

WALTRAUT KERNER-GANG

Maßnahmen zur Bekämpfung von Mikroorganismen an Archivalien*

0 Einleitung

Seit 1917, als Pierre Sée die Beteiligung von Schimmelpilzen an der Papierzerstörung aufdeckte, sind über die Papier besiedelnden Mikroorganismen und deren Umweltbedingungen, über die Schadbilder, die sie hervorrufen können, und über die Bekämpfung dieser Organismen mit chemischen und physikalischen Mitteln viele Veröffentlichungen erschienen. Es sollen hier nur einige erwähnt werden, und zwar die Arbeiten von G. M. Cunha und D. G. Cunha (1971), G. Ewald (1966), E. Flieder (1960), F. Gallo und P. Gallo (1966), Y. P. Kathpalia (1973) usw. Das Problem der Restaurierung und Konservierung pilzbefallenen Archivmaterials ist aber immer noch nicht zufriedenstellend gelöst worden.

Im folgenden soll nun über Arbeiten berichtet werden, die in der Fachgruppe „Biologische Materialprüfung“ der Bundesanstalt für Materialprüfung in Berlin im Hinblick auf die Bekämpfung von Mikroorganismen an Archivalien durchgeführt worden sind. Obwohl wir uns mit dem Materialschutz gegen Organismen allgemein – und mit der Prüfung der Beständigkeit von Holz, Kunststoffen, Textilien, Dichtungsmitteln usw. gegenüber Mikroorganismen als Teilgebiet daraus – schon seit einigen Jahrzehnten befassen, wurde das Problem der Bekämpfung von Schimmelbefall an Archivmaterial erstmalig vor 9 Jahren an uns herangetragen. Leider war es uns bisher nicht möglich, eine umfassende, systematische Forschungsaufgabe auf diesem Gebiet durchzuführen, da die zur Verfügung gestellten Mittel hierfür nicht ausreichten; wir konnten uns stets nur mit Teilproblemen befassen, mit Untersuchungen, die uns von den betreffenden Archivverwaltungen jeweils als vordringlich genannt wurden. Deshalb setzt sich die von uns auf diesem Gebiet durchgeführte Arbeit aus mehreren Einzelkapiteln zusammen, auf die hier in chronologischer Reihenfolge eingegangen werden soll.

* Ein Bericht über Untersuchungen aus der Fachgruppe 5.1 „Biologische Materialprüfung“ der Bundesanstalt für Materialprüfung Berlin-Dahlem

1 Untersuchung der Lebensfähigkeit von Pilzsporen an Büchern

Die ersten Untersuchungen an pilzbefallenen Büchern führten wir, wie bereits erwähnt, vor 9 Jahren durch. Seinerzeit sind wir von der Stiftung Preußischer Kulturbesitz beauftragt worden, den noch vom Krieg her ausgelagerten Buchbestand der Staatsbibliothek im Landgrafenschloß Marburg auf Schimmelpilzbefall zu untersuchen. Die Bücher sollten in eine neue Bibliothek überführt werden, und da man sich mit diesen Büchern keine Infektionsquellen in die neuen Räume holen wollte, sollte untersucht werden, ob die makroskopisch an einer Reihe von Büchern sichtbaren Pilzkolonien noch lebens- und vermehrungsfähig wären. Eine Anzahl von Büchern wurde wahllos herausgegriffen. In allen Fällen konnte die Lebensfähigkeit der Schimmelpilzsporen nachgewiesen werden, denn, auf geeignete Nährböden übertragen, wuchsen sie innerhalb weniger Tage zu Kolonien aus und produzierten Unmengen neuer Sporen. Wir hatten seinerzeit empfohlen – das gleiche würden wir heute auch noch empfehlen – die Bücher mittels Ethylenoxid zu sterilisieren, weil mit diesem gasförmigen Desinfektionsmittel positive Erfahrungen bei uns vorlagen.

2 Mikrobiologische Untersuchungen an eingesiegeltem Material

2.1 Siegeleinheiten mit Japanpapier

Etwa zur gleichen Zeit wurde von der Niedersächsischen Archivverwaltung in Bückeburg angefragt, ob bei uns Erfahrungen darüber vorliegen, inwieweit das Heißsiegelungsverfahren einen dauerhaften Schutz für die eingebetteten Archivalien darstellt. Besonders interessierte die Frage, wie sich das eingebettete Material Schimmelpilzen gegenüber verhält. Da bei uns auf diesem Gebiet keinerlei Erfahrungen vorlagen, führten wir an einigen Siegeleinheiten, die in Bückeburg unter Verwendung verschiedener Folien – teils mit, teils ohne Japanpapier – hergestellt worden waren, Untersuchungen durch. Proben dieser Siegeleinheiten wurden bei uns mit wäßrigen Aufschwemmungen besprüht, die Sporen mehrerer Schimmelpilzarten enthielten. Diese Proben wurden bei Klimabedingungen untergebracht, die für die Pilzentwicklung günstig sind.

Bei diesen Versuchen stellte sich heraus, daß das seinerzeit mit PE-Folie + Japanpapier eingesiegelte Material bereits nach einer Woche völlig von Schimmelpilzen bewachsen war.

2.2 Untersuchung des Verhaltens von Sporen nach dem Siegelprozeß

Die Niedersächsische Archivverwaltung war an der Fortführung der Untersuchungen sehr interessiert, denn in Bückeburg wurden damals jährlich etwa 200 000 Blatt nach dem Laminationsverfahren restauriert. Besonders sollte den Fragen nachgegangen werden, ob

1. das Wachstum der im Papier vorhandenen Schimmelpilze durch die Folieneinbettung zum Stillstand kommt und die vorhandenen Sporen durch den Heißsiegelprozeß inaktiviert werden und
2. inwieweit die Folien selbst möglicherweise als Nährboden für Mikroorganismen anzusehen sind.

Die BAM stellte daraufhin einen Antrag auf Gewährung von Forschungsmitteln bei der AIF über das Institut für Dokumentationswesen, der jedoch abgelehnt wurde. Auch von der DFG wurde ein entsprechender Antrag abgelehnt, mit der Begründung, daß sich u. a. Kathpalia in Indien seit langem mit diesem Problem befaßt. Herr Kathpalia, den wir um Auskunft baten, teilte uns mit, daß er das Archivmaterial vor dem Einbetten entsäuert, reinigt und begast, so daß alle zu restaurierenden Dokumente frei von Pilzsporen wären; würden dennoch Sporen übrig bleiben, so würden sie durch das Heißpreßverfahren, bei dem sich manchmal auch das Papier verfärben würde, durch die große Hitze und den Druck zerstört.

Das Niedersächsische Staatsarchiv beschaffte dann Mittel, um die entsprechenden Untersuchungen – wenn auch in bescheidenem Rahmen – durchführen zu können.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind ja bereits veröffentlicht worden (W. Kerner-Gang, 1974), auch H.-R. Jarck (1975) hat darüber berichtet und die Ergebnisse diskutiert; deshalb soll hier nur noch einmal kurz auf diese Untersuchungen eingegangen werden.

Repräsentative Papierproben wurden mit Sporen definierter Schimmelpilzarten infiziert und anschließend in Bückeburg dem Heißsiegelungsprozeß unterworfen. Gemäß dem Versuchsprotokoll wurden beim Laminieren folgende Bedingungen eingehalten: Arbeitsdruck der Presse laut Anzeige 15 kp/cm², Temperatur 120°C, Dauer 180 Sekunden. Es wurde eine Polyethylenfolie von ca. 30 µm Dicke hierzu verwendet. Die einzelnen Siegeleinheiten wurden dann wieder an die BAM zurückgeschickt und hier wurde nach längerer Feuchtlagerung der Proben untersucht, ob Temperatur und Druck ausgereicht haben, die Sporen abzutöten. Da sich ja die Sporen der einzelnen Pilzarten äußeren Einflüssen gegenüber sehr unterschiedlich verhalten können, war auch hier mit unterschiedlichen Reaktionen der verschiedenen Pilzarten zu rechnen. Die Versuche sind deshalb mit 6 Arten durchgeführt worden.

Die Durchsicht der über mehrere Monate feucht gelagerten Proben erfolgte teils unter dem Auflicht-, teils unter dem Rasterelektronenmikroskop.

Bei den mit *Asp. niger* eingesiegelten Proben war selbst nach fünfmonatiger Versuchsdauer keine Veränderung der Sporen oder der Folie zu erkennen (s. Bild 1 und 2), ein Zeichen dafür, daß diese Sporen durch den Heißsiegelungsprozeß ihre Lebensfähigkeit eingebüßt haben. Die Proben mit den Sporen von vier verschiedenen *Penicillium*-arten sahen unterschiedlich aus; mehr als die Hälfte aller durchgeschienenen Proben zeigte keine Veränderung der Folien. Bei den übrigen Proben wurde ein Durchwachsen der Pilze von innen durch die Folie beobachtet (Bild 3). Bei den Proben mit *Trich. viride* wurde festgestellt, daß von kleinen Sporenanhäufungen keine Hyphen ausgingen. Handelte es sich jedoch um größere Sporenpakete, so war oftmals eine Beschädigung der darüber liegenden Folie zu erkennen: aus winzigen Löchern oder Rissen kamen dann Hyphen zur Oberfläche und wuchsen oben auf der Folie entlang (Bild 4). Die Untersuchungen haben also gezeigt, daß die beim Laminieren herrschenden Druck- und Temperaturbedingungen nicht ausreicht haben, um die Sporen aller 6 Pilzarten zu inaktivieren.

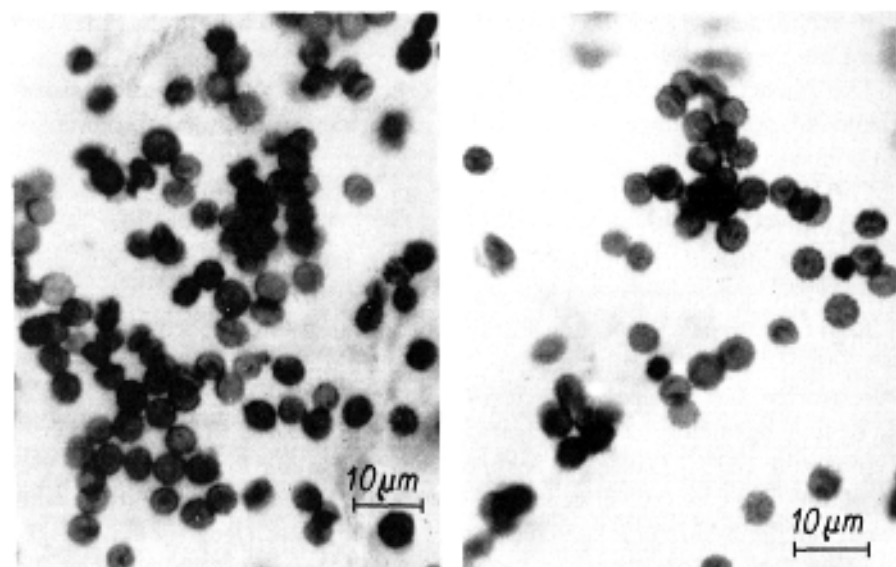


Abbildung 1: Sporen von *Aspergillus niger* unter der Folie – nach dem Einsiegeln

Abbildung 2: Sporen von *Aspergillus niger* unter der Folie – nach anschließender 5monatiger Feuchtlagerung

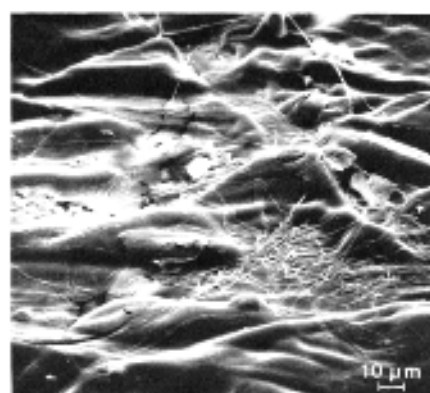
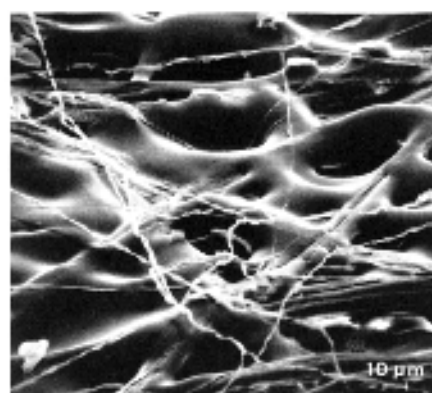


Abbildung 7: Feuchigelagerte Probe – eingesiegt mit Sporen von *Penicillium spec.*, deren Hyphen zur Oberfläche durchgewachsen sind

Abbildung 8: Feuchigelagerte Probe – eingesiegt mit Sporen von *Trichoderma viride*, deren Hyphen zur Oberfläche durchgewachsen sind

2.3 Untersuchungen mit verschiedenen Folien und variierten Siegelbedingungen

Finanziert von der Landesarchivverwaltung Rheinland-Pfalz wurden daran anschließend Untersuchungen durchgeführt, die das Ziel hatten, anstelle der Polyethylenfolie Celluloseacetatfolien auf ihr Verhalten gegenüber Schimmelpilzbefall zu untersuchen und zu prüfen, ob sich im Falle der Widerstandsfähigkeit dieser Folien die Laminationsbedingungen so variieren lassen, daß die am Papier haftenden Sporen durch den Heißsiegelungsprozeß inaktiviert werden. Auf Empfehlung der Niedersächsischen Archivverwaltung wurden außerdem zwei andere Folien in die Versuche einbezogen, so daß wir folgendes Untersuchungsmaterial erhielten:

1. Celluloseacetatfolie, bandmat (17 µm) – Folie 1 –,
2. Celluloseacetatfolie, glänzend (20 µm) – Folie 2 –,
3. Celluloseacetatfolie, ohne weitere Angaben – Folie 3 –,
4. Polyesterfolie mit Polyethylenbeschichtung (50 µm),
5. Selbstklebefolie.

Zunächst wurden die 5 Folien im Anlieferungszustand daraufhin untersucht, wie sie sich Schimmelpilzbefall gegenüber verhalten. Sie wurden dazu mit wäßrigen Aufschwemmungen besprüht, die Sporen 12 verschiedener Schimmelpilzarten enthielten. Bei den verwendeten Pilzen handelte es sich um solche, die häufig als Besiedler von Kunststoffen und Papier anzutreffen sind. Die Proben

wurden dann frei hängend in Gefäßen bei hoher Luftfeuchte und geeigneten Temperaturen untergebracht. Die abschließende Beurteilung erfolgte nach 4 Wochen. Dabei wurde auf der Celluloseacetatfolie 3 Bewuchs festgestellt, die Selbstklebefolie war beidseitig kräftig bewachsen. Die Pilzentwicklung auf den beiden anderen Celluloseacetatfolien 1 und 2 und auf der polyethylenbeschichteten Polyesterfolie war praktisch „0“. Deshalb wurden nur diese drei Folien für die anschließenden Laminationsversuche mit künstlich infiziertem Papier berücksichtigt.

Das Einsiegeln von Druck-, Hadern- und Schreibmaschinenpapier, das mit drei verschiedenen Pilzarten künstlich infiziert wurde, ist in der Fachgruppe „Papier, Druck, Verpackung“ der BAM vorgenommen worden. Nachdem sich herausgestellt hatte, daß Temperaturen von 160–180°C und ein Druck von $8\text{--}10 \cdot 10^5$ Pa bei einer Einwirkungszeit von nur 60 Sekunden nicht ausgereicht hatten, die Sporen zu inaktivieren, wurden die Laminationsbedingungen verschärft. Die nächste Versuchsserie wurde deshalb bei einem Druck von $13 \cdot 10^5$ Pa bei Temperaturen von 180–200°C eingesiegelt; die Zeiten betragen 2, 4 und 8 Minuten. Da es bei der Polyesterfolie mit Polyethylenbeschichtung zu starker Blasenbildung kam, wurde für diese Folie die Temperatur auf 120°C reduziert.

Proben dieser Siegeleinheiten wurden dann wieder im feuchtwarmen Klima untergebracht. Bei der Durchsicht der Proben nach 4 Monaten wurde festgestellt, daß sich auf der polyethylenbeschichteten Polyesterfolie Pilze entwickelt hatten, und zwar sowohl auf als auch unter der Folie. Die mit den beiden Celluloseacetatfolien eingesiegelten Proben zeigten weder keimende Sporen noch Beschädigungen der Folie durch Pilzwachstum. Dort allerdings, wo das Papier nicht völlig von der Folie umgeben war – also an den Schnittflächen, die beim Herausschneiden unserer Proben entstanden waren – kam es zu Sekundärinfektionen, die vom Papier zur Folie überwuchsen. Es muß also in jedem Falle darauf geachtet werden, daß die Schnittflächen des Papiers nicht frei liegen, sondern von der Folie überlappt werden. Inwieweit nun allerdings die bei uns angewendeten Laminationsbedingungen auch in der Praxis realisierbar sind, entzieht sich leider unserer Kenntnis.

Finanziert von verschiedenen Landesarchiven und vom Bundesarchiv wurden dann vor etwa 2 Jahren weitere Folien auf ihre Eignung zur Archivalienkonservierung untersucht.

Von der Fachgruppe „Papier, Druck, Verpackung“ der BAM, die andere Kriterien der Folieneignung zu beurteilen hatte, wurden uns folgende Folien – alle 30 µm stark – zur Verfügung gestellt:

1. Polyethylenfolie 1, ohne Stabilisator,
2. Polyethylenfolie 2, mit Stabilisator I,

3. Polyethylenfolie 3, mit Stabilisator II,
4. Celluloseacetatfolie A,
5. Celluloseacetatfolie B.

Auch hier wurde zunächst untersucht, wie sich das Material im Anlieferungszustand Schimmelpilzbefall gegenüber verhält. Da wir uns in diesem Falle etwas mehr Zeit lassen konnten, haben wir die Pilzanfälligkeit der Folien nach 2 Verfahren geprüft: 1. nach ISO R 846 Verfahren A und B, 2. nach DIN 40046, Prüfung J, Schimmelwachstum; bei dieser Norm wurde die Versuchsdauer von 4 auf 12 Wochen ausgedehnt.

Beide Versuchsreihen lieferten übereinstimmende Ergebnisse: Die Celluloseacetatfolie B konnte von den Pilzen als Nährboden verwendet werden. Die andere Celluloseacetatfolie A war nach 4 Wochen nur geringfügig, nach 12 Wochen jedoch stärker bewachsen. Die drei untersuchten Polyethylenfolien gingen als widerstandsfähigste aus diesen Versuchen hervor und wurden für die weiteren Laminationsversuche berücksichtigt.

Proben von Holzschliff-, Zellstoff- und Hadernpapier wurden mit den Sporen fünf verschiedener Schimmelpilzarten infiziert und anschließend mit den genannten Folien unter folgenden Bedingungen eingesiegelt: Druck $11 \cdot 10^5$ Pa, Temperatur 140°C , Dauer 5 Minuten.

Nach dreimonatiger Feuchtlagerung der Proben wurden an allen insgesamt 45 Siegelmustern keinerlei Veränderungen oder Bewuchs festgestellt. Einige Wochen später zeigte ein Teil der Proben, besonders an den Siegelmustern mit Holzschliff- und Zellstoffpapier, Bewuchs an den Schnittflächen, vom Papier ausgehend. Nach sechsmonatiger Versuchsdauer wurden auf den Folien von 2 Holzschliff- und 7 Zellstoffpapiersiegelmustern Pilzgebilde festgestellt.

Bei der Durchsicht der Proben nach 12 Monaten fiel auf, daß die Folien der mit Hadernpapier hergestellten Siegelmuster keinen oder nur geringfügigen Bewuchs aufwiesen. Alle übrigen mit den beiden anderen Papieren hergestellten Siegelmuster zeigten – unabhängig von den für die Infektion benutzten Pilzarten und unabhängig von den verwendeten 3 Folien – mehr oder weniger starken Bewuchs. Ein Drittel der durchgesehenen Proben wies Sekundärinfektionen mit *Chaetomium* auf. Auf einigen Proben wurden dabei bis zu 20 – allerdings sehr kleine – *Chaetomium*kolonien gezählt.

In diesem Zusammenhang soll auf eine Veröffentlichung von R. Tröger, G. Müller und D. Blechschmidt (1969) hingewiesen werden. Neben anderweitig restaurierten und konservierten Papierproben haben sie auch laminierte Papiere auf Mikrobenfestigkeit untersucht. Das Papier war einmal mit Celluloseacetatfolie + Japanpapier, zum anderen mit Polyethylenfolie + Japanpapier laminiert. Die Proben wurden dann beimpft und feucht gelagert. Nach 3 Wochen waren die Proben noch unverändert, nach 3 Monaten jedoch verpilzt,

und das Papier war mürbe. Die Autoren stellen fest, daß „lamierte Papiere immer aus der umgebenden Luft Feuchtigkeit aufnehmen und quellen (auch bei Zimmertemperatur). Dadurch reißt wahrscheinlich die Folienverpackung auf und ist nicht mehr dicht. Beim Angriff von Mikroben unter Feuchtlagerung wird dann der Papierkern zerstört.“

3 Versuche mit Desinfektionsmitteln als Zusatz zum Leim

In einem Auftrag für das Land Niedersachsen waren außerdem Methoden zur Bekämpfung von Pilzbefall zu überprüfen, die in den „Empfehlungen für die Behandlung von Schäden an Hadernpapieren“ (Ergebnisse der Tagung Niedersächsischer Restauratoren, Oktober 1974) genannt sind. Bei diesen Empfehlungen handelt es sich um Verfahren, die seinerzeit von den betreffenden Teilnehmern als positiv bewertet wurden.

Ich möchte folgende Beispiele aus diesen Untersuchungen nennen: Als einfachste Behandlungsmethode wird in dem Protokoll empfohlen, die Sporen von befallenem Material abzubürsten, das Papier zu wässern und anschließend nachzuleimen. Letzteres verleiht dem Papier durch die Nachhärtung des Leimes einen wirksamen Schutz gegen Wasseraufnahme. Dem Leim wird zweckmäßigerweise ein Fungizid zugesetzt, an welches ja bekanntlich folgende Anforderungen gestellt werden: Es soll ein breites Wirkungsspektrum besitzen, also die Sporen möglichst vieler Pilzarten zuverlässig abtöten, es soll das Papier nicht schädigen, seine Farbe und Elastizität nicht verändern, die Haftfähigkeit des Leimes nicht verringern, in Wasser löslich und für den Menschen ungefährlich sein. Wir haben die Wirksamkeit folgender Fungizidzusätze zum Leim überprüft: Natriumpentachlorphenolat, Salicylanilid und Orthophenylphenol (Dowicide A).

3.1 Na-Pentachlorphenolat

Dieses – für den Menschen ja nicht ungefährliche – Mittel wird nach G. Ewald (1966) in der Lenin-Bibliothek dem Kleister in Mengen bis zu 1 % zugesetzt. Es wurden von uns zunächst orientierende Vorversuche durchgeführt, indem wir mit verschiedenen Pilzarten bewachsene Papierstreifen in 0,25, 0,5 und 1,0 %ige Na-PCP-Lösungen getaucht und nach Einwirkungszeiten von 1/2, 1 Stunde und 2 Stunden wieder entnommen haben. Die Streifen wurden dann zwecks Entfernung des Schutzmittels in steriles Wasser überführt und anschließend in Röhrchen mit Nährbouillon gegeben. Die Röhrchen wurden 3 Wochen lang bei 24°C zur Bebrütung aufgestellt. Bei der Durchsicht nach einer Woche wurde folgender Bewuchs festgestellt.

Pilze	Konzentration der Na-PCP-Lösung								
	0,25 %			0,5 %			1,0 %		
	Einwirkungsdauer in Stunden								
	1/2	1	2	1/2	1	2	1/2	1	2
<i>Chaetomium globosum</i>	+	0	0	+	0	0	0	0	0
<i>Paecilomyces variotii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Penicillium funiculosum</i>	+	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Penicillium</i> sp. M 1	+	+	0	+	+	0	+	0	0
<i>Penicillium</i> sp. M 6	+	+	+	+	+	+	+	0	0
<i>Penicillium</i> sp. M 25	+	+	+	+	+	+	+	0	0
<i>Trichoderma viride</i>	+	+	+	+	+	+	+	0	0

Nach 3 Wochen waren folgende Röhrrchen bewachsen:

Pilze	Konzentration der Na-PCP-Lösung								
	0,25 %			0,5 %			1,0 %		
	Einwirkungsdauer in Stunden								
	1/2	1	2	1/2	1	2	1/2	1	2
<i>Chaetomium globosum</i>	+	+	+	+	+	+	0	0	0
<i>Paecilomyces variotii</i>	(+)	(+)	0	0	0	0	0	0	0
<i>Penicillium funiculosum</i>	+	(+)	(+)	(+)	0	0	(+)	0	0
<i>Penicillium</i> sp. M 1	+	+	(+)	+	+	0	+	(+)	0
<i>Penicillium</i> sp. M 6	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Penicillium</i> sp. M 25	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Trichoderma viride</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	(+)

Zeichenerklärung: 0 = Kein Bewuchs, + = Bewuchs, (+) = schwacher Bewuchs

Aus den Tabellen ist zu ersehen, daß ein Teil der Pilze durch die Behandlung nur geschädigt, nicht aber irreversibel inaktiviert worden ist. Die Pilze haben sich in der 2. und 3. Versuchswoche wieder erholt und sind in der Nährbouillon ausgewachsen.

Im Hinblick auf die Diskussionen über die Verwendung von PCP-haltigen Holzschutzmitteln (gemäß einer Mitteilung des BGA sollen diese Mittel für Wohnräume nicht mehr verwendet werden), wurde von weiteren Versuchen, höhere PCP-Konzentrationen einzusetzen oder sie dem Leim zuzufügen, Abstand genommen.

3.2 *Salicylanilid*

das in dieser Hinsicht als unbedenklich anzusehen ist, sollte gemäß den „Empfehlungen“, in einer Konzentration von 0,5 % dem Kleister zugegeben werden.

Für diese Versuche haben wir Papierstreifen mit den Sporen von 12 Schimmelpilzarten infiziert. Dann wurde eine wäßrige, 2%ige Tyloسلösung (vom Niedersächsischen Staatsarchiv wurde uns hierfür „Tylose MH 300“ empfohlen) aufgetragen, die 0,5 % Salicylanilid enthielt. Nach dem Festwerden der Tylose wurden die Papierproben in feuchten Kammern bei 24°C untergebracht. Nach einer Woche und nach 2 Wochen wurden die Proben entnommen und auf Malzagar abgeklatscht. Bereits nach wenigen Tagen entwickelten sich in sämtlichen Schalen die Pilze recht zahlreich. Auch Versuche mit der doppelten Menge Salicylanilid zeigten, daß Zugabe von 1,0 % Salicylanilid zum Leim nicht ausreichte, um die Sporen der von uns benutzten Schimmelpilzarten abzutöten.

3.3 *Orthophenylphenol*

soll in Florenz 1966 und 1969 mit Erfolg eingesetzt worden sein. Y. P. Kathpalia (1973) nennt eine Zugabe von 0,5 % zum Leim.

Da wir vom – besser löslichen – Na-Salz-Tetrahydrat ausgegangen sind, wurden die Konzentrationen höher angesetzt. Mit Sporen verschiedener Pilzarten infizierte Papierstreifen wurden mit Tyloسلösung bestrichen, die

- a) für Kontrollzwecke kein Fungizid enthielt,
- b) einen 2%igen und
- c) einen 4%igen Zusatz von Orthophenylphenol enthielt.

Nach dem Trocknen wurden die Papierproben einzeln in feuchten Kammern bei 24°C untergebracht. Nach einer Versuchsdauer von 8 Wochen wurden die Proben auf Malzagar abgeklatscht.

Während alle Schalen der Serie a) (also Leim ohne Zusatz) bereits am 4. Tag stark bewachsen waren, wurde in den Schalen der Serie b) – 2%iger Zusatz –

stark abgeschwächter Bewuchs beobachtet. In den Schalen der Serie c) – 4 %iger Zusatz – trat selbst nach dreiwöchiger Bebrütungsdauer kein Bewuchs auf. Man kann bei dieser Konzentrationsstufe also von einer zuverlässigen Inaktivierung der Sporen sprechen, es ist jedoch zu untersuchen, ob das Papier bei einem so hohen Fungizidzusatz zum Leim nicht beeinträchtigt wird.

4 Versuche mit Ethylenoxid

Die Vorteile, die die Behandlung befallener Bücher mittels Ethylenoxidbegabung bietet, sind bekannt; allerdings auch der Nachteil, daß die Behandlung nur in Geräten durchgeführt werden darf, die den sicherheitstechnischen Bestimmungen entsprechen.

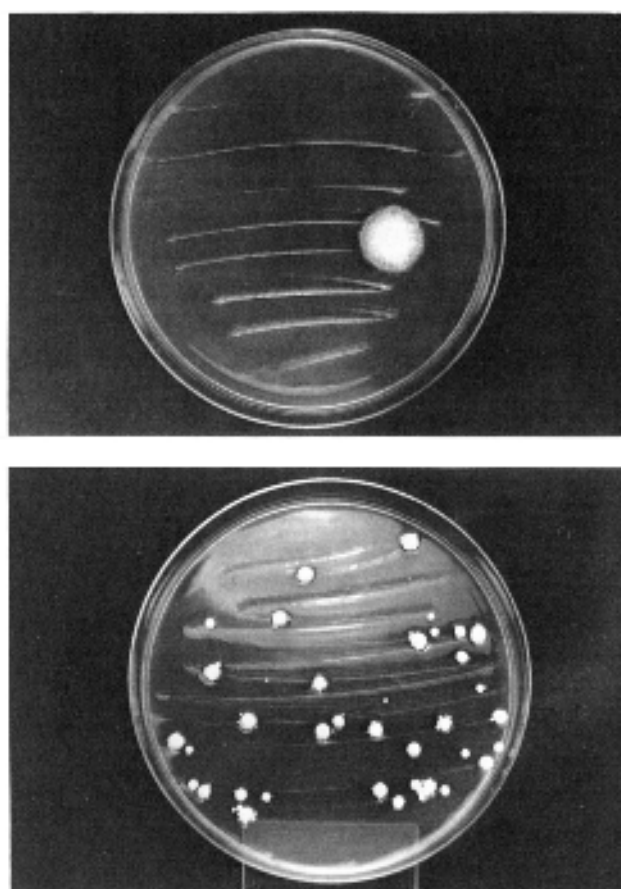
Aus der Literatur soll zu diesem Thema nur die Arbeit von F. Gallo (1975) genannt werden, in der ausführlich über diesbezügliche Sterilisationen von Büchern, die bei den Überschwemmungen in Florenz Schaden genommen hatten, berichtet wird. Die Ergebnisse, die dort mit Ethylenoxid erzielt wurden, können von uns eindeutig bestätigt werden. Wir hatten in der BAM des öfteren Gelegenheit, für andere Institutionen völlig verschimmelte Bücher zu sterilisieren. Hierzu verwendeten wir den im Unterdruck- (bzw. Gleichdruck-)verfahren arbeitenden vollautomatischen Ethylenoxidgassterilisator Programat GS 336-1. Die für dieses Gerät übliche Sterilisationsdauer beträgt etwa 3 Stunden. Abimpfungen von pilzbefallenen Stellen im Innern der Bücher, die nach Entfernen des Restgasanteils vorgenommen wurden, ergaben eine 100 %ige Inaktivierung der Pilzsporen. Auch mit künstlich infizierten Papieren – die Versuche wurden mit drei Papierarten und 12 verschiedenen Schimmelpilzarten durchgeführt – wurde das gleiche positive Ergebnis erhalten: Dreistündige Sterilisationsdauer reichte aus, um sämtliche Sporen abzutöten.

Inwieweit sich die mechanischen und chemischen Eigenschaften der Papiere, die für die Haltbarkeit von Bedeutung sind, durch die Behandlung mit Ethylenoxid verändern, ist in der Fachgruppe 3.3 „Papier, Druck, Verpackung“ untersucht worden, mit dem Ergebnis, daß die Behandlung mit Ethylenoxid weder zu Schäden an den untersuchten Papieren führte, noch machten sich schädigende Einflüsse im Verlauf der Alterungen bemerkbar.

5 Isolierung von Schimmelpilzen aus sog. „Backstein-Bänden“

Zum Schluß dieses allgemeinen Überblicks sollen noch kurz die Pilzisolierungen aus verschimmelten Büchern erwähnt werden.

Auf Veranlassung von Herrn Feind, Niedersächsisches Staatsarchiv, wurden uns neun sog. „Backstein“ Bände kurzfristig zur Verfügung gestellt. Hierbei handelt es sich um wassergeschädigte Archivalienbände, die nach dem Feuchtwerden von einer harten Schlämmlkruste umgeben waren. Diese Bände waren zu Kriegsende oder kurz danach naß geworden und später nur mangelhaft getrocknet worden. Nachdem nun diese Bände über 30 Jahre lang aufbewahrt waren, interessierte die Frage, ob im Innern dieser Bände noch lebensfähige Pilze vorhanden sein könnten und um welche Arten es sich gegebenenfalls handeln würde. Es wurde in Erwägung gezogen, diese Organismen als Prüfpilze bei der Auswahl geeigneter Bekämpfungsmittel mit einzusetzen.



Abbildungen 5 und 6: Schimmelpilz-Entwicklung aus Abimpfungen von „Backstein-Bänden“ nach einwöchiger Bebrütung der Nährboden-Schalen

Aus dem Innern dieser neun Bände wurden insgesamt 150 Abimpfungen vorgenommen; dabei wurden Proben des verpilzten Materials mit Hilfe steriler Watteträger auf einen für Pilze geeigneten Nährboden übertragen und dort ausgestrichen. Die Schalen wurden dann 4 Wochen lang bei 22–24°C zur Bebrütung aufgestellt. Mehr als die Hälfte der Schalen blieb ohne Bewuchs; diese Pilze hatten offensichtlich in den 30 Jahren der Lagerung ihre Lebensfähigkeit eingebüßt. In den übrigen Schalen entwickelten sich einzelne oder mehrere Pilzkolonien (s. Bild 5 und 6). Diese Pilze wurden isoliert und in Reinzucht genommen. Wir hatten dann zum Schluß 70 Pilzkulturen vorliegen, die schätzungsweise etwa 20 Pilzarten zuzuordnen sind. Da eine Bestimmung der Pilze in unserem Hause nicht möglich ist, steht die Identifizierung noch aus; es kann bisher nur gesagt werden, daß $\frac{1}{3}$ der Kulturen Penicilliumarten angehören.

Die 70 Kulturen wurden zunächst daraufhin untersucht, ob sie Cellulose als einzige Kohlenstoffquelle verwerten können. Von wenigen Ausnahmen abgesehen, entwickelten sich alle Kulturen auf Cellulosenährböden mehr oder weniger stark. Einige Pilze wuchsen sogar auf Cellulosenährböden schneller als auf Nährböden mit Malz- oder Glucosezugabe (s. Bild 7).

Die Vermutung lag nahe, daß ein Teil der isolierten Pilze zu den „xerophilen“ Arten gehören könnten. Wir haben deshalb die Kulturen auf sog. „trockene“

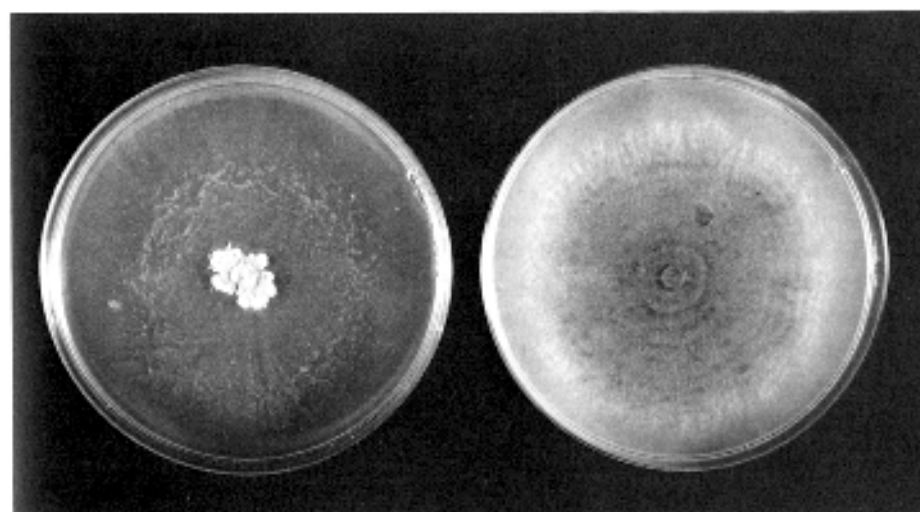


Abbildung 7: „Bäckereipilz“ Pilz D 3 nach einwöchiger Bebrütung
links: auf Malz-Nährboden;
rechts: auf Cellulose-Nährboden.

Nährböden überimpft, jedoch festgestellt, daß diese Nährböden nur von etwa 10% der Kulturen bevorzugt wurden.

Versuche zur Ermittlung der Giftwiderstandsfähigkeit der isolierten Kulturen sind jetzt angesetzt worden, Ergebnisse liegen jedoch noch nicht vor.

Ich hoffe, daß diese Ausführungen einen Überblick über die von uns auf diesem Sektor durchgeführten Arbeiten vermittelt haben und möchte zum Ausdruck bringen, daß wir für Kritik und Anregungen aus der Praxis dankbar sind.

Literatur

- Cunha, G. M. and Cunha, D. G.: Conservation of Library Materials. The Scarecrow Press, Inc. Metuchen, N. J. 1971
- Ewald, G.: Mikroorganismen als Schädlinge in Bibliotheken und Archiven. *Bibl. u. Wiss.* 3 (1966) 13–112
- Flieder, F.: La Conservation des Documents Graphiques: Recherches Experimentales. Paris, Edit. Eyrolles. 1969
- Gallo, F.: Recent Experiments in the Field of Disinfection of Book Materials. ICOM Committee for Conservation, 4th Triennial Meeting, Venice. 1975
- Gallo, F. and Gallo, P.: Bücherfeindliche Insekten und Mikroorganismen. In: *Papiergeschichte* 16 (1966) H. 3/4, 7–28
- Jarck, H.-R.: Mikrobiologischer Befall an eingeseigelten Archivalien. In: *Der Archivar* 28 (1975) H. 3, 325–330
- Kathalia, Y. P. (1972). Persönl. Mitteilung
- Kathalia, Y. P.: Conservation and Restauration of Archive Materials. UNESCO, Paris. 1973
- Kerner-Gang, W.: Mikrobiologische Untersuchungen an eingeseigelten Archivalien. In: *Material und Organismen* 9 (1974) H. 1, 13–20
- Tröger, R., Müller, G. und Blechschmidt, D.: Untersuchungen zur Anwendung und Wirkungsweise von mikrobenvernichtenden Substanzen bei der Papierrestauration und -konservierung. In: *Zbl. Bibl.-Wesen* 83 (1969) 342–372