

Diplomarbeit

**Schimmelpilzbildung in
Archiven und Depots:
prophylaktische, konservatorische
und restauratorische Maßnahmen, sowie
Schutz für MitarbeiterInnen und BenützerInnen**

von

Barbara Krumpas

betreut von

Dr. Erna Pilch-Karrer

im Fachbereich: Informations- und Wissensmanagement

**Fachhochschul-Studiengang Informationsberufe
Eisenstadt 2006**

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich habe diese Diplomarbeit selbstständig verfasst, alle meine Quellen und Hilfsmittel angegeben, keine unerlaubten Hilfen eingesetzt und die Arbeit bisher in keiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt.

Ort und Datum

Unterschrift

Kurzreferat

Schimmelpilzbildung in Depots ist ein großes Problem für Archive und Bibliotheken. Mikroorganismen gefährden nicht nur das Material sondern auch die Gesundheit von Mitarbeitern und Benützern. Die vorliegende Arbeit bietet einen Überblick über die Lebensbedingungen von Mikroorganismen und über aktuelle Konservierungs- und Restaurierungsmethoden von schimmelpilzbefallenem Material. Ebenso werden kurz Krankheiten beschrieben, die durch Schimmelpilze hervorgerufen werden.

Die Literaturrecherche ergab, dass das Einhalten von optimalen klimatischen Bedingungen in Magazinen einen Befall durch Mikroorganismen verhindern bzw. verzögern kann. Diese Klimabedingungen werden in dieser Arbeit in Zusammenhang mit dem jeweiligen dort gelagerten Material beschrieben.

Im empirischen Teil der vorliegenden Arbeit waren Interviews geplant, die Aufschluss darüber geben sollten, wie Wiener Archive und Bibliotheken mit der Problematik des Schimmelpilzbefalls umgehen. Dazu wurden Bibliotheken bzw. Archive benötigt, die über eine eigene Restaurierungswerkstätte verfügten. Es wurden Interviews mit Dr. Erna Pilch-Karrer (Leiterin der Restaurierungsabteilung des Österreichischen Staatsarchivs) und Mag. Christa Hofmann (Leiterin der Restaurierungsabteilung der Österreichischen Nationalbibliothek) geführt.

Die Ergebnisse aus Literaturrecherche und Gesprächen ergab, dass Maßnahmen zur Erhaltung von optimalen Lagerungsbedingungen wesentlich ökonomischer sind, als die Restaurierung des befallenen Materials. Von den über 200.000 Schimmelpilzarten sind in der Regel nur zwischen 30 und 40 für Bibliotheken und Archive von Relevanz. Durch den in dieser Arbeit gegebenen Überblick über prophylaktische und konservatorische Maßnahmen bei Schimmelpilzbefall, können Bibliothekare und Archivare einen Einblick in relevante Forschungsergebnisse aus der Literatur gewinnen, und sich über die derzeitigen Methoden der Restaurierung informieren.

Schlagwörter: Schimmelpilze, Mikroorganismen, Bestandserhaltung, Konservierung, Restaurierung, Gesundheitsvorsorge, Rechtsaspekte

Abstract

Mould in stock areas is a severe problem for both libraries and archives. Micro organisms not only affect the material but also endanger the employee's and user's health. This paper presents an overview of the living conditions of micro organisms and of the state-of-the-art of conservation and restoration methods of mouldy library material. A short description of illnesses caused by mould and advice for health care is given as well.

A review of the literature revealed the vital climatic conditions to prevent stored library material from micro organisms. These conditions are described in interaction with different materials (paper, parchment and photographs) and the nutritional requirements of mould.

The empirical part of this paper was planned to be based on interviews with librarians and restaurateurs to give an insight of how libraries and archives in Vienna deal with the mould problem. It had to be libraries and archives that had the restoration facilities of their own. Interviews were conducted with Dr. Erna Pilch-Karrer (head of the restoration department of the Austrian State Archive) and Mag. Christa Hofmann (head of the restoration department of the Austrian National Library).

The main outcome of the interviews is that conservation methods to prevent mould are more economical than the restoration of mouldy materials. The interviews also revealed that from over 200.000 species of micro organisms, only between 30 and 40 usually occur in libraries and archives. By describing precautions and treatments for stored library material, librarians and archivists concerned with this topic find an introduction to relevant literature and a starting point for choosing a method for their own use.

Keywords: mould, micro organisms, preservation, conservation, restoration, health care, judicial aspects

Executive Summary

In jeder Bibliothek und in jedem Archiv sind Mikroorganismen anzutreffen. Bei optimalen klimatischen Bedingungen keimen die Schimmelpilze jedoch nicht aus, sondern verbleiben in inaktivem Zustand. Steigen Temperatur und Luftfeuchtigkeit rapide an, ist innerhalb von 24 bis 48 Stunden mit einem sichtbaren Wachstum der Mikroorganismen zu rechnen.

Die zentrale Fragestellung dieser Arbeit ist, welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit Schimmelpilze wachsen können und welche Lagerbedingungen gegeben sein müssen, um deren Auskeimen zu verhindern oder zu verlangsamen. Dabei wurde das Hauptaugenmerk auf jene Schimmelpilzarten gelegt, die häufig in Archiven und Bibliotheken anzutreffen sind.

Die Ziele der Arbeit wurden durch eingehende Literaturrecherche erreicht. Außerdem wurden zwei Interviews mit den Leiterinnen der Restaurierungsabteilungen der Österreichischen Nationalbibliothek, Mag. Christa Hofmann, und des Österreichischen Staatsarchivs, Dr. Erna Pilch-Karrer, durchgeführt. Sie sind beide unmittelbar von der Schimmelpilzproblematik betroffen und in den Prozess der Restaurierung involviert. Weitere Interviews mit Betroffenen aus anderen großen Institutionen waren geplant, wurden jedoch aufgrund der äußerst spezifischen Fragen des Interviewleitfadens wieder verworfen.

Die Ergebnisse aus den Interviews wurden in die jeweiligen Kapitel dieser Arbeit eingeflochten und auch in der Zusammenfassung in seinen wichtigsten Punkten hervorgehoben. Die wesentlichen Erkenntnisse der Arbeit liegen darin, dass in Depots und Magazinen in der Regel dieselben Schimmelpilzarten anzutreffen sind. Ist der Grund für den Befall durch Schimmelpilze bekannt und werden die Arten eindeutig bestimmt, kann eine zielgerichtete Behandlung erfolgen. Die verschiedenen Pilzarten befallen zum Beispiel unterschiedliche Bereiche am Buchblock. Manche siedeln mit Vorliebe an der Leimung des Buches, andere auf dem Schnitt oder am Ledereinband. Meist ist mit einem Befall mehrerer Schimmelpilzarten gleichzeitig zu rechnen. Manche dieser Mikroorganismen sind für den Menschen pathogen, andere

wieder nicht. Jeder Archivar oder Bibliothekar sollte mit den wichtigsten pathogenen Schimmelpilzarten vertraut sein, um geeignete gesundheitliche Maßnahmen veranlassen zu können, damit keine Mitarbeiter durch den Pilz zu Schaden kommen. Dies kann nur in enger Zusammenarbeit mit einem Restaurator erfolgen.

Der Dank der Autorin gilt Dr. Erna Pilch-Karrer für ihre fachliche Unterstützung und wertvollen Informationen und Mag. Christa Hofmann für den Einblick in die Arbeitsweise des Instituts für Restaurierung an der ÖNB.

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG.....	10
2. BESTANDSERHALTUNG	12
2.1. PRESERVATION UND CONSERVATION.....	12
2.2. RESTORATION	13
3. LAGERUNGS- UND KLIMABEDINGUNGEN IN ARCHIVEN UND DEPOTS	15
3.1. BAUPHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN BEI NEUBAUTEN.....	15
3.2. MAKROKLIMATA IN DEPOTS	16
3.2.1. <i>Relative Luftfeuchtigkeit</i>	17
3.2.2. <i>Taupunkt</i>	17
3.2.3 <i>Zusammenwirken von Temperatur und Luftfeuchtigkeit</i>	17
3.3. MIKROKLIMATA IN DEPOTS.....	20
4. ARCHIVALIEN.....	22
4.1. MATERIALVERBUND BUCH	22
4.1.1. <i>Papier</i>	22
4.1.2. <i>Pergament</i>	23
4.1.3. <i>Leder</i>	23
4.1.4. <i>Leime</i>	24
4.2. NON-BOOKS	24
4.2.1. <i>Fotografien und Filme</i>	24
4.2.2. <i>Fotografien</i>	24
5. SCHIMMELPILZE	27
5.1. KLASSIFIZIERUNG.....	27
5.2. ENTWICKLUNG	27
5.3. LEBENSBEDINGUNGEN	28
5.3.1. <i>Substrat</i>	28
5.3.2. <i>Wassergehalt des Substrates</i>	30
5.3.3. <i>pH-Wert</i>	31
5.3.4. <i>Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit</i>	33
5.3.5. <i>Licht</i>	35
5.3.6. <i>Zusammensetzung der Atmosphäre</i>	36
5.4. PRAXISRELEVANTE GATTUNGEN	36
5.5. PAPIERZERSTÖRUNG DURCH SCHIMMELPILZE.....	37
5.6. NACHWEIS VON SCHIMMELPILZEN.....	38

6. SCHIMMELPILZBEHANDLUNG	40
6.1. SOFORTMAßNAHMEN NACH WASSERSCHÄDEN.....	40
6.2. UMGANG MIT NASSEN MATERIALIEN.....	41
6.2.1. <i>Verpackung</i>	41
6.2.2. <i>Transport</i>	41
6.3. TROCKNUNGSMETHODEN	42
6.3.1. <i>Lufttrocknen</i>	42
6.3.2. <i>Verdrängungstrocknen</i>	43
6.3.3. <i>Gefriertrocknen</i>	44
6.4. DEKONTAMINATION DES MATERIALS	45
6.4.1. <i>Mechanische Behandlung</i>	45
6.4.2. <i>Physikalische Behandlung</i>	46
6.4.3. <i>Chemische Behandlung</i>	47
6.5. PRESERVATION ODER RESTORATION?	48
7. GESUNDHEITSVORSORGE	50
7.1. ERKRANKUNGEN DURCH SCHIMMELPILZE	50
7.1.1. <i>Mykosen</i>	51
7.1.2. <i>Mykoallergosen</i>	51
7.1.3. <i>Mykotoxikosen</i>	52
7.2. GESUNDHEITSVORSORGE	52
7.2.1. <i>Schutzmaßnahmen für Mitarbeiter</i>	53
7.2.2. <i>Empfehlungen für die Archiveinrichtung</i>	54
7.3. RECHTLICHE ASPEKTE	56
7.3.1. <i>Zuständigkeiten</i>	56
7.3.2. <i>Rechtliche Konsequenzen</i>	56
8. ZUSAMMENFASSUNG.....	59
9. BIBLIOGRAPHIE.....	62
10. ANHANG	65
10.1. INTERVIEW-LEITFADEN	65
11. LEBENS LAUF	67

Verzeichnis der Abkürzungen

ÖSTA	Österreichisches Staatsarchiv
ÖNB	Österreichische Nationalbibliothek
rF	relative Luftfeuchtigkeit / relative Luftfeuchte

Verzeichnis der Tabellen

TABELLE 1:	
	GRENZWERTE UND SCHWANKUNGSBREITE F. RÄUMLICHKEITEN, NACH SHENTON (2000, P. 113) UND HILBERT (2000, P. 204)..... 18
TABELLE 2:	
	LAGERBEDINGUNGEN VON FILMMATERIAL, NACH KOCH (1994, P. 115)..... 26
TABELLE 3:	
	PH-WERTE DES SUBSTRATES, NACH REISS (1986, P. 41) UND NEUHAUSER (1996, P. 207) 32
TABELLE 4:	
	KARDINALWERTE FÜR DAS WACHSTUM VON SCHIMMELPILZEN, NACH REISS (1986, P. 33F) UND NEUHAUSER (1996, P. 207) 35

1. Einleitung

Ausgangspunkt der Arbeit

Schimmelpilze sind ein großes Problem für Archive und Bibliotheken, da sie sowohl das Material als auch den Menschen gefährden. Schimmelpilze sind Mikroorganismen, die sich jedoch einer eindeutigen biologischen Klassifizierung entziehen. Dementsprechend konzentriert sich die Literatur entweder auf die biologischen Aspekte der Schimmelpilze oder auf deren schädigende Wirkung auf das befallene Material, wobei Schimmelpilzbefall auf filmischen Materialien in der Literatur kaum zu finden ist. Zur Schimmelpilzprophylaxe durch optimale Lagerbedingungen gibt es ausreichend Literatur, wieder mit Schwerpunkt auf Buch und Pergament. Dieser Umstand lässt sich darauf zurückführen, dass in Depots und Magazinen mehrheitlich Papier und Pergament lagern und sich Bibliothekare und Archivare bereits jahrhundertlang mit diesen Materialien beschäftigen.

Zielsetzung

Die Ziele der vorliegenden Arbeit sind, sowohl einen Überblick über Lebensbedingungen von Schimmelpilzen zu geben, als auch grundlegende prophylaktische, konservatorische und restauratorische Maßnahmen zur Schimmelpilzbekämpfung zu erläutern. In diesem Zusammenhang wird auch auf Erkrankungen eingegangen, die Mikroorganismen bei Menschen auslösen können und wie die rechtliche Situation (für Arbeitnehmer und Arbeitgeber) im Falle einer nachweislich durch den Kontakt mit Schimmelpilzen ausgelösten Erkrankung aussieht.

Aufbau der Arbeit

In Kapitel zwei dieser Arbeit werden die Begriffe preservation, conservation und restoration geklärt, die für die gesamte Arbeit von Relevanz sind. Im dritten Kapitel werden bauphysikalische Grundlagen erläutert, die einem Befall durch Mikroorganismen verhindern oder einschränken können. Es wird dabei sowohl auf Altbauten wie auf Neubauten eingegangen. Kapitel vier befasst sich mit der

Beschaffenheit der in Depots und Magazinen üblicherweise gelagerten Materialien. Beschreibstoffe werden dabei ebenso behandelt wie Einbandstoffe und Leime. Auch auf Filme und Fotografien wird kurz eingegangen. Das fünfte Kapitel widmet sich den Schimmelpilzen: ihre Klassifizierung, Lebensbedingungen sowie die wichtigsten praxisrelevanten Gattungen werden beschrieben. Im Kapitel sechs geht es um Methoden der mechanischen, physikalischen und chemischen Behandlung des Schimmelschadens. Anschließend erfolgt im Kapitel sieben eine Aufstellung der wichtigsten Erkrankungen durch Schimmelpilze beim Menschen. Dabei wird auch auf die Hygienemaßnahmen in Magazinen und Werkstätten eingegangen, ebenso wie auf die rechtliche Situation bei nachweislicher Erkrankung durch Mikroorganismen von Mitarbeitern.

Hinweis

Um eine leichtere Lesbarkeit dieser Arbeit zu gewährleisten, wurde (mit Ausnahme des Titelblattes) für personenbezogene Bezeichnungen durchgehend die männliche Form gewählt. Diese bezieht sich jedoch selbstverständlich auch auf das weibliche Geschlecht.

2. Bestandserhaltung

2.1. *Preservation und Conservation*

Die Erhaltung des Bestandes ist neben der Zugänglichkeit eine der zentralen Aufgaben von Archiven und Bibliotheken. Sie hat zum Ziel, das Kulturgut unter optimalen Bedingungen zu lagern, um die Inhalte der Sammlung zu bewahren. Bestandserhaltung und Zugänglichkeit greifen ineinander, und doch ist ihre Beziehung problematisch.

Der englische Begriff *Preservation* umschreibt jene Verfahren, die zum vorbeugenden Schutz der Materialien angewendet werden können. Dazu zählen Maßnahmen, welche die Objekte vor Beschädigungen durch Feuer, Wasser, Transport, Ausleihe und Ausstellung schützen sollen. *Preservation* ist demnach ein Aspekt des Bibliotheksmanagements, und beinhaltet meist großräumig angelegte Aktivitäten und Maßnahmenkonzepte.

„Its objective is to ensure that information survives in an accessible and usable form for as long as it is wanted. In many cases, this implies its survival for the same period of time as the physical medium in which it is contained, such as a manuscript, a printed book, or a photograph.”
(Feather 1996, p. 2)

Audiovisuelle und elektronische Medien gelten als besonders instabil, sind aber leichter, und vor allem ohne Verluste, vervielfältigbar. Die Erhaltung des originären Formats ist in ihrem Fall nicht so wichtig, wie etwa bei Manuskripten und Büchern.

Konservierung (*Conservation*) beschreibt Maßnahmen zur Reduzierung des Fortschreitens bereits bestehender Schäden (endogener und exogener Art) durch Schaffung idealer Klimaverhältnisse im Depotbereich.

„Conservation (...) normally implies the active use of preventative measures, or processes of repair of damaged material, to ensure the continued existence of individual items.” (Feather 1996, p. 2f)

Konservierung ist als Maßnahme zu verstehen, bei der der unersetzbare originale Bestand eines Gegenstandes gesichert wird. Das Ziel der Konservierung ist die Bewahrung des originalen Erscheinungsbildes. Dieses Ziel kann mittels Überwachung der klimatischen Bedingungen, Reduzierung von Licht und Staub sowie mittels Maßnahmen zur Buchpflege erreicht werden. Dabei greifen Konservierungs- und Präventivmaßnahmen ineinander, wobei Vorsorgemaßnahmen Vorrang genießen sollten, da durch sie Substanzverluste verhindert werden können.

2.2. Restoration

Restaurierung (*restoration*) beinhaltet alle Arbeiten zur Wiederherstellung eines Zustandes, in dem ein Objekt wieder benützt werden kann. Restaurierung kommt dort zum Einsatz, wo die Struktur des Objektes selbst betroffen ist, wenn zum Beispiel ein Buch ganz bzw. teilweise zerlegt werden muss. Der Bereich Restaurierung zerfällt je nach Einsatz und Methode in weitere Teilbereiche, die zwar für Restauratoren, nicht jedoch für Bibliothekare und Archivare von Bedeutung sind.

Restaurierung ist oft genug eine Kostenfrage. Die Entscheidung, ob und was repariert wird, ist eine Entscheidung des Bibliotheksmanagements, jedoch wird diese Entscheidung in enger Zusammenarbeit mit dem Bibliothekar/Archivar einerseits und dem Restaurator andererseits getroffen. Der Bibliothekar weiß, wie wichtig das betreffende Objekt für die Sammlung ist und ob es oft benützt wird, der Restaurator liefert die technischen Details zum Material und welche Restaurierungsverfahren angewendet werden können.

„In practice, the cost of restoration, and the use of the rare skills it demands, can be justified only in a very few cases of books of outstanding beauty or importance, whose significance as artefacts is at least as great as their significance as carriers of information.” (Feather 1996, p. 3)

Es gilt als sicher, dass eine vorausschauende Bestandserhaltungspolitik unumgänglich ist, wenn die gelagerten Objekte vor Schaden bewahrt werden sollen.

„Diese Bestandserhaltungsarbeit (...) scheint bei oberflächlicher Betrachtung wesentlich teurer zu sein als kurzfristige billige Reparaturen. Bei näherer Betrachtung und auf lange Sicht gesehen stellt sie sich jedoch als kostengünstiger heraus.“ (Mayer 1991, p. 5)

Die Zerfallsprozesse, denen die in Depots gelagerten Materialien ausgesetzt sind, lassen sich durch optimale Lagerungsbedingungen aufhalten bzw. verzögern und das Schadensausmaß verringern. Die dabei für die Bibliothek entstehenden Kosten lassen sich präzise berechnen. Die Alterungs- und Zerfallsprozesse der Materialien sind komplexer Natur. Verursacht werden sie durch ein Zusammenwirken von chemischen (Holzschliff, Leimung), biologischen (Mikroorganismen und tierische Schädlinge) und physikalische Faktoren (Tageslicht, Feuchtigkeit Temperatur). Im folgenden Kapitel wird auf die physikalischen Faktoren eingegangen, beginnend mit den baulichen Prinzipien von Depots bis zu den optimalen Klimabedingungen.

3. Lagerungs- und Klimabedingungen in Archiven und Depots

3.1. Bauphysikalische Grundlagen bei Neubauten

Die bauphysikalischen Mindestanforderungen lassen sich nach Leimer (2005, p. 314) in folgende Teilbereiche unterteilen:

- Mindestwärmeschutz und klimabedingter Feuchteschutz
- Energiesparender Wärmeschutz
- Ausbildung der Baukonstruktion nach raumklimatischen Gesichtspunkten

Diese Mindestanforderungen sind nach DIN 4108 gefordert und sollen den in Bibliotheks- und Archivbauten gelagerten Bestand sowohl vor Witterungseinflüssen von außen als auch vor Gebäudenutzung von innen und somit vor Schäden durch Feuchtigkeitsbildung schützen. Neben den Mindestanforderungen gelten darüber hinaus weitere Richtlinien bezüglich eines energiesparenden Wärmeschutzes nach ISO-CD-Norm 11799 „Anforderungen an die Aufbewahrung von Archiv- und Bibliotheksgut“. Diese Maßnahme hat zum Ziel, die Heizenergie, die zur Aufrechterhaltung eines optimalen Raumklimas benötigt wird, auf ein Mindestmaß zu reduzieren und somit die vom Gesetzgeber vorgegebene Energiebilanz des Gebäudes zu gewährleisten.

Das bauklimatische Gebäudeverhalten soll die thermische Stabilität eines Gebäudes oder Raumes gewährleisten. Diese wird beeinflusst durch den Fensterflächenanteil an den Außenwänden, die Intensität des Luftaustausches mit der Umgebung, dem Wärmespeichervermögen und den hygroskopischen Eigenschaften der Bauteile. Durch die Umsetzung der bauphysikalischen Anforderungen wird der Anteil der freien Klimaregulierung des Gebäudes gesteigert und der Bedarf an technischen Eingriffen zur Herstellung des gewünschten Raumklimas reduziert. (vgl. dazu Leimer 2005, p. 316)

„Ein Versagen oder gar ein Ausfall von Anlagenkomponenten kann von einem Baukörper mit großer thermischer Stabilität besser abgefangen werden, ohne dass ein kurzfristiges Klimachaos auftritt.“ (Leimer 2005, p. 316)

Auf einen Lichtschutz durch die Möglichkeit der Abdunklung und Isolierung von Fensterflächen mittels Vorhängen, Jalousien, Blenden oder Fensterläden ist ebenso Wert zu legen, wie auf die Verwendung „objektschonender“ Beleuchtungskörper. Mikroorganismen benötigen zum Auskeimen zwar kein Licht, jedoch kann eine Lichtquelle gleichzeitig eine Wärmequelle sein, weshalb Glühlampen mit Hitzefiltern und Glasfaserbeleuchtungssysteme als Beleuchtung am besten geeignet sind.

Jäger (2000) weist darauf hin, dass wärmehemmende Baumaßnahmen nicht zu Lasten einer kontinuierlichen Frischluftzufuhr gehen dürfen. Ist eine solche nicht möglich, ist eine automatische Raumlüftung unverzichtbar. Aufgrund der nicht zu verhindernden Staubbildung in geschlossenen Räumen ist eine Kombination aus Lüftungsanlage und Umluftreinigung zu empfehlen. Als Ersatz können auch Be- und Entfeuchtungsgeräte mit Feinstaubfiltern herangezogen werden.

3.2. Makroklimata in Depots

Das Klima in Magazinen wird von der Raumlufttemperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit der Raumluft, der Oberflächentemperatur von Böden, Wänden und Decken, der Intensität und Art der Heizung sowie Zuglufterscheinungen beeinflusst. Um ein optimales Raumklima zu schaffen, müssen alle genannten Faktoren gleichermaßen berücksichtigt werden. Regelmäßige Klimakontrollen zur Temperatur- und Feuchtigkeitsmessung, Luftfilterung zur Elimination schädigender Substanzen und regelmäßige Reinigungs- und Desinfektionsarbeiten tragen zum Erhalt der optimalen Lagerungsbedingungen bei.

3.2.1. Relative Luftfeuchtigkeit

Die Menge an Wasserdampf, die Luft enthalten kann, ist abhängig von deren Temperatur. Bei 20°C kann die Luft bis zu 17,5g Wasser als Dampf in einem m³ enthalten. Die relative Luftfeuchte beträgt dabei 100%, die Luft ist gesättigt. Beträgt die Lufttemperatur nur 0°C, kann sie bis zum Erreichen der relativen Luftfeuchte von 100% nur bis zu 5,0g Wasser als Dampf pro m³ aufnehmen. Wird die Luft nun von 0°C bei 100% relativer Luftfeuchtigkeit auf 20°C erwärmt, so sinkt die rF auf $5,0/17,5 = 28,6\%$, die Luft wird also trockener (nach Lotz 2001, p. 13).

Wird die rF von 100% überschritten, kommt es zur Bildung von Nebel, der sich an kühlen Oberflächen niederschlägt und Kondenswasser bildet. Dieses Kondenswasser wird von saugfähigen Flächen aufgenommen.

Als absolute Luftfeuchtigkeit wird die Wasserdampfmenge in Gramm pro m³ Luft bezeichnet.

3.2.2. Taupunkt

Kann die Luft kein zusätzliches Wasser mehr aufnehmen, spricht man vom Taupunkt. Dieser ist abhängig von der Lufttemperatur (Tautemperatur). Die Oberflächentemperatur von Flächen wird mit der Tautemperatur verglichen. Sinkt die Temperatur der Oberfläche unter die Tautemperatur, bildet sich Kondensat. Es muss also darauf geachtet werden, dass die Außenbauteile so gut wärmegeämmt sind, dass die Oberflächentemperatur die Tautemperatur nicht unterschreitet. (nach Lotz 2001, p. 13)

3.2.3 Zusammenwirken von Temperatur und Luftfeuchtigkeit

Für einen dauerhaften Schutz der Materialien sind zum einen Grenzwerte hinsichtlich der Raumtemperatur und relativen Luftfeuchtigkeit, zum anderen Grenzwerte bezüglich deren Schwankungsbreite einzuhalten. Shenton (2000, p. 113)

gibt Grenzwerte und Schwankungsbreite für die Räumlichkeiten an und Hilbert (2000, p. 204) spezifiziert anhand der gelagerten Materialien wie folgt:

	Relative Luftfeuchtigkeit	Temperatur
Depot und Magazin allgemein	50% (\pm 5%)	17°C (\pm 1°C)
Papier	40-50%	
Pergament	55-60%	
Öffentlicher Bereich inkl. Lesesäle	50% (\pm 5%)	21°C (\pm 1°C)
Ausstellungsbereich	50% (\pm 5%)	19°C (\pm 1°C)
Fotografisches Material	45% (\pm 2,5%) ¹ 30-45% ²	15°C (\pm 1°C)

Tabelle 1: Grenzwerte und Schwankungsbreite f. Räumlichkeiten, nach Shenton (2000, p. 113) und Hilbert (2000, p. 204)

Das Einhalten der relativen Luftfeuchtigkeit besitzt von allen konservatorischen Anforderungen die höchste Priorität. Jedes gelagerte Material besitzt unterschiedliche hygroskopische Eigenschaften und benötigt deshalb unterschiedliche Grenzwerte für die Luftfeuchtigkeit. Meist ist nur eine Kompromisslösung möglich. Papier ist toleranter gegenüber niedriger Luftfeuchtigkeit als Pergament. Filme und fotografische Materialien nehmen bei zu hoher Luftfeuchtigkeit leicht Schaden. In der Literatur wird daher für Bibliotheken und Archive eine stabile, niedrige Luftfeuchtigkeit von 40-60% angegeben.

Saisonale Schwankungen (Schwankungen zwischen Winter und Sommer) werden von Leimer (2005, p. 316) als geringere Gefährdung für den Bestand angesehen als kurzzeitige Schwankungen innerhalb eines Tages. Als oberen Grenzwert gibt er $\leq 2,5\%$ Schwankungsbreite pro Stunde an, als maximale Änderung während eines Tages $\leq 5\%$. Auch Hilbert (2000, p. 202) gibt an, dass Schwankungen der relativen Luftfeuchtigkeit im Zusammenhang mit dem dynamischen Verhalten des Materials gesehen werden müssen. Schwankungen, die nicht länger als eine Stunde dauern, seien für die Objekte als nicht gefährdend einzustufen.

¹ nach Shenton (2000, p. 113)

² nach Hilbert (2000, p. 204)

„Man kann also hygroskopisches Material innerhalb des (...) Sicherheitsbereichs mit einiger Geduld und ohne nennenswerte Gefährdung an eine veränderte rF adaptieren. (...) Selbstverständlich ist es auch erforderlich, sich über die klimatische Vorgeschichte einer Neuerwerbung, einer Leihgabe u. derg. zu informieren, um gegebenenfalls einen Adaptionsprozess einzuleiten. Man gefährdet ein Objekt beispielsweise erheblich, wenn es nach jahrelanger Aufbewahrung in einer rF von 40% unvermittelt in einen auf 55% klimatisierten Raum verbracht wird.“ (Hilbert 2000, p. 204f.)

Das Problem der kurzfristig schwankenden rF stellt sich in jedem Archiv bzw. jeder Bibliothek, sobald ein Objekt aus den kühlen Depot ausgehoben und in den wärmeren Benützungsbereich gebracht wird. Dabei kann es zu Kondenswasserbildung kommen, welches ein Ansteigen des Wassergehalts im Papier bewirkt. Steigt die Feuchtigkeit im Papier über 16%, und ist die Raumtemperatur gleichzeitig über den Grenzwerten, bietet sie Mikroorganismen ideale Keimungs- und Vermehrungsbedingungen (vgl. Mann 1994, p. 12).

Als Faustregel gilt: Je höher die Temperatur, desto schneller laufen chemische Prozesse ab. Für die Erhaltung des Bestandes ist es also unumgänglich, regelmäßige Klimakontrollen mittels eichbarer Thermohygrographen durchzuführen, um auf Schwankungen der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit möglichst schnell reagieren zu können. Zur Regulierung des Raumklimas werden Luftbefeuchtungs- bzw. Luftentfeuchtungsgeräte und Ventilatoren eingesetzt, die gleichzeitig für eine gute Luftzirkulation zwischen den Regalen sorgen.

Optimale Lagerungsbedingungen herrschen nur bei völlig homogener Temperaturverteilung innerhalb des Raumes vor. Diese wird ausschließlich in Räumen erreicht, in denen eine ausgeprägte Luftbewegung vorherrscht und wenn die Oberflächentemperatur aller Wände des betreffenden Raumes etwa derjenigen der Raumluft entspricht. Ist die Luftzirkulation zu gering, können sich in der Nähe kalter Flächen in Ecken Bereiche mit kühler, stehender Luft und höherer relativer Luftfeuchtigkeit, und an Wärme abgebenden Flächen Bereiche mit warmer,

aufsteigender Luft mit niedrigerer Luftfeuchtigkeit entwickeln (vgl. Hilbert 2000, p. 200). Im Bereich des Makroklimas eines Depots kann es somit zur Bildung von Mikroklimata kommen, die das Material gefährden können.

3.3. Mikroklimata in Depots

Um die Ausbildung von Mikroklimata zu vermeiden, müssen sowohl bauliche als auch einrichtungstechnische Aspekte beachtet werden (vgl. dazu Strebel, 1995, p. 34ff., Mann, 1994, p. 14, Lotz, 2001, p. 15)

- Aufstellen von Klimaüberwachungsgeräten über dem Boden, in Distanz zu Ventilatoren, Heizung, Lüftung, Kühl- und Befeuchtungsgeräten, Türen und Fenstern, um homogene Werte messen zu können. Diese Geräte müssen kalibrier- und eichbar sein. Es ist außerdem ratsam, in regelmäßigen Abständen mit mobilen Geräten Temperatur und Luftfeuchtigkeit in den Regalen und in versteckten Winkeln zu überwachen, um festzustellen, ob kritische Bereiche innerhalb des Magazins bestehen.
- Rollregale sollten nicht über Wochen hinweg geschlossen bleiben. Durch zu geringe Luftzirkulation wird ein Entstehen von Mikroklimata bevorzugt. Vor allem in Kompaktregalanlagen, aber auch in Archivboxen herrscht ein vom Raumklima abweichendes Mikroklima. Die Feuchtigkeitswerte können an diesen Stellen um 5-15% erhöht sein.
- Das Aufstellen von Regalen muss in ausreichendem Abstand zu den Gebäudewänden erfolgen, um einerseits Luftzirkulation zu gewährleisten, andererseits um zu verhindern, dass Feuchtigkeit von den Wänden in die Objekte dringt.
- Die Objekte in den Regalen sollen mit einem Mindestabstand von 5cm zur Regalrückwand gelagert werden.

Durch Klimakontrolle und deren Auswertung erwachsen dem Bibliothekar/Archivar neue Aufgaben.

„Sofern man nicht über einen besonders ausgebildeten technischen Hausmeister verfügt, wird der Bibliothekar durch die Klimaüberwachung ganz neu gefordert.“ (Bepler 1998, p. 84)

Der Bibliothekar sollte nicht nur über bauphysikalische und climatechnische Grundlagen Bescheid wissen, er sollte außerdem über die Beschaffenheit der gelagerten Materialien informiert sein, um die Gefährdung der Objekte durch Klimaschwankungen besser einschätzen zu können.

4. Archivalien

4.1. Materialverbund Buch

Ein Buch ist ein komplexes System unterschiedlicher Materialien. Zur Herstellung eines Buchblocks wird zunächst ein geeigneter Schriftträger benötigt (Papier, Pergament), sowie Einbandhilfsstoffe wie Heft- und Hinterklebematerialien und Klebstoffe. Der äußere Einband besteht aus einem festen Deckelmaterial (Pappe, Holz), dem Bezugsstoff (Leder, Pergament, Gewebe, Papier) und Klebstoffen, die Deckelmaterial und Bezugsstoff fixieren. Für Schließen und Beschläge wird fast immer Metall verwendet. All diese Stoffe haben recht unterschiedliche, materialbezogene Feinde. Daraus resultieren unterschiedlichste Schadensbilder. Auch kann es zu Folgeschäden kommen, wenn ein ursprünglich nicht betroffener Stoff befallen wird (vgl. Mayer 1991, p. 7)

4.1.1. Papier

Papier besteht zum größten Teil aus Zellulose. Der Gehalt an weiteren Bestandteilen, wie Lignin, Hemizellulosen, Pektinen, Wachsen, Tanninen, Proteinen und Mineralstoffen hängt vom bei der Herstellung verwendeten Ausgangsmaterial ab. Bei der Papierherstellung wird der aus Holz gewonnene Zellstoff mit Wasser zu einem Brei verrührt, geformt und getrocknet. Bei hochwertigen Papieren wird nach Hilbert (2000, p. 291) Barium- und Calciumsulfat sowie Kaolin und Harzseifen (Kolophonium) zugesetzt. Billige Papiersorten enthalten bis zu 90% Holzschliff. Der hohe Ligningehalt bei Holzschliffpapieren bewirkt im Laufe der Zeit ein Vergilben des Papiers.

Zellulosefasern sind extrem saugfähig und daher nicht beschreibbar. Sie müssen erst mit Leim überzogen werden, um einen geeigneten Schriftträger zu bieten. Zu Beginn des 19. Jahrhunderts wurde dieser Leim aus Aluminiumsulfat hergestellt, dessen Nachteil ein Ansteigen des Säuregehalts im Papier war.

Sowohl die Zellulose selbst, als auch Papierhilfsstoffe, wie tierischer und pflanzlicher Leim, bieten eine gute Nahrungsgrundlage für Mikroorganismen. Hilbert (2002, p.

290) weist darauf hin, dass der Grad der Verunreinigungen im Papier ausschlaggebend für einen Befall durch Mikroorganismen ist: je mehr Verunreinigungen, desto höher die Anfälligkeit. Zudem reagiert Papier hygroskopisch, was den Befall durch Mikroorganismen zusätzlich erleichtert.

Im Mittelalter wurde Papier aus Hadern und Lumpen hergestellt, die aus Flachs (Leinen) und Hanf bestanden. Die Resistenz der Fasern gegen einen Befall durch Mikroorganismen ist abhängig von deren Zellulosegehalt, der Länge der Zelluloseketten und ihrer kristallinen Struktur. Anteile von Lignin und Wachsen erhöht die Biostabilität (vgl. Hilbert 2002, p. 291).

4.1.2. Pergament

Pergament ist eine alkalisch aufbereitete und unter Spannung getrocknete Tierhaut. Es wird aus ungegerbten, geschabten und geölten Esels-, Ziegen- und Kalbshäuten hergestellt. Es besteht aus Kollagenen, Keratinen (Skleroprotein), Albuminen und Globulinen. Die Stabilität des Kollagens im Pergament hängt von der Temperatur, der Feuchtigkeit, dem pH-Wert und der Belastung durch UV-Strahlen ab. Besonders empfindlich reagiert Pergament auf Schwankungen der relativen Luftfeuchte. Wird es zu trocken gelagert, kommt es zu Versprödung und Verhornung, das Pergament zieht sich zusammen. Bei einer Aufbewahrung bei Temperaturen über 22°C und einer relativen Luftfeuchte von 65% kann das Kollagen im Pergament enzymatisch zu Gelatine abgebaut werden (vgl. Hilbert 2002, p. 292). Bei guter Lagerung stellt Pergament einen enorm widerstandsfähigen Schriftträger dar.

4.1.3. Leder

Im Gegensatz zu Pergament wird Leder durch Gerben und weiteren Zurichtungen der Tierhaut hergestellt. Daher ist es wesentlich formstabiler als Pergament, die Empfindlichkeit gegenüber Wasser bzw. Luft ist stark herabgesetzt. Es ist im Allgemeinen aber weniger haltbar als Pergament. Durch die Chemie beim Gerbprozess und die offene Struktur des Materials unterliegt es chemischen Alterungsprozessen, die zu Veränderungen der mechanischen Eigenschaften führen.

Die Struktur ist fasrig-porös und luftdurchlässig, wodurch es 28% seiner Masse an Wasserdampf adsorbieren und reversibel abgeben kann (vgl. Hilbert 2002, p. 292). Durch sein Vermögen Wasser speichern zu können, ist es anfällig für einen Befall durch Schimmelpilze.

4.1.4. Leime

Tierische Leime, die aus Häuten, Knochen, Leder- und Pergamentabfällen und Schwimmblasen von Fischen hergestellt werden, sind ebenfalls anfällig für Schimmelpilzbefall.

4.2. *Non-books*

4.2.1. Fotografien und Filme

Fotografisches Material kann in vielfacher Art und Weise Bestandteil des Sammlungsgutes sein: Filme, Dias, Mikrofiche, usw. Sie unterscheiden sich in ihrer chemischen Zusammensetzung, welche auch Auswirkungen auf ihre Lagerungsbedürfnisse hat.

4.2.2. Fotografien

Eine Fotografie besteht aus drei Komponenten: dem bilderzeugenden Element, dem Bindemittel und dem Trägermaterial. Zur **Bilderzeugung** wird meist Silber verwendet, bei modernen Farbfilmen und chromogenen Schwarz-Weiß-Filmen werden auch organische Farbstoffe benützt. Silber reagiert leicht mit Wasserstoffsulfid (H_2S), wodurch das schwarze Silbersulfid gebildet wird, der meist als bräunlicher Schleier beginnt. Organische Farbstoffe haben die Tendenz, bei Licht-, Wärme- oder Feuchtigkeitseinfluss auszubleichen. Für diese Arbeit sind die entstehenden Schäden jedoch nicht relevant, da sie nicht durch den Befall durch Mikroorganismen ausgelöst werden.

Die bilderzeugenden Materialien sind in ein **Bindemittel** (Gelatine, Albumin, Gummi Arabicum oder Kollodium) eingebettet. Gelatine wird aus Tierknochen und

-häuten hergestellt und ist sehr feuchtigkeitsempfindlich. Sie quillt bei Wasseraufnahme auf und bietet Mikroorganismen ein ausgezeichnetes Nährsubstrat.

„Gelatin binders are a food source for insects and micro-organisms and as such may display attack by mold and fungus as well as insect and rodents. Conditions of high relative humidity promote the attack by fungi and mold, the resulting deterioration includes a loss of the image, the conversion of the gelatine into a water-soluble intermediate material, and staining and discoloration of the support layer.” (Rempel 1987, p. 61)

Ähnliches gilt auch für Albumin, das im vorigen Jahrhundert, vor Entwicklung der Gelatineemulsion, verwendet wurde. Es wurde aus Hühnereiklar hergestellt, und bietet Mikroorganismen bei falscher Lagerung ebenfalls einen guten Nährboden. Kollodium ist eine Lösung von Nitrozellulose in einem Alkohol-Äther-Gemisch. Es ist relativ unempfindlich gegenüber Umwelteinflüssen und Mikroorganismen, jedoch besitzt es die unangenehme Eigenschaft, sich durch Abgabe von Nitrogendioxid selbst zu zersetzen. Bei Feuchtigkeit wird bei diesem chemischen Prozess, der sowohl temperatur- als auch feuchtigkeitsabhängig ist, Salpetersäure gebildet. (vgl. Koch 1994, p. 108)

Als **Trägermaterial** kann Metall, Glas, Kunststoff oder Papier verwendet werden. Glas ist von den genannten Materialien das beständigste, Metall kann bei falscher Lagerung korrodieren, beide sind gegenüber Mikroorganismen unempfindlich. Auf die Eigenschaften von Papier wurde bereits unter Punkt 4.1.1. dieser Arbeit eingegangen. Bei den polymeren Trägermaterialien wurden Zellulosenitrat, Azetatzellulose und Polyester verwendet. In der Literatur wurde bei diesen Materialien kein Schaden durch Mikroorganismen genannt.

Fotographische Materialien sind aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung einer Vielzahl von Zerstörungsprozessen ausgesetzt. Gegen den Befall durch Schimmelpilze oder Bakterien müssen die Grenzwerte für Feuchtigkeit und Temperatur eingehalten werden. Eine zu hohe Luftfeuchtigkeit kann zu mikrobieller

Zerstörung bzw. Erweichung der Emulsionen führen. Bei zu geringer Luftfeuchtigkeit entstehen im Material Spannungen durch das Zusammenziehen der Emulsionen, welche Risse, Krakeleebildung und Lösung vom Trägermaterial hervorrufen kann. Prinzipiell gilt: die Lagerungstemperatur sollte nicht 21°C und die relative Luftfeuchtigkeit nicht 50% überschreiten. Koch (1994, p. 115) gibt folgende Empfehlung zur Lagerung der Materialien ab:

	Temperatur		Relative Luftfeuchtigkeit	
	ideal	akzeptabel	ideal	akzeptabel
Schwarz-Weiß Material, Film	5°C - 8°C	15°C – 20°C	25-30%	20-40%
Schwarz-Weiß Material, Papier	5°C - 8°C	15°C – 20°C	25-30%	20-40%
Nitratfilm	6°C - 8°C	15°C – 20°C	30-40%	30-40%
Kollodiumplatten	6°C - 8°C	15°C – 20°C	30-40%	30-40%
Farbfilm / Dias	-5°C	13°C – 15°C	25-30%	30-40%
Farbpapier	5°C – 15°C	13°C – 15°C	25-30%	20-40%

Tabelle 2: Lagerbedingungen von Filmmaterial, nach Koch (1994, p. 115)

Ideal für fotografische Materialien ist ein ruhendes Archiv, das frei von oxidierenden Gasen, Peroxiden, Schwefelverbindungen, Ozon und Staubpartikeln ist.

In vielen Bibliotheken und Archiven lagern die oben genannten Materialien in einem Raum. In der Praxis werden deshalb mehrheitlich Kompromisslösungen den optimalen Lagerbedingungen der einzelnen Materialien vorgezogen. Ein solcher Kompromiss ist für die Objekte an sich nicht schädlich, jedoch muss der Schwankungsbereich für Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit eingeschränkt werden, um keines der empfindlicheren Materialien zu gefährden. Prinzipiell kann jedes der gelagerten Materialien in Depots und Magazinen von Mikroorganismen befallen werden. Es ist daher auch für Bibliothekare und Archivare unumgänglich, sich mit der Natur der Schimmelpilze eingehender zu beschäftigen.

5. Schimmelpilze

5.1. Klassifizierung

Die für diese Arbeit relevanten Pilze (Mycota) werden auch als Mikroorganismen bezeichnet, da sie in allen Entwicklungsstadien mikroskopisch klein sind und sich nur mit mikrobiologischen Methoden charakterisieren lassen. Sie sind weder dem Pflanzen- noch dem Tierreich zuzuordnen, sondern bilden ein eigenes Reich. Die Pilze werden in echte Pilze und Schleimpilze unterschieden (vgl. Hilbert 2002, p. 298):

a) **echte Pilze** (Eumycota)

- Ständerpilze (Basidiomycota)
- Schlauchpilze (Ascomycota)
- Unvollständige Pilze (Deuteromycota oder Fungi imperfecti)
- Jochpilze (Zygomycota)

Die ersten drei zählen zu den Makropilzen („höhere Pilze“), der Jochpilz ist ein Mikropilz und zählt zu den „niederen Pilzen“.

b) **Schleimpilze** (Myxomycota)

Diese Pilzart ist vor allem in Museen, besonders in den dort verwendeten Luftbefeuchtern und in den Befeuchtungseinrichtungen der Klimaanlage zu finden.

Schimmelpilze zählen zum überwiegenden Teil zu den Deuteromycota. Einige sind den Ascomycota und Zygomycota zuzuordnen. Sie besiedeln mit Vorliebe die Oberflächen von Materialien.

5.2. Entwicklung

Echte Pilze durchlaufen folgende Stadien:

- Spore
- Pilzfaden (Hyphe)
- Fadengeflecht (Mycel)
- Fruchtkörper

Sporen sind mikroskopisch kleine Fortpflanzungszellen, die sehr zahlreich gebildet werden, fast immer vorhanden sind und verschiedenen Formen und Farben aufweisen können. Sporen der Ascomycota und Basidiomycota entstehen sexuell (sie werden als Asco- bzw. Basidiosporen bezeichnet), Sporen der Deuteromycota entstehen asexuell und werden als Konidien bezeichnet. Zum Auskeimen benötigen die Mikroorganismen eine hohe Luftfeuchtigkeit (über 70% rF). Die Sporen keimen unter Wasseraufnahme und quellen aus. Die daraus entstehende Keimhyphye – eine röhrenförmige Pilzzelle – kann bereits vorhandenes Material besiedeln. Pilze sind aerob, ihnen fehlt das zur Photosynthese benötigte Chlorophyll. Daher sind sie zur Energiegewinnung auf das Abbauen von totem und/oder lebendem Material angewiesen (heterotrophe Organismen). Wachstum findet nur in den Spitzen der Hyphye statt.

Die Hyphen lagern sich zu einem Mycel (Fadengeflecht) zusammen, welches den eigentlichen Pilzkörper darstellt und den Materialabbau verursacht. Die Fruchtkörperbildung beginnt mit gewebeartigen Verbänden des Mycels. Diese tragen das Sporenlager auf innen liegenden oder äußeren Oberflächen.

5.3. Lebensbedingungen

5.3.1. Substrat

Schimmelpilze siedeln sowohl auf organischen Stoffen pflanzlicher als auch tierischer Herkunft.

- **Papier**

Bereits bei Beginn des Herstellungsprozesses wird die Zellulosemasse mit den verschiedensten Mikroorganismen infiziert. Je mehr Verunreinigungen das Papier aufweist, desto anfälliger ist es gegenüber einem Befall. Sämtliche in der Natur vorkommende zelluloseabbauende Mikroorganismen können auch Papier befallen.

- **Pergament**

Pergament besteht aus Kollagenen, Keratinen, Albuminen und Globulinen. Kollagen besteht nicht nur aus Protein, sondern enthält auch ca. 1% Polysaccharide, die sich

aus den Zuckern Galactose und Glucose zusammensetzen. In Schafshaut ist ein größerer Fettanteil vorhanden, der aus Wachsen, Triglyceriden, Phospholipiden und Fettsäuren besteht. Antikes Pergament hat sich nach Hilbert (2000, p. 292) als widerstandsfähiger erwiesen, da es einen für Bakterien ungünstigen pH-Wert hat. Die Stabilität – und damit die Widerstandsfähigkeit – des Kollagens hängt von der Temperatur, der Feuchtigkeit und der Belastung durch UV-Strahlen ab. Auch die Einwirkung einiger Desinfektionsmittel, die die Struktur des Kollagens verändern, kann das Pergament anfälliger gegenüber einem Befall durch Mikroorganismen machen.

- **Leder**

Durch seine Fähigkeit, Wasser speichern zu können, ist Leder besonders anfällig für Schimmelpilzbefall. Ledersorten, die durch Lohgerbung (mittels Pflanzengerbstoffen) hergestellt wurden, sind anfälliger für einen Befall als mit basischem Chromsulfat hergestellten Lederarten. Die bei dieser Herstellung verwendeten chemischen Substanzen gewähren einen leichten Schutz gegen Pilzbefall.

Ähnlich wie Pergament enthält Leder hauptsächlich Kollagen. Es ist damit zum größten Teil aus Protein aufgebaut. Bei der Herstellung des Leders wird die Haut nach dem Gerben mit Fett behandelt, damit das Material geschmeidig bleibt. Das Fett füllt die Hohlräume zwischen den Kollagenfasern aus, und wird von Mikroorganismen als Nahrungsquelle benutzt.

- **Leime und Kleister**

Tierischer Leim wird aus Hautabfällen, Knochen und Knorpeln gewonnen. Er besteht, ebenso wie Pergament und Leder, zum größten Teil aus Kollagen. Durch das Auskochen der Rohprodukte werden auch andere wasserlösliche Eiweiße herausgelöst und vernetzen zum klebrigen Stoff Glutin, welcher für Mikroorganismen leicht angreifbar ist und damit einen idealen Nährboden darstellt. Außerdem ist er hygroskopisch.

Kleister wurde aus Stärke hergestellt. Die Stärke wird erhitzt, sie quillt und wird klebrig. Auch sie ist ein hervorragender Nährboden für Mikroorganismen. Ebenso wie Leim ist Kleister hygroskopisch.

- **Fotografien und Filme**

Bei Fotografien und Filmen sind auf Schichtträger, welche aus Glas, Papier, Zelluloid (Dinitrozellulose), Acetylzellulose oder Polyester bestehen, Gelatineschichten aufgebracht, in welche Silbersalzkörnchen eingebettet sind. Gelatine wird aus den Rohstoffen Knochen und Hautabfällen hergestellt, besteht aus Proteinen und ist damit anfällig für Mikroorganismen.

5.3.2. Wassergehalt des Substrates

Nicht nur der Wassergehalt der Luft ist für das Wachstum von Schimmelpilzen entscheidend, auch der Wassergehalt des besiedelten Substrates ist von Bedeutung. Dieser Wassergehalt, auch Wasseraktivität (aW) genannt, hängt stark von der chemischen Zusammensetzung und dem pH-Wert des Substrates, der Temperatur und der umgebenden Luftfeuchtigkeit ab (vgl. Hödl, 1994, p. 66f, Nittérus, 2000). Die Beziehung zwischen aW und relativer Luftfeuchtigkeit (rF) kann in einer Formel ausgedrückt werden:

$$\mathbf{rF (\%) = aW \times 100}$$

Ein aW-Wert von 0,65 entspricht einer relativen Luftfeuchtigkeit von 65%. Schimmelpilze benötigen ein aW-Minimum von 0,62 – 0,85, ihr Optimum liegt zwischen 0,92 und 0,99. Für das Wachstum können andere aW-Werte entscheidend sein als für die einzelnen Stoffwechselleistungen: so ist etwa der aW-Bereich, der ein Auskeimen der Konidien ermöglicht, bei Optimaltemperatur am größten. Verändert sich die Temperatur, sind höhere aW-Werte erforderlich. (vgl. Hödl 1994, p. 67).

5.3.3. pH-Wert

Neben Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit spielt auch der pH-Wert der Umgebung eine große Rolle. Die beweglichsten Ionen sind H^+ und OH^- – Ionen, daher hat schon eine kleine Änderung in der Konzentration große Wirkung. Pilze bevorzugen nach Nittérus (2000) niedrigere (saure) pH-Werte, meist zwischen 4,5 bis 6,5. Da Archivalien aufgrund verschiedenster Faktoren meist übersäuert sind, fördert ihr niedriger pH-Wert die Ansiedlung von Schimmelpilzen. Nach Reiß (1986, p. 41) liegen die Maximalwerte für Schimmelpilze bei pH 8, doch manche Pilze können noch bei einem pH-Wert von 2 und sogar darunter wachsen.

Viele Mikroorganismen können durch die Ausscheidung von Stoffwechselprodukten den pH-Wert verändern. Das Wachstum von Schimmelpilzen ist in einem weiten pH-Bereich möglich, die Produktion von Mykotoxinen allerdings ist sehr stark pH-abhängig, da die Mykotoxinproduktion ein anderes pH-Optimum verlangt als das Hyphenwachstum. In nachstehender Tabelle nach Reiß (1986, p. 41) und Neuhauser (1996, p. 207) sind folgende pH-Werte des Mediums für die Lebenstätigkeit von den für Bibliotheken und Archiven relevantesten Schimmelpilzen angegeben:

Pilz	Minimum	Optimum	Maximum
Alternaria alternata	<2,7	5,4	>8,0
Aspergillus candidus	2,1		7,7
A. flavus	2,5	7,5	>10,5
A. fumigatus	3,0	6 - 7	8,0
A. niger	1,5	7,2	9,8
A. ochraceus	3,0	6 - 7,5	>8,0
A. repens	1,8		8,5
A. versicolor	3,0		8,0
Botrytis cinerea	2,0		8,0
Chaetomium globosum		7,3	
Cladosporium herbarum	3,1		7,7
Epicoccum nigrum	3	6 - 7	9
Fusarium oxysporum	2,0		9,0
Mucor plumbeus		7,0	
Neurospora sitophila	>3,0	5 - 6	>8,0
Penicillium brevicompactum	2,0		6,0
Penicillium frequetans	3,8		4,4
Rhizopus stolonifer	2,5		6,8
Scopulariopsis brevicaulis		9 - 10	
Trichoderma viride		5 - 6	

Tabelle 3: pH-Werte des Substrates, nach Reiß (1986, p. 41) und Neuhauser (1996, p. 207)

Generell kann festgehalten werden, dass Schimmelpilze auf sauren Materialien besser wachsen und Bakterien neutrale bzw. schwach alkalische Substrate bevorzugen.

5.3.4. Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit

Entscheidend für die Entwicklung von Schimmelpilzen sind zum einen die Umgebungsbedingungen, zum anderen das Nährstoffangebot. Eine besondere Rolle bei der Entwicklung spielt die relative Luftfeuchte.

Pilzsporen sind allgegenwärtig. Bei extremer Trockenheit verbleiben sie jahrelang im Ruhezustand. Sobald jedoch die relative Luftfeuchte ansteigt, beginnen sie auszukeimen und das Wachstum der Hyphen setzt ein. Eine Gefährdung von Sammlungsgut ist ab einer rF von 65% gegeben, unterhalb von 55% ist ein Befall nicht zu erwarten. Der Temperaturbereich, in dem ein Wachstum von Mikroorganismen zu erwarten ist, ist weit gesteckt und liegt meist zwischen 20 und 30°C. Bei ungünstigen Lebensbedingungen können sich Pilze versporen und so jahrelang ausharren. In dieser Zeit sind sie leicht durch Luftbewegung oder durch Anhaften an Kleidung und Objekten verbreitbar.

Optimale Lebensbedingungen für die Auskeimung von Schimmelpilzen sind gegeben, wenn die Temperatur zwischen 24 und 25°C liegt und die relative Luftfeuchtigkeit bei 70%, bei 30°C und 95% rF oder bei 37°C und 100% rF. Es ist allerdings nicht möglich, die relative Luftfeuchtigkeit in Magazinen und Depots auf unter 40% abzusenken, da dann die Leimsubstanzen im Papier und Bucheinbänden verhornen, Leder austrocknet und bricht. Neben der optimalen Temperatur ist für das Wachstum von Mikroorganismen auch die Minimal- bzw. Maximaltemperatur von Relevanz. Unterhalb der Minimaltemperatur (meist unter 0°C) findet kein Wachstum statt. Wird die Maximaltemperatur überschritten, werden die Pilze zerstört. Hohe Temperaturen sind für die Pilzabtötung dennoch nicht ratsam, da sie auch das befallene Material schädigen. Nach Nittérus (2000) können Mikroorganismen aufgrund ihrer bevorzugten Umgebungsverhältnisse in drei große Gruppen unterteilt werden:

- Thermophile Arten: bevorzugen eine Keimungstemperatur von >45°C (optimal: 55-65°C).
- Mesophile Arten: sie keimen bei 20-45°C aus. Die meisten dieser Mikroorganismen zeigten ihr größtes Wachstum bei 37°C, was sie besonders für den menschlichen Organismus gefährlich macht.

- Psychrophile Arten: Angehörige dieser Gruppen keimen bei Temperaturen zwischen 15°C und 0°C.

Nach Hödl (1994, p. 66) und Neuhauser (1996, p. 207) lassen sich die Kardinalwerte für das Wachstum der am häufigsten auf Archivalien vorkommenden Schimmelpilze wie folgt angeben:

Pilz	Minimum (°C)	Optimum (°C)	Maximum (°C)	%rF
Absidia corymbifera		35 – 37	45	
Alternaria alternata	-2 bis +5	20 - 25	31 – 35	85 – 99
Aspergillus amstelodami	15	23 – 40	42	75
A. candidus	3-4	20-24	40-42	
A. clavatus	5-6	20-25	42	
A. flavus	3 – 4	35 – 37	42 - 50	80 - 96
A. fumigatus	10 – 12	37 – 43	52 – 55	85 – 99
A. glaucus	-8	30	43	
A. niger	6 – 8	35 – 37	45 – 47	88 – 98
A. ochraceus		28 – 32		80 – 98
A. repens	4 – 5	25 – 27	38 – 40	65 – 92
A. ruber	5	22 – 28	42	71 – 99
A. versicolor	4- 5	25 – 30	38 – 40	75 – 95
Aureobasidium pullulans	2	25	35	
Botrytis cinerea	2 - 12	22 - 25	33 – 35	93
Chaetomium globosum		18 - 24		
Cladosporium herbarum	-7 bis -5	24 – 25	30 32	85 – 98
Epicoccum nigrum	-3 bis +4	23 – 28	45	

Pilz	Minimum (°C)	Optimum (°C)	Maximum (°C)	%rF
Fusarium avenaceum	-3	25	31	
Fusarium oxysporum	5	25-30	37	
Mucor hiemalis	5	25	30	
Mucor plumbeus	4-5	20-25	35	
Penicillium brevicompactum	-3	20	32	83 – 100
P. chrysogenum	-3	18 – 30	34	82 – 100
P. digitatum	-3	20 – 25	32 35	
P. expansum	-3	25-26	33-35	
Rhizopus stolonifer	10	25 – 26	35- 37	
Scopulariopsis brevicaulis	5	24 - 30	37	
Trichoderma viride	0	20 – 28	37	
Wallemia sebi	5	24 – 38	40	75 - 97

Tabelle 4: Kardinalwerte für das Wachstum von Schimmelpilzen, nach Reiß (1986, p. 33f) und Neuhauser (1996, p. 207)

5.3.5. Licht

Generell wird das Wachstum von Schimmelpilzen durch Art und Intensität der Beleuchtung nicht oder nur wenig beeinflusst. Allerdings kann bei manchen Arten der Gattung *Asperillus* und *Alternaria* die Bildung von Konidien durch Licht angeregt werden (vgl. Reiß 1986, p. 42). Wenn auch nicht das Wachstum von Licht abhängig ist, die Bildung von Farbstoffen allerdings findet erst dann statt, wenn die Mikroorganismen dem Licht ausgesetzt sind. Die Farbpigmente haben eine Schutzwirkung vor den Strahlen von sichtbarem und ultraviolettem Licht. Sie schützen die Zelle vor Photooxydation, da farblose Mikroorganismen, die dem Licht ausgesetzt werden, rascher abgetötet werden können.

5.3.6. Zusammensetzung der Atmosphäre

Schimmelpilze sind aerob, benötigen in der Regel aber nur ein geringes Maß an Sauerstoff um zu überleben. Die Sporen einiger Mucor-Arten und Rhizopus stolonifer können sogar in einer Atmosphäre ohne jeglichen Sauerstoffgehalt auskeimen. Steigt der Kohlendioxydgehalt in der Luft stark an, werden viele Pilze in ihrem Wachstum gehemmt und stellen ihren Stoffwechsel auf Gärung um. (vgl. Reiß 1986, p.42)

5.4. Praxisrelevante Gattungen

Die am häufigsten vorkommende Gattung **Aspergillus** umfasst etwa 150 Arten. Wichtig zu nennen sind *A. versicolor*, *A. niger*, *A. fumigatus* und *A. flavus*. Allen Aspergillus-Arten gemeinsam ist die Form der Sporenträger, die an eine Gießkanne erinnert. Sie unterscheiden sich in der Farbe der Konidien. *Aspergillus fumigatus*, *A. niger* und *A. versicolor* befallen gerne zellulosehaltige Materialien. Zu feucht gelagertes Leder wird von *Aspergillus flavus*, aber auch von *A. niger* und *A. versicolor* besiedelt. *A. niger* und *A. versicolor* wurden auch auf zahlreichen Polymeren isoliert (vgl. dazu Hilbert, 2000, p. 313ff.).

Die verschiedenen Arten der Gattung **Penicillium**, nach seiner Form auch „Pinselschimmel“ genannt, werden vor allem *Penicillium expansum*, *Penicillium chrysogenum* und *Penicillium funiculosum* den Materialien Leder und Kunststoff, Papier und Textilien pflanzlichen Ursprungs gefährlich werden.

Aus der Gattung **Trichoderma** sind besonders die Arten *Trichoderma viride* (baut zellulosehaltige Materialien ab) und *Trichoderma harzianum* zu erwähnen.

Einige Arten der Gattung **Alternaria** befallen Leder, Papier und Baumwollerzeugnisse.

Die Gattung **Cladosporium** ist häufig im so genannten „Wandschimmel“ zu finden. Die Art *C. herbarum* befällt vor allem feuchte Bücher. Die Pilze der Gattung **Stemhyllium** greifen ähnliche Materialien an wie Cladosporium. Die Gattung **Fusarium** zersetzt vor allem zellulosehaltige Materialien. *Chaetomium globosum*, die zur Gattung **Ascomycota** gehört, greift ebenfalls Materialien – auch Textilfasern - an,

die Zellulose enthalten. Leder, sowie Leime und Kleister werden von Pilzen der Gattung ***Mucor*** befallen.

Hilbert (2000, p. 313f.) gibt an, dass Pergament bevorzugt von Pilzen der Gattungen *Penicillium*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Ophistoma*, *Scopulariopsis*, *Gloeosporium*, *Sprendonema* und *Chaetomium* befallen wird. Eine vollständige Zersetzung des Materials verursachen *Cladosporium* und *Sprendonema*. *Fusarium*, *Ophistoma* und *Scopulariopsis* rufen hauptsächlich Verfärbungen und Flecken hervor.

Kommt es aufgrund von erhöhter Luftfeuchtigkeit zu Schimmelbildung an Gebäudewänden, kann diese unter Umständen sogar durch mehrere Pilzgattungen gleichzeitig hervorgerufen werden. Zu nennen sind hierbei *Alternaria*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Mucor* und *Penicillium*.

5.5. Papierzerstörung durch Schimmelpilze

Mikroorganismen scheiden während ihres Wachstums Stoffwechselprodukte, unter anderem konzentrierte Säuren, aus. In der Phase des Wachstums wird der pH-Wert ständig verändert, jedoch tolerieren die Schimmelpilze die selbst produzierten sauren pH-Werte teilweise nicht und stellen Stoffwechsel oder Wachstum ein. Um diesem Phänomen entgegenzuwirken, bilden sie Metaboliten, genauer Primär- und Sekundärmetaboliten (nach Müller 1971, p. 71f.). Primärmetaboliten werden beim Grund- oder Primärstoffwechsel gebildet, wo sie lebensnotwendige Aufgaben innerhalb der Einzelzelle übernehmen. Zu ihnen zählen die niedermolekularen Bestandteile der Zelle (Aminosäuren, Vitamine, Nukleotide etc.). Es werden gerade so viele Primärmetaboliten gebildet, wie auch wieder verbraucht werden können. Aus den Zwischenprodukten des Primärstoffwechsels entstehen die so genannten Sekundärmetaboliten (Pigmente, Proteine, Antibiotika und Mykotoxine). Der Sekundärstoffwechsel befähigt den Organismus, seinen Stoffwechsel den Umweltbedingungen, etwa Nährstoffmangel, anzupassen. Diese Anpassung des Stoffwechsels bewirkt die Bildung von Konidien und Sporen.

Für die Bekämpfung von Schimmelpilzen ist es also unumgänglich, den sich immer wiederholenden und wiederkehrenden Kreislauf des Stoffwechsels zu unterbrechen oder zu unterbinden.

Wird der Stoffwechsel nicht unterbunden, kommt es zu einer chemischen Schädigung des Papiers. Schimmelpilze nutzen die im Papier enthaltene Zellulose als Nährsubstrat. Dies führt zum Abbau von Zellulosen und Hemizellulosen. Dieser Prozess geschieht mit Hilfe einer Reihe von Enzymen. Neben der chemischen Schädigung kommt es außerdem zu physikalischen Schädigungen. Schimmelpilze können in Büchern ein dichtes Mycelgeflecht bilden, das durch mehrere Seiten hindurch wachsen kann und ein Aufblättern des Buches dadurch unmöglich wird.

5.6. Nachweis von Schimmelpilzen

Schimmelpilzbefall zeigt sich durch Flecken und Überzüge am Material. Die Form kann je nach Art und Gattung des Pilzes fasrig, flaumig, flockig, staubig oder sternförmig sein. Die Farbpalette der Pigmente reicht von weiß, grau, blaugrün über gelblich, rötlich und bräunlich bis hin zu schwarz. Doch nicht alles, das nach Schimmelbefall aussieht, ist es auch. Nach Hilbert (2002, p. 319) können derartige Beläge auch auf ausblühende Biozide, Erdalkali- und Bleisalze höherer Fettsäuren sowie auf hygroskopische Salze zurückzuführen sein. Ein chemischer Test oder eine mikroskopische Untersuchung schafft Klarheit. Mit einem Wattestäbchen lassen sich Sporen und Sporenträger von der befallenen Oberfläche abreiben.

Es ist nicht ausreichend, nur die Schimmelpilzgattung zu bestimmen. Selbst innerhalb einer Gattung gibt es große Unterschiede hinsichtlich der Schadwirkung auf Materialien und Gesundheit des Menschen. Wichtig ist außerdem, zwischen lebenden und toten Zellen zu unterscheiden und die Keimfähigkeit der lebenden Zellen zu ermitteln.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Mikroorganismen bereits bei der Herstellung in das Material gelangen. Werden die Objekte klimatisch optimal gelagert, verbleiben die Sporen im Ruhezustand und keimen nicht aus. Inaktive

Schimmelpilze sind demnach in jedem Archiv und in jeder Bibliothek anzutreffen. Verändern sich die klimatischen Bedingungen im Depot, gehen die Mikroorganismen vom inaktiven in den aktiven Zustand über. Der überwiegende Teil der Schimmelpilze braucht eine hohe Luftfeuchtigkeit und warme Temperaturen um auszutreiben. Der pH-Wert des befallenen Objektes hat ebenfalls großen Einfluss auf das Wachstum von Schimmelpilzen. Generell gilt, dass Bakterien basische Materialien bevorzugen, Schimmelpilze hingegen saure Materialien. Licht und die Zusammensetzung der Atmosphäre im Depot hat einen zu vernachlässigenden Einfluss auf das Wachstum von Mikroorganismen. Von schädigender Wirkung für das befallene Material sind in erster Linie die beim Stoffwechsel der Mikroorganismen produzierten Säuren. Zusätzlich entsteht großer Schaden am Objekt, wenn mehrere Seiten mit Pilzmycelen durchwachsen werden.

Um einen Schimmelpilzbefall zu vermeiden, sind prophylaktische Maßnahmen unumgänglich. Meist kommt es jedoch nach einem Schadensfall im Depot zu einer Kontamination durch Mikroorganismen. Nach Wasserrohrbrüchen, Naturkatastrophen oder Bauschäden kann es in Magazinen zu einem explosionsartigen Wachstum der Schimmelpilzkulturen kommen. Im folgenden Kapitel wird erläutert, welche Sofortmaßnahmen im Schadensfall ergriffen werden müssen, um einen Befall durch Mikroorganismen zu vermeiden bzw. einzudämmen.

6. Schimmelpilzbehandlung

6.1. Sofortmaßnahmen nach Wasserschäden

Klotz-Berendes (2000, p. 49) nennt drei Phasen der Rettungsmaßnahmen für wassergeschädigte Bibliotheksmaterialien:

1. erste Rettungs- und Sicherungsmaßnahmen: dies umfasst den Zeitraum vom Moment des Notfalls bis zum Beginn der Bergarbeiten
2. Bergen und Trocknen (in den ersten Tagen): möglichst schnelle Bergung, damit Folgeschäden durch längere Einwirkung von Wasser und Schimmelpilzbefall vermieden werden.
3. Langzeitprogramm für Restauratoren: sind die geschädigten Bücher einmal tiefgefroren, ist viel Zeit gewonnen. Eine Restaurierung kann je nach Etatlage und Benutzeranfrage vorgenommen werden.

Im Falle eines Wassereintruchs sollte bereits während der Bergung der Materialien mit Ventilatoren und geöffneten Fenstern (sofern die absolute Luftfeuchtigkeit draußen niedriger als im Gebäude ist) gearbeitet werden, um die Mitarbeiter einerseits vor kontaminierter Luft zu schützen, andererseits eine gute Luftzirkulation für nasses Material zu gewährleisten. Zu hohe Raumtemperaturen in Kombination mit hoher Luftfeuchtigkeit begünstigt das Wachstum von Mikroorganismen. Verweilen die Materialien in dieser Umgebung, ist bereits nach 24-48 Stunden mit Schimmelpilzbefall zu rechnen. Die Entfeuchtungsgeräte sollten jedoch auf jeden Fall auch während der Nacht laufen. Allerdings sollte bereits zu diesem Zeitpunkt kein Mitarbeiter mehr den befallenen Bereich betreten, der an Atemwegserkrankungen, wie etwa Asthma leidet.

Ist das betroffene Material vollkommen unter Wasser, ist nicht mit einem Schimmelpilzbefall zu rechnen. Klotz-Berendes (2000, p. 54) sieht keine Priorität in der Bergung von Büchern, „die vollständig von relativ sauberem Wasser bedeckt sind, (...), sofern sie keine auslaufenden Tinten oder wasserlösliche Pigmente beinhalten, (...) Diese Bücher müssen deshalb nicht sofort geborgen werden, weil sie unter Wasser wenig in Kontakt mit Sauerstoff kommen, wodurch die

Schimmelpilzbildung stark behindert ist, und außerdem haben sie schon das Maximum an Wasser aufgenommen.“

Strebel (1995, p. 42ff) warnt davor, größere Materialmengen mit Föhn, Wasserentfeuchter oder anderen Geräten trocknen zu wollen. Dies kann unmöglich innerhalb der kritischen Frist bewältigt werden. Ebenso ist es ein Irrglaube, dass schönes, warmes Sommerwetter den Trocknungsprozess beschleunigen könnte. Im Gegenteil, die hohen Temperaturen begünstigen den Befall durch Mikroorganismen. Wassergeschädigtes Schriftgut ist so schnell wie möglich und einzeln in Polyethylenfolie oder Polyethylenbeutel verpackt bei mindestens -22°C einzufrieren. Durch das Einfrieren wird erreicht, dass eine weitere Schädigung der Bücher durch Mikroorganismen gestoppt wird, jedoch kann das Tieffrieren alleine das Schriftgut nicht wieder instand setzen.

6.2. Umgang mit nassen Materialien

6.2.1. Verpackung

Nasse Bücher sollten in kleine Stapel zusammengefasst und nach Möglichkeit nach Materialien getrennt (Papier, Pergament) verpackt werden. Nasse geschlossene Bücher sollten niemals geöffnet, nasse offene Bücher niemals geschlossen werden, um schwere mechanische Schäden zu vermeiden. Sind die Materialien mit Heizöl oder Fäkalien kontaminiert, müssen sie von anderen Büchern separat verpackt und eingefroren werden. Bücher, die durch Lufttrocknung getrocknet werden sollen, brauchen nicht eingepackt zu werden, sondern sollten unverzüglich weitergeleitet werden.

6.2.2. Transport

Bücher können zum Transport in Polyethylenbeutel verpackt werden, allerdings nicht zu eng zusammen, um eine Volumenausdehnung während des Einfrierens gewährleisten zu können. Wassergeschädigte Mikroformen, Fotografien und ihre Negative können nach Ashman (1995, p. 35) auch in Behältnissen mit klarem Wasser

transportiert werden. Es wird geraten Schwarz-Weiß-Fotografien nicht länger als drei Tage, Farbfotos nicht länger als zwei Tage in nassem Zustand zu belassen. Bereits mit Schimmelpilz befallenes Material muss separat verpackt und als solches markiert werden, um eine Kontamination anderer Materialien während des Transportes zu verhindern.

6.3. Trocknungsmethoden

Klotz-Berendes (2000, p. 58) weist darauf hin, dass die meisten Trocknungsmethoden für Bücher entwickelt wurden, obwohl es auch andere Medien in Bibliotheken und Magazinen gibt. Er führt dies darauf zurück, dass Bücher das älteste Medium in den meisten Bibliotheken und somit der Beschäftigungsgrad mit ihnen ungleich höher sei.

6.3.1. Lufttrocknen

Bücher, die durch zu hohe Luftfeuchtigkeit nur an den Rändern oder am Schnitt feucht wurden, können mit Hilfe von Luft und der zu Hilfenahme von zum Beispiel gewöhnlichen Haartrocknern (mit Temperaturregelung) und Löschpapier, getrocknet werden. Auf keinen Fall soll eine Trocknung durch einfache Erhöhung der Lufttemperatur durchgeführt werden. Wird die Luftfeuchtigkeit und Temperatur des Magazins mit einer Klimaanlage durchgeführt, ist darauf zu achten, dass die feuchte Luft nicht in andere Bereiche des Gebäudes geleitet wird. Ein zusätzlicher Luftentfeuchter unterstützt die Trocknung der Materialien.

Sofern die Trocknungsarbeiten in einem Raum vorgenommen werden, ist auch hier auf eine gute Luftzirkulation zu achten, damit die relative Luftfeuchtigkeit gering gehalten werden kann.

Lufttrocknung erfordert sehr viel Platz, da die Bücher aufgefächert werden müssen, um eine gute und schnelle Trocknung zu erreichen. Broschüren und sonstige instabile Druckwerke können zum Trocknen auch vorsichtig über eine Leine gehängt werden.

Bei einem Schmutzwasserschaden empfiehlt Klotz-Berendes (2000, p. 59) die Verwendung von Catsan, einem Katzenstreu, das dem Material Feuchtigkeit entzieht und gleichzeitig Geruch bindet.

Lufttrocknung ist eine kostengünstige Methode. Allerdings sollte sie nur dann angewendet werden, wenn die Materialien nur einen geringen Wasserschaden aufweisen und die klimatischen Bedingungen so sind, dass Schimmelpilzbefall nicht stattfinden kann. Ein schwerer Nachteil dieser Methode ist allerdings, dass der Restfeuchtigkeitsgehalt der Bücher nicht bestimmbar ist. Die Bestände müssen nach der Trocknung weiterhin intensiv beobachtet werden.

6.3.2. Verdrängungstrocknen

Die Trocknung durch Wasserverdrängung eignet sich besonders dann, wenn nur ein kleiner Teil des Bestandes durchnässt wurde. Zur Behandlung reicht es, einen Behälter, der größer sein muss als das zu behandelnde Objekt, mit nahezu 100%igem Isopropylalkohol, dem ein Konservierungsmittel beigemischt wird, zu füllen. Das Objekt wird darin getaucht und anschließend aufgefächert aufgestellt. Durch den Einsatz von Alkohol wird eine Infektion durch Mikroorganismen verhindert.

Alkohol besitzt die Eigenschaft, Wasser an sich zu binden. Je höher der Alkoholgehalt, desto größer die Wirkung. Wird ein nasser Gegenstand in Alkohol getaucht, zieht dieser das Wasser an sich und drängt es so aus dem Objekt heraus. Wird nun das Objekt aus dem Behälter gezogen, verflüchtigt sich der Alkohol schnell und das Buch ist trocken. Die ursprüngliche Trocknungszeit kann somit auf ein Zehntel verkürzt werden (nach Schönartz 1982, p. 29).

Nach jedem ausgespülten Buch nimmt der Wirkungsgrad des Alkohols ab, da er immer wasserhaltiger wurde. Er muss also nach einigen behandelten Objekten wieder aufgefüllt werden.

6.3.3. Gefriertrocknen

Die Gefriertrocknung (Lyophilisation) wird von Klotz-Berendes (2000, p. 60) als schonendste Methode beschrieben, Wasser aus temperaturempfindlichen Materialien zu entfernen. Er empfiehlt diese Methode vor allem, wenn eine große Anzahl von Ledereinbänden getrocknet werden muss. Das Verfahren, das dieser Methode zugrunde liegt, ist die Sublimation. Dabei wird ein fester Stoff direkt in den gasförmigen Zustand überführt – in diesem Fall von Wasser zu Wasserdampf. Es ist möglich, die Sublimation sowohl unter Normaldruck, als auch unter Vakuum durchzuführen. Um eine möglichst kurze Trocknungszeit zu erreichen, werden Bücher in einer Vakuumanlage getrocknet. Prinzipiell haben alle Trocknungsanlagen eine Kammer, in der die Bücher lagern. Das darin eingestellte Vakuum reicht von 20mbar bis zu 10^{-1} mbar. Das sublimierte Wasser wird an einem Eiskondensator wieder zu Eis, welches von Zeit zu Zeit entfernt werden muss, um die Kühlwirkung wiederherzustellen, da durch die Dicke des Eispanzers die Kühlwirkung, und mit ihr die Sublimationsgeschwindigkeit, abnimmt. Bei einigen Anlagen ist es sogar möglich, die Regale, auf denen die Bücher lagern, zu heizen (vgl. Podratzki 1997, p. 260). Die Papiere werden dabei auf 50°C erwärmt, der entweichende Wasserdampf wird mit einer Vakuumpumpe abgesaugt und an einem Eiskondensator niedergeschlagen. Auch bei den hohen Temperaturen schmilzt das Eis nicht, da in der Kammer ein Vakuum herrscht, welches unter dem Tripelpunkt³ des Wassers liegt. Der Trocknungsprozess wird dadurch beschleunigt, da der Wärmeverlust durch die Sublimationsenergie dadurch ausgeglichen werden kann.

Um beim Gefriertrocknen Schäden durch die Bildung von Eiskristallen zu vermeiden, ist es wichtig, die Temperatur schneller als 1°C pro Sekunde zu senken. Durch den schnellen Temperaturabfall werden im Material viele kleine Eiskristalle gebildet, die weniger Schaden anrichten als einige große (vgl. Nittérus 2000)

Der größte Nachteil der Gefriertrocknung besteht darin, dass das Material dabei extrem austrocknet und somit empfindlich gegenüber mechanischer Beanspruchung

³ Tripelpunkt = physikalischer Wert, der besagt, dass unterhalb dieses Druckes (in diesem Fall liegt der Tripelpunkt von Wasser bei ca. 6 mbar) Wasser nie flüssig ist, auch wenn die Umgebungstemperatur über dem Schmelzpunkt des Eises liegt.

wird. Lagern die Bücher jedoch einige Zeit unter optimalen Lagerbedingungen, nehmen sie aus der Luft die entsprechende Menge an Wasser wieder auf. Auch die Deformierung der Bücher durch die Wasseraufnahme und anschließende Trocknung – etwa gewelltes oder verzogenes Material – lässt sich wieder glätten, indem es unmittelbar nach der Trocknung gepresst wird. Dabei nimmt das Material Wasser aus der Luft auf und wird damit wieder glatt.

6.4. Dekontamination des Materials

Wird Schimmelpilzbefall festgestellt, muss der betroffene Bestand umgehend separiert und behandelt werden. Die umliegenden Materialien sind weiterhin zu beobachten, ob ein Übergreifen des Befalls bereits stattgefunden hat.

Je nach Anzahl der befallenen Bestände müssen sie nach Abwägung aller weiteren Beschädigungen mechanisch gereinigt (abbürsten) und chemisch (begasen) oder physikalisch (gammabestrahlen) dekontaminiert werden.

6.4.1. Mechanische Behandlung

Mit Schimmelpilzen kontaminierte Objekte müssen zunächst in den Schmutzbereich (Schwarzraum) gebracht und getrocknet werden. Von dort kommen sie weiter in den Reinigungsbereich, der besonderen Sicherheitsvorschriften unterliegt. So müssen spezielle Lüftungsgeräte zum Einsatz kommen (etwa Laminar-Airflow-Boxen). Die Absaugvorrichtungen sind mit Filtern ausgestattet, die Mycelteile und Sporen zurückhalten. Der Pilzrasen wird mittels Bürste oder Trockenschwamm vom Material entfernt und gleichzeitig abgesaugt. Der Restaurator sollte dieser Arbeit nur in entsprechender Schutzkleidung ausführen. Das gereinigte Objekt wird danach in den sauberen Bereich (Weißraum) zur eventuellen weiteren Bearbeitung gebracht. Auf keinen Fall dürfen Keime vom Schmutz- in den sauberen Bereich gelangen.

Ein schwerer Nachteil dieser Behandlung liegt darin, dass das virulente Mycel im Material erhalten bleibt und bei ungünstigen klimatischen Bedingungen wieder zu wachsen beginnt. Außerdem werden durch das Abbürsten auch lose Farbschollen

aus Buchmalereien oder Schriften gelöst. Meist wird der mechanischen Methode die Behandlung mit Fungiziden oder Begasungsmitteln vorgezogen.

6.4.2. Physikalische Behandlung

Gammabestrahlung

Gammastrahlen sind – ebenso wie Röntgen- und UV-Strahlen – hochenergetische elektromagnetische Strahlung. Gammastrahlen dringen tief in das befallene Material und töten Pilzhyphen und –sporen, allerdings bleibt deren allergenes Potential auch nach erfolgreicher Behandlung vorhanden. Nach Hilbert (2002, p. 328) liegt die für Schimmelpilze letale Dosis zwischen 15 und 18 kGy. Nittérus (2000) führt an, dass es nach wiederholter Behandlung bei Papier zu Depolymerisation der Zellulose kommen kann, welche das Papier schneller altern lässt.

In Österreich besteht in Seibersdorf die Möglichkeit zur Gammabestrahlung. Neben den Gammastrahlen kommen auch Betastrahlen und Mikrowellen bei der Schimmelpilzbehandlung zum Tragen, jedoch nicht bei der Behandlung von Papier.

UV-Strahlen

Bestrahlung durch UV-Licht mit einer Wellenlänge von 230-275nm wird nach Nittérus (2000) ebenfalls mit Erfolg zur Behandlung von Schimmelpilzen eingesetzt. Allerdings verweist er auf rapide Alterungsprozesse bei Papier durch die Behandlung. UV-Lampen kommen auch bei der Entdeckung von mikrobiellem Wachstum zum Einsatz. Aktive Schimmelpilzkulturen fluoreszieren unter UV-Bestrahlung, inaktive Kulturen jedoch nicht.

6.4.3. Chemische Behandlung

Reaktive Begasung

Die Nachteile einer Verwendung einer Begasung mit Ethylenoxid (C_2H_4O) sind gravierend. Daher wird eine Sterilisation mit Ethylenoxid nur noch in sehr seltenen Fällen vorgenommen. Die dazu benötigte Menge liegt bei $600g/m^3$. Der *threshold limit value* (TLV-Wert), der den Restgehalt an Fungiziden in behandelten Materialien beschreibt, ist nach Hilbert (2002, p. 28) in den USA auf 0,5 ppm festgelegt. Dieser Wert darf nach dem Belüften und Öffnen der Anlage nicht überschritten werden. Bei Materialien mit hohem Rückhaltewert ist die Erreichung des TLV-Wertes kaum zu erreichen.

Die Sterilisation mit Ethylenoxid unterliegt aufgrund seiner kanzerogenen Wirkung strengen Sicherheitsrichtlinien und darf nur in vollautomatisch gesteuerten Kammern von geschultem Personal durchgeführt werden. Um eine mögliche Vergiftung der Mitarbeiter durch nachträglich aus dem Material austretendes Ethylenoxid zu vermeiden, muss die Ausspülzeit mindestens zehn Stunden betragen.

Ein weiterer Nachteil dieser Methode liegt darin, dass Ethylenoxid mit unterschiedlichsten, in den zu behandelnden Materialien enthaltenen chemischen Verbindungen reagieren kann. Nach Hilbert (2002, p. 328f) kann bei Papier, das feucht ist und gleichzeitig Salze enthält, zur Bildung von Ethylenchlorhydrin kommen, das noch toxischer als Ethylenoxid ist und auch längere Zeit im Material zurückbleibt.

Sulfuryfluorid hat eine geringere Auswirkung auf Mikroorganismen als Ethylenoxid. Es tötet bestimmte Schimmelpilze ab, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium spp.* und *Trichoderma spp.* werden jedoch nur in ihrem Wachstum gehemmt.

Im 20. Jahrhundert fanden außerdem Quecksilbersalze, Bezolester, Parabens und Vikane Verwendung, wurden jedoch aufgrund ihrer gesundheitsschädigenden Wirkung verboten.

Antimikrobielle Substanzen

Für die Reinigung und Desinfektion schimmelpilzbefallener Objekt eignen sich 70%iges Ethanol bzw. Isopropanol, Ester der p-Hydroxybenzoesäure (PHB-Ester, Nipagin-Ester), gelöst in Ethanol. Stark antimikrobielle Eigenschaften weisen auch 2-Phenyphenol und sein Na-Salz, Econazol und Isothiazolone auf. (nach Hilbert 2002, p. 329) Auch Actizide finden Verwendung.

Vor der Verwendung von Fungiziden ist zu prüfen, ob die zu behandelnden Materialien nicht mit den verwendeten Chemikalien reagieren. Nach Aussage von Dr. Pilch-Karrer kann eine alkoholische Behandlung bei Pergament sogar einen weiteren Schimmelpilzbefall aktivieren. In jedem Fall ist der Einsatz von Chemikalien nur dann zu empfehlen, wenn andere Methoden nicht in Frage kommen.

6.5. Preservation oder Restoration?

Der beste Schutz gegen Schimmelpilzbefall ist die Einhaltung der optimalen Lagerungsbedingungen. Depots und Archive können niemals vollkommen steril sein. Selbst wenn es gelänge, die Depoträume steril zu machen, käme es zu einem mikrobiellem Befall, sobald jemand die Räume betritt, oder das Material in die Benutzungszone kommt. Präventive Maßnahmen haben sich gegenüber restauratorischen als kontrollierbarer und kostengünstiger erwiesen.

„Sanitizing using chemical or physical means include the risk that such direct measures spread a false feeling of security, making the attitude towards preventive techniques less aware. Sterilization, as being the ultimate state of sanitation, is of no interest in conservation practice and artefact maintenance since recontamination occurs as soon as the object is returned to storage.” (Nittérus 2000)

Schimmelschäden liegen meist in unterschiedlichen Graden vor. Die schweren Schäden stellen nicht nur eine Herausforderung bei der Desinfektion dar, sondern auch bei der Restaurierung.

Anna Haberditzl (1997) nennt anhand eines Beispiels die Restaurierungskosten eines durch Schimmel schwer beschädigten Bandes mit 500 Seiten Umfang. Sie geht davon aus, dass gute Restauratoren für die Isolierung der Blätter, Trockenreinigung und Spaltbehandlung etwa 20 Minuten Arbeitszeit pro Blatt benötigen. Bei einem angenommenem Stundensatz von €120 rechnet Haberditzl mit einem Restaurierungsaufwand von €20.000 für das beschriebene Objekt.

In den Restaurierungswerkstätten der ÖNB und des ÖSTA wird ein Stundensatz von €50 verrechnet. Für die Restaurierung eines minderschweren Schimmelschadens ergibt sich daher grob gerechnet folgende Preislage für etwa hundert Papierblätter:

• Einweichen des Materials:	€50
• Kaschieren:	€100
• Einpressen:	€50
• Beschneiden:	€50
• Binden:	€150
• Ergänzen (etwa jedes 2. Blatt):	€250
<hr/>	
SUMME	€650

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass nur ein gut funktionierender Notfallplan im Schadensfall größere Schäden am Material verhindern kann. Die notwendigen Maßnahmen sind in Kooperation mit der Restaurierungsabteilung und eventuell weiteren Kooperationspartnern durchzuführen. Ist es zu Schimmelpilzbefall gekommen, müssen die Objekte umgehend von den anderen isoliert und der Restaurierungswerkstätte zur Behandlung übergeben werden. Je nach Ausmaß und Art des Schadens werden die Objekte mechanisch, physikalisch und/oder chemisch behandelt. Die Kosten für eine Restaurierung sind hoch, die dabei verwendeten Chemikalien und Methoden mitunter nicht ungefährlich für Material und Mensch. Doch nicht nur die Behandlung der Schimmelpilze kann gesundheitsschädigend sein, auch die Mikroorganismen selbst stellen eine hohe Gefahr für die Gesundheit des Menschen dar.

7. Gesundheitsvorsorge

7.1. Erkrankungen durch Schimmelpilze

Wie bereits im Kapitel über Schimmelpilze erwähnt, erweist sich eine biologische Einteilung der Schimmelpilze als schwierig. Ebenso steht es um die Ein- und Zuteilung der durch Pilze hervorgerufenen Krankheiten und Allergien. Eine Allergie bezeichnet die Überempfindlichkeit des intakten Immunsystems, eine übersteigerte Abwehr von an sich ungefährlichen Stoffen. Sie können jedoch schwere physische und/oder psychische Beeinträchtigungen hervorrufen, wie etwa die Verschlechterung des Allgemeinempfindens oder körperliche Beschwerden.

Die Sporen von Schimmelpilzen sind mikroskopisch klein. Die größte Gefahr für die Gesundheit geht von denen mit dem kleinsten Durchmesser aus (2 bis 40 µm), da diese beim Einatmen bis in die tiefen Atemwege gelangen können. Dies kann zu schweren Lungeninfektionen führen, wenn das Immunsystem des betreffenden Menschen labil ist. Zu nennen sind hier besonders die Schwarzsimmel-Arten der Gattungen *Cladosporium*, *Ulocladium*, *Stemphyllium*, *Alternaria* und *Stachybotrys atra*. Die Gattungen *Aspergillus*, *Penicillium* und die Art *Trichoderma* weisen ebenfalls ein hohes allergenes Potential auf. (vgl. dazu Hilbert 2002, p. 314)

Nach Neuhauser (1996, p. 197f.) hängt eine Erkrankung durch Mikroorganismen von den Eigenschaften (Virulenz) des Pilzes einerseits und der Anfälligkeit des Menschen (Prädisposition) andererseits ab. Eine Infektion durch Pilze kann den Befall von Gewebe nach sich ziehen (**Mykosen**), allergische Reaktionen hervorrufen (**Mykoallergosen**) oder Vergiftungserscheinungen durch die Toxine bestimmter Schimmelpilze hervorrufen (**Mykotoxikosen**).

Mykosen werden in epidermale Mykosen und Endo- bzw. Systemmykosen unterschieden. **Epidermale Mykosen** werden besonders durch *Aspergillus fumigatus* und *Penicillium spinulosum* hervorgerufen, **Endomykosen** durch *A. fumigatus*, *A. niger*, *Absidia sp.*, *Mucor sp.* und *Rhizopus sp.*. **Mykoallergosen** entstehen durch den Kontakt von Pilzelementen mit Schleimhäuten. Zu nennen sind hier vor allem *Penicillium sp.*,

Rhizopus stolonifer, *Penicillium glaucum* sp., *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp. u.a. **Mykotoxikosen** werden durch *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* verursacht.

7.1.1. Mykosen

Zu einer Mykose kann es unter anderem nach direktem Kontakt mit befallenen Materialien und durch Aufenthalt in kontaminierten Räumen kommen. In geschlossenen Räumen werden Schimmelpilze durch Luftbewegung verbreitet (Bioaerosole). Die Sporen und Konidien können so über große Entfernungen transportiert werden. Voraussetzung für eine Pilzerkrankung ist in jedem Fall, dass der Pilz bei 37°C aktiv und vermehrungsfähig sein muss. (vgl. Hödl 1990, p. 73).

Prinzipiell kann zwischen Ekto- und Endomykosen unterschieden werden. Zu den Ektomykosen (auch Systemmykosen) zählen Erkrankungen der Haut und des Auges, Dermatomykosen genannt. Als Endomykosen werden Schleimhaut-, Organ- und Systemmykosen bezeichnet. Die Mykosen können endogen (durch Infektionen, bei denen der Pilz zum Zeitpunkt der Erkrankung bereits im Organismus ist) oder exogen (die Quelle der Infektion befindet sich außerhalb des Körpers) stattfinden. Systemmykosen können durch einige Aspergillusarten ausgelöst werden. Diese siedeln bevorzugt im bronchopulmonalen Organsystem und bilden dort Pilzkolonien (Aspergillose), welche zum Tod führen können. Etwa 90% der Aspergillose gehen auf eine Infektion mit *Aspergillus fumigatus* zurück, dessen Wachstumsoptimum etwa der Körpertemperatur des Menschen entspricht. Infektionen durch *Penicillium*-Arten (Penicilliose) sind seltener, da deren bevorzugte Wachstumstemperatur meist bei 30°C oder darunter liegt. (nach Hilbert 2002, p. 315)

7.1.2. Mykoallergosen

Mykoallergosen werden durch den Kontakt von Schimmelpilzen mit den Schleimhäuten (z.B. der Atemwege) verursacht. Die hervorgerufenen Allergien können in folgende Hauptgruppen eingeteilt werden:

- **Typ I-Allergie: Sofortreaktion**
Die Allergie tritt häufig bei allergisch vorbelasteten Personen auf. Sie äußert sich in Asthma oder Heuschnupfen.
- **Typ III-Allergien: Spätreaktion**
Bei dieser Allergie kann es zum Beispiel zu allergischen Entzündungen der Lunge kommen.
- **Typ IV-Allergien: Allergien vom verzögerten Reaktionstyp**
Typ III- und Typ IV-Allergien betreffen auch Personen mit intaktem Immunsystem, wenn sie sich längere Zeit in verseuchten Räumen aufgehalten und große Mengen Schimmelpilzsporen eingeatmet haben.

7.1.3. Mykotoxikosen

Als Mykotoxikosen werden Vergiftungen durch Mykotoxine (sekundäre Stoffwechselprodukte mit gesundheitsschädigender Wirkung) bezeichnet. Zu ihnen zählen Aflatoxikosen, Penicillium-, Fusarium-, Alternaria-Mykotoxikosen und Stachybotryotoxikosen.

7.2. Gesundheitsvorsorge

Gewisse Schimmelpilzarten sind in der gesamten Umluft vorhanden. Realistisch ist eine Eindämmung und Reduzierung der Allergiegefahr, nicht eine vollständige Beseitigung. Aus diesem Grund ist es in erster Linie wichtig, Vorsorgemaßnahmen zu treffen. Maßnahmen gegen Schimmelpilze können aus verschiedenen Methoden zur Abtötung der Mikroorganismen bestehen (Sterilisation). Diese Maßnahmen können jedoch zum Teil neue Gesundheitsgefährdungen durch Chemikalien oder ähnliches hervorrufen.

7.2.1. Schutzmaßnahmen für Mitarbeiter

Für die Mitarbeiter in Archiven und Depots, die täglich mit pilzbefallenen Materialien in Berührung kommen, ist es unbedingt erforderlich, geeignete Schutzmaßnahmen zu ergreifen, um die Gesundheit nicht zu gefährden. Nach Hanns Peter Neuhauser (1996, p. 201ff) und Ingrid Hödl (1994, p. 76f) sind für Mitarbeiter und Benutzer von Archiven folgende Maßnahmen von Bedeutung:

- Magazinräume sind keine Dauerarbeitsplätze oder Benutzerplatz für Dritte. Der Aufenthalt in mit Schimmelpilzen kontaminierten Räumen sollte so kurz wie möglich gehalten werden. Auch die Arbeiten mit befallenen Materialien sollen auf die nötigsten Handgriffe beschränkt bleiben.
- Archivmitarbeiter, aber auch Benutzer sind über Vorsichtsmaßnahmen im Umgang mit kontaminiertem Material ausreichend zu informieren.
- Jeder unnötige Transport von kontaminiertem Archivgut sollte vermieden werden, um ein Aufwirbeln der Pilzsporen zu vermeiden.
- Flüssige Desinfektionsseifen für Mitarbeiter aber auch Benutzer muss zur Verfügung stehen. Die Seife sollte keine Duft- oder Farbstoffe enthalten, um bei empfindlichen Personen keine Hautallergien auszulösen. Eine Waschung soll ca. 20 bis 30 Sekunden lang dauern, um eine sichere Desinfektion zu gewährleisten. Besonders vor der Einnahme von Speisen wird eine gründliche Handreinigung empfohlen, um zu vermeiden, dass Pilzsporen in den Körper gelangen.
- Papierhandtücher sind Stoffhandtüchern vorzuziehen. Bei der Verwendung von Stoffhandtüchern ist eine Keimübertragung möglich, bei Einwegpapierhandtüchern wird eine Übertragung vermieden.
- Pilzsporen werden bei Berührung leicht aufgewirbelt und gelangen so in die Atemwege. Es ist deshalb nicht nur bei längerdauernden Tätigkeiten oder bei Arbeiten an stark befallenen Archivgut anzuraten, Einweg-Mund- und Nasenmasken zu tragen. Sie bieten Schutz vor der Inhalation von Partikeln und sind nach mehrstündigem Gebrauch zu ersetzen.
- Bei der Arbeit mit pilzbefallenen Objekten sind Berufsmäntel notwendig. Beim Verlassen des Arbeitsbereiches sollten die Mäntel abgelegt werden,

um eine Übertragung der Sporen in andere Teile des Gebäudes zu vermeiden.

- Schutzcremen bewahren die Haut vor allergischen Reaktionen und Reizungen, während das Tastgefühl der Finger voll erhalten bleibt. Der Schutz hält in der Regel vier Stunden an und die Hände können beliebig oft gewaschen werden, ohne die Schutzwirkung zu verringern.
- Mindestens einmal pro Jahr sollen sich Archiv- und Depotmitarbeiter beim Facharzt auf mögliche Bronchial- und Lungenschäden untersuchen lassen. Dadurch ist es möglich, eventuelle Erkrankungen frühzeitig zu erkennen und so die Heilungschancen zu erhöhen.
- Beim Umgang mit Archivalien auftretender Nies- oder Hustenreiz, Schnupfen, Haut- und Augenrötungen können ein Hinweis auf Allergien sein. Bei wiederholtem Auftreten der Symptome sollte ein Arzt aufgesucht werden. Treten während der Arbeit mit kontaminiertem Material Hautverletzungen auf, ist in jedem Falle ein Arzt hinzuzuziehen.

Im Österreichischen Staatsarchiv haben Mitarbeiter der Restaurierungswerkstätte die Möglichkeit, sich ein Mal pro Jahr auf mögliche Erkrankungen durch Mikroorganismen untersuchen zu lassen. Auch an der Nationalbibliothek können die Mitarbeiter der Restaurierung ärztlichen Rat in Anspruch nehmen. In beiden Fällen geschieht dies auf freiwilliger Basis.

7.2.2. Empfehlungen für die Archiveinrichtung

Hanns Peter Neuhauser war federführend an einem nordrhein-westfälischen Untersuchungsprojekt beteiligt, das unter anderem zum Ziel hatte, Empfehlungen hinsichtlich arbeitsplatzbedingter Schimmelpilzgefährdung zu formulieren. Die Empfehlungen wurden in der Zeitschrift „Bibliothek“ veröffentlicht und mit Kommentaren des Autors versehen (1996, p. 200ff). Für die Einrichtung in Archiven und Depots gibt Neuhauser sechzehn Empfehlungen ab, wie sie hier verkürzt wiedergegeben werden:

- Neuzugänge von Archivgut sind auf einen möglichen Schimmelpilzbefall hin zu untersuchen und das Ergebnis in einem Übernahmeprotokoll

festzuhalten. In diesem Protokoll sind auch die bisherigen Lagerungsbedingungen und die Lagerungsgeschichte zu beschreiben.

- Pilzbefallene oder pilzverdächtige Archivbestände sind vom übrigen Bestand zu isolieren. Mikrobiologische Untersuchungen der Materialien und der technischen Einrichtungen zur Klimakontrolle sind regelmäßig durchzuführen.
- Pilzwachstum ist abhängig von Raumklima. Die optimalen Lagerungsbedingungen müssen eingehalten werden.
- Oberflächenreinigung von befallenem Archivgut darf nur unter geeigneten Absaugeinrichtungen vorgenommen werden. Deren Filter sind regelmäßig zu erneuern.
- Um Staubablagerungen im Archiv so gering wie möglich zu halten, sind die Räume hinsichtlich Einrichtung und Ausstattung so zu gestalten, dass eine Reinigung mit pilzabtötenden Mitteln möglich ist.
- Arbeiten, welche die Luftfeuchtigkeit und/oder die Temperatur im Raum erhöhen, sollten in Räumen durchgeführt werden, die eine Be- und Entlüftung gewährleisten. In diesen Räumen muss in regelmäßigen kurzen Abständen eine mikrobiologische Kontrolle durchgeführt werden.
- Stationäre Umluftgeräte, Heizgeräte, Ventilatoren, Luftbefeuchter und -entfeuchter dürfen nur dann verwendet werden, wenn durch die dabei entstehende Luftbewegung keine übermäßige Staubverwirbelung erfolgt.
- Luftauslässe von Absauggeräten und raumluftechnischen Anlagen dürfen nicht in der Nähe von Fensteröffnungen, Türen oder Luftzuführungen anderer Räume liegen.
- Raumluftechnische Anlagen müssen regelmäßig, jedoch mindestens einmal pro Jahr gewartet und geeicht werden.
- Die Entsorgung von gebrauchten Filtereinsätzen von Absaugeinrichtungen und raumluftechnischen Anlagen muss in geschlossenen Behältnissen erfolgen.

Weder am Staatsarchiv, noch in der Nationalbibliothek ist eine regelmäßige Oberflächenreinigung im Archivbereich der Fall. Allerdings wird viel Wert auf eine

staubfreie Lagerung gelegt, weshalb die Objekte in zunehmendem Maß in Kassetten, Passepartouts und Mappen gelagert werden.

7.3. Rechtliche Aspekte

7.3.1. Zuständigkeiten

Der gesamte Komplex der Schimmelpilzkontamination ist ein interdisziplinäres Aufgabengebiet. Das zeigt sich auch bei der Ermittlung von Zuständigkeitsbereichen. Bibliotheken, Archive und Museen gehören unterschiedlichen Verwaltungsstrukturen an. Die Einbeziehung von Versicherungs- und Unterhaltsträgern, von Einrichtungen des Gesundheitswesens und der Arbeitssicherheit machen eine genaue Festlegung der Kompetenzen, Weisungsbefugnisse, Über- und Unterordnungen notwendig. Für das Heranziehen von Untersuchungen durch Analyselabors oder auch Ärzte und öffentlicher Gutachter muss für jede Institution eine Einzellösung gemäß ihrer Rechtslage getroffen werden.

7.3.2. Rechtliche Konsequenzen

Für Neuhauser (1996, p. 209f) ergeben sich aus der Schimmelpilzkontamination Bezüge zu vier Rechtsgebieten:

- **Dienst- und Arbeitsrecht**

Das Dienst- und Arbeitsrecht regelt die gesundheitlichen Belastungen von Bediensteten an ihrem Arbeitsplatz (Arbeitsschutz). Anknüpfungspunkte sind hier einerseits die EG-Richtlinie 89/391/EWG Artikel 16 Absatz 1 „Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit“, andererseits die Vorschriften zur Unfallverhütung.

- **Dienst- und arbeitsrechtliche Konsequenzen bei eingetretener gesundheitsschädigender Schimmelpilzkontamination**

Sofern bei der Gesundheitsschädigung arbeitsplatzbezogene Kausalität nachgewiesen werden kann, reicht das dienst- und arbeitsrechtliche Spektrum von der Fortzahlung der Bezüge und Gehälter im Krankheitsfall

bis zu Anerkennung als Berufskrankheit und zur Einstufung des Gesundheitszustandes als erwerbsunfähig.

- **Schädigung und Wertminderung des Materials durch Pilzkontamination**

Bei der Schädigung durch Schimmelpilze ist im Einzelfall zu prüfen, ob der Schaden durch Fahrlässigkeit entstand und somit dienst- oder sogar strafrechtliche Schritte nach sich zieht. Es kann auch zu versicherungsrechtlichen Konsequenzen kommen.

- **Außenwirkung der Pilzkontamination**

Dieser Bereich betrifft jene Fälle, in denen kontaminiertes Material innerhalb der Einrichtung (Entlehnung) verbracht wurde oder in welchen Dritte als Benutzer, Besucher oder Gäste mit dem kontaminierten Material in Berührung kommen. Dieser Aspekt ist insofern von gravierender Bedeutung, als Dritte über die Auswirkungen einer Kontamination nicht informiert sind und sie keine geeigneten Schutzmaßnahmen ergreifen können. Der Eigentümer des befallenen Materials hat für ausreichende Information zu sorgen und durch eine Freistellungserklärung kann er mögliche spätere Schadensersatzansprüche verhindern. Eine Möglichkeit des Hinweisens auf mögliche Gefahren kann die Aufnahme eines entsprechenden Passus in die Benutzungsordnung sein, die der Benutzer unterschreiben muss. Auch Hinweisschilder, die den Benutzer vor dem Betreten der Räumlichkeiten auf möglichen Schimmelpilzbefall und den Haftungsausschluss aufmerksam machen, sind möglich.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Schimmelpilze beim Menschen Auslöser für verschiedenste Erkrankungen sein können. Mikroorganismen können Allergien auslösen und sogar – in schwersten Fällen – bis zum Tod führen. Beim Umgang mit kontaminiertem Material sind daher umfassende Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen. Befallener Bestand ist für den Benutzer sofort zu sperren, um Erkrankungen vorzubeugen. Außerdem ist ein jährlicher ärztlicher Check anzuraten, um möglichst frühzeitig mögliche Erkrankungen feststellen zu können. Bei diesem

Check können bei Mitarbeitern der Restaurierungswerkstätte auch mögliche Erkrankungen durch verwendete Chemikalien erkannt werden, die eine nicht unerhebliche gesundheitliche Belastung darstellen.

8. Zusammenfassung

Als Abschluss der Arbeit werden im folgenden Abschnitt noch einmal die wesentlichen Punkte der Arbeit zusammengefasst.

Ziel dieser Arbeit war, die klimatischen Umstände, welche zu Schimmelpilzbildung führen können, zu erläutern, und Maßnahmen zur Prophylaxe, Behandlung und Restaurierung eines Schimmelschadens zu beschreiben. Um nähere Informationen zu erlangen, wie die beiden größten Wiener Archive und Bibliotheken mit der Schimmelpilzproblematik umgehen, wurden zwei Interviews mit den Leiterinnen der Restaurierungsabteilungen geführt. Die Ergebnisse lieferten besonders am Gebiet der Kostenfrage einer Restaurierung interessante Ergebnisse.

- Die Aufbewahrung der Materialien in Archiven und Depots unter optimalen Lagerungsbedingungen, welche einen Schimmelbefall verhindern oder aufhalten, ist kostengünstiger und für das Material schonender als die Restaurierung von befallenen Materialien.
- Die optimalen Lagerungsbedingungen richten sich nach dem jeweiligen Material in den Depots. Saisonale Schwankungen in Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit sind als ungefährlicher zu betrachten, als kurzfristige und sehr weite Schwankungen, wie etwa nach Wassereintrüben.
- Mikroorganismen benötigen zum Auskeimen bestimmte Voraussetzungen, die Umgebungs- und Materialtemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Zusammensetzung der Atmosphäre und Beschaffenheit des Nährsubstrates. Sind diese Grundvoraussetzungen bekannt, kann einem Schimmelpilzbefall vorgebeugt werden.
- Mit Mikroorganismen kontaminiertes Material ist sofort vom übrigen Bestand zu trennen und umgehend einer mechanischen, physikalischen und/oder chemischen Reinigung zuzuführen. Ist dies nicht möglich, muss das befallene Objekt tiefgefroren werden, um ein weiteres Ausbreiten des Befalls zu verhindern. Die Restaurierungsabteilung der ÖNB verfügt über die Möglichkeit des Tieffrierens und über einen Trockenschrank, in dem

wassergeschädigte Einzelblätter und Bücher unter Vakuum aufgetaut und getrocknet werden können. Das ÖSTA verfügt nicht über diese Möglichkeit.

- Die Kosten für eine Schimmelschadenbehandlung wurden in der Literatur mit €120 pro Stunde angegeben, Frau Dr. Pilch-Karrer und Frau Mag. Hofmann gaben einen Stundensatz von €50 an. Bei der Restaurierung eines Schimmelschadens an einem etwa hundertseitigen Werk ist somit mit etwa €700 - €800 zu rechnen.
- Um sich ein genaues Bild der in Bibliotheken und Archiven auftretenden Schimmelpilzarten zu verschaffen, ist es ratsam, die Mikroorganismen zu isolieren und zu bestimmen. Verschiedene Arten der Pilze befallen verschiedene Arten von Materialien und rufen auch unterschiedliche Schädigungen für Mensch und Material hervor. Das ÖSTA züchtet Pilzkulturen heran, die ÖNB restauriert die Schäden in der Regel ohne nähere Bestimmung der Mikroorganismen.
- Für den Menschen pathogene Mikroorganismen können zu verschiedenen Krankheitsformen führen: durch direkten Kontakt mit Pilzen (Mykosen und Mykoallergosen) oder durch deren Giftstoffe, die gewissen Schimmelpilze während ihres Stoffwechsels produzieren (Mykotoxikosen). Die Pilze befallen in der Regel die Haut, Atemwege, Augen und Ohren. Bei Inkorporation siedeln die Mikroorganismen auch auf inneren Organen wie etwa der Leber, Herz und der Verdauungstrakt. Manche Arten befallen sogar das Zentralnervensystem des Menschen.
- Im Umgang mit befallenen Materialien ist erhöhte Vorsicht geboten. Restauratoren werden während ihrer Ausbildung auf mögliche Gefahren durch Mikroorganismen aufmerksam gemacht. Ein ärztlicher Check sollte regelmäßig bei allen Mitarbeitern, die mit kontaminiertem Material in Berührung kommen, durchgeführt werden. Im Staatsarchiv gibt es eine freiwillige jährliche Überprüfung der Gesundheit, an der ÖNB gibt es zwar eine Betriebsärztin, doch ein regelmäßiger Check ist nicht vorgeschrieben – er kann jedoch von den Mitarbeitern in Anspruch genommen werden.
- Benutzer sollten auf keinen Fall mit befallenem Material in Berührung kommen. Sowohl die ÖNB als auch das ÖSTA verhängen Benutzungssperren bei kontaminiertem Material.

Schimmelpilze sind eine Gefahr für Mensch und Material. Absolut sterile Lagerungsbedingungen sind rein utopisch und auch nicht ratsam. Mikroorganismen sind ubiquitär und in der Regel auch nicht schädlich. Wird der Befall allerdings für das freie Auge sichtbar, müssen Sofortmaßnahmen zur Bekämpfung durchgeführt werden, um Schäden zu vermeiden.

Schimmelpilze sind in jeder Bibliothek und in jedem Archiv zu finden. Gemeinsam mit Bakterien und Schadinsekten stellen sie eine nicht unerhebliche Gefahr für das gelagerte Material dar. Eine eingehende Beschäftigung mit Mikroorganismen stellt daher eine Notwendigkeit dar, damit die Gesundheit von Benutzern und Mitarbeitern nicht gefährdet wird, und das gelagerte Kulturgut noch weiteren Generationen erhalten bleibt.

9. Bibliographie

- Alire, C. (Ed.) (2000). Library disaster planning and recovery handbook. New York: Neal-Schuman Publ.
- Ashman, J. (1995). Disaster Planning for Library and Information Services. London: Aslib, the Association for Information Management.
- Banik, G. (1989). Zur Situation der Restaurierung an Bibliotheken und Archiven in Österreich: Maßnahmenkonzept für das Institut für Restaurierung an der Österreichischen Nationalbibliothek. Wien: Institut für Restaurierung ÖNB.
- Banik, G. (Ed.) (2000). Bestandserhaltung, Werkstoffe, Technologie. Stuttgart: Staatliche Akademie der Bildenden Künste.
- Bansa, H. (2000). Normen zur Bestandserhaltung. Retrieved May 31, 2006, from <http://www.uni-muenster.de/Forum-Bestandserhaltung/grundlagen/norm-bansa.html>.
- Böhrenz, H. (1992). Grundsätze bei der Konservierung von bibliothekarischem Sammelgut. Berlin: Deutsches Bibliotheksinstitut.
- Dobrusina, S. (1996). A study of the biostability of parylene-coated paper. Restaurator, 17, 75-85.
- Feather, J. (1996). Preservation and the Management of Library Collections. London: Libr. Assoc.
- Gallo, F. (1998). Biological investigation on sizings for permanent paper. Restaurator, 19, 61-84.
- Haberditzl, A (1997). Was tun mit schimmelbefallenen Archivalien und Büchern? Betrachtungen zum Allheilmittel Desinfektion. Bestandserhaltung: Herausforderung und Chancen, 47, 259-281. Retrieved May 31, 2006, from http://www.landesarchiv-bw.de/sixms/media.php/25/Weber_Hearusf_Haberditzl_schimm.pdf.
- Hilbert, G. (2002). Sammlungsgut in Sicherheit: Beleuchtung und Lichtschutz, Klimatisierung, Schadstoffprävention, Schädlingsbekämpfung, Sicherungstechnik, Brandschutz, Gefahrenmanagement. Berlin: Mann.
- Hödl, I. (1990). Schutzmaßnahmen für Archivmitarbeiter: Fungi are not fungible. Mitteilungen des Steiermärkischen Landesarchivs, 40, 57-60.
- Hödl, I. (1991). Schädigung der Archivalien durch Akintomyzeten. Mitteilungen des Steiermärkischen Landesarchivs, 41, 39-48.

- Hödl, I. (1993). Lebensbedingungen der Schimmelpilze. Mitteilungen des Steiermärkischen Landesarchivs, 42-43, 203-213.
- Hödl, I. (1994). Konservierung von mikroorganismenbefallenen Archivalien im Steiermärkischen Landesarchiv. Restauratorenblätter: Papier und Grafik, 14, 65-72.
- Hödl, I. (1994). Selbstschutz für Archivmitarbeiter. Restauratorenblätter: Papier und Grafik, 14, 73-79.
- Jäger, B. (2000). Schimmelbekämpfung: Prophylaxe und Magazinhygiene. Kurzfassung eines auf der DBI-Fortbildungsveranstaltung „Schimmelbekämpfung“ gehaltenen Referates.
Retrieved May 31, 2006, from <http://www.uni-muenster.de/ForumBestandserhaltung/grundlagen/jaeger1.html>.
- Keimer, B. (1997). Mikroverfilmung von Büchern als bestandserhaltende Maßnahme. Berlin: Deutsches Bibliotheksinstitut.
- Klotz-Berendes, B. (2000). Notfallvorsorge in Bibliotheken. Berlin: Deutsches Bibliotheksinstitut.
- Koch, M. & Gruber, A. (1994). Die Erhaltung und Bewahrung von fotografischen Materialien. Restauratorenblätter: Papier und Grafik, 14, 107-115.
- Leimer, H. (2005). Klimastabilität in Archiven, Bibliotheken und Museen. B.I.T.online, 8, 313- 322.
- Lotz, A. & Hammacher, P. (2001): Schimmelschäden vermeiden: Bauphysikalische Grundlagen, Analyse und Ursachen, Hinweise zur Vermeidung und Sanierung. Stuttgart: Fraunhofer/RB Verlag.
- Magaudda, G. (2001). Damage caused by destructive insects to cellulose previously subjected to Gamma-Ray irradiation and Artificial Aging. Restaurator, 22, 242-250.
- Mann, M. (Ed.) (1994). Bestandserhaltung in wissenschaftlichen Bibliotheken. Verfahren und Maßnahmen zur Rettung der vom Papierzerfall bedrohten Bibliotheksbestände: eine Studie der Bayerischen Staatsbibliothek im Auftrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Berlin: Deutsches Bibliotheksinstitut.
- Mayer, M. (Ed.) (1991). Preservation, conservation, restoration an der Universitätsbibliothek Graz: Ausstellung Das beschädigte Buch. Graz: Universitätsbibliothek.
- Müller, E. (1971): Mykologie: Grundriss der Pilzkunde. Stuttgart: Thieme.
- Nittérus, M. (2000): Fungi in Archives and Libraries: a Literary Survey. Retrieved May 31, 2006, from <http://www.uni-muenster.de/Forum-Bestandserhaltung/grundlagen/nitterus.html?print>.

Paasch, K. (Ed.) (1998). Konservierung und Restaurierung von Handschriften und Alten Drucken: Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung der Stadt- und Regionalbibliothek Erfurt und des Restauratoren Fachverbandes e.V. am 7. und 8. November 1997 in Erfurt. Erfurt: Stadt- und Regionalbibliothek.

Podratzki, B. (1997): Rettung von wassergeschädigten Büchern und anderen Papieren durch Gefriertrocknung. ABI-Technik, 17, 260-263.

Reiß, J. (1986). Schimmelpilze: Lebensweise – Nutzen – Schaden – Bekämpfung. Berlin: Springer.

Rempel, S. (1987). The care of Photographs. New York: Lyons & Burford Publ.

Ricelli, A. (1999). Fungal growth on samples of paper: inhibition by new antifungals. Restaurator, 20, 97-107.

Schimmel, Schimmelpilze, Schimmelpilzgifte. (n.d).
Retrieved May 31, 2006, from <http://schimmel-schimmelpilze.de>.

Schlegel, H. (1985). Allgemeine Mikrobiologie. Stuttgart: Thieme.

Schönartz, W. (1982). Das Gefriertrocknen: Eine Methode zur Rettung wassergeschädigter Bücher. ABI-Technik, 2, 27-29.

Shenton, H. (2000). Macro and Microenvironments at the British Library. In R. Manning (Ed.), A Reader in Preservation and Conservation (pp. 112-118). München: Saur.

Strebel, M. (1995). Konservierung und Bestandserhaltung von Schriftgut und Grafik: Ein Leitfaden für Archive, Bibliotheken, Museen, Sammlungen. Urdorf: Haller.

Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden: DIN 4108-2 Teil2, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. (n.d).
Retrieved May 31, 2006, from http://www.umwelt-online.de/recht/bau/din/4108_2.htm.

10. Anhang

10.1. Interview-Leitfaden

1. Die Bibliothek / Das Archiv
 - a. Name der Institution
 - b. Name und Tätigkeitsbereich des Ansprechpartners
 - c. Tätigkeitsbereich des Archivs / der Bibliothek
 - d. Wie groß ist der Bestand?
2. Bestand (in Laufmetern, Prozent,...)
 - a. Papyrus
 - b. Pergament
 - c. Papier
 - d. Leder
 - e. Fotografien und Filme
3. Bauliche Konstruktion
 - a. Archiv / Depot
 - i. Altbau / Neubau
 - ii. Klimakontrolle: Geräte, Fenster,...
 - b. Lesesäle (mit Buchbestand)
 - i. Klimakontrolle
4. Schimmelpilzbildung
 - a. Allgemeines
 - i. Wann kam es zu Schimmelpilzbildung?
 - ii. Welche Teile des Magazins / Depots waren betroffen?
 - iii. Wie viele Materialien waren betroffen? (event. in Laufmetern)
 - iv. Wie wurde der Befall bemerkt?
 1. Routinekontrolle
 2. Mitarbeiterhinweis
 3. konkreter Vorfall
 4. Zufall
 - b. Schimmelpilzarten
 - i. Welche Arten treten häufig im Schadensfall auf?
5. Waren die Schäden am Bestand
 - a. Reversibel?
 - b. Irreversibel?
6. Notfallplan Schimmelpilzbefall
 - a. Es gibt einen: Wie sieht der aus?
 - i. Gibt es eine klare Rollenaufteilung?
 - ii. Wird er regelmäßig besprochen, geübt,...?
 - b. Es gibt keinen?
 - i. Warum nicht?
 - ii. Wie wird sonst im Ernstfall vorgegangen?
 - c. Wie läuft der Notfallplan ab?
 - i. Möglichkeit: Feststellung des Befalls – Schimmelpilzarten – Aushebung und Isolierung – Überwachung des Bestandes

- Behebung des Auslösers (Luftfeuchtigkeit / Temperatur – Restaurierung – Reinigung und Desinfektion des Depots
 - d. Wurde er schon einmal im Ernstfall praktiziert?
 - i. Ja
 - 1. hat alles geklappt?
 - 2. Gab es danach eine Evaluierung und/oder Änderungen im Plan?
 - ii. Nein
7. Behandlung von Schimmelpilzschäden
 - a. Wie wird entschieden, was restauriert wird und was ausgesondert wird?
 - b. Übernimmt die Restaurierungsabteilung alle Reparaturen?
 - i. Ja
 - ii. Nein: gibt es Partner, Kooperationen etc
 - c. Wenn ja:
 - i. Welche Apparaturen stehen zur Verfügung / für welche Schritte (Tiefkühler,...)?
 - ii. Welche Verfahren werden angewendet? Welche Chemikalien werden dabei verwendet?
 - 1. mechanische
 - 2. physikalische
 - 3. chemische
 - iii. Problem des sauren Papiers: wird bei der Behandlung des Papiers auch gleich eine Entsäuerung vorgenommen?
 - d. Kosten
 - i. Schimmelpilzrestauration: wie viel kostet der lm oder kg Buch?
 - ii. Was kostet das komplette Restaurierungs-Programm?
 - e. Dauer: wie lange dauert es durchschnittlich bis ein befallener Band wieder im Regal steht?
8. Mitarbeiter und Benützer
 - a. Mitarbeiter
 - i. Ist das Archiv / Depot ein Dauerarbeitsplatz?
 - ii. Gibt es Informationen zu den Gefahren durch Schimmelpilzbefall?
 - iii. Gibt es ärztliche Kontrollen? Regelmäßig – auf Verdacht?
 - iv. Was geschieht mit Mitarbeitern mit Allergien bzw. Allergiebereitschaft?
 - v. Nach einer aufgetretenen Kontamination: gab es Krankheitsfälle?
 - b. Benützer
 - i. Gibt es Informationen zu möglichen Gesundheitsschäden?
 - ii. Haftungsausschluss: Aushang oder in der Benützungsordnung?

11. Lebenslauf

Barbara Krumpas, geboren am 20. August 1977 in Wien

Ausbildung

2002 – 2006	FH-Studiengang Informationsberufe, 7000 Eisenstadt.
1996 – 1999	Pädagogische Akademie des Bundes, 1100 Wien. Lehramtsprüfung für Hauptschulen
1986 – 1995	AHS, 1020 Wien. Matura

Projekte

Okt. 2004 – Juni 2005	Universitätsbibliothek Innsbruck. Studie zur Langzeitarchivierung digitaler Medien (EU-Projekt reUSE)
Okt. 2003 – Juni 2004	Dokumentationsarchiv des Österreichischen Widerstandes. Erstellung und Implementierung eines Thesaurus.
Febr. 2003 – Juni 2003	Österr. Nationalbibliothek. Erfassung von ungebundenen Beständen (Magazin Heldenplatz)

Ausbildungsbezogene berufliche Erfahrung

Feb. 2006 – April 2006	British Council, 1070 Wien. Projektmitarbeiterin für Fragebogenbearbeitung „Finance and Business Administration System“
Sept. 2005 – Jan. 2006	British Council, 1070 Wien. Berufspraktikum: Customer Services Assistant
Aug. 2004 – Sept. 2004	Wiener Institut für Internationale Wirtschaftsvergleiche, 1010 Wien. Assistenzbibliothekarin
Juli 2003	Österr. Nationalbibliothek, 1010 Wien. Berufsorientierungspraktikum