

# Mikrobiologie als Disziplin bei der Kulturgütererhaltung

Autor(en): **Raschle, Paul**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft**

Band (Jahr): **87 (1994)**

PDF erstellt am: **29.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-832727>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Mikrobiologie als Disziplin bei der Kulturgütererhaltung

Paul Raschle

### Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	271
1. Einleitung .....	272
2. Möglichkeiten der Beeinflussung durch Mikroorganismen .....	272
3. Mikrobiologische Methoden und ihre Bedeutung als Hilfsmittel zum Kulturgüterschutz. ....	273
4. Koch'sche Postulate bei der Mikrobiologie der Kulturgütererhaltung .....	275
5. Schutzmittel und Denkmalerhaltung .....	277
Literaturverzeichnis .....	278

### Zusammenfassung

Die Mikrobiologie ist eine der naturwissenschaftlichen Begleitdisziplinen bei der Untersuchung, der Restaurierung und dem Schutz von Kulturgütern. Es können die gleichen Arbeitsinstrumente der Mikrobiologie eingesetzt werden, wie sie im Pflanzenschutz oder der Medizin gebräuchlich sind. Doch müssen die Koch'schen Postulate stets der Fragestellung angepasst werden, da es sich bei mikrobiellen Schäden immer um langfristige Prozesse handelt und diese Zeit bei der Untersuchung der Objekte auf der Baustelle fast nie zur Verfügung steht. Der Umgang mit Mikroorganismen, mit verschimmelten Objekten, aber auch mit Schutzmitteln verlangt Kenntnisse der Organismen und des sicheren Umganges mit biologischen und chemischen Mitteln.

Es wird unter anderem eine Methode beschrieben, um bewachsene Flächen direkt mikroskopisch beurteilen zu können: Der Bewuchs wird mit Klebband abgenommen und anschliessend direkt im Mikroskop untersucht.

## 1. Einleitung

Alles Geschaffene altert. Alterung bedeutet Veränderung und im Extremfall Zerstörung. Physikalische Einwirkungen wie ein Erdbeben können zerstörerisch wirken. Chemische Einwirkungen wie Abgase und die Säure im Regen sind eine oft diskutierte Ursache für beschleunigtes Altern von Bauwerken (ANONYM, 1986; ANONYM, 1993; APP, 1986; ROHR, 1985). Biogene Einwirkungen sind Einwirkungen der Lebensäusserungen von Menschen, Tieren, Pflanzen, Pilzen und anderen Mikroorganismen (RASCHLE et al., 1989). Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf Algen, Bakterien, Flechten und Pilze (hier zusammen kurz «Mikroorganismen» genannt) als Verursacher biogener Alterung und Zerstörung.

Zeitungsartikel und wissenschaftliche Abhandlungen über biogene Probleme an Kulturgut betreffen auch die Region St.Gallen/Ostschweiz.

Vor kurzem hat die Mumie aus der Stiftsbibliothek St.Gallen für Schlagzeilen gesorgt (SDA, 1993). Schimmelpilze wurden bereits mit dem «Fluch der Pharaonen» in Zusammenhang gebracht, der einmal die Grabkammern in den ägyptischen Pyramiden vor Plünderungen geschützt hat. Durch einen Wasserschaden wurden in Vaduz Sammlungsgegenstände in Mitleidenschaft gezogen (SDA, 1985). Schon fast historisch sind die Angaben über den Hausschwamm im St.Galler Museumsquartier (NÜESCH, 1919). Schwierige Lagerungsbedingungen haben vor der Neueröffnung des neuen Natur- und Kunstmuseums St.Gallen zu einem mehligem Pilzbelag auf Bildern geführt (ANONYM, 1987). Weitere Artikel zeugen von Pilzproblemen in Kirchen von zum Teil höchstem kulturellem Wert: Bolligen (ANDERES, 1989), Einsiedeln (RASCHLE, 1983), Zillis (EMMENEGGER et al., 1990) und das Kreuzigungsbild in der Liebfrauenkapelle Rapperswil (BOARI, 1982). Aber auch

nach Brandfällen und Löscharbeiten in alter Bausubstanz taucht die Frage nach Ursache und Wirkung der gewachsenen Pilze auf.

Mit diesem Beitrag sollen einige Methoden, Gedanken und Fallbeispiele dargestellt werden. Es wird keine Gewichtung der Faktoren unternommen, nicht die chemische gegen die biogene Zerstörung gewertet. Die Umschreibung der Kulturgüter beschränkt sich hier auf Bauwerke, Gemälde, Skulpturen und schliesst z.B. Parkbäume und entsprechendes Kulturgut aus.

## 2. Möglichkeiten der Beeinflussung durch Mikroorganismen

Es gibt Definitionsansätze (SWIFT, 1993), dass sich Biodeterioration als biogene Zerstörung in der Änderung physikalischer Eigenschaften zeigt. Dagegen soll sich Biodegradation als biogener Materialabbau in der Veränderung chemischer Merkmale zeigen. Ein anderer Ansatz wäre, dass biogene Materialzerstörung grundsätzlich unerwünscht, biogener Abbau (Bioabbau) aber als wichtiger Vorgang im Stoffkreislauf der Natur erwünscht und notwendig ist (RASCHLE et al., 1994). Im Zusammenhang mit der Kulturgütererhaltung reden wir neutral von biogener Einwirkung oder bei bekannten Schädigungsmechanismen von biogener Zerstörung. Diese Grenze zu ziehen, ob es sich um Zerstörung oder nur um das Vorhandensein von Mikroorganismen handelt, ist jedoch eine erst mangelhaft bekannte Disziplin und Gegenstand der aktuellen Forschung.

Mikroorganismen können nicht nur auf Bauwerke und Bilder einwirken. Sie können auch für den Konservator oder Restaurator gefährlich werden und zu allergischen Reaktionen und möglicherweise gesundheitlichen Schwierigkeiten führen, wenn Pilze nicht erkannt werden und verschimmeltes Kulturgut nicht fachmännisch behandelt wird (NEUHAUSER, 1994).

Die Mikroorganismen beeinflussen ein Werk nur bei Wachstumsbedingungen. Denn nur dann scheiden sie Enzyme oder Stoffwechselendprodukte aus, welche Materialien angreifen können. Ein verschimmeltes Bild oder historische Textilien mit Stockflecken erleiden bei trockener Lagerung in der Regel keine weitere Zerstörung. Erst bei Feuchtigkeit und somit Wachstumsbedingungen der Mikroorganismen können Zellen und Sporen dieser Kleinlebewesen auskeimen, wachsen und durch ihren Stoffwechsel das Material angreifen. Vorhandene Pilzsporen können aber auch bei Trockenheit wie Pollen oder Staub und Tierhaare als Allergen wirken, wenn sie von Menschen eingeatmet werden, die dafür empfindlich sind (SCHATA, 1994).

### **3. Mikrobiologische Methoden und ihre Bedeutung als Hilfsmittel zum Kulturgüterschutz**

#### *3.1 Isolieren von Mikroorganismen*

Mikroorganismen sind mikroskopisch kleine Organismen, können aber bei Massenvermehrung auch ohne Mikroskop sichtbar werden. Um sie besser zu kennen, müssen sie zuerst in Kultur genommen, das heisst «isoliert» und im Labor gezüchtet werden. Auf diese Weise wird es dann möglich, zwei Fragen zu beantworten, die bei der Untersuchung von Mikroorganismenvorkommen an Kulturgütern immer wieder gestellt werden: Leben diese Organismen noch? Was bewirken sie? Wenn am Objekt sichtbare Organismen isoliert und im Labor gezüchtet werden können, dann sind sie auch am Objekt selbst zu Wachstum fähig, wenn ihnen dort die nötigen Lebensvoraussetzungen – hauptsächlich Feuchtigkeit – gegeben werden.

Leider ist es nicht immer möglich, Mikroorganismen ohne weiteres in Kultur zu nehmen.

#### *3.2 Bestimmen von Mikroorganismen*

Die korrekte Benennung von Schädlingen wird unterschiedlich beurteilt. In gewissen Fällen mag es ausreichend scheinen, wenn ein Pilz «als weit verbreiteter Schimmelpilz» identifiziert wird. Damit lässt sich aber weder ökologisch arbeiten noch das Wissen bestehender Untersuchungen auswerten. Es wird immer wichtiger, die bisherigen Erfahrungen zu nutzen, darauf aufzubauen und die Schädlinge systematisch zu erfassen. Auch aus Gründen des Personenschutzes müssen die Organismen bekannt sein. Je nach Zugehörigkeit werden Pilze und Bakterien für Arbeiten im mikrobiologischen Labor unterschiedlichen Gefährdungsklassen zugeteilt. Wenn schon der Mikrobiologe sich schützen will, dann muss dies auch der Restaurator können.

Speziell für die Bekämpfung von Wachstum durch Mikrobizide (Algizide, Fungizide, Bakterizide) muss der ansichtige Keim bekannt sein. Ein Beispiel zeigt das.

An einem Kirchturm im Kanton St.Gallen wurden nach der durchgeführten Aussenrenovierung schon bald wieder fleckenbildende Kolonien sichtbar. Die genaue Untersuchung hat hauptsächlich zwei verschiedene Flechten als Bewuchsbildner ergeben. Diese waren schon vor der Renovation auf dem Aussenputz anwesend und waren durch eine Biozidanwendung (ein im Holzschutz gegen den Echten Hausschwamm erprobtes Mittel) wohl eingesprüht, doch nicht beseitigt worden. Während vor einigen Jahren noch Biozide eingesetzt wurden, welche sehr umfassend und deshalb in der Umwelt weiter wirkten, werden heute (wie in der Medizin) spezifisch wirksame Mittel bevorzugt. Dies ist nur nach vorheriger Kenntnis der Organismen möglich.

### 3.3 Quantifizierung von Mikroorganismenbewuchs

Die einfachste Methode ist die visuelle Beschreibung und Einteilung in Klassen wie <schwacher>, <mittlerer>, <starker> Bewuchs. Diese Methode wird für sichtbaren Bewuchs angewendet. Schwieriger wird eine Aussage bei Bakterienbewuchs. Sichtbarer Bewuchs ist da die Ausnahme. Häufiger ist eine Feststellung von zum Beispiel  $10^6$  Bakterien pro Gramm oberflächennahem Sandstein. Da Bakterien eine kurze Verdoppelungszeit (Generationszeit) haben, verdoppelt sich diese Anzahl unter günstigen Bedingungen innerhalb einer halben Stunde. Andererseits reduziert bereits eine kurze Trockenphase wiederum zahlreiche Bakterien. Es herrscht somit ein ständiges Anwachsen und Abnehmen der Anzahl lebender Bakterien in Baustoffen. Es ist darum fraglich, Keimzahlen an Bauwerken ohne sichtbare Auswirkungen (Veränderungen) am Material allzu stark zu bewerten.

Versuche mit der Quantifizierung der an einer Oberfläche unsichtbar vorhandenen Pilzsporen haben die gleiche Problematik aufgezeigt. In Müstair, in einer Apsis der Kirche mit romanischen und karolingischen Malereien waren lokal Pilze festgestellt worden, und der Restaurator hat durch genaue Beobachtung die Häufigkeitsverteilung der sichtbaren Pilzrasen erfasst.

Es ist ein Ziel der Denkmalerhaltung, Anzeichen von Veränderungen frühzeitig zu erkennen. Dadurch kann manchmal ohne gravierende Eingriffe reagiert werden. In der gleichen Kirche wurde an Stellen ohne sichtbaren Bewuchs versucht, die immer vorhandenen Pilze quantitativ zu erfassen. Dazu kennt die Mikrobiologie Nähragarplatten, mit welchen ein direkter Abklatsch/Abdruck erstellt werden kann. Durch kurzes Andrücken des Nährbodens auf die zu untersuchende Wand werden die vorhandenen Keime übertragen und kön-

nen im Labor zu sichtbaren Kolonien heranwachsen. Am Material vorhandene Mikroorganismen werden dadurch zu <koloniebildenden Einheiten>.

Es ist für Müstair nicht gelungen, die durch sichtbaren Bewuchs aufgezeigte Feuchtigkeitsverteilung an der Wand auch durch die Verteilungshäufigkeit noch nicht sichtbarer Pilzkeime nachzuweisen. Dies muss damit erklärt werden, dass in unserer Umgebungsluft stets reichlich Pilzsporen und andere Mikroorganismen vorhanden sind. Sie lagern sich mehr oder weniger zufällig an einer Wand an und zeigen dadurch vor allem die tages- und jahreszeitlich unterschiedlich vorhandene Mikroflora der Luft an. Die Feuchtigkeit der Wand oder der Raumluft macht es dann möglich, dass in kurzer Zeit sichtbare Kolonien entstehen, die aber nicht mit der Sporenhäufigkeit korrelieren.

### 3.4 Untersuchung des schädigenden Potentials

Eine wichtige Frage betrifft die Bedeutung der vorhandenen Organismen. So wie in der medizinischen Mikrobiologie verschiedene Personen völlig entgegengesetzte Meinungen vertreten können, so verhält es sich auch in der Mikrobiologie der Baustoffe und Bauwerke. Flechtenbewuchs wird sowohl als schützender Überzug als auch als steinkorrosiver Belag beschrieben.

Pilze und Bakterien gelangen durch enzymatische Prozesse an die benötigte Nahrung. Im Rahmen einer mehrjährigen Untersuchung an der Biologie-Abteilung der EMPA St.Gallen (RASCHLE et al., 1989; WEIRICH, 1988; WEIRICH, 1989) wurde festgestellt, dass die einem Pilz zur Verfügung stehenden Enzyme und somit ein Teil seines zerstörerischen Potentials recht variieren. Dies erschwert verallgemeinernde Aussagen. Dennoch konnte gezeigt werden, dass Kalkmalerei (Frescomalerei) keine Nahrung darstellt, wogegen Eitempera-



Ölmalerei, Dispersionsfarben bessere bis gute Nahrung abgaben (WEIRICH, 1988).

Voraussetzung für einen mikrobiellen Schaden ist Wachstum von Mikroorganismen. Wachstum ist die Folge des Zusammentreffens von drei Gegebenheiten:

- Die Organismen müssen vorhanden sein. Damit kann immer gerechnet werden. Unsere Umgebungsluft, aber auch jede Materialoberfläche, enthält zahlreiche Bakterien, Algen und Pilze.
- Die Organismen brauchen Bausteine und eine Energiequelle zum Leben und Wachstum. Dabei verhalten sich die Organismen verschieden: Pilze brauchen immer eine Nahrung, die organisch gebundenen Kohlenstoff enthält, wogegen Algen den Kohlenstoff zum Wachstum aus dem Kohlendioxid der Luft beziehen können.
- Alle Mikroorganismen brauchen hohe Feuchtigkeit.

Zur Bewahrung eines Kulturguts vor mikrobiellem Schaden müssen diese drei Punkte beachtet werden. Im Innenraum ist es stets das einfachste, die Feuchtigkeit zu entfernen. Auch bei Objekten im Freien wurde schon damit gearbeitet, und der konstruktive Schutz wird heute wieder vermehrt beachtet: Ein modernes Schutzdach aus Metall und Glas hält beim Karlstor in St.Gallen das doppelt schädigende Wasser fern; und bei der Kirche St.Martin oberhalb von Ilanz wurde mit einem traditionellen Schutzdach (Holz und Dachziegel) die Wandmalerei an der stark beweterten Fassade geschützt.

Zur Zeit fehlt noch viel Wissen über das Verhalten ganz bestimmter Organismen an Baumaterialien. Wahrscheinlich bestehen auch antibiotische Beziehungen, so dass wir mit zunehmender Forschung nicht nur schädliche Organismen, sondern vielleicht auch schützende kennen. Durch die Beobachtung der sich verändernden Mikroorganismen-Flora am Bauwerk wird

versucht, solche Beziehungen kennenzulernen. Labor-Resultate dieses biologischen Schutzes gegen Schädlinge sind aber noch weit von der Praxisanwendung entfernt. Denn beide – sowohl die vielleicht schützenden, wie die schädigenden Mikroorganismen – brauchen viel Wasser. Und mit dem Wasser steigt die unkalkulierbare Gefahr.

Wenn es sich um ein Kulturgut oder erhaltenswertes Objekt handelt, dann werden die materialtechnischen Gegebenheiten mit Musterplatten nachgestellt. Darauf können Organismen zum Wachstum gebracht werden, und es können ohne Verlust an erhaltenswerter Substanz Proben genommen und untersucht werden.

#### **4. Koch'sche Postulate bei der Mikrobiologie der Kulturgütererhaltung**

Aus dem Pflanzenschutz und der medizinischen Forschung sind die Koch'schen Postulate bekannt. Diese verlangen, dass ein Schädling oder Krankheitserreger isoliert wird. Damit muss es dann gelingen, eine Re-Infektion herbeizuführen, welche die Symptome des ursprünglichen Befalls aufweist. Und aus diesem Neubefall muss der Erreger wieder zurückisoliert werden können.

In der Kulturgütererhaltung haben wir es oft mit Schadensprozessen zu tun, welche über Jahrzehnte dauerten. Gleichzeitig sind an jeder Wand gleichzeitig verschiedene Mikroorganismen vorhanden. Wie gelangen wir zur Kenntnis des eigentlichen Schädlings?

##### *4.1 Dunkler Pilzbelag auf mittelalterlichen Kirchenfenstern*

An der Oberfläche von mittelalterlichen Glasfenstern wurde eine dunkle Anlagerung von gegen einem Millimeter Dicke festgestellt. Im Rasterelektronenmikroskop hat der Petrograph festgestellt, dass

es sich dabei um Pilzfäden und Pilzsporen handelt.

Durch den Mikrobiologen wurden dann am Ort verschiedene Proben genommen. Es galt, ein Rücklagemuster dieser Anlagerung zu sichern und an einem Teil dieses Materials durch mikroskopische Untersuchung die Merkmale des Pilzbelages zu beschreiben und zu dokumentieren. Gleichzeitig wurde versucht, von diesem Belag den oder die Pilze zu isolieren (KAISER et al., 1994).

Durch direkte Mikroskopie bereits vor dem Isolieren wurden Hinweise auf den zu isolierenden Pilz erhalten. Erfahrung hilft, die Isolier-Nährböden den gesuchten Organismen anzupassen und dadurch die Wahrscheinlichkeit stark zu erhöhen, den «richtigen» Organismus zu finden. Die direkte Mikroskopie hat gezeigt, dass der gesuchte Pilz dunkle Wände besitzt, dass er dunkle Konidien bildet und dass er zu einer Gruppe von Schwärzepilzen gehört, die sowohl auf anspruchslosen wie sehr komplexen Nährböden wachsen. Zum Isolieren wurden darum Wasseragar (Leitungswasser mit 1.5% Agar-Agar) und Malzextrakt-Hefeextrakt-Chloramphenicolagar (reines Wasser mit 1.5% Malzextrakt, 0.5% Hefeextrakt, 1.5% Agar-Agar und 500 mg Chloramphenicol pro Liter) verwendet.

Beim Isolieren wurden verschiedene Massnahmen zur Validierung dieses Vorhabens eingehalten. Nicht beimpfte Platten wurden als Steril-Kontrolle verwendet, um die Sterilität der verwendeten Nährböden sicherzustellen. Zudem wurden Nährböden mit nahe verwandten Organismen aus den Beständen der Stammsammlung angeimpft, um die grundsätzliche Eignung der Nährböden zu garantieren.

Es wurde dann aus allen Isolaten der Pilz mit der Morphologie ausgewählt, welche dem Material am Glas entsprach. In mehreren Isolaten wurde ein identischer Stamm isoliert, der als *Taeniolina deightonii* bestimmt werden konnte.

Getreu den Koch'schen Postulaten

wurde dieser Pilz auf Minimalnährböden mit aufgelegten Glasstücken einer Nachschmelze mittelalterlicher Gläser übertragen. Darauf konnte er trotz minimalem Nährstoffangebot wachsen.

#### 4.2 Pilzwachstum an Deckengemälden

Während der Restaurierung einer ehemaligen Klosterkirche wurden an Wänden und Deckengemälden auffallende helle und bräunliche Flecken festgestellt (ANONYM, 1989). Gleich am Ort wurden von verschieden aussehenden Flecken mit Hilfe eines einseitig klebenden transparenten Klebbandes Oberflächenproben genommen. Es hat sich gezeigt, dass damit bereits ein Teil der Flecken verschwand, abgenommen werden konnte. Aus dem Klebband wurden Stücke von etwa 5x5 mm ausgeschnitten und nach folgender Methode mikroskopiert: Auf einem Objektträger wurde ein Tropfen Milchsäure-Baumwollblau-Lösung (0.03 g Baumwollblau in 30 ml L-Milchsäure gelöst und nach 24 Stunden Stehen abfiltriert) plaziert. Das Stück Klebband wurde mit der Leimschicht nach oben in das Einbettungsmittel gelegt. Auf die Leimschicht wurde ein zweiter (kleiner) Tropfen des Einbettungs- und Färbemittels gegeben. Dann wurde sorgfältig ein Deckglas aufgelegt und durch wiederholtes Wippen die Luft ausgetrieben. Nach leichtem Erwärmen über der Flamme wurde mikroskopiert. Dieses Verfahren kann bei mittleren bis starken Vergrößerungen (auch Oelimmersionsobjektive bis 100facher Vergrößerung) eingesetzt werden. Als Klebebänder haben sich Selbstklebebänder vom Typ Cellux oder Tesa-Film als geeignet erwiesen.

Aufgrund dieser ersten Beurteilung wurden Pilze aus den Gruppen der Schwärzepilze und der Aspergillen erwartet und isoliert. Ein Teil der Flecken bestand aus *Cladosporium sphaerospermum*, andere – die hellen Flecken – hauptsächlich aus *Aspergillus* sp.

Die Klebbandmethode ist besonders geeignet, um einerseits den Bewuchs zu dokumentieren und um gleichzeitig in der Lage zu sein, die Isolate mit dem Bewuchs in der Praxis mikroskopisch vergleichen zu können. Und diese einfache Methode gestattet es auch, dass sofort zwischen Bewuchs und anderen Verschmutzungen unterschieden werden kann. Je nach Befund müssen die weiteren Massnahmen geplant werden.

### 5. Schutzmittel und Denkmalerhaltung

Die Schutzmittel früherer Zeiten sind heute kaum mehr im Einsatz. Die Umweltschutzgesetzgebung verbietet alle früheren hochwirksamen Schutzmittel mit sehr umfassendem Wirkungsspektrum. Das heisst, dass heute mit selektiv wirksamen Produkten gearbeitet werden muss. Und das verlangt die Kenntnis der zu bekämpfenden Mikroorganismen.

Die zunehmende Hinterfragung der Anwendung von Chemikalien hat auch die Bereitschaft erhöht, verschiedene Ziele einzeln anzusehen. Bevor eine verschimmelte Malerei gereinigt wird, kann der Bewuchs mit einer Desinfektion abgetötet werden. Dies verkleinert die Gefahr der unkontrollierten Streuung von Pilzsporen. Nach der Desinfektion kann ohne Wirkstoffe gereinigt werden. Und zuletzt stellt sich die Frage wegen des Schutzes für die Zukunft.

Bei der Restaurierung können Materialien verwendet werden, welche weniger anfällig sind. Und als wichtigste Massnahme des Schutzes gilt die Beseitigung der Feuchtigkeit. Dies muss in der Regel baulich-konstruktiv erfolgen. Wenn aber während kritischen Phasen – z.B. während Bauarbeiten mit erhöhter Grund- oder Raumfeuchtigkeit – ein Schutz nötig ist, dann muss dieses Schutzmittel aufgrund der früheren Schadensentwicklung, der verwendeten Materialien und der vorgese-

henen späteren Betreuung des Objektes ausgewählt werden. Allgemein muss diese Nach-Betreuung nach einer Restaurierung eine stärkere Bedeutung erhalten. Wenn für die Einlagerung eines Bildes im Museum klimatisierte Räume eine Selbstverständlichkeit sind, dann sollte auch für die Bewahrung des weiteren Kulturgutes dieser Betreuungsaufwand geleistet werden. Und durch Betreuung und gute Beobachtung können biozide Schutzmittel stark eingeschränkt werden.

### Verdankung

Diese Untersuchungen wurden durch Beiträge des Nationalen Forschungsprogrammes 16, «Methoden zur Erhaltung von Kulturgütern», und werden durch die Wolfermann-Nägeli-Stiftung sowie durch die EMPA unterstützt und an der EMPA durchgeführt. Ich danke auch der Eidgenössischen Kommission für Denkmalpflege. Durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit wurden und werden zahlreiche Anregungen erhalten. Diese Untersuchungen sind eine Fortsetzung einer 1962 erschienenen Arbeit von O. WÄLCHLI.



## Literaturverzeichnis

- ANDERES, B. (1989): Bolligen – ein Bekenntnis zum Barock. – Die Linth 27. Januar.
- ANONYM (1986): Erhaltung von Kulturdenkmälern. Versuchsobjekt Kölner Dom. – Chemische Rundschau Nr. 39, 26. September, 7.
- (1987): Kommt in allen Museen vor: Mehliger «Pilz» auf Bildern. – St. Galler Tagblatt 14. April.
- (1989): Kartause Ittingen – Die Restaurierung der Klosterkirche. – Schweizerische Technische Zeitschrift Sondernummer 25/26 (13. Dez. 1989).
- (1993): Steinekrankheit; Leise rieselt der Sand. – Beobachter Nr. 19, 27–30.
- APP, R. (1986): Historische Gebäude zerfallen; Zusammenhänge zwischen Luftverschmutzung und Schäden an alten Gebäuden werden untersucht. – St. Galler Tagblatt 26. August, Seite Schweiz.
- BOARI, B. (1982): Denkmalpflege im Kanton St.Gallen 1975–1980. – Amt für Kulturpflege des Kantons St.Gallen.
- EMMENEGGER, O. et al. (1990): Zillis, die romanische Bilderdecke der Kirche St.Martin. – Kant. Denkmalpflege Chur.
- KAISER, J.-P. et al. (1994): Wachstum von *Taeniolina deightonii* auf mittelalterlichen Gläsern. – Werkstoffe und Korrosion 45 (2), 125–127.
- NEUHEUSER, H. P. (1994): Gesundheitsvorsorge in Archiven. Zur Gefährdung durch Schimmelpilze im Umgang mit Archivgut. – Der Archivar 47 (1), 119–120.
- NÜESCH, E. (1919): Die hausbewohnenden Hymenomyceten der Stadt St.Gallen. – Fehrsche Buchhandlung, St.Gallen, 204 Seiten.
- RASCHLE, P. (1983): Experience of Combating Moulds during Restoration of Ceiling Paintings in a Swiss Baroque Monastery Church. – p. 427–433, Biodeterioration Vol. 5 Edit. Oxley T. A. and Barry S., J. Wiley & Sons Ltd.
- et al. (1989): Einfluss von Mikroorganismen im Alterungsprozess und als Schadensursache an bemalten Aussenflächen. – 87–91 in Schweizer, F. et al.: Methoden zur Erhaltung von Kulturgütern. – Verlag P. Haupt Bern und Stuttgart.
- et al. (1994): Biotransformation und Kompostierbarkeit von Folien. – Werkstoffe und Korrosion 45 (3), 167–169.
- ROHR, M. (1985): Schäden in Milliardenhöhe durch Energieverbrauch? Bedenkenswerte Forschungsergebnisse des Schweizerischen Nationalfonds. – Badener Tagblatt 22. November.
- SCHATA, M. (1994): Bericht über die mikrobiologischen und allergologischen Untersuchungen von Archivalien und Archivräumen. – Der Archivar 47 (1), 120–128.
- SDA Schweiz. Depeschagentur (1985): Wasser beschädigte Kulturgüter. Leitungsbruch im Zivilschutzraum des Vaduzer Gymnasiums. – St.Galler Tagblatt 21. Juni.
- (1993): Tödlicher Pilz bedroht Mumie. – Der Volksfreund 9. Dezember.
- SWIFT, G. (1993): Directions for environmentally biodegradable polymer research. – Accounts of chemical research 26, 105–110.
- WÄLCHLI, O. (1962): Beiträge zum Schutz von Kulturgütern in Bibliotheken und Archiven – Pflanzliche und tierische Schädlinge und ihre Bekämpfung. – Textil-Rundschau, Sonderdruck, 24 Seiten und 2 Merkblätter.
- WEIRICH, G. (1988): Wachstum von Schimmelpilzen und Bakterien auf verschiedenen Malgründen. – Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung 2 (2), 305–314.
- (1989): Untersuchungen über Mikroorganismen von Wandmalereien. – Material und Organismen 24 (2), 139–159.