede bei der Behandlung von holzstoffhaltigen Papieren (Papiere 4 und 20) sowie hadernhaltigem Papier (Papier 24) also nicht festzustellen.

An den gealterten Papieren war dem Augenschein nach ein Vergilben festzustellen, jedoch wurden hierzu keine Messwerte bestimmt, sodass ein Vergleich mit den Ergebnissen der BAM-Studie von 1995 nicht möglich ist.

## Überprüfung und Weiterentwicklung des Verfahrens

Die Ergebnisse wurden inzwischen im Rahmen zweier Diplomarbeiten an der Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst – Fachhochschule Hildesheim/Holzminde/Göttingen, Fachbereich Konservierung und Restaurierung aufgegriffen, grundsätzlich bestätigt und weiter entwickelt. Christina Meier ermittelte in ihrer Diplomarbeit (2004), dass bereits eine 1 %-ige Lösung von Clotrimazol und anderen in parallelen Testreihen berücksichtigte bzw. Imdizol- bzw. Azolantimykotika (Ketoconazol, Metasol, Tebucanazol) in 70 %-igem Ethanol in einem 30-minütigen Tauchbad angewendet zuverlässig fungizid auf 12 Testpilzstämmen wirken (Aspergillus versicolor, – niger, Chaetomium globosum, Cladosporium herbarum, – cladosporioides, Penicillium citrinum, – brevicompactum, – funiculosum, – chrysogenum, – digitatum, Trichoderma longibrachiatum, Trichurus spiralis). In weiteren Versuchsreihen konnte Meier zeigen, dass ebenso eine 1 %-ige Lösung von Clotrimazol in nur 35 %- bzw. 40 %-igem Ethanol zuverlässig fungizid auf die gewählten Testpilzstämmen wirkt. Die Studie von Meier belegt u. a. den Zusammenhang zwischen dem Wasseranteil in Lösung und dem Transport des Wirkstoffs in die Zelle. Es ist offenkundig, dass einerseits infolge des Wasseranteils bereits bei deutlich geringerer Wirkstoffkonzentration die fungizide Wirkung erreicht wird, andererseits die fungizide Wirkung nicht (maßgeblich) durch das Lösungsmittel Ethanol hervorgerufen wird. Ein noch geringerer Anteil an Ethanol (<35 bzw. 40 %) allerdings ist nicht realisierbar, weil dann der wasserunlösliche Wirkstoff (Clotrimazol) ausfällt. Meier konnte zudem nachweisen, dass bei niedrigerer Konzentration (< 1 %) oder kürzerer Behandlungsdauer (< 30 min) die fungizide Wirkung beeinträchtigt bzw. nicht mehr gegeben ist.<sup>10</sup>

Doreen Weiß überprüfte in ihrer Diplomarbeit (2005) umfassend die Auswirkungen auf die Papiereigenschaften anhand ungealterter, lichtgealterter und klimagealterter Proben mit basisch und sauer geleimten Holzschliff- und Zellstoffpapieren bei einem Tauchbad einer 1 %-igen Clotrimazol-Lösung in 70 %-igem Ethanol:

Die Messung der Kupferzahl als Indikator für die oxidative Zerstörung des Papiers ergab für basisch und sauer geleimte Holzschliffpapiere einen leichten Anstieg der Kupferzahl, während bei den Zellstoffpapieren ein Rückgang jeweils gegenüber den unbehandelten Proben festgestellt wurde. Unabhängig vom Papiertyp zeigte sich ein leicht positiver Einfluss auf die Grenzviskosität als Maß für die Festigkeit der Einzelfaser. Keine signifikanten Veränderungen bzw. leicht positive Einflüsse ermittelte Weiß im Hinblick auf Dicke (gemäß DIN EN 20534: 1993), flächenbezogene Masse (gemäß DIN EN ISO 536: 1996), Bruchkraft (gemäß DIN EN ISO 1924-2: 1994), Bruchkraft nach definierter Falzung (gemäß DIN EN ISO 1924-2: 1994), Bruchkraftquotient, Null-Reißlänge (DIN EN ISO 1924-2: 1994) sowie Weißgrad (DIN 6167-01: 1980). Die Behandlungslösung zeigt im Übrigen keine farblichen Veränderungen bei Lichtalterung über 14 Tage und einen geringfügigen pH-Wert-Anstieg unter diesen Bedingungen. Die Behandlung mit einer alkoholischen Clotrimazol-Lösung hat demnach keinen signifikanten Einfluss auf mechanische Festigkeit oder Vergilbung (im Vergleich zu unbehandelten Papieren). Weiß betonte zudem, dass eine an die Behandlung anschließende Fließwässerung sich positiv auf das Alterungsverhalten auswirkt und verbleibende Fungizidreste eine Präventivfunktion gegen Wiederbefall erfüllen.<sup>11</sup>

## Problematik: „Ethanol in der Papierrestaurierung“

In einer jüngeren Untersuchung zeigten Christina Meier und Doreen Weiß, dass bei richtiger Anwendung auch Ethanol ohne zusätzliche Substanzen wie Imidazol-/Azolantimykotika zuverlässig fungizid wirkt. Ein Tauchbad in 70 %-igem Ethanol zeigt bereits bei einer Behandlungsdauer von nur 2,5 min eine hinreichende fungizide Wirkung. Die Behandlung mit Ethanol führt jedoch zu einer Dehydrierung des Papiers (Versprödung), die durch eine anschließende Fließwässerung von mindestens 15 min gemindert werden muss.<sup>12</sup> Hinzu kommt, dass der Einsatz von Ethanol als Lösungsmittel vor allem im Hinblick auf einige moderne Schreib- bzw. Farbstoffe problematisch ist. Während Eisen-Gallus-Tinten, Tusche, Blei- und Buntstifte, schwarze und bunte Druckfarben, Fotokopien (beim elektrofotografischen Kopierverfahren) sowie Laserausdrucke beim Einsatz alkoholischer Lösungen nicht auslaufen, sodass von daher eine Behandlung mit Ethanol-Tauchbädern für Unterlagen bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts und nach entsprechenden Vortests ggf. darüber hinaus sowie für Druckwerke in Betracht zu ziehen ist, verlaufen bestimmte synthetische Farbstoffe wie beispielsweise färbende Bestandteile wässriger Tintenlösungen für Füllhalter, Faser- und Tintenkugelschreiber, ölfreie Stempelfarben, Tinten-

strahlausdrucke, ältere Kopier- und Hektographentinten mit anionischen und kationischen Farbstoffen in alkoholischen (und wässrigen) Lösungen.<sup>13</sup> Im Hinblick auf Archivgut seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert stößt ein Ethanol-Tauchbad an seine Grenzen, zumal die ursprünglich aus der Textilindustrie stammende und für den Einsatz zur wässrigen Papierentsäuerung nach dem Bückeburger Verfahren weiterentwickelte Fixierung ionischer Farbstoffe mit einer Polymersalzsuspension aus Mesitol NBS<sup>14</sup> und Rewin EL<sup>15</sup> in alkoholischen Lösungen nicht möglich ist, da in polaren organischen Lösungsmitteln der Farbstoff-Fixiermittel-Komplex weitaus instabiler ist als in wässrigem Medium.<sup>16</sup>

Für Schriftgut bzw. Druckwerke, die nur einzelne Stellen aufweisen, an denen Schreibstoffe bei einer Behandlung in alkoholischer Lösung geschützt werden müssen, z. B. Stempel in Büchern oder einzelne An- und Unterstreichungen mit Farbstiften in Texten, bietet sich möglicherweise die punktuelle Verwendung des in niederen Alkoholen wie Ethanol unlöslichen Cyclododecan an, das nach der Nassbehandlung rückstandslos sublimiert. Sofern die mit diesem Verfahren zu schützenden Bereiche selbst vom Schimmel befallen sind, bleibt zu prüfen, ob die Temperatur beim Auftrag einer Cyclododecanschmelze (> 58/61 °C) bereits ausreicht, darunter befindliche aktive Schimmelpilze/-sporen verlässlich abzutöten. Die Anwendung von Cyclododecan zur Schreib- bzw. Farbstofffixierung scheidet aus, sofern größere Teile des Schriftguts geschützt werden müssen.<sup>17</sup>

Um eingeführte Verfahren der Farb-/Schreibstofffixierung anwenden zu können und die anderen Nachteile aus dem Einsatz von Ethanol auszuschließen, ist grundsätzlich ein wässriges Behandlungsbad zu bevorzugen. Clotrimazol und die allermeisten Antimykotika des Imidazol-/Azoltyps sind zwar in niederen Alkoholen (Methanol, Ethanol), Dichlormethan und einigen unpolaren Lösungsmitteln wie Aceton und Chloroform gut löslich, in Wasser aber so gut wie unlöslich. Ein Forschungsprojekt des Landesarchivs Nordrhein-Westfalen (Technisches Zentrum in Verbindung mit dem Staats- und Personenstandsarchiv Detmold) befasst sich seit einigen Monaten mit der Entwicklung einer Behandlungsmethode bei der Imidazol- bzw. Azolantimykotika unter Einsatz von Lösungsvermittlern in Wasser gelöst bzw. als wässrige Dispersionen/Suspensionen wirksam eingesetzt werden können.<sup>18</sup>

### Überführung von Imidazol-/Azolantimykotika in eine wasserlösliche Form

Um einen (nahezu) wasserunlöslichen Wirkstoff wie Clotrimazol in wässrige Lösung zu bringen bzw. wässrige Dispersionen/Suspensionen herzustellen, sind grundsätzlich verschiedene Vorgehensweisen gän-

gig, mit denen Änderungen der biologischen Aktivität des Wirkstoffes einhergehen können.

Zunächst wäre an die Überführung des Wirkstoffs in eine wasserlösliche Molekülform, z. B. in das Hydrochlorid oder Natriumdihydrogenphosphat zu denken. Auffallend ist, dass sich in der Literatur kein Hinweis auf Einsatz, Eigenschaften und Wirkung solcher strukturell veränderter Clotrimazol-Moleküle finden, während mit intensiven Forschungsprojekten aufwendige Methoden geprüft werden, Imidazol- bzw. Azolantimykotika wasserlöslich zu machen. Insofern ist dieser Ansatz, der wegen des apparativen Aufwands für die Herstellung der Molekülvarianten im Rahmen dieser Studie zunächst nicht weiter verfolgt wird, vermutlich auch wenig erfolgversprechend.

Grundsätzlich in Betracht zu ziehen wäre auch die Zugabe hydrotroper Cosolventien wie z. B. Polyethylenglykole (PEG = Macrogole).<sup>19</sup> Ein Vortest mit Macrogol 400 ergab bei der Zugabe von Wasser unter Erwärmung (PEG sind hygroskopisch) eine Ausflockung des Clotrimazols, sodass sich keine Lösung oder Dispersion/Suspension bildete.

### Versuchsreihe zum Einsatz von Tensiden (2006)

Um die Möglichkeiten des Einsatzes von Tensiden (Solubilisierung / Mizellare Lösungsvermittlung) zu testen, wurde die farblose, klare, viskose Flüssigkeit Polysorbat 20/Tween®20 herangezogen<sup>20</sup>: Dabei wurden in einer ersten Testreihe Clotrimazol und Polysorbat 20/Tween® 20 im Massenverhältnis 1:2 zunächst zu einer viskosen, milchig weißen Masse (Salbenkonsistenz) verrührt und anschließend (demineralisiertes) Wasser zugegeben. Z. B. zur Herstellung der 1 %-igen Lösung wurden 1 g Clotrimazol, 2 g Polysorbat 20/Tween®20 und 97 g demineralisiertes Wasser verarbeitet. Nach kräftigem Rühren bildet sich eine milchig trübe, dünnflüssige Suspension, in welcher der Wirkstoff in Schwebelage gehalten wird. Um – gerade bei höheren Konzentrationen – das allmähliche Ausfällen des Clotrimazols zu unterbinden, muss die Lösung durch Rühren in Bewegung gehalten werden. Der pH-Wert der Emulsion liegt bei pH 6–7 (Lakmestest). Beim Einwirken der Emulsion auf Testpapiere bewirkt das Tensid Polysorbat 20/Tween®20 die rasche und gleichmäßige Durchdringung des Papiers mit der Lösung und damit dem Wirkstoff (Clotrimazol), wie dies etwa auch bei der Beschichtung fotografischer Papiere mithilfe von Polysorbat 20/Tween®20 genutzt wird.<sup>21</sup> Auf Grund der Löslichkeit von Polysorbat 20/Tween®20 in Wasser kann nach Ablauf der Einwirkzeit des Clotrimazols das Tensid mit einem Überschuss an Wasser aus dem Papier gewaschen werden (zweites bzw. Saugtisch).

In der Versuchsreihe wurden Testpapiere (1 x 1 cm) zunächst mit jeweils einem von vier Testpilzstämmen



(*Aspergillus versicolor*, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium brevicompactum*, *Trichoderma longibrachiatum*) auf Malzextrakt-Agar in Petrischalen über vier Tage beimpft und die sichtbar bewachsenen Testpapiere anschließend 10 Tage getrocknet. Pro Testpilzstamm wurde anschließend jeweils ein Testpapier für 5, 10, 15, 20 und 30 Minuten unter Rühren in eine 1 %-, 2 %-, 3 %-, 5 %-, 7 %- bzw. 10 %-ige Clotrimazol-Suspension getaucht. Wirkstoffreste wurden bei der Entnahme aus dem Tauchbad mit demineralisiertem Wasser abgespült, und die Testpapiere in Petrischalen mit Malzextrakt-Agar gegeben. Bereits nach einer Woche zeigt sich in den Schalen mit Testpapieren, die mit *Cladosporium herbarum*, *Penicillium brevicompactum* und *Trichoderma longibrachiatum* befallen waren, ein Wiederbewuchs ohne signifikante Unterschiede je nach Wirkstoffkonzentration oder Verweildauer im Tauchbad. Im Vergleich zu den Blindproben zeigte sich nur eine geringfügige fungistatische Wirkung. Lediglich in den Schalen mit Testpapieren, die mit *Aspergillus versicolor* beimpft worden waren, zeigte sich nach einer Woche noch kein bzw. nur in einem Ausnahmefall Wiederbewuchs. Die Behandlungslösung zeigt also – anders als die ethanolische Lösung – nur ein pilzstammspezifisches Wirkungsspektrum und erweist sich damit als ungeeignet für eine Behandlung schimmelpilzbefallener Papiere. Interessanterweise zeigten durchgängig die Blindproben mit Wasser und Polysorbat 20/Tween®20 einen erheblichen stärkeren Wiederbewuchs als die Blindproben ausschließlich mit Wasser. Offenbar fördert das Tensid selber das Pilzwachstum. Andere Tenside führen möglicherweise zu besseren Ergebnissen; hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

### Versuchsreihe zum Einsatz von Einschlusskomplexen

Seit einigen Jahren wird in der pharmazeutischen Forschung intensiv an wasserlöslichen Einschlusskomplexen von Antimykotika des Imidazol bzw. Azoltyps in Cyclodextrinen<sup>22</sup> geforscht. Dänische Arbeitsgruppen testeten bei der Entwicklung von Kaugummis für die Behandlung von Pilzkrankungen in der Mundhöhle auch die Einsatzmöglichkeit von Clotrimazol in Cyclodextrinkomplexen. Bemerkenswert sind die dabei beobachteten Übersättigungsphänomene der Einschluss-Komplexverbindungen: Ungeachtet einer geringen Löslichkeitsrate der synthetisch hergestellten, kristallinen Komplexe bewirkt die Übersättigung eine deutlich höhere biologische Verfügbarkeit und mithin eine erhöhte antimykotische Wirkung als sie Clotrimazol selbst bzw. eine rein physikalische Mischung von Clotrimazol und Cyclodextrinen besitzen. Die Übersättigung ist zugleich dafür verantwortlich, dass diese wasserlöslichen Komplexe auf menschliche Testzellen und Erythrozyten (rote Blutkörperchen) toxisch wir-

ken<sup>23</sup>, was im Hinblick auf Arbeits- und Gesundheitsschutz für einen Einsatz in der Restaurierungspraxis sorgsam im Blick zu behalten ist. Gleichwohl zeigt sich hier grundsätzlich ein Ansatzpunkt für eine Lösung der Herausforderung, Clotrimazol bzw. andere Imidazol-/Azolantimykotika wirksam in wässriger Lösung einzusetzen.

In Anbetracht der Tatsache, dass Clotrimazol wegen seiner vergleichsweise ungünstigeren Wirkung im pharmazeutischen Bereich nicht als Cyclodextrin-Komplexverbindung verfügbar ist, wurden für die Versuchsreihe mit Itraconazol und Voriconazol zwei jüngere Vertreter der Azol-Antimykotika eingesetzt, die unter den Produktnamen Sempera® der Firma Janssen-Cilag (Wirkstoff: Itraconazol) bzw. VFEND® der Firma Pfizer (Wirkstoff: Voriconazol) als wässrige Infusionslösung unter Einsatz von  $\beta$ -Cyclodextrinen (Hydroxypropyl- $\beta$ -362b63-cyclodextrin bei Sempera®, Natrium-beta-cyclodextrin-sulfobutylether / SBEDCD bei VFEND®) als Löslichkeitsvermittler am Markt sind. Die beiden Substanzen werden im pharmazeutischen Zusammenhang vor allem zur Behandlung systemischer Mykosen (z. B. bei Aspergillose/Schimmelpilzkrankung und Candididose/Hefepilzkrankung) eingesetzt, wie sie gerade bei immunsupprimierten Patienten (z. B. bei Chemotherapie, HIV, Organtransplantationen etc.) als opportunistische Infektion häufig auftreten.<sup>24</sup>

Die beiden Substanzen gehören innerhalb der Gruppe der Azol-Antimykotika zu den Triazolen, während Clotrimazol ein Vertreter der Imidazole ist. Wie die anderen Imidazol- und Azolantimykotika hemmen auch die Triazole die Ergosterolbiosynthese beim Schritt der Cytochrom-P-450-abhängigen Demethylierung von Lanosterol.<sup>25</sup> Unter den Azolen haben allerdings die Triazole eine deutlich höhere Affinität zum Pilz-Cytochrom-P450-Enzymen gegenüber denen des Menschen, weshalb die menschlichen Enzyme weniger stark inhibiert werden als bei den älteren Azolderivaten. Die Toxizität der Triazole ist folglich niedriger als die der Imidazole. Die Triazole zeichnen sich zudem im Allgemeinen durch ein breiteres Wirkungsspektrum aus, wobei in klinischen Tests das jüngere Voriconazol nochmals ein erweitertes Wirkungsspektrum gegenüber Itraconazol aufweist. Beide Stoffe weisen allerdings in den klinischen Tests keine (hinreichende) Wirksamkeit gegenüber Zygomyceten aus. Gegen diese Gruppe von Pilzen wirkt allerdings zusätzlich zum Wirkungsspektrum von Itraconazol und Voriconazol das in jüngster Zeit entwickelte Posaconazol, das freilich bislang noch nicht in einer wässrigen Darreichungsform verfügbar ist.<sup>26</sup>

In einer ersten Versuchsreihe wurden ausgehend von Sempera® und VFEND® 1 %-, 5 %- und 10 %-ige wässrige Lösungen von Itraconazol bzw. Voriconazol eingesetzt. Die Verweildauer im Tauchbad be-



trug 15, 30, 60 bzw. 120 Minuten. Die Vorbereitung der Testpapiere erfolgte analog zur Tensid-Versuchsreihe. Auch diesmal war in fast allen Schalen bereits nach einer Woche wieder ein Wiederbewuchs festzustellen, unabhängig von Konzentration und Behandlungsdauer. Erst der Einsatz der hochkonzentrierten Lösung Voriconazol (VFEND), wie sie zur Behandlung systemischer Mykosen als Infusions- oder Injektionslösung verabreicht wird (10 mg/ml) zeigte in einer zweiten Versuchsreihe bei einem 36-stündigen Tauchbad im Wiederbewuchstest auch nach vier Wochen kein erneutes Pilzwachstum. Beim Einsatz einer entsprechend hochkonzentrierten Sempetra®-Lösung hingegen kam es zu einem verzögerten Wiederbewuchs.<sup>27</sup>

## Stand und Perspektiven des Projekts

Wie die Versuchsreihe zum Einsatz von Cyclodextrinen als Löslichkeitsvermittler gezeigt hat, ist es grundsätzlich möglich, wasserunlösliche Antimykotika des Imidazol- bzw. Azolotyps mit fungizider Wirkung bei der Bekämpfung papierrelevanter Schimmelpilze in einem wässrigen Tauchbad einzusetzen. Die Versuchsreihen zeigen aber auch, dass noch weitere Anstrengungen erforderlich sind, hier zu einem Verfahren für die Praxis in Restaurierungswerkstätten und möglicherweise auch kleinerem maschinellen Einsatz zu kommen. In weiteren Versuchsreihen werden die beiden Alternativen Tensid (Einsatz anderer Tenside, Varianten bei der Tensidkonzentration und der Behandlungsdauer) und Cyclodextrine (u. a. Tests mit Triazol-Cyclodextrinkomplexen, Überprüfung der erforderlichen Behandlungsdauer und -konzentration) systematisch weiter erforscht. Die Ergebnisse werden stets an den Erfordernissen des Gesundheits- und Arbeitsschutzes sowie der Wirtschaftlichkeit zu messen sein.

## Hinweise zur Applikation

Die hier vorgeschlagene Methode der Teilsterilisation von Papieren mit aktivem (keimfähigem) Schimmelbewuchs durch Einwirkung einer wässrigen Lösung bzw. Suspension von Clotrimazol (bzw. anderer Imidazol-/Azolantimykotika) eignet sich in erster Linie als Einzelblattverfahren, sei es bei einer Mengenbehandlung oder auch in kleineren Restaurierungswerkstätten. In Anbetracht typischer Schadensbilder bei Schimmelpilzbefall („Verbacken“ der Papierschichten) dürfte ohnehin in der Regel eine Einzelblattbehandlung erforderlich sein. Dabei werden die Blätter nach der Trockenreinigung an der Reinen Werkbank zwischen Sieben oder Siebgewebe stabilisiert in die Wirkstofflösung bzw. -suspension getaucht. Dabei wären die gängigen Möglichkeiten einer Fixierung von Schreibstoffen möglich. Bei Einsatz von Suspensionen würde in jedem Fall ein anschließendes Spülen mit einem

Wasserüberschuss erforderlich sein. Sofern die Papiere auch auf andere Weise konservatorisch oder restauratorisch behandelt werden sollen (z. B. Entsäuerung, Nachleimung, Fehlstellenergänzung, Einbetten in Japanpapier usw.) sind solche Schritte sinnvoll im Anschluss an die Teilsterilisation durchzuführen. Schließlich werden die Blätter getrocknet und gepresst.<sup>28</sup>

Unter der Voraussetzung, dass die weiteren Versuche zum Einsatz wässriger Lösungen bzw. Suspensionen von Imidazol- Azolantimykotika wie Clotrimazol erfolgreich verlaufen, ergibt sich für den Umgang mit Schimmelpilzbefall an Archivgut (Papier) die im Folgenden schlagwortartig formulierte Handreichung für die Praxis (hier auf archivische Belange hin ausgerichtet):

## Umgang mit Schimmelpilzbefall an Papier

### Schadensvermeidung

- vorarchivischer Bereich: Beratung von abgabepflichtigen Stellen bei der (Alt-)Schriftgutverwaltung auch im Hinblick auf „sachgemäße Lagerung“
- Bewertung/Übernahme: angemessene Berücksichtigung von Problemen der Bestandserhaltung: Abwägung zwischen Archivwert und Erhaltungsaufwand; Kontrolle auf Schadensbilder im Rahmen der Zugangsbearbeitung vor der Magazinierung.
- Magazinierung, v. a. regelmäßige Reinigung und Desinfektion der Räume und Regale, Klimatisierung (konstantes Raumklima: 50–55 % relative Luftfeuchtigkeit, 15–18 °C), regelmäßige Kontrolle (auch der Substratfeuchte von Papier < 10 %!)
- bei akuten Wasserschäden: Notfallplan: Schockgefrieren im Kühlhaus, anschließend Gefriertrocknung

### Schadensbegrenzung

- Schadenserhebung und -klassifikation: Feststellung von Art und Umfang der Schadensbilder (Aufbau und Fortschreibung eines „Schadenskatasters“). Auf dieser Grundlage:
  - „Priorisierung“ anstehender Maßnahmen zur Bestandserhaltung – hier: Hohe Priorität bei Schimmelpilzbefall angesichts der Gesundheitsgefährdung für Mitarbeiter/innen und Benutzer/innen und der fortschreitenden, sich ausbreitenden Materialschädigung
  - unverzügliche Meldung (auch in Verdachtsfällen) durch das Archivpersonal an die Referentin/den Referenten für Bestandserhaltung
  - sofortige und umfassende Separierung des betroffenen Archivguts aus dem Magazin (Schutzkleidung, Mundschutz!)/separate „Pilzräume“

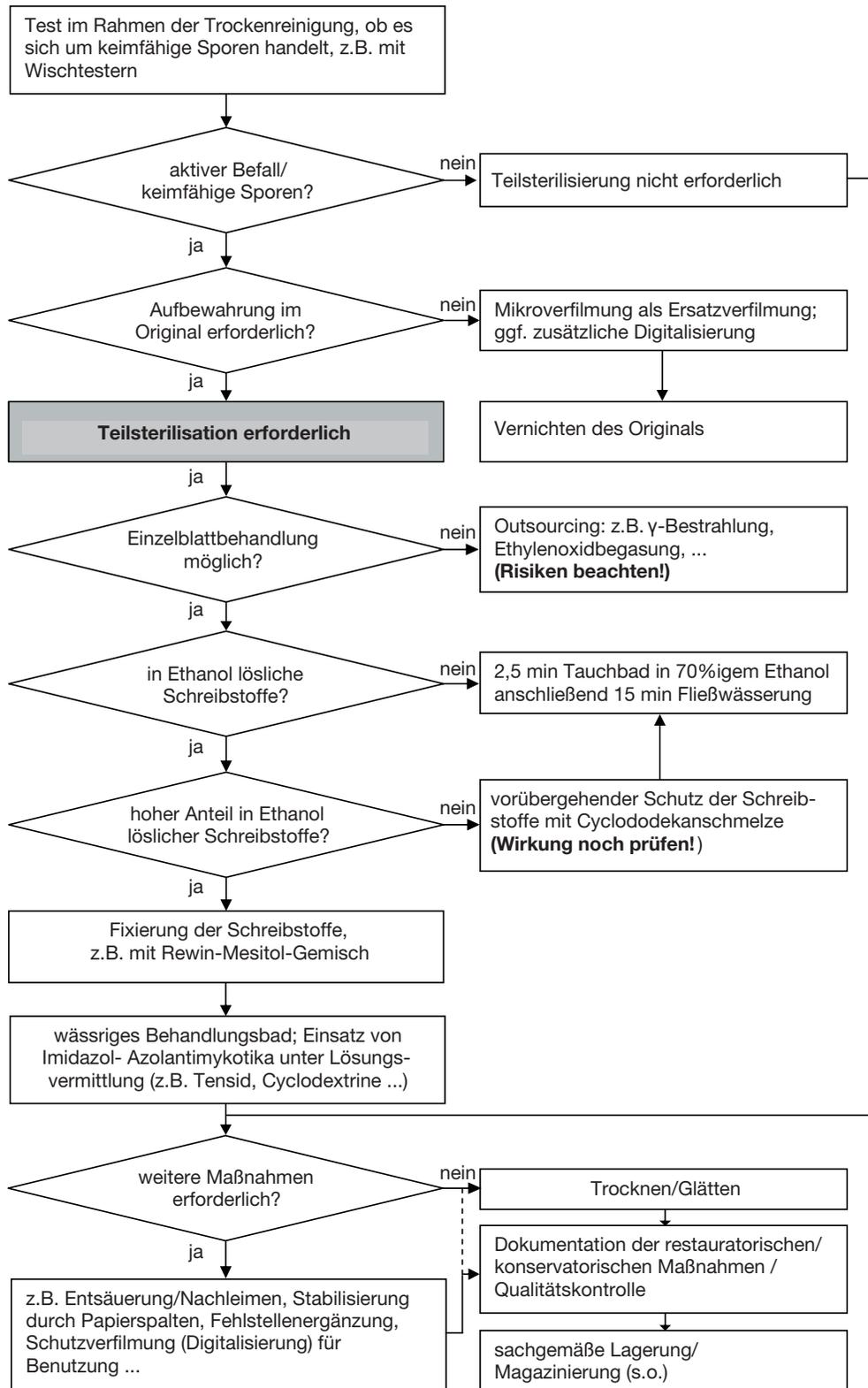
### Schadensbehebung

- Trockenreinigung/Oberflächenreinigung an der Reinen Werkbank: auch nicht mehr aktive Sporen

müssen wegen der mykoallergenischen Wirkung entfernt werden; selbst vor einer anschließenden Verfilmung sollte der Beschreibstoff trocken gereinigt werden, um die Gesundheitsgefährdung beim Um-

gang mit dem Material zu senken und die Aufnahmequalität zu erhöhen

- Entscheidung über weitere restauratorische Maßnahmen:



## Anmerkungen

- 1 Christina Meier/Karin Petersen: Schimmelpilze auf Papier. Ein Handbuch für Restauratoren. Biologische Grundlagen, Erkennung, Behandlung und Prävention. Tönning-Lübeck-Marburg 2006, S. 136f. Dort auch die Hinweise auf die ältere Literatur zu den Nachteilen der Vakuumtrocknung; u. a. ist ein erhöhtes Risiko für Pilzwachstum thermophiler Arten beschrieben worden.
- 2 Kurzinformation zum Bestand: Die Bestände des Nordrhein-Westfälischen Staatsarchivs Detmold und des Personenstandsarchivs Westfalen-Lippe. Kurzübersicht (Veröffentlichungen der staatlichen Archive des Landes Nordrhein-Westfalen B 3). Detmold 1994, S. 11, 212. Einleitung zum Findbuch M 8.
- 3 Vgl. hierzu Landesarchiv Nordrhein-Westfalen Staats- und Personenstandsarchiv Detmold (= LAV NRW StADT) D 29 Nr. 192 zu den Jahren 1965–1968. LAV NRW D 29 Nr. 54, mit Hinweisen in den Jahresberichten auf die Verzeichnungsarbeiten 1968 und 1969.
- 4 Matthias Frankenstein hat im Rahmen seiner damaligen Tätigkeit als Restaurator am Staatsarchiv Detmold eine erste Schadensklassifizierung des gesamten Bestandes vorgenommen, die bei den nun laufenden konservatorischen und restauratorischen Arbeiten im Technischen Zentrum ergänzt wird.
- 5 Rempe: 150 Jahre Rechtspflege im Paderborner Lande. Festschrift zur Einweihung des neuen Gerichtsgebäudes in Paderborn am 14. HJanuar 1953, [Paderborn 1953].
- 6 Möglicherweise geht der Beginn des Wiederbewuchses auf wiederholte, vorübergehende Klimatisierungsprobleme im Magazintrakt des Staatsarchivs Detmold während des ersten Jahrzehnts nach dem Bezug des Archivzweckbaus in der Willi-Hofmann-Straße zurück. So berichtete etwa der damalige Archivleiter Erich Kittel am 8. Juni 1966 an das nordrhein-westfälische Kultusministerium über die Situation im Sommer des Vorjahres: Infolge des Einsatzes von Befeuchtungsanlagen war die Luftfeuchtigkeit auf über 80 % angestiegen. Mit der Absicht, die Luft zu trocknen, wurde daraufhin mehrere Tage bis auf 27–28 °C geheizt; LAV NRW StADT D 29 Nr. 300. Die Akte belegt insgesamt wiederholte kurzfristige Probleme bei der Klimatisierung des Detmolder Magazins während der 1960er Jahre.
- 7 Johannes Kistenich: Aus der Apotheke in die Restaurierungswerkstatt. Plädoyer für die Erforschung des Einsatzes pharmazeutisch genutzter Antimykotika zur Bekämpfung papierrelevanter Schimmelpilze am Beispiel von Clotrimazol. In: Arbeitsblätter des Arbeitskreises Nordrhein-Westfälischer Papierrestauratoren. 15. Fachgespräch der NRW-Papierrestauratoren am 12./13. März 2001 in Walberberg. Köln 2002, S. 27–39; vgl. dort auch ausführlich zur Einordnung des Projekts in den Forschungsstand.
- 8 Die Probenvorbereitung nahm dankenswerterweise Herr Wilfried Feindt im Niedersächsischen Staatsarchiv Bückeburg am 2./3. Juli 2001 vor. In der Restaurierungswerkstatt der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen wurden die Papiere am 6. Juli 2001, 12:00 Uhr in einen Klimaprüfschrank der Firma Heraeus Vötsch (Modell: Hc 0033) gehangen; für die Bereitstellung des Gerätes zur Untersuchung, die Kontrolle während des 48tägigen Betriebs und die Probenentnahme (am 18. und 30. Juli, 23. August 2001) gilt mein Dank Frau Renate van Issem. Auf Vermittlung von Herrn Wilfried Feindt und mit freundlicher Förderung von Herrn Klaus Dieter Vogt, Neschen AG, wurden die anschließenden Messungen selbst bei der Firma Neschen AG von Herrn Dr. Markiewicz und Herrn Hoppe im Oktober 2001 durchgeführt. Die Bestimmung von Bruchdehnung und Bruchkraft zur Mittelwertbestimmung mit je fünf Messungen an 15 mm breiten und 100 mm langen Streifen (ungefaltet sowie nach definierter Falzung in Anlehnung an die Methode Bansa/Hofer) ermittelt. Dabei werden die Probenstreifen mit der freien Spannlänge  $L_0$  (= Abstand der Einspannklemmen der Zugprüfmaschine) in die Zugprüfmaschine eingespannt. Die Bruchkraft ( $F_B$  in N) im Sinne der DIN 53 112 Teil 1 ist die beim Zugversuch gemessene Kraft im Augenblick des Bruchs der Probe. Die Bruchdehnung ( $c_B$  in %) ist das Verhältnis aus der Längenänderung ( $\Delta L_B$ ) beim Bruch der Probe und der Messlänge (freie Spannlänge):  $c_B = (\Delta L_B / L_0) * 100$ . Beim Vergleich der Messwerte ist zu beachten, dass die Werte für die Bruchdehnung in der BAM-Untersuchung von 1995, bei der gemäß DIN 53 112 Teil 1 zur Mittelwertbestimmung jeweils zehn Messungen der Bruchkraft und Bruchdehnung vorgenommen wurden, mit 180 mm langen Probenstreifen (statt 100 mm bei den Messungen nach der Clotrimazol-Behandlung) gearbeitet wurde. Durch die Umrechnung in Prozent entsprechend der genannten Formel sind die Werte unmittelbar vergleichbar; Wilfried Feindt/Hans-Volker Rudolph/Siegfried Schiewe/Barbara Werthmann: Papierkonservierung nach dem Bückeburger Verfahren. Anlagenvariante und naturwissenschaftliche Ergebnisse. In: Restauro 1998, S. 120–125, hier S. 123. Grundlegend zur Methode: Helmut Bansa: Meßmethoden zur Bestimmung der Alterungsbeständigkeit von Papier. In: Das Papier 44, 1990, S. 481–492. Vgl. zu den Auswirkungen anderer Desinfektionsverfahren auf die Haltbarkeit von Papieren die Ergebnisse der Bundesanstalt für Materialprüfung/Biologische Materialprüfung im Auftrag des Niedersächsischen Staatsarchivs Bückeburg (Antrags-Nr. 5.1/2708–2709–2710–2895–1910–2915 (1979/1982), maschinenschriftlich). Die Messungen zu den Einflüssen auf die Papiereigenschaften sowie die Vorüberlegungen zu einem Einsatz von Imidazol- bzw. Azolantimykotika waren Bestandteil der Transferarbeit des Verfassers zum Abschluss der Referendarausbildung 2002 am Staatsarchiv Detmold und an der Archivschule Marburg. Für die Betreuung der Arbeit seitens der Archivschule Marburg danke ich Herrn Dr. Albrecht Ernst, Stuttgart, für eine kritische Durchsicht des Manuskripts Frau Dr. Anna Haberditzl, Ludwigsburg. Seitens des Staatsarchivs Detmold haben seinerzeit v. a. Herr Dr. Wolfgang Bender, Herr Matthias Frankenstein, Herr Dr. Hermann Niebuhr und Frau Dr. Jutta Prieur-Pohl die Entstehung der Arbeit gefördert und kritisch begleitet. Den Kolleginnen und Kollegen gilt dafür mein Dank.
- 9 Um Verwechslungen vorzubeugen, wurde die Nummerierung der Papiere entsprechend der BAM-Untersuchung für das Bückeburger Verfahren beibehalten. Die Untersuchung der BAM wurde anhand von insgesamt fünf Papiersorten durchgeführt (zusätzlich Papier 5 und Papier 15). Um die Zahl der Messungen überschaubar zu halten, wurde die Testreihe für die Schimmelpilzbekämpfung auf drei Papiersorten begrenzt. Aus demselben Grund wurde auch zunächst auf die Durchführung des Doppelaltzests und die Messung der Weiterreißarbeit verzichtet (Integral Bruchkraft/-dehnung, tensile energy absorption TEA). Auf eine eigene Messreihe mit Papierproben, die lediglich 30 Minuten mit Ethanol behandelt wurden (ohne Clotrimazol), um zwischen dem Einfluss von Wirkstoff (Clotrimazol) und Lösungsmittel (Ethanol) differenzieren zu können, wurde mit Blick auf die Zahl der anschließenden Messungen verzichtet.
- 10 Christina Meier: Schimmelpilze auf Papier – eine gemeinsame Aufgabe für Naturwissenschaft und Restaurierung – aktueller Forschungsstand, Behandlungsmethoden, Kontrollmöglichkeiten und Bewertung aus heutiger restauratorischer Sicht. Diplomarbeit, Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst – Fachhochschule Hildesheim/Holzminde/Göttingen, Fachbereich Konservierung und Restaurierung, Hildesheim 2004, hier v. a. S. 221–228. Frau Christina Meier danke ich für die Bereitstellung der einschlägigen Passagen ihrer Diplomarbeit und die Diskussion der Ergebnisse. Vgl. zusammenfassend auch Meier/Petersen (wie Anm. 1) S. 156, 162.
- 11 Doreen Weiß: Fungizide in der Konservierung von graphischem Kulturgut auf Papier – Eine Studie zur mechanischen Festigkeit und Vergilbung. Diplomarbeit, Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst – Fachhochschule Hildesheim/Holzminde/Göttingen, Fachbereich Konservierung und Restaurierung, Hildesheim 2005. Frau Doreen Weiß danke ich für die Bereitstellung ihrer Diplomarbeit. Zusammenfassend zu den Ergebnissen vgl. auch Meier/Petersen (wie Anm. 1) S. 156f.

- 12 Christina Meier: Schimmelpilze auf Papier. Fungizide Wirkung von Isopropanol und Ethanol. In: Papierrestaurierung 7/1, 2006, S. 24–31. Doreen Weiß: Ethanol und Chlormetakresol als Fungizide. Auswirkungen auf die Alterungsbeständigkeit von Papier. In: Papierrestaurierung 7/1, 2006, S. 32–39.
- 13 Karl Brederrek/Agnes Blüher/A. Siller-Grabenstein: Untersuchungen zur Fixierung von Schreibstoffen auf modernen Papieren als Voraussetzung für Restaurierungs- und Konservierungsmaßnahmen in Archiven. In: Das Papier 44, 1990, S. 137–146. Karl Brederrek/Agnes Blüher: Die Fixierung moderner Schreibstoffe auf Papier. Möglichkeiten, praktische Aspekte und Grenzen. In: Restaura 1992, S. 49–56.
- 14 Bayer AG: Kondensationsprodukt aus höhermolekularen aromatischen Sulfonsäuren; Nachbehandlungsmittel zur Verbesserung der Nassechtheit von Färbungen mit Säurefarbstoffen auf Polyamid.
- 15 Chemische Fabrik Tübingen: Kationenaktives stickstoffhaltiges Kondensationsprodukt mit Formaldehyd; Nachbehandlungsmittel zur Verbesserung der Nassechtheit von Direkt- und Reaktivfärbungen auf Cellulosefasern.
- 16 Zur Frage der Schreibstoff-Fixierung allgemein (in Auswahl): Brederrek/Blüher (wie Anm. 13). Tanja Wimmer/Anna Haberditzl: Neue Fixierverfahren im Praxistest. Wasserempfindliche Farbstoffe auf einer modernen Akte. In: Restaura 1999, S. 532–538. Zum Einsatz des Rewin-Mesitol-Gemisches beim Bückeburger Verfahren vgl. auch: Feindt/Rudolph/Schiewe/Werthmann (wie Anm. 8) S. 120, 122. Zu den Erfahrungen in Archiven mit der Farbstofffixierung im Bückeburger Verfahren vgl. jetzt. Marcus Stumpf: Massenentsäuerung im Landesarchiv Nordrhein-Westfalen – Erfahrungen mit dem Neschen-Verfahren. In: Der Archivar 60 (2007) S. 112–118, v.a. S. 113, 115. Ralf Stremmel: Massenentsäuerung: Möglichkeiten und Grenzen. In: Der Archivar 60 (2007) S. 119–127, v.a. S. 123–125.
- 17 Cornelia Bandow: Cyclododecan in der Papierrestaurierung. Fixierung von wasserlöslichen Farben vor der Nassbehandlung. In: Restaura 1999, S. 326–329.
- 18 Mein Dank gilt den Verantwortlichen des Landesarchivs Nordrhein-Westfalen Technisches Zentrum für die Bereitschaft, das Projekt gemeinsam mit dem Verfasser fortzusetzen, die erforderlichen Versuchsreihen mit den Möglichkeiten und in den Räumen des Technischen Zentrums durchzuführen und zu finanzieren. Allen voran danke ich Frau Diplom-Restauratorin Susanne Henze für die intensive Mitarbeit bei der Durchführung der Versuchsreihen, ferner dem Leiter der Restaurierungswerkstatt, Herrn Matthias Frankenstein, sowie Herrn Dr. Wolfgang Kahnert und Herrn Dr. Marcus Stumpf. Ein Dank auch an Frau Dr. Jutta Prieur-Pohl, die als Abteilungsleiterin des Landesarchivs Nordrhein-Westfalen Staats- und Personenstandsarchiv Detmold die Fortführung dieses Forschungsprojekts unterstützt.
- 19 Es handelt sich bei den Polyethylenglykolen um Polykondensationsprodukte des Ethylenoxids; Kurt H. Bauer/Karl-Heinz Frömming/Claus Führer: Pharmazeutische Technologie, Stuttgart – New York <sup>2</sup>1989, S. 161–163. Hunnius, Pharmazeutisches Wörterbuch. Studienausgabe, Berlin – New York <sup>7</sup>1993, S. 1125.
- 20 Polysorbat 20 / Tween®20, ein anionisches Tensid, entsteht durch die Umsetzung von 1 mol Sorbitanfettsäureester mit 20 mol Ethylenoxid. Die Substanz ist löslich in Wasser (100g/l bei 25 °C) und Ethanol, hingegen unlöslich in Pflanzen- und Mineralölen. Mit steigendem Anteil Ethylenoxid nimmt die Viskosität der Polysorbate zu; bei Polysorbat 80 (Tween® 80) handelt es sich bereits um eine hellgelbe, stärker viskose Flüssigkeit, die bei Wasserzugabe erhärtet und nurmehr eine geringe Wasserlöslichkeit aufweist; vgl. Bauer/Frömming/Führer (Anm. 18) S. 164f., u. a. mit der Strukturformel von Polysorbat 20/Tween® 20. Die Wahl fiel zunächst gerade auf dieses Tensid, weil es in Salben mit dem Wirkstoff Clotrimazol pharmazeutisch eingesetzt wird.
- 21 Vgl. zum Einsatz von Tween®20 in der „handcoated photography“: [www.dmuenzberg.de/tween20.htm](http://www.dmuenzberg.de/tween20.htm). und [www.dmuenzberg.de/ziatypie.htm](http://www.dmuenzberg.de/ziatypie.htm).
- 22 Bei den Cyclodextrinen handelt es sich um sechs bis acht hohlzylinderförmig  $\alpha$ -1,4-glykosidisch verbundene Glucoseeinheiten mit einem Außendurchmesser von 1,4–1,7 nm, die mehr oder weniger wasserlöslich sind:  $\alpha$ -Cyclodextrin; 15 g/100ml Wasser;  $\beta$ -Cyclodextrin; 1,9 g/100 ml Wasser (Hydroxypropyl-Derivate haben eine höhere Wasserlöslichkeit);  $\gamma$ -Cyclodextrin: 23 g/100 ml Wasser; Stricker, Herbert (Hg.): Martin/Swarbrick/Camarata: Physikalische Pharmazie. Pharmazeutisch angewandte physikalisch-chemische Grundlagen, Stuttgart 1987, S. 144. Hunnius (wie Anm. 19) S. 388f. mit Abbildung.
- 23 Vgl. Morten Pedersen/Jette Jacobsen/Simon Bjerregaard u. a.: A genuine clotrimazole-cyclodextrin inclusion complex: isolation, antimycotic activity, toxicity and an unusual dissolution rate. In: International Journal of Pharmaceutics 176 (1998) S. 121–131, der Beitrag auch unter <http://hjem.get2net.dk/bjerregaard/IJP176.pdf>. Cyclodextrin inclusion complexes of antimycotics. In: European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics 48 (1999) 217–224, der Beitrag auch unter <http://hjem.get2net.dk/bjerregaard/EJPB48.pdf>.
- 24 Voriconazol – eine neue Therapieoption bei systemischen Mykosen. In: Zeitschrift für Chemotherapie 2002/23, S. 35f., vgl. auch <http://www.zct-berlin.de/neueinfuehrungen/voriconazol.html>. F. M. Müller/Michael Weig: Systemische Mykosen. Neue Ansätze für Diagnostik und Therapie. In: Klinikarzt 32/2, 2003, S. 53–60. Thilo Bertsche/Martin Schulz: Azol-Antimykotikum Voriconazol. In: Pharmazeutische Zeitung 43/2003. Vgl. auch <http://www.pharmazeutische-zeitung.de/fileadmin/pza/2003-43/pharm5.htm>. Alexander Imhof/Markus Schneemann/Andreas Schaffner: Medikamente zur Therapie von invasiven Pilzinfektionen. In: Schweizer Med Forum 2005/5, S. 136–144. Itraconazol – intravenös. In: Zeitschrift für Chemotherapie 2005/1, vgl. auch: <http://www.zct-berlin.de/neueinfuehrungen/itraconazol-i.v.html>. In diesen Artikeln auch eine Reihe weiterführender Literaturhinweise. Für die Herstellung der Infusionslösungen sind die Wirkstoffe als folgende Produkte am Markt: Sempera®: 25 ml Konzentrat (10 mg/ml Konzentrat), VFEND®: 200 mg Pulver, die mit 19 ml Wasser für Injektionszwecke aufgelöst werden (ergibt 20 ml Lösung der Konzentration 10 mg/ml).
- 25 Voriconazol – wie auch einige andere Azole – wirken darüber hinaus fungizid, indem sie sich in die Zytoplasmamembran einlagern und deren Struktur so verändern, dass Zellbestandteile austreten können.
- 26 Müller/Waig (wie Anm. 24), S. 57, 59. Imhof/Schneemann/Schaffner (wie Anm. 23), S. 138–140.
- 27 Sowohl bei der Versuchsreihe zum Tensideinsatz, als auch beim Einsatz von Cyclodextrinen als Löslichkeitsvermittler zeigte sich in der Mehrzahl der Schalen ein hefeartiger Bewuchs; die Laboranalyse ergab, dass es sich dabei um ein Bakterium (*Paenibacillus pabuli*) handelt, mit dem offenkundig das Testpapier befallen war.
- 28 Vgl. in Anlehnung an Ingrid Hödl: Prophylaktische, konservatorische und restauratorische Maßnahmen bei Pilz- und Bakterienbefall auf Archivgut. In: Hartmut Weber (Hg.): Bestandserhaltung. Herausforderung und Chancen (Veröffentlichungen der staatlichen Archivverwaltung Baden-Württemberg 47) Stuttgart 1997, S. 247–258, hier S. 255f.





# Behandlung schimmelpilzkontaminierter Bestände in der Firma Schempp

von Norbert Schempp

## Einführung: Schimmelbefall auf Papierobjekten

Zu Schimmelpilzbefall kommt es, wenn Dokumente feucht gelagert werden oder Feuchtigkeit bzw. Nässe ausgesetzt werden (z. B. nach Wasserschäden). Schimmelpilzsporen befinden sich überall ständig in der Luft und siedeln sich sofort an, wenn die Bedingungen günstig sind. Mit ihrem Wachstum zerstören die Schimmelpilze das Papier langsam, weil sie sich von bestimmten Bestandteilen des Papiers ernähren und sie chemisch umwandeln. Schimmelpilze treten in hunderten verschiedenen Arten auf. Zahlreiche Menschen erleiden allergische Reaktionen, insbesondere auf der Haut und in den Atmungsorganen.

Papier ist hygroskopisch, d. h. es zieht bei hoher Luftfeuchtigkeit das in der Luft enthaltene Wasser an und bildet dann den Nährboden für Schimmelpilze. Verbessern sich die Lagerungsbedingungen, ist die Entwicklung des Schimmelpilzes gehemmt. Er hinterlässt aber außer dem beschädigten bzw. zerstörten Papier seine Sporen. Diese Sporen weisen folgende Eigenschaften auf:

- Sie sind extrem widerstandsfähig. Es gibt nur wenige Möglichkeiten, sie zuverlässig und bei Erhaltung des Trägermaterials zu vernichten.
- Sie können jederzeit, auch nach sehr langen Ruhepausen von Jahrzehnten oder sogar Jahrhunderten, wieder aktiv werden, sobald die entsprechenden Bedingungen eintreten.
- Sie können durch Berührung, Luftzug und andersartige Verschleppung auf andere, bisher nicht befallene Objekte übertragen werden, wo sie beim Eintreten der genannten Bedingungen ebenfalls aktiv werden. Deshalb ist es wichtig, schimmelbefallenes Archiv- und Bibliotheksgut als erste Maßnahme nach der Schadensfeststellung schnellstmöglich von den anderen Objekten zu isolieren und dabei vorsichtig vorzugehen, so dass möglichst wenig Luftbewegung entsteht (z. B. eine schimmelige Akte nicht erst noch auf- und zuklappen oder gar den Staub und damit die Sporen abpusten bzw. -kehren). Dabei dürfen keinesfalls die für den Menschen notwendigen Schutzmaßnahmen vernachlässigt werden, wie Handschuhe und Atemschutz.

- Sie treten in hunderten verschiedenen Arten auf, die nur durch aufwendige Untersuchungen zu unterscheiden sind. Einige sind für den Menschen ungefährlich, andere können allergische Reaktionen hervorrufen. Besonders Menschen mit allergener Belastung sind gefährdet. Allergische Reaktionen können insbesondere auf der Haut (Ausschläge, Ekzeme) und in den Atmungsorganen (asthmatische Erscheinungen) hervorgerufen werden. Einige Arten von Schimmelpilzsporen können für den Menschen tödlich sein. Gefährdet sind in erster Linie die Archivare und Bibliothekare, aber auch die Benutzer und alle anderen, die Umgang mit befallenen Schriftgut haben. Deshalb ist z. B. eine Restaurierung oder Verfilmung/Digitalisierung erst nach erfolgter Sterilisierung möglich. Dieser Grundsatz sollte auch für archivische oder bibliothekarische Arbeiten sowie für die Benutzung gelten.

## Behandlungsmethoden

Zu den wenigen erfolgversprechenden Behandlungsmethoden für große Mengen schimmelbefallener Materialien gehören die Begasung mit Ethylenoxyd und die Bestrahlung mit Gammastrahlen. Beide Sterilisierungsmethoden können bis zu ca. 99 % aller Schimmelpilzsporen abtöten.

Nach anschließender trockener Reinigung unter der Reinluftwerkbank sowie bei sachgerechter Lagerung kann auf Grund der nunmehr sehr geringen Konzentration sowohl eine Aktivierung der verbleibenden Sporen als auch eine gesundheitliche Gefährdung weitestgehend ausgeschlossen werden. Natürlich bietet die Sterilisierung keinen Schutz vor erneutem Befall bei ungünstiger Lagerung oder durch Verschleppung.

Sowohl die Begasung wie auch die Bestrahlung haben Vor- und Nachteile, ihre Wirkungen und Nebenwirkungen sind nicht abschließend erforscht. Nach dem aktuellen Erkenntnisstand bewirkt die Bestrahlung, dass die Papierfaser geschädigt wird, so dass das Papier mittel- bis langfristig schneller altert. Die Begasung wiederum ist nicht für die Behandlung von Beständen mit empfindlichen Farbstoffen geeignet, weil sich die Farben verändern können.



Deshalb muss von Fall zu Fall eine konkrete Empfehlung gegeben werden, welches Verfahren zur Anwendung kommt – oder ob möglicherweise auch nur eine Trockenreinigung ausreichend ist.

Die Begasung erfolgt im Vakuum mit Ethylenoxyd und ist für die Objekte vollkommen ungefährlich. Speziell für die Anwendung bei Archivadokumenten wird bei einer Temperatur von max. 35°C gearbeitet, damit wärmeempfindliche Materialien (z. B. Siegel) nicht beschädigt werden. Das Gas wird nach Abschluss der eigentlichen Sterilisation durch eine mehrwöchige Desorption restlos und vollkommen sicher aus den Objekten entfernt. Auf Wunsch kann durch ein unabhängiges Labor ein Gutachten über den Restgasgehalt erstellt werden. Dieser Restgasgehalt soll unter 1 ppm (= mg/kg) liegen. In der Regel haben die Akten einen Restgasgehalt unterhalb der Nachweisgrenze (0,3 ppm). Deshalb sind nach der Behandlung keinerlei Vorsichtsmaßnahmen wegen evtl. verbliebenen Restgases notwendig.

Da wir die Nachteile der Bestrahlung kennen, zugleich aber die Vorbehalte einiger unserer Kunden gegen die Begasung respektieren, bieten wir beide Sterilisierungsmethoden an. Um niemanden bei seiner Entscheidung durch den Preis zu beeinflussen, bieten wir beide Leistungen zum gleichen Preis an.

Natürlich ist auch die Sterilisation mit Gammastrahlen möglich, wenn dies gewünscht wird. Handelt es sich um befristet aufzubewahrendes Schriftgut, können die Schädigung der Papierfaser und die dadurch beschleunigte Alterung des Papiers von vornherein vernachlässigt werden.

Der Erfolg der Sterilisation kann auf Wunsch durch ein unabhängiges Labor bestätigt werden, dabei werden Briefchen mit aktiven Schimmelsporen beim Sterilisierungsvorgang beigelegt und später auf Vitalität überprüft. Die bisherigen Untersuchungsergebnisse haben gezeigt, dass die Sterilisation die Schimmelpilzsporen immer erfolgreich abgetötet hat.

Diese toten Schimmelpilzsporen können aber immer noch allergen wirken bzw. sind teilweise sogar hochtoxisch. Deshalb gehört zur Behandlung von Schimmelpilzbefall unbedingt die abschließende Reinigung unter der Reinluftwerkbank (eine Vorrichtung, in der der abgekehrte Staub sofort abgesaugt und durch mehrere Filterschichten geleitet wird).

## Ablauf einer Schimmelbehandlung

Die Schimmelbehandlung von Archiv- und Bibliotheksgut ist als mehrstufiger Prozess organisiert, während jeder Bearbeitungsstufe sind verschiedene Arbeiten auszuführen. Wie die Abwicklung eines solchen Vorhabens tatsächlich gestaltet wird, hängt jeweils von den konkreten Bedingungen ab.

### Vorbereitung/Angebotserstellung:

- Begutachtung des Schadensbildes vor Ort und Unterbreitung von Behandlungsvorschlägen
- Prüfung, ob der Schimmelpilz noch aktiv ist, welche Schimmelpilzarten vorliegen und welche Gesundheitsgefahren davon ausgehen (teilweise durch externen Gutachter)
- Erstellen eines Behandlungskonzeptes mit Kostenvoranschlag

### Abholung:

- Ausheben der Objekte
- Verpacken der Objekte in spezielle Kartons und evtl. Beigabe von Testsporen
- Transport im Gebäude (des Auftragsgebers) und Verzurren auf Paletten

### Behandlung:

- Sterilisation mit der gewählten Methode (in der Regel wenn aktiver Schimmelbefall vorliegt)
- Externes Labor prüft Restgehalt an Ethylenoxyd (nur bei EO-Begasung) Freigabe erst wenn < 1 ppm
- Externes Labor prüft an Hand der Testsporen, ob die Sterilisation erfolgreich war
- Entfernen der Schimmelsporen unter der Reinluftwerkbank

Jetzt können evtl. beauftragte Zusatzarbeiten wie:

- Umbetten in archivtaugliche Kartonagen
- Metallteile entfernen
- entsäuern
- Rissschließung
- Digitalisierung und/oder Verfilmung ausgeführt werden

### Rücklieferung:

- Verpacken der Objekte in Transportkartons
- Verzurren auf Palette
- Rücktransport zum Kunden
- Transport im Gebäude (des Kunden)
- Zurückstellen der Objekte in die Regale in der ursprünglichen Reihenfolge
- Übergabe externer Prüfberichte und Rechnungsstellung

Die gesamte Behandlung dauert je nach Menge und nach dem gewählten Sterilisierungsverfahren 6 bis 12 Wochen. Hinzu kommt noch der Zeitraum für An- und Abtransport.

Zusammenfassend ist hervorzuheben, dass die mit dem Schimmelpilzbefall verbundenen Probleme (Gefahr für die Gesundheit, Verschleppungsgefahr) so gravierend sind, dass die Bekämpfung unbedingten Vorrang vor allen anderen konservatorischen bzw. restauratorischen Maßnahmen haben muss. Nur Sofort-



maßnahmen bei Wasserschäden stehen in der Dringlichkeit noch darüber.

### **Ausblick**

Mit den vorgestellten Behandlungsmöglichkeiten können auch große Mengen von verschimmeltem Archiv- und Bibliotheksgut objektschonend, bestandserhaltend und für die Gesundheit der Kontaktpersonen

hilfreich behandelt werden. Die teilweise festzustellende Unsicherheit bezüglich Nebenwirkungen der Sterilisierungsmethoden beruht auf Halbwissen und Vorurteilen. Um hier endlich Klarheit zu schaffen, ist eine Untersuchung beider Sterilisierungsmethoden notwendig. Darüber hinaus sollten neue Methoden, wie z. B. die Sterilisation im Vakuum, erst noch ihre Zuverlässigkeit unter Beweis stellen.







# Abbildungsnachweise

## Beitrag von Matthias Frankenstein (S. 15–22)

Abb. 1: [www.speicherstadt-muenster.de](http://www.speicherstadt-muenster.de)  
Abb. 2, 6: Matthias Frankenstein  
Abb. 3–5: Architekturbüro Schoepps und Schlüter

## Beitrag von Volker Hingst (S. 23–28)

Abb. 1: Niedersächsisches Staatsarchiv Bückeburg  
Abb. 2–12: Neschen AG

## Beitrag von Christel Stockmann (S. 29–34)

Abb. 1: Neschen AG  
Abb. 2–7: Christel Stockmann

## Beitrag von Andreas Kieffer (S. 35–40)

Abb. 1–7: Andreas Kieffer

## Beitrag von Ingrid Kohl (S. 41–46)

Abb. 1–8: Ingrid Kohl

## Beitrag von Renate van Issem/Sandra Hildebrandt (S. 47–50)

Abb. 1–9: svt BRANDSANIERUNG GmbH

## Beitrag von Sabine Güttler (S. 51–60)

Abb. 1–11: Sabine Güttler

## Beitrag von Katrin Falkenberg (S. 61–68)

Abb. 2, 3, 5–7: Susanne Fern und Peter Schißler  
Abb. 1, 4: Katrin Falkenberg

## Beitrag von Marcus Janssens (S. 69–76)

Abb. 1, 5, 6, 9–11: Privatbesitz, Slg. Bischoff  
Abb. 2: Neußer Zeitung 4. Okt. 1903  
Abb. 3, 4, 13, 16–18: Stadtarchiv Neuss, Slg. Fotoarchiv Kleu  
Abb. 7: Stadtarchiv Neuss, Slg. Fotoarchiv Kleu, Nr. 12.851  
Abb. 8, 12, 14, 15, 19: Stadtarchiv Neuss

## Beitrag von Nadine Tiel (S. 77–82)

Abb. 1: Stadtarchiv Neuss,  
Abb. 2–9: Nadine Thiel

## Beitrag von Luzius Dinkel (S. 97–104)

Abb. 1, 3–15: Luzius Dinkel  
Abb. 2: abgeändert aus [www.verbatim.com](http://www.verbatim.com)

## Beitrag von Maria Sutor (S. 105–112)

Abb. 1: Festschrift der NAK aus dem Jahr 1931 (mit freundlicher Genehmigung)  
Abb. 2–9: Maria Sutor

## Beitrag von Robert Fuchs (S. 113–118)

Abb. 2–4: Robert Fuchs



# Autorinnen und Autoren dieser Ausgabe

## **Luzius Dinkel**

Schweizerische Nationalbibliothek  
Hallwylstr. 15, CH-3003 Bern  
Tel.: 00 41 / 31 325 0012  
Tel.: 00 41 / 31 322 8463  
luzius.dinkel@nb.admin.ch

## **Katrin Falkenberg**

Mozartstr. 29, 50674 Köln  
Tel.: 02 21 / 9 41 63 59  
katrin.falkenberg@arcor.de

## **Matthias Frankenstein**

Landesarchiv NRW – Technisches Zentrum  
An den Speichern 11, 48157 Münster  
Tel.: 02 51 / 62 06 50–33  
matthias.frankenstein@lav.nrw.de

## **Prof. Dr. Robert Fuchs**

Institut für Restaurierungs- und Konservierungswissenschaften der FH Köln  
Ubierring 40, 50678 Köln  
Tel.: 02 21 / 82 75–34 77  
fuchs@re.fh-koeln.de

## **Sabine Güttler**

Mommsenstr. 23, 50935 Köln  
Tel.: 02 21 / 31 03 315  
Mobil: 01 62 / 38 24 882  
info@restaurierung-papier.de

## **Sandra Hildebrandt**

svt BRANDSANIERUNG GmbH  
Daumstr. 46, 13599 Berlin  
Tel.: 030 / 35 49 20–45  
Mobil: 01 51 / 15 01 62 89  
s.hildebrandt@svt.de

## **Volker Hingst**

Technischer Leiter Archivcentren  
Neschen AG, Archivcenter West  
Ehrenfriedstr. 19, 50259 Pulheim  
Tel.: 01 75 / 436 39 51  
v.hingst@neschen.de

## **Bert Jaček**

Institut für Restaurierungs- und Konservierungswissenschaften der FH Köln  
Ubierring 40, 50678 Köln  
Tel.: 02 21 / 82 75–34 97  
jacek@re.fh-koeln.de

## **Marcus Janssens**

Stadtarchiv Neuss  
Oberstr. 15, 41460 Neuss  
Tel./Fax: 021 31 / 90-42 57  
marcus.janssens@stadt.neuss.de

## **Andreas Kieffer**

Institut für Erhaltung von Archiv- und Bibliotheksgut  
Schillerplatz 11, 71638 Ludwigsburg  
Tel.: 0 71 41 / 18–66 00  
Andreas.Kieffer@LA-BW.de

## **Dr. Johannes Kistenich**

Landesarchiv NRW, Staats- und Personenstandsarchiv Detmold  
Willi-Hofmann-Str. 2, 32756 Detmold  
Tel.: 052 31 / 766–111  
johannes.kistenich@lav.nrw.de

## **Ingrid Kohl**

Albrechtstr. 115, 12167 Berlin  
Tel.: 030 / 25 01 48 33  
kohl.ingrid@web.de

## **Norbert Schempp**

Bestandserhaltung und Schadensanierung  
Max-Planck-Str. 12, 70806 Kornwestheim  
Tel.: 0 71 54 / 2 22 33  
mail@schempp.de

## **Christel Stockmann**

LWL – Archivamt für Westfalen  
Jahnstr. 26, 48147 Münster  
Tel.: 02 51 / 591–66 11  
christel.stockmann@lwl.org

## **Dr. Marcus Stumpf**

LWL-Archivamt für Westfalen  
Jahnstr. 26, 48147 Münster  
Tel.: 02 51 / 591–38 90  
Fax: 02 51 / 591–269  
marcus.stumpf@lwl.org

## **Maria Sutor**

Zur Bergwiese 3, 82152 Planegg  
Tel.: 01 78 / 8 58 17 47  
sutor@konservierung.org

## **Nadine Thiel**

Olpenerstr. 683, 51109 Köln  
Tel.: 01 77 / 7 87 09 01  
nadinethiel@gmx.de





# Anzeige



78. Deutscher Archivtag 2008 in Erfurt  
mit Fachmesse ARCHIVISTICA 2008

## **Bestandserhaltung analoger und digitaler Unterlagen**

16. bis 19. September 2008

Congress Center Erfurt der Erfurter Messe AG  
Gothaer Straße 34  
99094 Erfurt

Weitere Informationen erhalten Sie direkt über den Veranstalter:  
VdA – Verband deutscher Archivarinnen und Archivare e.V.,  
Geschäftsstelle, Wörthstraße 3, 36037 Fulda, Tel. +49 (0)  
661/29109-72, e-mail [info@vda.archiv.net](mailto:info@vda.archiv.net)

[www.vda.archiv.net](http://www.vda.archiv.net)  
[www.archivtag.de](http://www.archivtag.de)







# Farbtafeln

Beitrag von Christel Stockmann (S. 29–34)

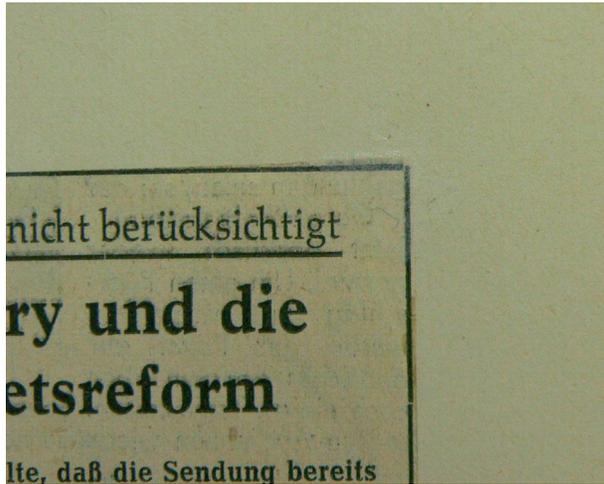


Abb. 3

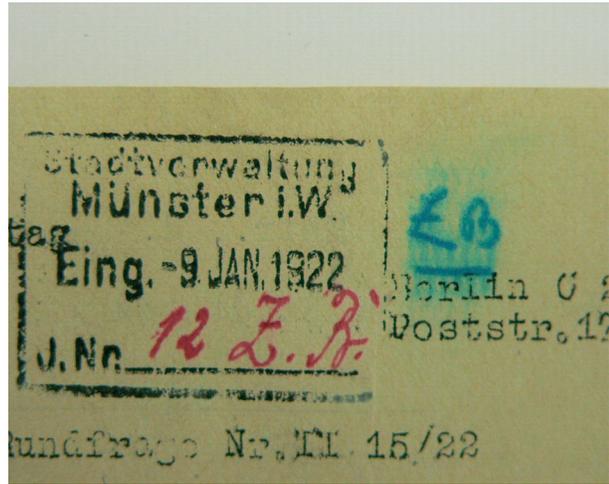


Abb. 6

Beitrag von Sabine Güttler (S. 51–60)



Abb. 10



Abb. 11



Beitrag von Ingrid Kohl (S. 41–46)

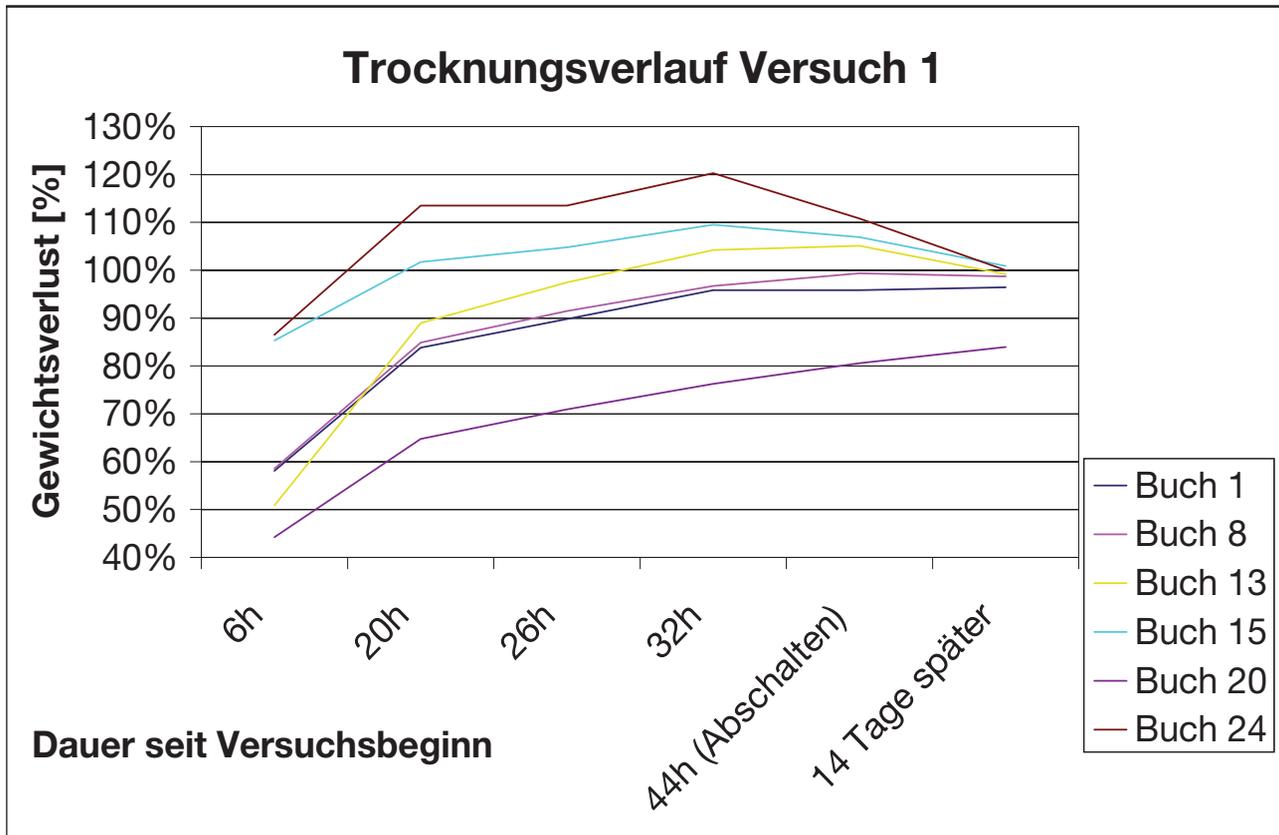


Diagramm 1

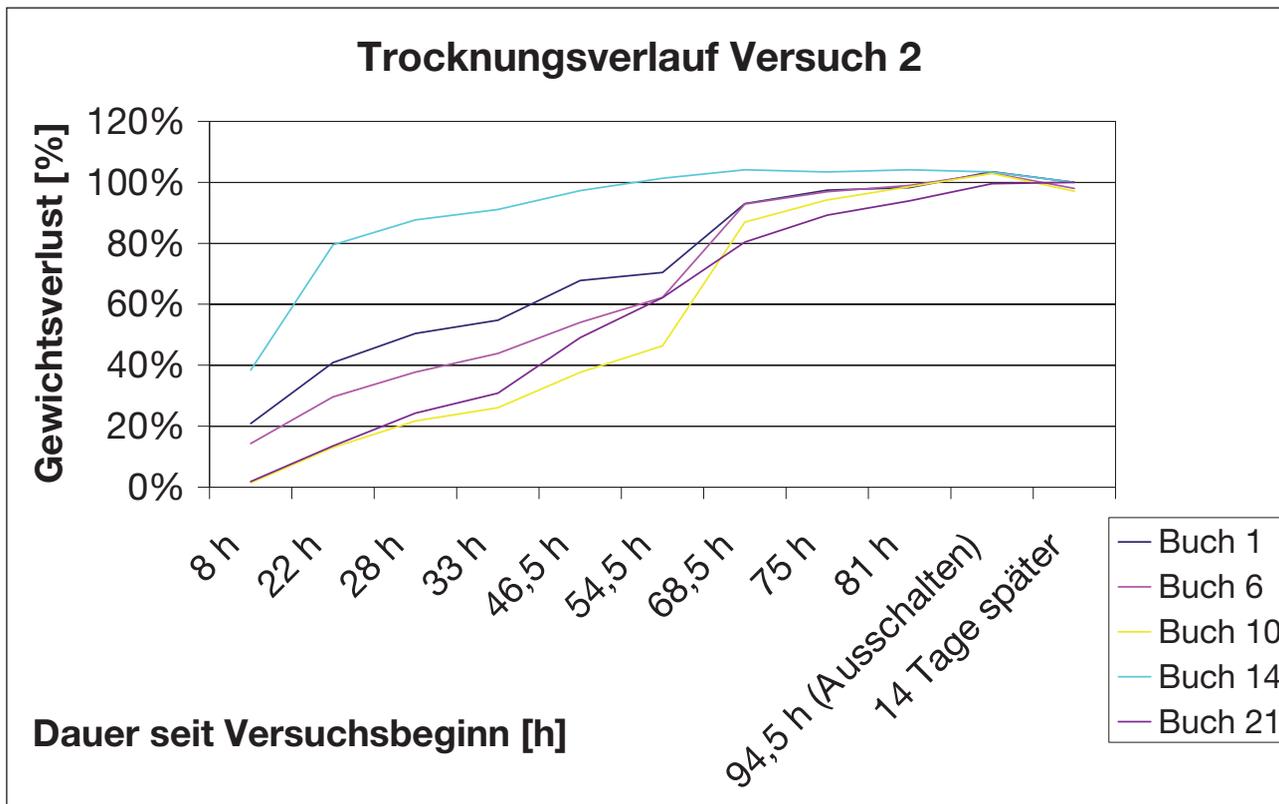


Diagramm 2



Beitrag von Renate van Issem/Sandra Hildebrandt (S. 47–50)



Abb. 3



Abb. 7



Beitrag von Katrin Falkenberg (S. 61–68)

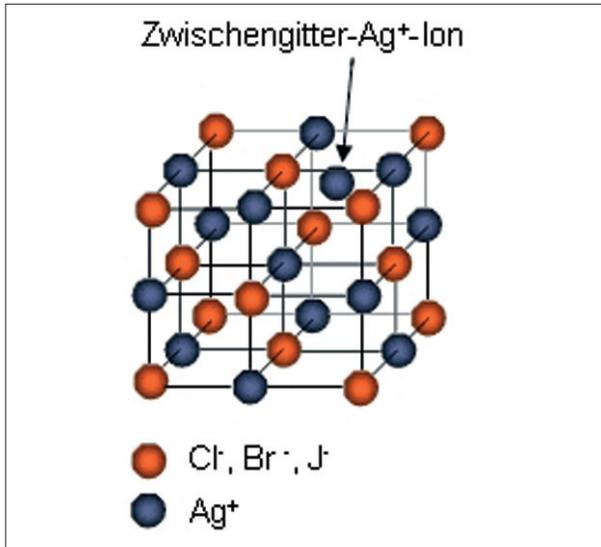


Abb. 1

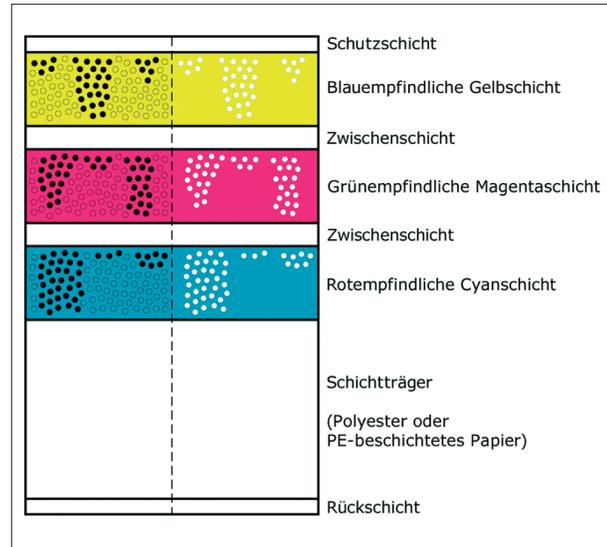


Abb. 5

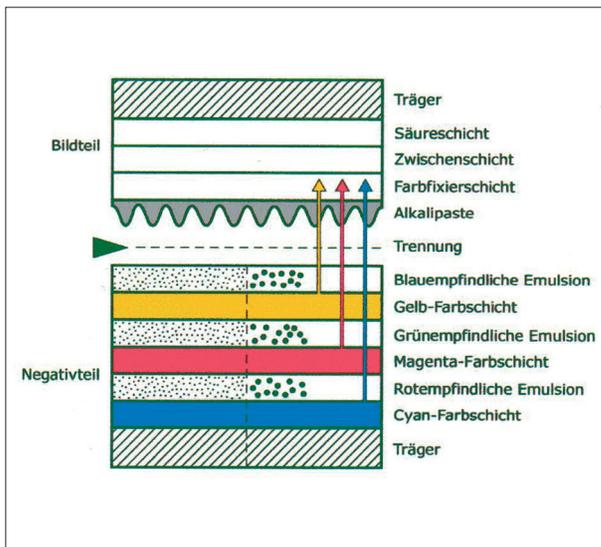


Abb. 6

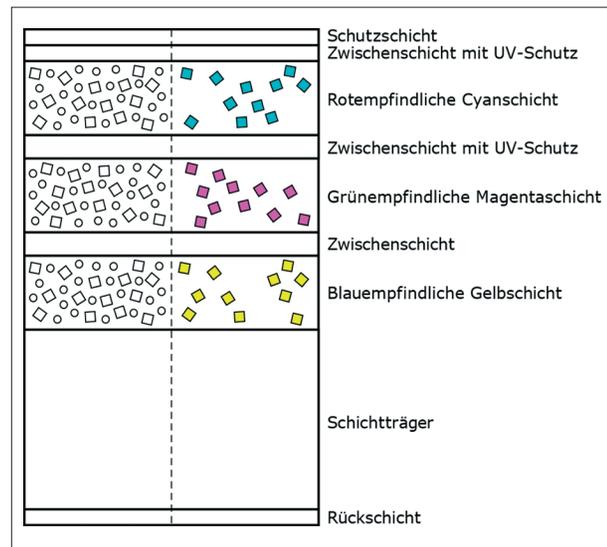


Abb. 7



Beitrag von Marcus Janssens (S. 69–76)



Abb. 12



Abb. 7



Abb. 14



Abb. 8



Abb. 15





Beitrag von Nadine Thiel (S. 77–82)



Abb. 6



Abb. 7



Abb. 8



Abb. 9





Beitrag von Maria Sutor (S. 105–112)



Abb. 4



Abb. 9



Abb. 7



Beitrag von Robert Fuchs (S. 113–118)



Abb. 2

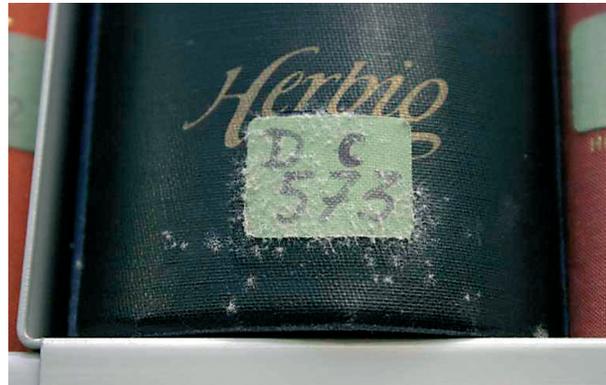


Abb. 3



Abb. 4