

# Konservatorisches und restauratorisches Vorgehen bei Schimmelpilzbefall an polychromierten Holzobjekten

## Vorstellung einer systematischen Herangehensweise anhand von Praxisbeispielen

Anke und Jan Großmann

Zur erfolgreichen Bekämpfung von Schimmelpilzbefall an polychromierten Holzobjekten ist ein systematisches Vorgehen notwendig, um gezielt eine wirksame Behandlung einzuleiten. Im vorliegenden Aufsatz wird anhand von fünf Fallbeispielen das systematische Vorgehen bei der Konservierung und Restaurierung von Objekten mit Schimmelpilzbefall dargestellt, welches die Autoren in ihrer langjährigen Praxis entwickelt haben. Hierzu gehören eine exakte Voruntersuchung, eine Ursachenermittlung, die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Mikrobiologen sowie die praktische Bekämpfung des Schimmelbefalls.

*The Conservator's Action in Case of Mould on Polychrome Wooden Objects. Examples of Systematic Approach*

*A systematic approach is necessary in order to effectively treat mould on polychrome wooden objects. In this paper five case studies illustrate the systematic approach to the restoration and conservation of objects affected by mould, which was developed by the authors during their many years of practical experience. It entails preliminary examination, establishing the cause, interdisciplinary cooperation with microbiologists as well as the practical treatment of mould.*

Eine erfolgreiche Konservierung oder Restaurierung schimmelpilzbefallener Objekte bedarf einer exakten Voruntersuchung. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Mikrobiologen ist dafür unumgänglich. Für die Ursachenforschung ist es ferner sinnvoll, die Eigentümer eng in den vorbereitenden Prozess einzubziehen. Dies gilt insbesondere dann, wenn Baumaßnahmen in der Umgebung des Kunstwerkes vorhergegangen sind. Da eine Vielfalt schädigender Schimmelpilze und anderer Mikroorganismen auf Holzobjekten bekannt ist, muss für die Bekämpfung ein optimal wirksames Mittel für den konkreten Fall gefunden werden. Dazu ist die Mitarbeit eines mikrobiologischen Labors notwendig. Im Laborversuch kann eine möglichst niedrige, aber sicher wirksame Dosierung des Bekämpfungsmittels ermittelt und somit die Belastung der Objekte und der Räume in der Praxis möglichst gering gehalten werden. Der vorliegende Beitrag zeigt anhand von fünf Fallbeispielen unser konservatorisches und restauratorisches Vorgehen bei Schimmelpilzbefall. Dieser hier vorgeschlagene Weg hat bei den folgenden Objekten zu einer erfolgreichen Schimmelpilzbekämpfung geführt: am spätgotischen Altar der Lutherkirche Plauen, an einer spätgotischen Holzskulptur von Peter Breuer in Zwickau-Weißenborn, an zwei Gemälden mit Rückseitenschutz aus dem Museum Burg Gnandstein, an einer polychromierten Kirchenausstattung in Reichenbach/Vogtland und am spätgotischen Altar der Klosterkirche Pirna.

### Beispiel 1: Schimmelpilzbefall am spätgotischen Altar der Lutherkirche Plauen/Vogtland

Der mit seinem Renaissance-Aufbau über sechs Meter hohe, vierflügelige Altar stammt von einem Erfurter Meister aus der Zeit um 1490–1495. Die Bekrönung und die seitliche Rahmung sind Werke aus der Zeit der Spätrenaissance (Abb. 1). Der Altar wurde 1983 zum Schutz vor Baumaßnahmen bei der Renovierung des Kirchenraumes eingehaust. Diese Einhausung war nur für kurze Zeit während der Malerarbeiten an der Decke vorgesehen. Als jedoch verfaulte Balkenköpfe gefunden wurden und deshalb umfangreichere Sanierungsarbeiten folgten, blieb die Einhausung wesentlich länger stehen als geplant. Nach Augenzeugenberichten zeigte der Altar nach Abnahme der Folien und Verbretterungen einen teilweise mehrere Zentimeter dicken Schimmelbelag weißer oder grünlicher Farbe auf allen Teilen, der aufgrund seiner Dicke teilweise sogar die plastischen Formen der Reliefs unkenntlich werden ließ. Darüber hinaus waren die meisten Verleimungen gelöst, so dass Hunderte von Einzelteilen abgefallen waren. Im Zusammenhang mit einer sofort eingeleiteten Hilfsaktion des Institutes für Denkmalpflege Dresden wurde eine erste Entfernung des Schimmelbelages sowie eine Notkonservierung der Fassung durchgeführt. Anschließend erfolgten umfangreiche Konservierungsarbeiten sowie eine Über- bzw. Neufassung des Aufsatzes und der Seitenteile durch Plauener Kollegen. Zur Konservierung und Bekämpfung des Schimmelpilzbefalls wurden damals sämtliche demontierbaren Teile des Aufsatzes auseinander genommen, akribisch einzeln gereinigt, neu verleimt und neu verdübelt. Am Aufsatz und an der Fassung des gotischen

Altarteiles wurden Konservierungsmaßnahmen mit 7–8%igem Hauseblasenleim vorgenommen. Jeglicher Leim wurde mit Thymol versetzt. Diese nach bestem Wissen ausgeführten Maßnahmen waren 1993 abgeschlossen.

Wir wurden im Sommer 1994 hinzugezogen, weil sich schon wieder extreme Lockerungen der Fassung, besonders an den spätgotischen Altarteilen, zeigten. Zu diesem Zeitpunkt war uns die gesamte Vorgeschichte noch nicht bekannt. Auch an den zwei Jahre zuvor konservierten und restaurierten seitlichen Altarwangen zeigten sich bereits wieder Schäden. Das häufigste Schadensbild am Altar war die Trennung der gesamten Fassung vom Träger (Abb. 2). Die gelösten Schollen zeigten teilweise mehr als zwei Millimeter Abstand vom Holz. Zahlreiche Partien, die aufgrund ihrer unverletzten Oberfläche aus normalem Betrachtungsabstand fest erschienen, waren insgesamt als starre Schale vom Holz gelöst. In Bereichen mit dünnen Farbschichten – wie den grünen Rasenstücken und den Inkarnaten – war es zusätzlich zur Schichtentrennung zwischen Malschicht und Grundierung gekommen.

Am gotischen Altarteil waren je nach Partie zwischen 10 und 20 % (Predella) bzw. 40 bis 60 % (Schrein und Flügel) der gesamten Fassung gelockert. Sehr viele große, teilweise weit abstehende Schollen und dachförmige Blasen waren akut vom Abfallen bedroht. In den Tiefen der plastischen Formen, an schlecht zugänglichen Stellen und in den Spalten hinter bzw. unter den Reliefs lag grünlicher bis bräunlicher und weißlicher Schimmel in einer dünnen Schicht auf der Oberfläche. Ferner waren alle Teile stark verstaubt. Für die Ermittlung der Schadensursachen wurden schwerpunktmäßig analysiert, überprüft und beurteilt:

1. der Schimmelbefall selbst,
2. die Klimaschwankungen in der Raumluft sowie deren Anteil an der Ausbildung der Schäden,
3. die direkte Sonneneinstrahlung und deren Einfluss durch Erwärmung der Objektoberfläche.

Als vorherrschende Schadensursache konnte der frühere Schimmelbefall schnell erkannt werden, denn hinter den Reliefs des gotischen Altarteiles, in alten Holzverbindungen und an vielen anderen, für die Reinigung schlecht erreichbaren Stellen, hatte das Pilzmyzel überdauern können. Aus diesen „makroskopischen Reservebereichen“ konnte es sowohl direkt weiter wachsen als auch Sporen ausstreuen. Die Pilzausbreitung wurde bis in den mikroskopischen Bereich verfolgt (Abb. 3). Im Fassungsquerschnitt zeigte sich, dass das Pilzmyzel partiell auf der Oberfläche auflag, aber auch durch das Krakelee mit der Vorleimung verbunden war und von dort seine Nahrung beziehen konnte.

Abbildung 4 veranschaulicht die Angriffbarkeit der einzelnen Fassungsschichten durch Protein abbauende Schimmelpilze: Ein typischer mittelalterlicher Fassungsaufbau beginnt über dem – auch in gewissem Maße angreifbaren – Holz mit der Vorleimung, die vom Schimmel vollständig zerstört werden kann, weil sie bei entsprechender Feuchte einen Nährboden darstellt. Darüber folgt (hell dargestellt) die Grundierung, die aufgrund ihres Leimbindemittels ebenfalls angegriffen werden kann. Die folgenden Farbschichten und Blattmetallauflagen können je nach der Art des Bindemittels – im vorliegenden Fall weniger – angegriffen werden.

Klimaschwankungen in der umgebenden Raumluft sind ebenfalls ursächlich für Lockerungen und Verluste der Fassung. Holz als natürliches, hygrokopisches Material und auch andere Stoffe, die in den mittelalterlichen Kunstwerken Verwendung fanden, stellen ihren Feuchtigkeitsgehalt in einem Gleichgewicht zur relativen Luftfeuchtigkeit der Umgebung ein. Veränderungen der Materialfeuchte gehen mit Vergrößerungen oder Verkleinerungen des Materialvolumens einher. Das Arbeiten des Holzes nimmt auch bei hohem Alter kaum ab. Demgegenüber verspröden die Bindemittel der Fassungen im Laufe der Jahrhunderte, so dass ihre Elastizität abnimmt und sie den Bewegungen des Trägers nicht mehr folgen können; Fassungslockerungen und -abblätterungen sind die Folge. Um den Anteil von Klimaschwankungen als Schadensursache bewerten zu können, wurden über mehrere Jahre kontinuierliche Klimamessungen im Altarraum durchgeführt.

Im Jahresschnitt lag die relative Luftfeuchtigkeit des Raumes sehr konstant bei ca. 70 %. Zwischen Sommer und Winter bestanden nahezu keine Unterschiede. Als wesentliche, schadensbegünstigende Umgebungsbedingungen mussten allerdings schnelle Temperaturanstiege durch die leistungsstarke Dampfheizung der Kirche angesehen werden, die zum drastischen Absinken der relativen Luftfeuchtigkeit führten. Dieses Absinken wurde zusätzlich in der Folge durch große Besucherzahlen oft wieder sprunghaft ausgeglichen. Die Rückstellung auf ca. 70 % rF aus den porösen Materialien des Raumes heraus erfolgte ebenfalls relativ schnell. Die Grafik (Abb. 5) zeigt die Schwankungen bestimmter Intensität der relativen Feuchtigkeit und deren Häufigkeit im Messzeitraum. Die exponierte Stellung des Altares im rundum mit hohen Fenstern ausgestatteten Chorraum ließ besonders im Sommer Schäden durch starke Erwärmung und damit Reduktion der relativen Feuchte durch Sonneneinstrahlung erwarten. Die Klimamesswerte zeigten, dass die Sonneneinstrahlung zwar nachweisbar, aber für die Änderung der relativen Feuchte völlig unerheblich war. Stattdessen konnte ein Einfall der Wintersonne durch ein Fenster des Chorraums direkt auf die Oberfläche einiger Partien der Altarvorderseite beobachtet werden. Deshalb wurden im Winter Messungen der Oberflächentemperatur in verschiedenen, direkt von der Sonne beschienenen Bereichen des Retabels vorgenommen, die dieses Schadenspotential bewiesen: Innerhalb von 10 Minuten kam es zu einer Erwärmung dunkler Partien um bis zu 4°C – das entspricht hochgerechnet einer Aufheizung um 24°C pro Stunde und übertrifft damit die Wirkung jeglicher Heizung!

Unsere Untersuchungen ergaben zunächst den folgenden Befund: Der Schimmelbefall am Altar war 11 Jahre nach seinem Ausbruch und trotz der bisherigen Bekämpfung mit Thymol noch aktiv. Er verursachte trotz der sorgfältig durchgeföhrten Konservierungsarbeiten durch Abbau von Vorleimung und Grundierung im Wesentlichen die Schadensbilder, wobei sich die Klimaschwankungen als Begleitfaktoren besonders negativ auf die geschwächten Bereiche auswirkten. Diese entstanden einerseits durch direkte Sonnenbestrahlung des Altars sowie durch die heizungsbedingte Veränderung der gesamten Raumluft.

Für eine dauerhafte Erhaltung des Kunstwerkes ohne immer wiederkehrende Notkonservierungen wurden die Maßnahmen mit dem Landesdenkmalamt abgestimmt. Die interdis-



1

Altar der Lutherkirche Plauen.  
Gesamtansicht mit geöffneten  
Flügeln



2

Detail der gelockerten Fassung am schimmelpilzbefallenen Altar der Lutherkirche Plauen im Vorzustand

3

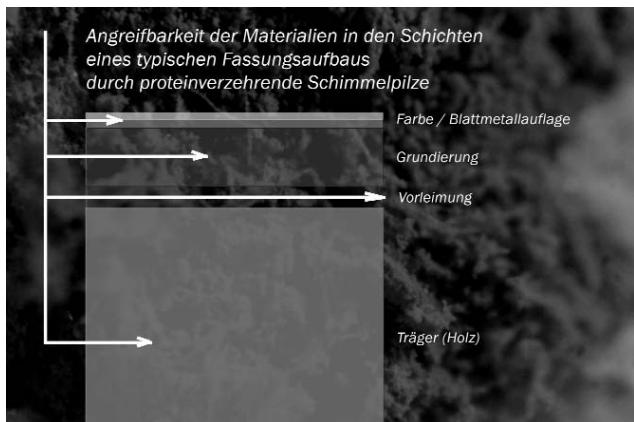
Schnitt durch den schimmelpilzbefallenen Fassungsaufbau mit Myzel auf der Oberfläche, das durch das Krakelee auch nach unten in die Vorleimung gewachsen ist.

ziplinäre Zusammenarbeit mit Mikrobiologen – in diesem Fall Frau Prof. Dr. Petersen (INTOX GmbH an der Universität Oldenburg) – war Voraussetzung dafür, dem Schimmelbefall gezielt zu begegnen. Am Objekt wurden Schimmelproben entnommen und die Schimmelarten im mikrobiologischen Labor bestimmt. Hiermit konnte eingeschätzt werden, ob für eine Bekämpfung die Entziehung von notwendigen Wachstumsfaktoren möglich wäre oder ob eine Fungizidbehandlung unumgänglich sein würde. Es wurden neun Arten mikrobiellen Befalls – in der Mehrzahl Protein abbauende Pilze – bestimmt, darunter Cladosporien, Aspergillen, Alternarien, Penicillien, Mucor plumbeus, Epicoccum nigrum und Bakterienmischkulturen. Somit war eine Entziehung von spezifischen Wachstumsfaktoren – wie sie beim Vorkommen nur einer Art manchmal möglich sein kann – hier undenkbar. Es musste ein Fungizid eingesetzt werden.

Von vornherein war ein Gas für die Bekämpfung des Befalls prädestiniert, weil dieses in alle Ritzen und Hohlräume eindringen kann. Zusätzlich sollte an allen erreichbaren Stellen ein Depotgift eingebracht werden, um neuem Befall vorzubeugen. In Abstimmung mit Frau Prof. Petersen und dem Landesamt für Denkmalpflege wurde – nach vorheriger theoretischer Risikoabwägung für die einzelnen am Altar

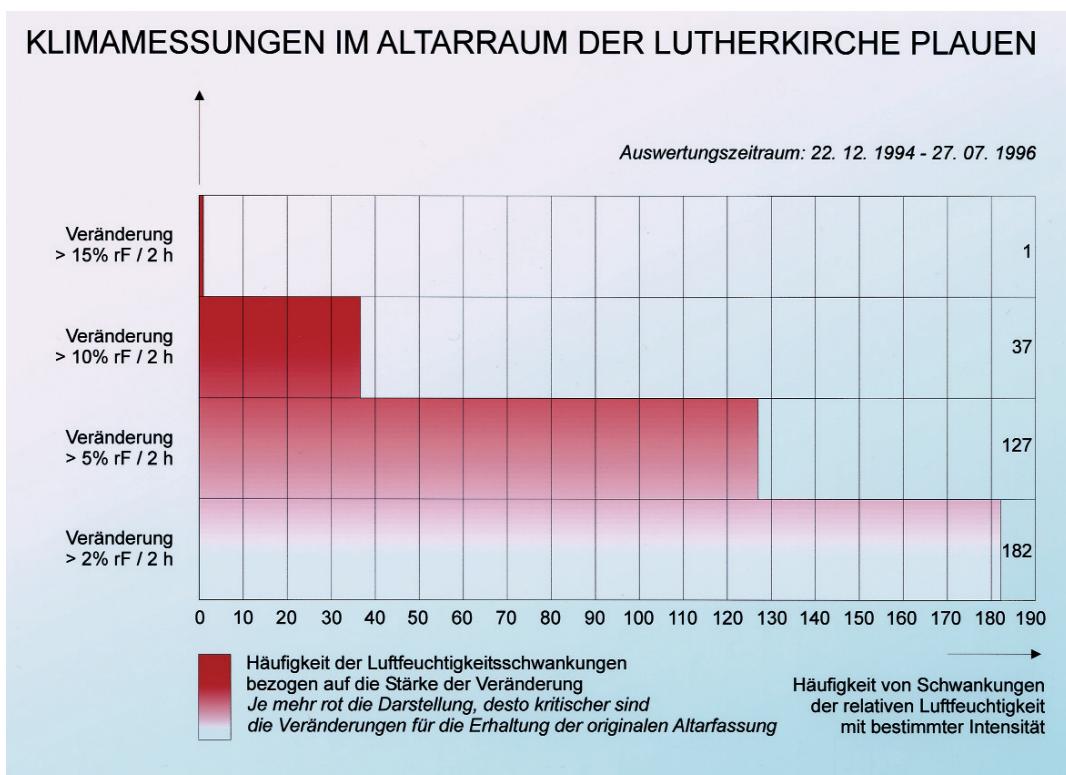
verwendeten Pigmente durch einen hinzugezogenen physikalischen Chemiker (Dr. Schlesinger) und nach einer Probebegasung abgefallener, nicht mehr zuzuordnender kleiner Farbschollen sowie eines Schleierbretts – entschieden, eine Begasung mit hoch dosiertem Methylbromid zu wagen. Deshalb wurde 1997 auf Empfehlung von Frau Prof. Petersen eine Begasung des separat eingehausten Altars mit  $350 \text{ g/m}^3$  Methylbromid über 72 Stunden zur Abtötung des vorhandenen Befalls vorgenommen. (Das ist die siebenfache Dosis gegenüber der bei Anobienbefall üblichen Begasung). Als Depotgift lautete die Empfehlung wegen der breiten Streuung nachgewiesener Schimmelpilzgattungen und auch wegen nachgewiesener Bakterienstämme in diesem Fall: Tributylzinnoxid.

Bei der 1995 begonnenen Notkonservierung und den folgenden ersten Restaurierungsarbeiten am gotischen Altarteil wurden sämtliche neu eingebrachten proteinhaltigen Materialien also mit Tributylzinnoxid als Fungizid ausgerüstet – bislang mit Erfolg. Zur Festigung wurde Hautleim (7%ig mit 0,05 % TBTO) eingebracht. Der Hautleim wurde aufgrund des Eindringvermögens, der Bindekraft und der Elastizität Cellulosederivaten als Festigungsmittel vorgezogen, obwohl diese hinsichtlich ihrer Stabilität gegenüber den identifizierten



4  
Grafik zur Angreifbarkeit der Fassungsschichten durch proteinverzehrende Schimmelpilze

5  
Schwankungshäufigkeit und -intensität der relativen Luftfeuchtigkeit im Altarraum der Lutherkirche Plauen im Messzeitraum



Schimmelpilzen theoretisch günstiger gewesen wären. Die begrenzte UV-Beständigkeit von Tributylzinnoxid war nicht relevant, weil es mit dem Leim unter die Farbschollen floss und somit nicht mehr unmittelbar dem Licht ausgesetzt ist. Um eine möglichst flächendeckende Tributylzinnoxidbehandlung zu gewährleisten, wurde dem Testbenzin für die Oberflächenreinigung, ferner dem Hautleim für Konservierung, Vorleimung und Kreidegrund bei Ergänzungen 0,05 % TBTO sowie den Abschlussüberzügen 0,5 % TBTO zugegeben. Bei der Konservierungsausführung ergab sich u.a. folgendes Problem: Durch das teilweise unter der Grundierung ausgebildete Schimmelpilzmycel waren offenbar feinste Lufräume eingeschlossen oder eine anderweitige Oberfläche entstanden, die eine Benetzung der Substanz sehr stark behinderten. Darüberhinaus saugte sich das ausgezehrte Holz mit dem Hautleim voll, so dass dieser nach unten scheinbar endlos wegdriftete, sich aber nicht wie bei einer „normalen“

Konservierung zwischen Träger und Fassung absetzte. Heute kann aus Erfahrung durch die Restaurierung der Klappflügel die Kombination einer mehrmals wiederholten Festigung mit Hautleim und einer zwischenzeitlichen Tränkung des Trägers mit Paraloid B-72 (15%ig in Ethylacetat) als gangbarer Weg genannt werden. Die Tränkung kann und soll dabei aber keinesfalls die Konservierung mit Hautleim ersetzen! Neben den Konservierungs- und Restaurierungsmaßnahmen am Objekt selbst wurden der Kirchengemeinde mehrere präventive Maßnahmen vorgeschlagen. Das Anbringen eines Licht streuenden Vorhangs an dem für die direkte Sonneninstrahlung verantwortlichen Chorraumfenster sowie eine Begrünung der Außenwand einschließlich des Fensters wurden zur Diskussion gestellt. Ferner wurde angeregt, langsamer anzuheizen. Nochmalige kontinuierliche Klimamessungen bestätigten, dass diese Maßnahme günstig für die Vermeidung starker Schwankungen des Raumklimas war.

**Beispiel 2:**  
**Schimmelpilzbefall an der Skulptur**  
**„Anna Selbdritt“ von Peter Breuer**  
**(um 1500) in der St.-Johanniskirche**  
**Zwickau-Weißenborn**

Die Lindenholzskulptur der Anna Selbdritt (Abb. 6) war ursprünglich auf weißer Grundierung reich gefasst, wovon nur noch ganz vereinzelte Reste in einigen Faltentiefen zeugen. Hentschel<sup>1</sup> schrieb 1952, einen Einblick in die Restaurierungs geschichte der Skulptur gebend:

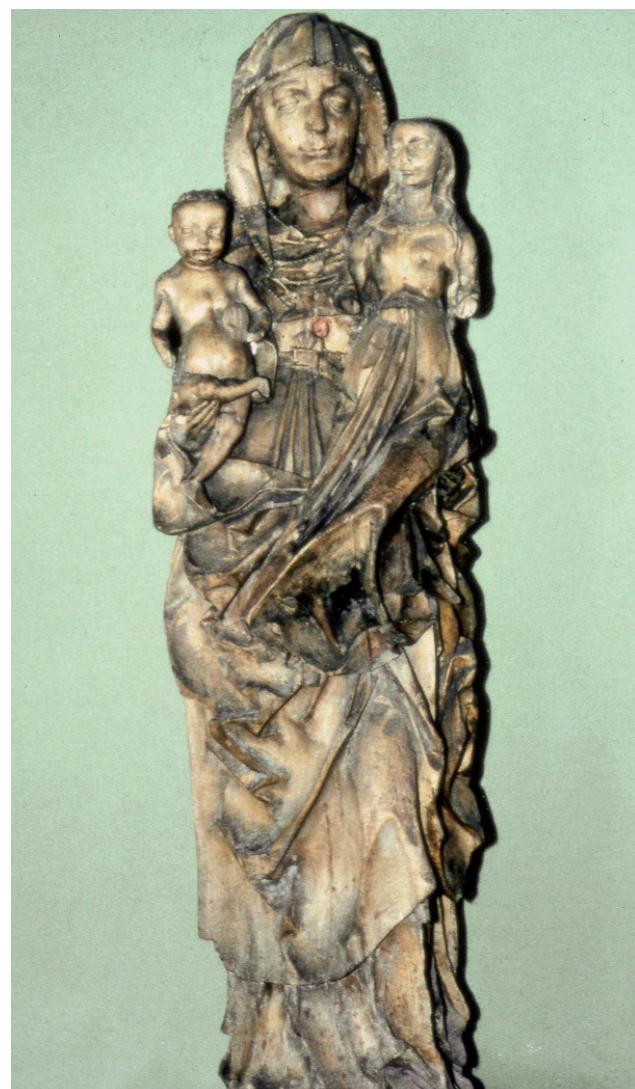
„Die Figur war gegen den Holzwurmfraß mit einer stark farnishaltigen Mischung getränkt worden, die sie tief dunkel erscheinen ließ. Ein Versuch, diese immer wieder tropfenförmig absondernde Tränkung zu beseitigen, hat den helleren Holzton wiederhergestellt, aber infolge zahlreicher dunkel gebliebener Stellen den Gesamteindruck eher verschlechtert.“

Aufgrund des Verhaltens dieses Materials bei der Restaurierung kann bereits an dieser Stelle mit relativer Sicherheit gesagt werden, dass es sich bei dem braunen Tränkungsmittel um eine der „Puckelin“-Rezepte des Dresdner Vergolders Puckelwartz vom Anfang des 20. Jahrhunderts handelte. Für die Anwendung eines solchen ölichen Holzfestigungsmittels spricht auch der zeitweilige Aufenthalt der Skulptur in der Sammlung des Altertumsvereins, für den Puckelwartz – später über die Königlich Sächsische Kommission zur Erhaltung der Kunstdenkmale – tätig war.

Das ausperlende Tränkungsmittel zeigte sich immer noch in mehreren Oberflächenbereichen und auch die beschriebene Fleckigkeit bestand unverändert. Um die Verteilung des Tränkungsmittels zu klären, wurde eine UV-Fluoreszenzuntersuchung durchgeführt. Dabei zeigten sich mehr oder weniger stark gelblich fluoreszierende Oberflächenbereiche: die stärkste Fluoreszenz auf den Hirnholzbereichen, was auf die stärkere Aufnahme von Tränkungsmittel in diesen Zonen hinweist (Abb. 7).

Anlass für die Restaurierung 1999 war ein intensiver, nahezu die gesamte Oberfläche mehr oder minder stark betreffender Schimmelpilzbefall. Optisch konnten zwei Erscheinungsformen differenziert werden: ein grauer flaumartiger Belag und punktförmige, eher hell graugrüne Flecken (Abb. 8). Wieder wurde eine interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Mikrobiologen nötig. Für dieses Objekt arbeiteten wir mit der Diplomandin Frau Blüher unter Beratung von Frau Prof. Röske und Frau Prof. Blaschke (Lehrstuhl für Angewandte Mikrobiologie der TU Dresden) zusammen. Um den Schimmelbefall gezielt bekämpfen zu können, wurde eine Schimmelbestimmung für unumgänglich erachtet, denn mit der Schimmelbestimmung ergeben sich Erkenntnisse über Wachstumsbedingungen der speziellen Art(en), die mitunter zu Ungunsten des Schimmels beeinflusst werden können. Außerdem wurden an mikrobiologischen Anzuchtproben Bekämpfungsversuche ausgeführt, um ein wirksames Fungizid in möglichst niedriger, jedoch effizienter Dosierung zu ermitteln. Dazu wurden Schimmelpilzproben am Objekt entnommen und im mikrobiologischen Labor weiter bearbeitet.

Aus den Untersuchungen ergaben sich höchst interessante Schlussfolgerungen für die Restaurierung, welche die Notwendigkeit dieser umfangreichen Vorarbeiten nachdrücklich



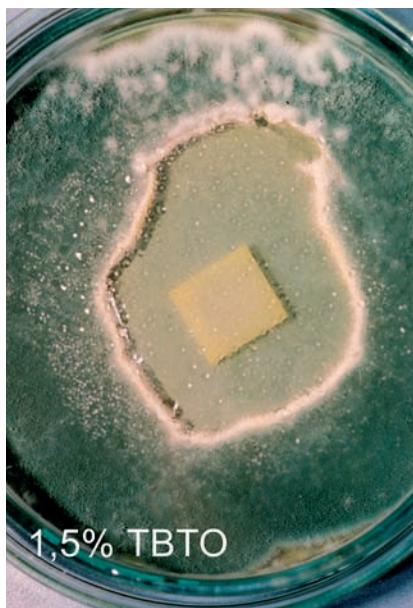
6

Gesamtansicht der schimmelpilzbefallenen Skulptur „Anna Selbdritt“ von Peter Breuer (um 1510)

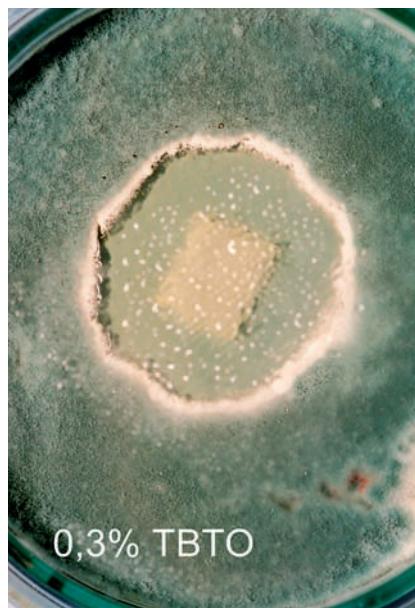
bestätigten. Ging man lange Zeit bei Schimmelpilzbefall auf Holz davon aus, dass die Bestandteile des Holzes im Zusammenhang mit einer erhöhten Feuchte und aus der Umgebung angeflogenen Sporen zur Schimmelbildung führen, so ergab sich hier ein völlig anderes Bild. Der als Vertreter der Aspergillus-glaucus-Gruppe bestimmte Pilz bezieht seine Nahrung aus Fetten und Ölen und keimt selbst noch bei einer Wasseraktivität von 0,7.<sup>2</sup> Dazu kommt ein weiter Temperaturbereich, den dieser Pilz toleriert: Minimum bei 4–5 °C/Optimum bei 25–27 °C/Maximum bei 40 °C. Demnach stellte die Nahrungsgrundlage hier den Hauptwachstumsfaktor dar: das ölige Tränkungsmittel! Dafür spricht



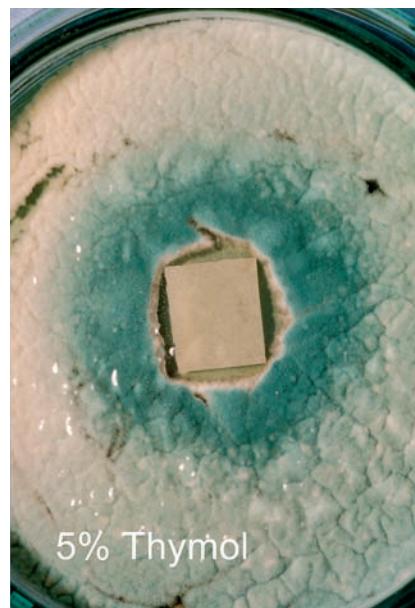
7  
Ausperlendes, öliges  
Tränkungsmittel



1,5% TBTO



0,3% TBTO



5% Thymol

*Aspergillus glaucus* – Kultur jeweils 100 µl  
Sporensuspension in sterilem PBS-Puffer  
auf Saboraud-Aggar ausgespultet

9  
Ausgewählte Petrischalen der  
Versuchsreihe zur Ermittlung  
geeigneter Bekämpfungsmittel

ebenfalls die Lokalisierung des Befalls in deutlich größerer Intensität auf allen Hirnholzpartien, wo das Tränkungsmittel in so großer Menge vom Holz aufgenommen worden war, dass es bislang nicht wieder extrahiert werden konnte.

Bestätigt wurde diese Erklärung ferner durch den Befund, dass auch die nach unten weisenden Hirnholzpartien – Bereiche ohne bedeutende Staubanhäufung und mögliche Nahrungsgrundlage für den Schimmel – auffällig stark befallen waren. Die hohe Toleranz gegenüber Trockenheit und relativ niedrigen Temperaturen wirkten natürlich begünstigend für das Pilzwachstum im Umfeld Kirchenraum.

Im mikrobiologischen Labor konnte durch Versuchsreihen für die Bekämpfung eine 0,3%ige Tributylzinnoxid-Lösung in Siedegrenzenbenzin als minimale, wirksame Fungiziddosis ermittelt werden. Die Hemmhofdurchmesser in den Petrischalen zeigten hier direkt die Wirksamkeit der Bekämpfungsmittel auf die gezüchteten Kulturen. Natürlich wurden

auch ungiftigere Stoffe aus dem Bereich der Lebensmittelkonservierung getestet, diese waren aber leider vergleichsweise wirkungslos (Abb. 9).

Bei der Restaurierung der Skulptur musste nun – über die ursprüngliche Konzeption einer Oberflächenreinigung und Bekämpfung des Befalls hinaus – auch eine Extraktion des alten Tränkungsmittels vorgenommen werden, um dem Schimmelbefall soweit wie möglich die Nahrungsgrundlage zu entziehen. Die Extraktion wurde mit Tetrahydrofuran und Dimethylformamid realisiert. Zur Bekämpfung restlicher Spuren des Pilzbefalls und Vorbeugung gegen neuen wurde entsprechend der mikrobiologischen Ergebnisse eine 0,3%ige Tributylzinnoxid-Lösung in Siedegrenzenbenzin aufgesprührt. Da das Bekämpfungsmittel im Laborversuch ausgehend vom Kontakt einen Wirkungsumkreis von ca. 1 cm aufwies, kann von einer lückenlosen Behandlung aller oberflächennahen Bereiche ausgegangen werden.

### Beispiel 3: Zwei Leinwandgemälde aus der Zeit um 1700 im Museum Burg Gnandstein

Beim nachfolgenden Beispiel handelt es sich nicht um ein polychromiertes Holzobjekt, jedoch ist der vorliegende Fall für die Problematik ebenfalls hochinteressant. Zwei Gemälde – „Die Arche Noahs“ und „Joseph und seine Brüder“ aus der Zeit um 1690/1700 – wurden zum Schutz vor Baumaßnahmen aus der Schlosskapelle in das Depot eingelagert. Einige Tage später wurde bei einer Kontrolle ein erheblicher Schimmelbefall festgestellt. Der Befall war besonders auf der Bildseite ausgeprägt, größere Bereiche der Oberfläche waren ausgehend vom Krakelee und den Retuschen von einem weißen Myzel überzogen (Abb. 10).

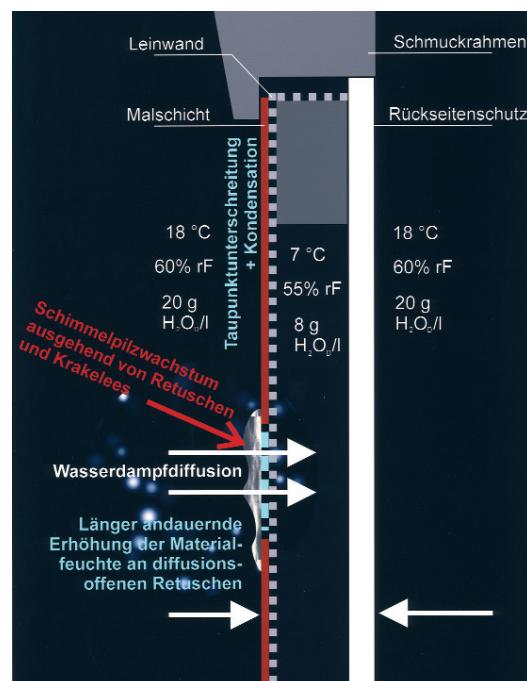
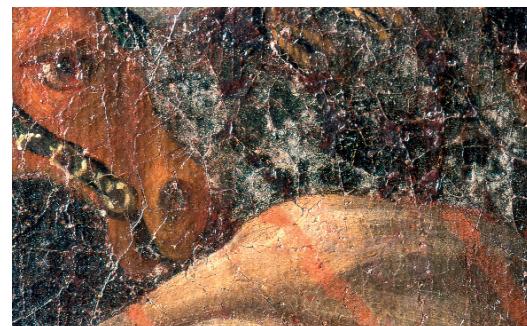
Es war mit Sicherheit davon auszugehen, dass der Befall durch seine Stoffwechselprozesse langfristig das Materialgefüge gefährdet. Für das Museum stand natürlich der ästhetische Aspekt, die Ausstellbarkeit der Bilder, im Vordergrund. Die Gemälde waren zuletzt 1992 bzw. 1993 restauriert worden. Das Bild „Die Arche Noahs“ erhielt damals eine Kleisterdoublierung. Beide Gemälde wurden mit Temperafarben retuschiert, wobei bei der „Arche Noahs“ deutlich stärker mit Zwischenabsperrungen mit Retuschierfiris gearbeitet wurde. Der Abschlussfiris beider Gemälde war so dünn, dass erstens erhebliche Glanzunterschiede zurückblieben und zweitens keine gleichmäßig die Wasserdampfdiffusion bremsende Schicht auf den retuschierten Bereichen lag. Die Rückseiten beider Gemälde waren mit 10 mm dicken KAPA-Leichtstoffplatten als Rückseitenschutz verschlossen. Der Rückseitenschutz hatte einen Abstand von 3 cm zur Leinwandrückseite. Der Schaden kann hier auf klimatische Vorgänge zurückgeführt werden:

Die Gemälde wurden bei der Auslagerung aus der ca. 7°C kalten Kapelle ins Depot gebracht, wo ca. 18°C und 60 % relative Luftfeuchte herrschten. Hierdurch musste es zur Unterschreitung des Taupunktes und dadurch zur Kondensation an der Gemäldeoerfläche gekommen sein (Abb. 11). Durch die zwischen Leinwand und Rückseitenschutz eingeschlossene „Kaltlufttasche“ kann dieser Zustand möglicherweise mehrere Stunden angehalten haben. Weitergehend kam es zur Wasserdampfdiffusion von der höheren zur niedrigen Konzentration im Bereich der weniger dichten Substanzbereiche – Krakeees und Retuschen –, was zu einer Erhöhung der Materialfeuchte und damit der Wasseraktivität in diesen Bereichen führte. Die Temperafarben der Retuschen boten den ohnehin vorhandenen Sporen zum Wachstum die nötige Nahrung, so dass alle Bedingungen für die Keimung der Schimmelpilze gegeben waren. Diese Annahme wird zusätzlich dadurch gestützt, dass das Gemälde „Die Arche Noahs“ weniger stark befallen war, weil es sowohl durch den Retuschierfiris als auch durch die vollflächige Kleisterdoublierung wasserdampfdichter war als das andere Gemälde.

Die Bekämpfung und Beseitigung des Schimmels musste möglichst kostengünstig erfolgen. Ferner ging es auch hier darum, die Risiken für Besucher oder spätere Bearbeiter möglichst gering zu halten. Da eine vorherige mikrobiologische Untersuchung von Schimmelproben sowie die Bestimmung eines geeigneten Fungizids aus finanziellen Gründen nicht möglich waren, sollte überdies ein Breitbandantimy-

10  
Detail der Gemäldeoerfläche  
mit auf Retuschen und Krakeees  
konzentriertem Schimmelpilz-  
bewuchs

11  
Wirkprinzipien beim Konzen-  
trations- und Temperaturausgleich  
nach Umlagerung an den  
Gemälden mit Rückseitenschutz



kotum zur Anwendung kommen. Zur Bekämpfung wurde deshalb das Breitbandantimykotikum Clotrimazol, ein Wirkstoff der Humanmedizin zur Bekämpfung von Pilzbefall an Füßen oder Schleimhäuten, ausgewählt. Dieser Wirkstoff verhindert einen geordneten Zellwandaufbau der Pilze. Die Bildseiten beider Gemälde wurden mit einer 2%igen Clotrimazol-Lösung in Isopropanol gereinigt. Die Lösung konnte so in alle porösen oder offenen Oberflächenbereiche eindringen und den Wirkstoff hier nach Verdunstung des Lösemittels einzulagern. Die Bildrückseiten wurden von ihrem Rückseitenschutz befreit und die Leinwände vollflächig dünn mit der Clotrimazollösung eingesprüht. Der Rückseitenschutz wurde nicht wieder angebracht, stattdessen sollen die Rahmen bei der Wiederaufhängung der Gemälde mit Abstandhaltern zur Wand versehen werden, so dass eine gute Hinterlüftung gewährleistet ist und der Zustand der Objekte regelmäßig kontrolliert werden kann.

**Beispiel 4:**  
**Gesamtbefall einer Kirchenausstattung**  
**in der Peter & Paul-Kirche**  
**Reichenbach/Vogtland**

Anfang des Jahres 2001 wurde an Orgel und Altar der Peter-Paul-Kirche durch die Kirchengemeinde Schimmelbefall festgestellt, und wir wurden hinzugezogen.

Eine genauere Betrachtung zeigte, dass sich der Befall nicht nur auf Orgel und Altar, sondern nahezu auf allen gefassten Oberflächen in der Kirche befand. Neben diesen beiden Ausstattungsstücken waren auch sämtliche Emporenbrüstungen und das Kruzifix im Chorraum betroffen. Der Befall der Orgel betraf die gefassten Oberflächen der Außenseite sowie nahezu alle Holzteile im Inneren. Der Befall trat vorwiegend in Gestalt bräunlicher bis grauweißer Flecken auf; an der Orgel war stellenweise ein weißer, flaumartiger Belag festzustellen. Zusätzlich konnten einige ungeklärte bräunliche Flecken an den Emporenbrüstungen (Abb. 12) durch Anfärbung mittels Calcofluor White M2R und Fluoreszenzmikroskopie<sup>3</sup> eindeutig als Schimmelpilzbefall identifiziert werden. Die Größenordnung des Befalls war somit endgültig geklärt. Grundsätzlich ergaben sich hieraus drei Aufgabenstellungen:

1. Eine Möglichkeit zu finden, die konservatorische Gefährdung für die Kunstobjekte durch den Abbau der Malmaterialien, insbesondere der Bindemittel zu stoppen,
2. die ästhetischen Beeinträchtigungen der gefassten Oberflächen zu minimieren oder zu beseitigen,
3. eventuelle Gesundheitsgefährdungen für Kirchennutzer bei notwendigen Behandlungsmaßnahmen auf mehreren hundert Quadratmetern Fläche auszuschließen.

Um hier zu einem Ergebnis zu kommen, konnte nur ein absolut systematisches Vorgehen helfen. Es wurde ein Ablaufplan für die Klärung der Schadensursachen entwickelt, der die Teilaufgaben der Beteiligten klar umfasste und welcher dem allgemeinen Schema am Ende dieses Artikels weitgehend entsprach. Dieser Plan konnte 2001/2002 im Sinne der Aufgabenstellung realisiert werden, ausgenommen die Versuche zur ästhetischen Beseitigung des abgetöteten Schimmelpilzbefalls. Finanziert werden konnten bislang nur die mikrobiologischen Analysen.

Die Untersuchungen zur Pilzbelastung der Holzausstattung erfolgte wie im Untersuchungsbericht von Frau Petersen angegeben:

„Am 23. Februar 2001 wurden anlässlich eines Ortstermins Proben zur Beurteilung der Pilzbelastung entnommen. Zunächst sollte durch mikroskopische Analyse festgestellt werden, welche Arten/Gattungen am Objekt ausgebildet waren. Nach den erzielten Ergebnissen wurden dann ergänzende Untersuchungen vereinbart. Es wurden zunächst 12 Proben für Mikroskopie und 2 Proben für den Laboransatz auf koloniebildende Einheiten entnommen. Insbesondere wegen des Nachweises von Aspergilluselementen und der Anzucht von Aspergillus fumigatus erfolgte eine weitere Beprobung am 30. Mai 2001. Die wichtigsten hierbei erzielten Pilzarten wurden isoliert und für 6 der Isolate wurde ein Agardiffusionstest auf Hemmung durch gängige Biozide ausgeführt, wobei insbesondere berücksichtigt wurde, dass der Einsatz

giftiger Materialien in dem Umfeld (möglicher Hautkontakt durch die Kirchenbesucher) nicht möglich ist.“

Mit durchgehend guter Wirkung und ausgezeichnetem Ansprechen gegen die Aspergillen hob sich der medizinische Wirkstoff Clotrimazol hervor (Abb. 13). Die zweitbeste Wirkung gegen Aspergillus fumigatus – dessen Vorkommen hier wegen seines erheblichen gesundheitsgefährdenden Potenzials besonders ernst genommen wurde – entfalteten Preventol R 50 und Preventol A 8.

Parallel zu diesen mikrobiologischen Untersuchungen erfolgte eine Probenentnahme an unterschiedlichen Oberflächen bzw. Fassungen und deren histochemische Anfärbung auf Proteine bzw. trocknende Öle. Die Ergebnisse dieser Bindemittelanalysen konnten mit Informationen aus alten Rechnungen aus dem Kirchengemeindearchiv verglichen werden. Es zeigte sich hierbei ein Zusammenhang zwischen Schimmelbefall und den vorliegenden Bindemitteln in den Malfarben, d.h. durch diese Untersuchungen konnte bereits die Ursächlichkeit des Schimmelbefalls eingegrenzt werden:

1. Bereiche, die eine vorwiegend ölige Deckfarbe haben, *sind nicht* befallen,
2. Bereiche mit Leim- und Temperabindemitteln, also hohen oder zumindest deutlichen Proteinanteilen, aber auch Blattmetalloberflächen und ungestrichene (auch mit Hylo-tox behandelte) Holzbereiche *sind* befallen.

Der Befall konnte also nicht mit *einer* spezifischen Nahrungsquelle in Verbindung gebracht werden, wie es sich z.B. aus der Farbrezeptur eines Malers oder Betriebes hätte ergeben können. Stattdessen weisen die befallenen Flächen keine oder zu verschiedenen Zeiten ausgeführte Fassungen auf. Auf Blattgoldoberflächen kam nur Staub als Nahrungsquelle infrage. Die nachgewiesenen Schimmelpilze kommen zumindest nicht mit niedrigen Feuchtigkeitswerten aus und gelten als überwiegend Protein abbauende Organismen. Damit gewann die Auswertung der Klimaumzeichnungen erhöhte Bedeutung: Befallen waren poröse und proteinhaltige Materialien, die bei erhöhter Materialfeuchte bzw. Wasseraktivität zur Nahrungsgrundlage für Schimmelpilze werden konnten. Zu klären war, ob die Durchfeuchtung durch eine dauerhaft hohe Luftfeuchtigkeit zustande kommt, ob Kondensatbildung ursächlich ist oder ob es andere Klimareignisse gab, welche die Wasseraktivität an den Oberflächen deutlich erhöhten. Da tiefer liegende Farbschichten für den Befall offenbar keine Rolle spielten, sondern ausschließlich die Deckschicht, musste es sich vorwiegend um kurze Feuchteinwirkungen an den Oberflächen als Hauptursache handeln oder um Vorgänge, bei denen die Oberfläche als Grenzfläche besondere Bedeutung gewann. Kondensatbildung stand deshalb zunächst im Vordergrund des Interesses. Außerdem war die Wirkung der neuen Heizung mit einer praktizierten Dauertemperierung des Kirchenraumes einzuschätzen. Das Klima im Kirchenraum wurde kontinuierlich von Oktober 2001 bis September 2002 gemessen. Die Jahresschnittswerte der relativen Luftfeuchtigkeit lagen im Messzeitraum (zufällig damit auch im Zeitraum des großen Elbehochwassers, einer sehr feuchten Zeit) bei 62–72 % rF mit einzelnen heizungsbedingten Abfällen im Winter auf bis zu 54 % rF. 72 % rF wurden nie überschritten. Die Temperatur lag zwischen 10 und 21°C, wobei es im



12

Detail des Befalls an einem Emporenbalken der Peter & Paul-Kirche Reichenbach/Vogtl.

13

Grafische Darstellung der Untersuchungsergebnisse der INTOX GmbH Oldenburg zur Wirksamkeit der Bekämpfungsmittel auf die Reichenbacher Schimmelpilze

Hemmhofturdmesser in mm (maßstäbliche Darstellung)

	Benzalkoniumchlorid	Preventol R 50	Preventol A 8	Clotrimazol	Solbro
<i>Alternaria alternata</i>	22	32	12	38	0
<i>Aspergillus fumigatus</i>	28	38	32	42	0
<i>Aspergillus versicolor</i>	18	32	25	> 50	0
<i>Mucor plumbeus</i>	28	15	8	21	0
<i>Penicillium chrysogenum</i>	16	25	18	23	0
<i>Trichoderma harzianum</i>	24	21	7	25	0

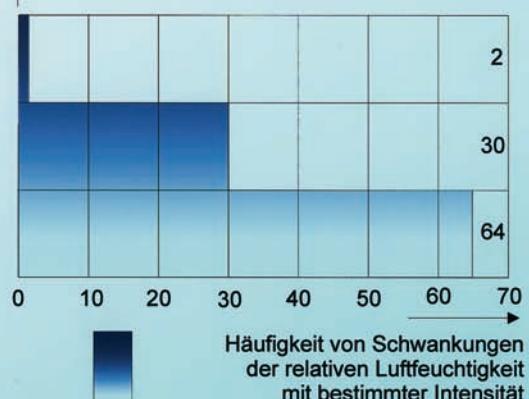
Hemmung der Isolate durch handelsübliche Hemmstoffe (1%ig in Isopropanol) Untersuchungsergebnisse:  
Institut für angewandte Toxikologie und Umwelthygiene GmbH an der Universität Oldenburg/Frau Prof. Petersen

## KLIMAMESSUNGEN IN DER PETER & PAUL-KIRCHE REICHENBACH / V.



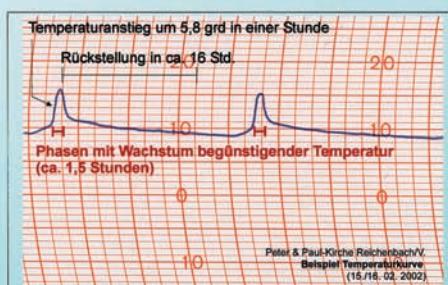
Auswertungszeitraum: 22. 10. 2001 - 22. 09. 2002

Veränderung &gt; 10% rF / 2 h



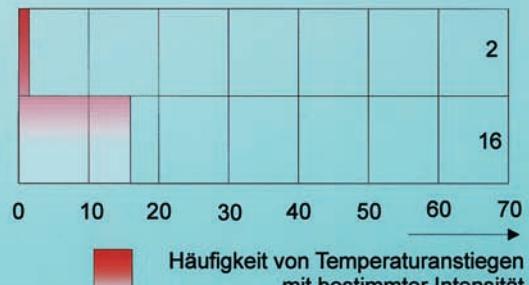
Veränderung &gt; 5% rF / 2 h

Veränderung &gt; 2% rF / 2 h



Veränderung &gt; 10 grd / 4 h

Veränderung &gt; 4 grd / 0,5 h



14

Auszüge aus den Klimaaufzeichnungen und Grafiken zur Häufigkeit und Intensität von Klimaschwankungen

Winter kurzzeitige Abfälle auf +5 °C und Heizungsspitzen auf bis 28 °C (1. Empore) gab. Die Anzahl der Schwankungen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit war wiederum von Interesse, aber hier war der Verlauf der einzelnen Ereignisse viel höher zu bewerten.

Typische Klimaschwankungen der Raumluft in dieser Kirche, welche durch die Heizung verursacht wurden, zeigten folgenden Verlauf: Durch enorm schnelle Anheizung (6–7 °C in einer halben Stunde) wurde eine fulminante Wasserdampfdiffusion aus allen porösen, hygroskopischen Materialien gefördert, welche sich in einer deutlich erhöhten Wasseraaktivität in den oberen Fassungsschichten bzw. an der Fassungsüberfläche bemerkbar machen musste (Abb. 14). Ein geeigneter Versuchsaufbau, diesen Prozess der Wasserdampfdiffusion aus tieferen Materialschichten zur Oberfläche, die dortige Anreicherung und den Übertritt in die Raumluft messtechnisch nachzuweisen, ist sicher relativ schwer realisierbar. Der im Bauwesen übliche Versuchsaufbau – hierbei wird ein Feuchtefühler in einem möglichst kleinen, unter einer Folie eingeschlossenen Luftvolumen über der Oberfläche platziert – liefert ja nur statische Werte und würde genau diesen dynamischen Prozess an der Messstelle unterbrechen. Möglicherweise könnten neuere Mikrowellenverfahren, die eine tiefengestaffelte Feuchtemessung erlauben, hilfreich sein.

Der ständige Feuchtigkeitsnachschub aus tieferen Materialschichten hielt reichlich 10 Stunden an – ein Zeitraum, der für die Auslösung von Pilzwachstum vollkommen ausreicht. Zusätzlich hielt sich die erhöhte, für den Pilzwachstum fördernde Temperatur ca. 1,5 Stunden lang. Auch Heizungsspitzen von 28 °C in Teilbereichen des Kirchenraumes dürften für den Befall förderlich gewesen sein.

Mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit war in diesem Fall daher die extreme Leistungsfähigkeit der Heizung auslösend für den ausgebrochenen Schimmelbefall. In der Orgel muss es zusätzlich Kondensationserscheinungen und ein reichliches Sporenangebot an den Pfeifen gegeben haben, weil die Luft für die Orgel weder gefiltert noch aus dem geheizten Raumbereich angesaugt wird. Dass sich die Pfeifenoberflächen bei längerem Spiel im Winter deutlich abkühlen, kann durch Oberflächentemperaturmessungen und Taupunktbestimmungen sicher relativ einfach messtechnisch nachgewiesen werden. Ein früherer Befall soll nach Angaben der Orgelbauer mit einem feuchten Lappen abgewischt worden sein, was den relativ gleichmäßigen Befall innerhalb der Orgel erklärt. Abhilfe gegen die Ursachen ist hier also primär durch ein neues Heizungsmanagement mit noch langsamerer Anheizung und der Vermeidung von Temperaturspitzen zu schaffen.

Wie der vorhandene Pilzbefall effektiv mit minimaler Dosis abgetötet werden kann, war durch die mikrobiologischen Untersuchungen experimentell vorgeklärt und musste nun noch am Objekt bestätigt werden. Dazu wurden an drei Stellen jeweils die drei ausgewählten Bekämpfungsmittel Clotrimazol, Preventol R 50 und Preventol A 8 in verschiedenen Auftragsarten getestet. Aufgetragen wurden die Bekämpfungsmittel einmal durch Aufsprühen, um kein Pilzmaterial auf der Fassungsoberfläche zu verreiben, auf dem ungefassten Holz wurden sie durch Aufstreichen aufgebracht. An stark braun verfärbter Fassung wurde ein Filterkarton getränkt mit dem Bekämpfungsmittel längere Zeit angedrückt, wobei bei dessen Abnahme schon eine ganze Menge des Pilzmaterials am Karton haften blieb.

Von diesen Probeflächen wurden mehrere Wochen später nochmals Schimmelproben auf Dipsticks entnommen. Sie wurden bei Frau Prof. Petersen mikrobiologisch ausgewertet. Dabei wurde nur auf der Probefläche, die durch Auflegen eines mit Preventol R 50 getränkten Kartons behandelt worden war, noch Befall nachgewiesen. Auf allen anderen Probeflächen war eine vollständige Abtötung gelungen. Das weitere Vorgehen steht also fest und nun muss auf eine Finanzierung für die Innenrenovierung der Reichenbacher Kirche gewartet werden, bei welcher auch die Schimmelbekämpfung vorgenommen werden soll. Der vorhandene Pilzbefall muss dabei möglichst in einer Aktion mit Clotrimazol bekämpft werden. Wie die Fassungen der 1960er und 1970er Jahre ästhetisch behandelt werden können oder gegebenenfalls zu ersetzen sind, ist noch zu testen und zu entscheiden.

**Beispiel 5:**  
**Ein vom Elbehochwasser 2002 betroffener spätgotischer Flügelaltar eines thüringischen Meisters (um 1510) in der Klosterkirche St. Heinrich, Pirna**

Der Altar entstand um 1510 in Thüringen und wurde früher in der Meißen Albrechtsburg aufbewahrt. Er kam 1958 in die Klosterkirche. Umgestaltungen bzw. Restaurierungen erfolgten 1878 und 1955 jeweils nach der Auffassung der Zeit.<sup>4</sup> So erhielt er beispielsweise 1955 eine holzfarbene, kastenförmige Predella, welche dem Hochwasser von 2002 vollständig zum Opfer fiel (Abb. 15).

Anlass zur Restaurierung 2003/2004 gab der erhebliche Schaden infolge des Elbehochwassers von Mitte August 2002. Die Kirchengemeinde hatte den Altar mit einer Folienumhüllung geschützt, als sich das extreme, weitere Ansteigen des Hochwassers andeutete. Dass sich der Altar doch relativ einfach hätte abbauen lassen, war nicht bekannt und wohl niemand hätte ein derartiges Ansteigen der Wassermassen vorhersehen können. Der Wasserstand erreichte den Altarstein, die Predella sowie Mittelschrein und Flügel in einer maximalen Höhe von 43 cm. Im Kirchenschiff stand das Wasser ca. 2,50 m hoch. Die Folienumhüllung hatte den Vorteil, dass nur ein „gefiltertes“ Schmutzwasser, aber relativ wenig Schlamm den Altar berührte.

Nachdem das Wasser zurückgegangen war, wurde der Altar abgebaut und von einem in der Kirche tätigen Restaurator

zum langsam Trocknen gelagert. Ein einsetzender starker Schimmelbefall wurde mit einem, nicht näher bekannten medizinischen Desinfektionsmittel von den Oberflächen entfernt und offenbar zeitweise weitgehend zum Stillstand gebracht. An der Fassung wurden Notsicherungspapiere mit Methylzellulose angebracht.

Zusammengefasst können drei Schadensursachen angeführt werden:

1. die direkte Wassereinwirkung,
2. das extrem feuchte Klima im Kirchenraum während und nach dem Hochwasser,
3. der sekundär aufgetretene Schimmelbefall in der Trocknungsphase.

Die direkte Wassereinwirkung führte zu Auslaugung und Volumenverlust des Holzes der Skulpturen, auch unter den Fassungen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das extreme Hochwasser nicht nur Wasser war, sondern auch Heizöl und andere chemische Bestandteile enthalten hatte, also in gewissem Sinne ein Lösungsmittelgemisch war. Auch der über längere Zeit einwirkende Schimmelpilzbefall war mit Sicherheit an der Auszehrung der Holzsubstanz gleichermaßen beteiligt. An Flügeln und Schrein waren die Verleimungen der Holzteile teilweise gelöst, so dass der Halt nur noch durch die Formschlüssigkeit der Eckverbindungen gegeben war. Diese Festigkeit war jedoch nicht mehr groß, weil die Rahmen jeweils aus einer inneren und einer äußeren Wand bestehen und hohl sind. Zahlreiche Fugen der Gemäldefäden waren insbesondere vom unteren Rand her aufgerissen.

Der gesamte hintere Teil des Mittelschreins war in einer Tiefe von 5 Zentimetern 1955 erneuert worden. Da damals nur minderwertiges Holz zur Verfügung stand, waren Rückwand, Seiten und Grundbrett der Innenseite des Mittelschreins mit Leinwand beklebt worden. Die gesamte Fassung war im unteren Bereich, welcher direkt mit Wasser in Berührung gekommen war, extrem stark gelockert und in vielen kleineren Partien bereits verloren gegangen. Hier stand die Fassung (ca. 1/3 der gesamten Fläche) mit einem Abstand von bis zu einem Millimeter frei über dem Träger. Diese Lockerungen erklären sich einerseits durch Auswaschung wasserlöslicher Bindemittel aus Vorleimung, Gründierung und Malschicht, andererseits durch die Schrumpfung des Trägers. Die angebrachten Sicherungspapiere haben möglicherweise hier und da Halt gegeben, erschweren aber eher die Konservierung. Besonders auf den Vergoldungen ließen sie sich schlecht lösen und konnten ohnehin nur gelöst werden, nachdem die Fassung wieder eine Bindung zum Träger erhalten hatte. Aus dieser Erfahrung empfiehlt es sich, an Objekten mit Schimmelbefall nie Sicherungspapiere zu belassen.

Die hochwasserbedingten Lockerungen und Verluste der Malschicht waren auf dem unteren Teil der Tafelgemälde ebenfalls stark ausgeprägt. Außerdem waren die Bindemittel der originalen Malerei in diesem Bereich krepiert. An den Rahmenschenkeln war die Fassung außen vielerorts mechanisch beschädigt und in den wassergeschädigten Bereichen latent gelockert bzw. verloren gegangen.

Da der Schimmelpilzbefall auf den Oberflächen durch den erstbetreuenden Restaurator entfernt worden war, gestaltete sich die notwendige Entnahme von Schimmelproben vor



15  
Mittelschrein und Flügel des spätgotischen Altars aus der Klosterkirche St. Heinrich, Pirna, bei der Übernahme zur Konserverung und Restaurierung



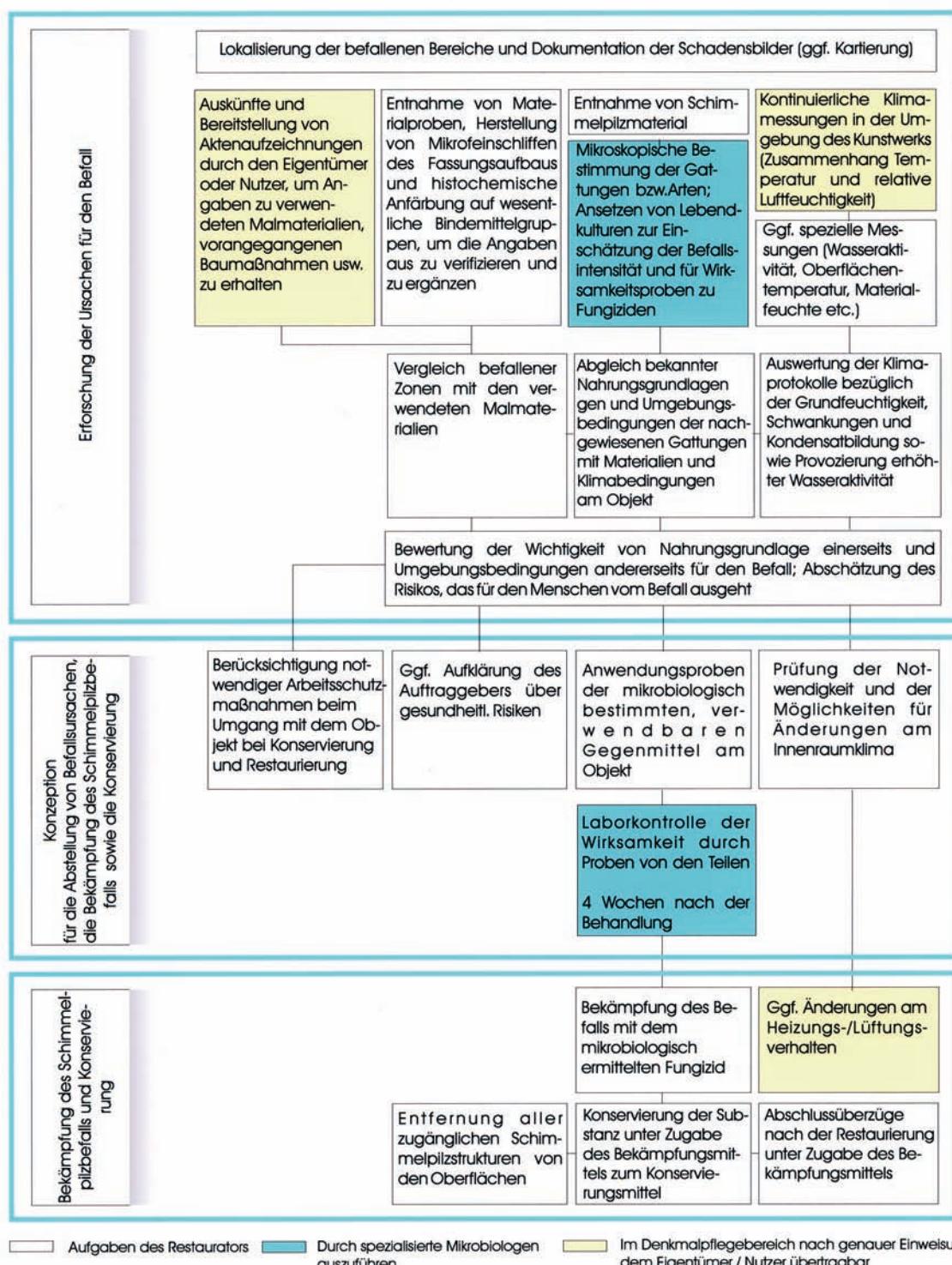
16  
Geöffnete Leinwandbeklebung von 1955 im Mittelschrein mit extremem Schimmelpilzbefall auf der Rückseite

Beginn der Konservierungsmaßnahmen recht schwierig. Dennoch wurden aus vier verschiedenen Objektbereichen jeweils ein Oberflächenabklatsch durchgeführt sowie eine Materialprobe entnommen und an Frau Prof. Petersen eingeschickt. Mit den Proben wurden wiederum Kulturen angelegt, die auftretenden Schimmelpilze mikroskopisch bestimmt sowie mögliche Fungizide getestet. Die Untersuchung ergab, dass es sich in der Mehrzahl um Zellulose und Holz abbauende und in geringerem Maße um Protein abbauende Pilze handelte. Die Bekämpfungsproben im Labor wiesen die beiden Wirkstoffe Tebuconazole und Benzalkoniumchlorid (jeweils 1 % in Isopropanol) als wirksam aus.

Der aktive Schimmelbefall wurde auf den gefassten Oberflächen nach deren Festigung mit der mikrobiologisch ermittelten Wirkstoffkombination behandelt. Hierzu wurde die Oberfläche vollflächig mit einer Lösung aus 4 g Preventol A 8 (Tebuconazole), 8 ml einer Preventol-R-50-Lösung (lt. Sicherheitsdatenblatt der Bayer AG 45–55 % Alkyldimethylbenzylammoniumchlorid in wässriger Zubereitung) in 400 ml Isopropanol eingestrichen. Insgesamt wurden zur Schimmelbekämpfung 800 ml dieser Lösung in den Altar eingebracht; vor allem die Figurenrückseiten, welche zuvor mit reinem Ethanol vom Oberflächenmyzel befreit wurden, nahmen hierbei einen großen Anteil auf.

Die Stabilisierung der Eckverbindungen an Schrein und Flügeln sowie die Stabilisierung anobienbefallener Holzsubstanz an den Flügelrahmen und auch eine partiell nötige, gewisse Sättigung der Trägersubstanz vor der Fassungskonservierung im direkt hochwassergeschädigten Bereich wurden mit Paraloid B-72 (15%ig in Ethylacetat) ausgeführt. Anobienfraßgänge in den Bildtafeln wurden mit Hilfe von Dentalwerkzeugen mit Zellstoff gestopft, welcher in Hautleim (7 g Leim und 5 ml Fungizidlösung in 100 ml destilliertem Wasser) getränkt worden war.

Als problematisch erwies sich die Wiederbefestigung der Leinwandbeklebungen im Mittelschrein, die 1955 angebracht worden waren. Das Unterspritzen von Hautleimlösung und anschließendes Anpressen brachten keinen dauerhaften Erfolg. Auch als dieser Festigung eine Tränkung des ausgelaugten Holzes mit Paraloid B-72 vorgeschaltet wurde, war diese Vorgehensweise nur begrenzt erfolgreich. Deshalb wurde die Leinwand von 1955 hinter bzw. unter den Figuren eingeschnitten und „aufgeklappt“ (Abb. 16). Es zeigte sich hier ein starker Schimmelbefall unter der Leinwandbeklebung, der möglicherweise durch die Fungizidbehandlung ausgehend von der Oberfläche noch nicht abgetötet war. Aus diesem Grund wurden die hochgeklappten Leinwandabschnitte nun von hinten mit Ethanol gereinigt, dann



nochmals mit der Wirkstofflösung behandelt und nach der Trocknung neu aufgeklebt. Die Konservierung der Fassung gestaltete sich erwartungsgemäß schwierig. Der erhebliche Holzabbau hat zu einer sichtbaren Volumenverkleinerung geführt, welche besonders die Fassungskonservierung auf konvexen plastischen Formen erschwerte, denn hier lagen Grundierung, Farbschichten bzw. Blattmetallauflagen mit Abstand über dem Träger. Eine Festigung wurde mit dem oben genannten Haulleim ausgeführt; vorgenetzt wurde mit destilliertem Wasser mit einigen Tropfen Fotonetzmittel (AGFA Agepon). Netzmittel und Leim wurden prinzipiell über eine Art Japanpapier an die Fassung herangeführt oder mittels Spritze und Kanüle unter die Fassung gespritzt. Die Papiere wurden aber nie an der Fassung belassen – außer auf den Tafelgemälden. In den Bereichen, die direkt mit dem Hochwasser in Berührung gekommen sind, war eine einmalige Festigung nicht überzeugend. Daher wurden hier Holzbereiche, die durch Fehlstellen frei lagen, mit Paraloid B-72 (15%ig in Ethylacetat) getränkt. Einerseits konnte so ein gewisser Aufbaueffekt der ausgelaugten Trägersubstanz erzielt werden, andererseits das Abfließen des Leims für die Fassungskonservierung in die Tiefe verhindert werden. An den hohl liegenden Fassungsbereichen der Skulpturen war es insbesondere bei dachförmig aufstehenden Blasen mitunter nötig, eine Kante einer gelockerten Scholle mit dem Skalpell zu beschneiden, um sie niederlegen zu können oder die hohl stehende Fassung – wo sie stabil genug war – zu unterfüttern.

An den Tafelgemälden wurde nach Abnahme von Firnis und alten Retuschen sowie der Bindemittelregenerierung in den Hochwasserbereichen auch dort eine analoge Schimmelbekämpfung vorgenommen.

Diesen Konservierungsmaßnahmen folgte die eigentliche Restaurierung: abschließende Oberflächenreinigung, Kittung und Retusche, Bau und Fassung einer neuen Predella sowie

die Befestigung des Altars mit einer Mechanik, welche den Altar gegen Diebstahl sichert und mit der man ihn bei erneutem Hochwasser um 1,5 m anheben kann.

### **Schema zur Bekämpfung von Schimmelpilzbefall an polychromierten Kunstwerken**

Das systematische Vorgehen bei Schimmelpilzbefall an polychromierten Holzskulpturen, Gemälden auf Holz oder Leinwand sowie sonstigen polychromierten Holzobjekten lässt sich allgemein in einem Schema zusammenfassen (Abb. 17). Jeder Fall wird aufgrund seiner komplexen und unterschiedlichen Ursachen spezifische Maßnahmen erfordern. Der Weg jedoch, welcher zur Ermittlung eines geeigneten (chemischen) Bekämpfungsmittels führt, ist immer gleich und kann nur in interdisziplinärer Zusammenarbeit mit Mikrobiologen erfolgen. Die Mikrobiologen sollten hierbei auf die Arbeit mit Schimmelpilzen spezialisiert sein und möglichst Einblick in restauratorische oder denkmalpflegerische Problemstellungen haben. Ziel und Möglichkeit dieses vorgestellten Weges liegen in einer gezielten, abgesicherten und möglichst gering – aber wirksam – dosierten Bekämpfung des Befalls, damit Kunstgut nicht in „Sondermüll“ verwandelt wird.

Anke & Jan Großmann  
Dipl.-Rest. für Gemälde und polychromierte Holzskulptur (VDR)  
Ledenweg 29  
01445 Radebeul

### **Danksagung**

Unser Dank gilt Frau Prof. Dr. Karin Petersen vom Institut für angewandte Toxikologie und Umwelthygiene GmbH an der Universität Oldenburg für die langjährige, hervorragende Zusammenarbeit, für die wertvollen Anregungen und die zuverlässigen Untersuchungsergebnisse, mit denen der Schimmelpilzbefall nicht nur an den obigen Beispielen „besieg“ werden konnte.

### **Anmerkungen**

- 1 Walter Hentschel, Peter Breuer – eine spätgotische Bildschnitzerwerkstatt. Berlin 1952, S. 199
- 2 Als Maß für frei verfügbares Wasser im Substrat, das für Myzelwachstum, Sporenbildung und Sporenkeimung besonders wichtig ist, wird die Wasseraktivität verwendet. Es handelt sich dabei um die Wassermenge, die bei längerem Aufenthalt des Substrates mit der umgebenden relativen Luftfeuchtigkeit im Gleichgewicht steht. Der Zusammenhang zwischen aw-Wert und der relativen Gleichgewichtsfeuchte (RGF) wird mit der Gleichung ausgedrückt: RGF (%) = aw x 100. Siehe hierzu: W. Mücke, C. Lemmen, Schimmelpilze. Landsberg 2000, S. 18.
- 3 Michaela Berner und Karin Petersen, Mikroorganismen auf Wandmalereien – eine Untersuchungsmethode mit Hilfe der Fluoreszenzmikroskopie. In: RESTAURO 3, 1992, S. 164
- 4 Akten des Landesamtes für Denkmalpflege Sachsen zur Klosterkirche St. Heinrich, Pirna

### **Abbildungsnachweis**

Alle Abbildungen dieses Artikels wurden von den Autoren fotografiert bzw. gezeichnet. Die Rechte bleiben bei den Autoren.