

Erfassen, Erforschen und Erhalten

Monitoring mittelalterlicher Wandmalereien

Beiträge des 11. Konservierungswissenschaftlichen Kolloquiums in Berlin/Brandenburg
am 17. November 2017 in Brandenburg an der Havel

Mit Beiträgen von

Bärbel Arnold, Torsten Arnold, Paul Bellendorf, Hans Burger, Sonia Cárdenas, Thomas Drachenberg,
Estelle van Groote, Ilona Hans-Collas, Ute Joksch, Steffen Laue, Mechthild Noll-Minor, Jan Raue, Markus Santner,
Corinna Scherf, Frank Schlütter, Henriette Theurich, Martin Ziemann

Wernersche Verlagsgesellschaft



Wir danken die DBU für die Förderung des Projektes
„Entwicklung modellhafter Erhaltungskonzepte
durch Erfassung und Monitoring anthropogen
umweltgeschädigter mittelalterlicher Wandmalereien
im Nordosten Brandenburgs“



Herausgeber:

Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege
und Archäologisches Landesmuseum
Landeskonservator Dr. Thomas Drachenberg
Wünsdorfer Platz 4
D – 15806 Zossen (Ortsteil Wünsdorf)

Redaktion:

Dr. Bärbel Arnold (BLDAM)

Titelbild:

Mondsichelmadonna, Marienkirche Frankfurt (Oder), © BLDAM,
Bildautor: Holger Herschel
XRD-Diagramm einer Salzausblüfung an der Mondsichelmadonna,
Matthias Schneider, Leibniz-Institut für Katalyse e.V

© 2017 Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege
und Archäologisches Landesmuseum
Wernersche Verlagsgesellschaft mbH, Worms
Alle Rechte vorbehalten

Gesamtherstellung: Wernersche Verlagsgesellschaft
ISBN 978-3-88462-377-0

Printed in the European Union (EU)

Inhalt

Grußwort Thomas Drachenberg (Wünsdorf)	7
Geleitwort Paul Bellendorf	9
1. Erfassen, Erforschen und Monitoring - ein interdisziplinäres Projekt zur Erhaltung der mittelalterlichen Wandmalereien im Nordosten von Brandenburg Mechthild Noll-Minor.....	11
2. Naturwissenschaftliche Erfassung	
2.1 Präparation und Untersuchungsmethoden Bärbel Arnold, Steffen Laue, Frank Schlütter, Martin Ziemann	22
2.2 Möglichkeiten und Grenzen der zerstörungsfreien Pigmentbestimmung an Wandmalereien mit mobiler Röntgenfluoreszenzanalytik (pRFA – Gerät: Niton XL3t) Steffen Laue	27
2.3 Überblick über die naturwissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse Bärbel Arnold, Steffen Laue, Frank Schlütter, Martin Ziemann	30
3. Neue Ergebnisse zu Pigmenten und Pigmentveränderungen	
3.1 „...und Maria trägt einen gelben Mantel“ – Interdisziplinäre Forschung zur Pigmentumwandlung von Vivianit Frank Schlütter, Bärbel Arnold, Ute Joksch, Steffen Laue, Jan Raue, Martin Ziemann	55
3.2 Blau – Azurit oder Cumengeit? Frank Schlütter, Martin Ziemann.....	65
3.3 Vanadinit – ein „neues“ altes Pigment am Sternenhimmel? Vanadinitfunde in Agngermünde und Chorin Martin Ziemann, Frank Schlütter.....	73
4. Restauratorische Erfassung und Monitoring an Wandmalereien und Architekturfassung im Nordosten Brandenburgs	
4.1 Monitoring und „Low-Level-Monitoring“ im Rahmen des DBU-Projektes Mechthild Noll-Minor.....	80
4.2 Mondsichelmadonna und Triptychon der Marienkirche Frankfurt (Oder) Jan Raue.....	92
4.3 Wandmalereien in der ehemaligen Franziskanerklosterkirche Angermünde Mechthild Noll-Minor, Jan Raue, Henriette Theurich	102
4.4 Außenputze und Architekturfärbigkeit von Feldsteinkirchen Bärbel Arnold, Hans Burger, Sonia Cárdenas, Frank Schlütter	112
5. Zusammenfassung und Ausblick Bärbel Arnold, Mechthild Noll-Minor, Frank Schlütter.	126
6. Zur Erfassung mittelalterlicher Wandmalerei in der Altmark, Sachsen/Anhalt Torsten Arnold, Corinna Scherf	129
7. Zwei Projekte zur Erforschung und Erhaltung mittelalterlicher Wandmalerei in Österreich Markus Santner.....	135
8. Erfassung, Visualisierungs- und Analysesystem zur Dokumentation mittelalterlicher Wandmalereien in Belgien: Projekte am Königlichen Institut für das Kunstpatrimonium (KIK-IRPA, Brüssel) Ilona Hans-Collas, Estelle van Groote	140
Autorenverzeichnis.....	150

Grußwort

Baukultur, also auch Denkmale mit ihrer Ausstattung sind ein wesentlicher Bestandteil unserer gesellschaftlichen Basis.

Lassen Sie mich das an der Denkmalpflegepraxis der letzten Jahre im Land Brandenburg erläutern: Was machen wir da als Denkmalpfleger im Land Brandenburg eigentlich und warum?

Wir erkennen und erforschen die Denkmale und wir beraten die Eigentümer und suchen dabei im Sinne des Wortes die besten Umgangsformen unter den jeweils aktuellen Bedingungen.

Die beste Umgangsform ist die langlebige – nachhaltige – Erhaltung.

Dazu muss ich in der Lage sein, die Bedeutung, die Qualität und die materielle Zusammensetzung zu erkennen und zu bewerten. Ich muss die Schadenslage analysieren können und ich muss mich mit den aktuellen Erhaltungsbedingungen auseinandersetzen und: In einer nicht ganz einfachen Kommunikationsleistung die anderen Bedürfnisse am Denkmal mit diesen Erkenntnissen so austarieren, dass ein nachhaltiges Erhaltungskonzept entsteht.

In den letzten Jahrzehnten seit 1990 haben wir in Brandenburg viele Millionen D-Mark und Euro ausgegeben, um die Substanz der Denkmale in den Städten und Dörfern zu erhalten.

Das beste Denkmalerhaltungsprogramm Europas ist dabei das Programm der Städtebauförderung – das im übrigen in den anderen Ländern Europas völlig unbekannt ist. Warum entfaltet das hier bei uns so eine nachhaltige Wirkung? Eine der Hauptgründe für den Erfolg ist neben der Kontinuität die Partizipation: Bund, Land und Kommune teilen sich mit dem Besitzer die Kosten und an der Basis entsteht damit eine wertvolle Kommunikation zu den Erhaltungs- und Modernisierungsfragen, an denen die Denkmalpflege auf Augenhöhe beteiligt ist.

Damit und mit weiteren Denkmalförderprogrammen konnte ein jahrzehntelanger Sanierungsstau aufgelöst werden, der – wenn wir ehrlich sind – im heutigen Land Brandenburg weit über 1945 zurückreicht.

Im Ergebnis sehen heute die Städte und viele Dörfer und vor allem die denkmalgeschützten Bauten noch nie so gut aus wie heute – der Erhaltungs- und Sanierungsstand der Substanz, den wir heute in Brandenburg haben, dürfte eine der höchsten der Geschichte sein. Das ist ein großartiger Erfolg der letzten Jahrzehnte!

Wie nun weiter? Wir in Brandenburg haben durch viele Kampagnen alle Kräfte in Dach und Fach gesteckt und jetzt besteht Nachholebedarf in der Konservierung und Restaurierung der Ausstattung.

Das konnten wir nach jahrelangem Bemühen in der brandenburgischen Legislative und Exekutive deutlich machen und das hat wiederum dazu geführt, dass wir seit einigen Jahren ein Denkmalförderprogramm des Landes haben, das unkompliziert Konservierungen, Restaurierungen und vor allem Siche-

rungsarbeiten unterstützt. Das Programm konnte nur deswegen alle parlamentarischen Hürden passieren, weil sich die Fraktionen einig waren, dass dies ein notwendiges und sinnvolles Programm ist. Erhaltung braucht politische und gesellschaftliche Unterstützung – sonst kann sie nicht dauerhaft funktionieren.

Wir als Fachleute müssen der Gesellschaft klar machen, dass man zwar mit einer Großkampagne den Dom in Brandenburg an der Havel, das Neue Palais in Potsdam, die Hutfabrik in Luckenwalde oder die Dorfkirche in Laubst wird retten können – aber für die dauerhafte Pflege und Wartung sind Großkampagnen denkbar ungeeignet.

Nichts ist für die Ewigkeit! Das wussten bereits unsere Vorfahren und haben nicht nur aus Kostengründen ihre Dächer regelmäßig repariert und defekte Ziegel ersetzt. Das Thema der Wartung und Reparatur ist daher nicht zu vernachlässigen!

Wir Denkmalpfleger wissen, dass es unser Job ist, den unweigerlichen Verfall durch gute Grundlagenforschung und sensible Pflege aufzuhalten und zu verlangsamen. Dazu konnten in den letzten Jahren dank der großzügigen Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt Forschungsprojekte wie „Erforschung und Erhaltung historischer Putze und Mörtel im Hinblick auf Umweltschäden“, „Bewahrung wertvoller Kulturgüter aus Raseneisenstein“ und „Umweltbedingte Pigmentveränderungen an mittelalterlichen Wandmalereien“ erfolgreich bearbeitet werden.

Wir Landesdenkmalpfleger im Land Brandenburg haben derzeit mit unseren Partnern bei dem Thema Monitoring und Wartung zwei wichtige Leitprojekte:

Seit unserem Landesdenkmaltag 2016 haben wir uns zusammen mit dem Förderkreis Alte Kirchen e.V. und der Evangelischen Kirche Berlin-Brandenburg Schlesische Oberlausitz (EKBO) verständigt, dass wir verhindern müssen, dass vor allem in peripheren Lagen vorbildlich restaurierte Dorfkirchen wieder verfallen. Wenn die Nutzung nur noch sporadisch und nicht mehr so intensiv ist, dann fallen einem schiefe Dachziegel und verstopfte Dachrinnen nicht mehr rechtzeitig auf. Dorfkirchen sind nicht nur geistliche Orte, sondern auch städtebaulich wichtig – und sie sind fest im Herzen der Dorfbewohner verankert! Wir sind froh, dass auch der Bischof der EKBO, Herr Dr. Markus Dröge, immer wieder sagt, dass Kirchen nicht abgerissen und auch nicht verkauft gehören! Wir müssen und wollen uns zusammen um Erhaltungsperspektiven bemühen, die uns aktuell nicht überfordern und die nachhaltig sind. Dazu läuft derzeit ein gemeinsames Projekt zur Ermittlung des Bedarfes und zur Erprobung von örtlich angepassten Monitoringsystemen.

Seit vier Jahren erforschen wir mit Unterstützung der Bundesstiftung Umwelt den Bestand an mittelalterlichen Wandmalereien im Nordosten Brandenburgs und versuchen in der Praxis und vor Ort herauszubekommen, welches sinnvolle Monitoring es geben kann, um rechtzeitig Schäden zu entdecken und

auch zu beseitigen. Es ist nicht eingeübte Praxis, rechtzeitig die Malschicht an fünf Stellen mit wenig Geld zu sichern – es ist aber immer noch üblich so lange zu warten, bis nur noch eine Großkampagne mit sehr viel Geld den Hauptaltar retten kann. Wir müssen weg von den Großkampagnen – hin zur laufenden Pflege und Wartung. Wir müssen das gesamtgesellschaftlich machen, was unsere Vorfahren und auch jeder Hausbesitzer heute ganz selbstverständlich macht: Den Bestand dauerhaft beobachten und pflegen!

Ich bin daher froh, dass wir unser 11. Konservierungswissenschaftliche Kolloquium in Berlin Brandenburg mit dem Titel „Erfassen, Erforschen, Erhalten – Monitoring mittelalterlicher Wandmalereien“ und damit diesem Tagungsband genau diesem Thema widmen können.

Im Hauptteil des Kolloquiums werden die Ergebnisse des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt großzügig geförderten Projektes zur „Entwicklung modellhafter Erhaltungskonzepte durch Erfassung und Monitoring anthropogen umweltgeschädigter mittelalterlicher Wandmalereien im Nordosten Brandenburgs“ vorgestellt und diskutiert. Im Rahmen der Erfassung konnten durch naturwissenschaftliche Untersuchungen bisher fast unbekannte Pigmente, wie Vivianit, Cumengit und Bleivanadat analysiert werden. Was heißt das für unser Ziel einer nachhaltigen Erhaltungsstrategie?

Es wird dabei noch mal klar, dass die Erfassung des Bestandes und des Zustandes der erste Schritt für ein erfolgreiches Monitoring-Konzept ist.

Die brandenburgische Strategie der Landesdenkmalpflege zur nachhaltigen Erhaltung bei der Restaurierung und Konser-

vierung wird auf der Tagung und in diesem dokumentierenden Band von Berichten über die Erfassung der mittelalterlichen Wandmalereien in der Altmark (Sachsen-Anhalt) und mit Beispielen zum Monitoring in Belgien und Österreich ergänzt. Der Austausch ist uns wichtig, um voneinander zu lernen.

Wir wenden uns mit diesem Kolloquium traditionell an Restauratoren in der staatlichen und kirchlichen Denkmalpflege, an die Kollegen in den vielen Museen und die mit dem Thema in der Lehre beschäftigten Professoren und Studierenden sowie an Kunsthistoriker, Naturwissenschaftler, Architekten, Ingenieure und Verwaltungsmitarbeiter, die sich mit der nachhaltigen Bewahrung von Kunstgütern und Denkmälern beschäftigen.

Das Kolloquium am 17.11.2017 im Archäologischen Landesmuseum des Landes Brandenburg im Paulikloster hatte starke Partner, denen wir hiermit herzlich für die unkomplizierte Zusammenarbeit danken: Die Stiftung Preussische Schlösser und Gärten Berlin-Brandenburg, das Rathgen-Forschungslabor der Stiftung Preussischer Kulturbesitz und die Fachhochschule in Potsdam.

Ohne die exzellente und erfahrene Redaktionsleistung von Frau Dr. Bärbel Arnold wäre dieses Heft in der gewohnten Qualität und als Tagungsunterlage nicht denkbar. Der herzliche Dank geht dabei auch an den Verlag.

Ich wünsche der Tagung und diesem Band eine große Verbreitung, damit die Wiederbelebung und Verbreitung der Idee einer erfolgreichen kontinuierlichen Pflege weiter diskutiert und in der täglichen Praxis Fuß fassen wird!

Dr. Thomas Drachenberg
Landeskonservator

Geleitwort

Monitoring wird beim Erhalt unseres kulturellen Erbes in Zukunft eine immer wichtigere Rolle spielen. Dies liegt u. a. daran, dass wir zukünftig große Sanierungsmaßnahmen nur noch in Ausnahmefällen und nur noch für die „Leuchttürme“ finanziert bekommen werden. Für die breite Masse der denkmalgeschützten Gebäude, welche aber vor allem im ländlichen Raum identitätsgebend und geschichtsträchtig sind, werden voraussichtlich noch weniger Mittel zur Verfügung stehen, als dies heute schon der Fall ist.

Wir müssen daher von einem nachsorgenden Konzept der Restaurierung und Sanierung, welches erst aktiv wird, wenn der Schaden bereits eingetreten ist, zu einem vorsorgenden Ansatz kommen. Durch eine regelmäßige Wartung und Pflege der Bauwerke können kleinere Schäden zeitnah erkannt und so in der Regel kostengünstig behoben werden. Um dies aber flächendeckend umsetzen zu können, bedarf es notwendiger Konzepte zur Erhaltung und zum Monitoring.

Vor allem für strukturschwache Gegenden sind dabei kostengünstige und zerstörungsarme Methoden zur Wartung und Pflege und somit für den dauerhaften Erhalt der Kulturgüter unerlässlich. Kleine Kirchengemeinden im ländlichen Raum haben häufig kaum finanzielle Mittel und sind nur schlecht bzw. mit öffentlichen Verkehrsmitteln häufig überhaupt nicht erreichbar. Regelmäßige personal- und geräteintensive Wartungs- und Pflegeintervalle sind an solchen Standorten nicht realisierbar, weshalb ressourcenoptimierte Methoden benötigt werden, um die Kulturgüter in ihrem Bestand zu erhalten.

Am Beispiel von ausgewählten mittelalterlichen Wandmalereien aus dem Nordosten von Brandenburg wurde im Rahmen eines von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projektes daher untersucht, wie ein kosten- und ressourcenschonendes Erhaltungs- und Monitoringkonzept für diese durch anthropogene Umwelteinflüsse geschädigten Kulturgüter aussehen könnte.

Hierzu wurde von dem Projektteam an ausgewählten Objekten eine transdisziplinäre Erforschung von Maltechnik und Veränderung durchgeführt. Diese beinhaltete u. a. eine Quellenforschung zur Bau- und Restaurierungsgeschichte, eine Erforschung des Bauablaufs und der geschichtlichen Hintergründe, eine restauratorische Erfassung von Bestand und Zustand sowie eine kunsthistorische Einordnung. Die Erfassung wurde begleitet durch ein Monitoring. Dieses bestand u. a. aus der restauratorischen Zustandskontrolle, bestehend aus Langzeitbeobachtungen und regelmäßigen Begehungen, aus naturwissenschaftlichen Untersuchungen sowie einer Auswertung und Ergänzung einer Einschätzung von Schadensfort-

schrift und Gefährdung. Daraus abgeleitet ergibt sich die Dringlichkeit von Erhaltungsmaßnahmen.

Als Ergebnis des „Low-level-Monitorings“ lässt sich zusammenfassen, dass bereits bei der Zustandserhebung die Grundlagen für ein Basis-Monitoring geschaffen werden sollten. Dabei ist zwischen der Zustandserhebung und dem Monitoring eindeutig zu unterscheiden. Ziel muss es sein, ein auf das jeweilige Schadensbild und den Schadenszustand des individuellen Objektes angepasstes Monitoringkonzept zu erarbeiten und anzuwenden. Dadurch können Wartungsintervalle auf ein restauratorisch-adäquates Maß angepasst werden, wodurch zum einen die Kosten überschaubar bleiben, zum anderen aber auch Schäden rechtzeitig detektiert werden können.

Die Deutsche Bundesstiftung Umwelt bedankt sich beim gesamten interdisziplinär zusammengesetzten Projektteam für die gute und vertrauensvolle Zusammenarbeit. Unter der Leitung des Brandenburgischen Landesamts für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum kam es zu einer Zusammenarbeit mit der Evangelischen Kirche Berlin, Brandenburg, schlesische Oberlausitz, dem Institut für Erd- und Umweltwissenschaften der Universität Potsdam sowie dem Fachbereich Architektur und Städtebau, Studiengang Restaurierung der Fachhochschule Potsdam. Weiterhin war die Amtliche Materialprüfungsanstalt der Freien Hansestadt Bremen, die Restauratoren Dr. Ute Joks, Dr. Jan Raue, Sonia Cárdenas und Kerstin Frischke, die Kunsthistorikerinnen Dr. Maria Deiters, Cornelia Aman und Barbara Rimpel und der Bau- und Kunsthistoriker Dirk Schumann in das Vorhaben mit eingebunden.

Ein besonderer Dank geht an die Mitglieder des wissenschaftlichen Fachbeirats. Mit ihrer fachlichen und praxisnahen Expertise haben sie zum Gelingen des Vorhabens beigetragen. Zum Fachbeirat zählte Prof. Dr. Erwin Stadlbauer vom Niedersächsischen Landesamt für Denkmalpflege, Dipl.-Rest. Torsten Arnold vom Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, Prof. Dr. Rainer Drewello von der Universität Bamberg sowie Prof. DI Mag. Wolfgang Baatz von der Akademie der bildenden Künste in Wien.

Mit dem Vorhaben wurden wegweisende Konzepte für einen nachhaltigen Erhalt von wertvollen Wandmalereien, vor allem auch im ländlichen Raum, gelegt. Mit diesem Wissen können nun konkrete Umsetzungsmaßnahmen für ein bedarfsgerechtes und kostengünstiges Monitoring durchgeführt werden. Die Ergebnisse sind dabei nicht auf die Wandmalereien im Nordosten von Brandenburg beschränkt, sondern können beispielgebend für die gesamte Bundesrepublik Deutschland und darüber hinaus sein.

1. Erfassen, Erforschen und Monitoring – ein interdisziplinäres Projekt zur Erhaltung der mittelalterlichen Wandmalereien im Nordosten von Brandenburg

Abstract

This article focuses on recording and monitoring medieval wall paintings and architectural surfaces in the north-east of the federal state Brandenburg. Medieval wall paintings and architectural surfaces dating between the 13th and 18th centuries in 50 churches have been recorded. Within the project twelve parish and monastic churches have been considered more in detail. Among them are the facade paintings of St. Nicolai's church, St. Mary's Church in the former Hanseatic City of Frankfurt (Oder) with its unique medieval wall paintings decorating both its interior and exterior, St. Mary's Church in Bernau with its lavish painted decoration and furnishings and the Franciscan monastery of Angermuende.

Scientific investigations focus on the analysis of constituent materials and techniques, damaging salts, environmental monitoring (T°C, RH), and lead to more complex questions regarding for instance pigments' alteration in wall paintings. Environmental factors, such as climate and salts, can cause drastic changes to the appearance of the, often fragmentary, painted surface, resulting sometimes in false conclusions regarding iconography.

The project demonstrates in which way interdisciplinary research and documentation of wall paintings helps to improve and establish long-term monitoring and conservation management practice. The low-tech monitoring procedure developed as part of this project is intended to be used as a model for "best practice" for future projects dealing with in-situ decorative schemes in churches and monuments.

1.1 Einführung und Projektstruktur

Die systematische Untersuchung und die Erfassung mittelalterlicher Wandmalerei und Architekturoberflächen sind eng verbunden mit der Entwicklung der interdisziplinären Zusammenarbeit in den wissenschaftlich gestützten Bemühungen um ihre langfristige Erhaltung. Meilensteine in der Auseinandersetzung mit diesem Thema waren in Deutschland die in den Jahren 1987–1991 durch das Bundesministerium für Forschung und Technik geförderten Forschungsverbundprojekte „Wandmalereischäden“ und „Steinschäden“, die wesentlich zum Aufbau einer konservierungswissenschaftlichen Infrastruktur zur Erhaltung von Kulturerbe beitrugen.

Zu den fachlichen Beiträgen zur Erforschung von Bestand und Zustand einschließlich der Schadensprozesse an mittelalterlichen Putzen und Wandmalereien im Land Branden-

burg gehören die Publikationen der Ergebnisse der durch die DBU geförderten Projekte „Erforschung und Erhaltung historischer Putze und Mörtel im Hinblick auf Umweltschäden“¹ und „Umweltbedingte Pigmentveränderungen der gotischen Ausmalungen in der Burg Ziesar und der Marienkirche Herzberg“². Zusätzlich wurde der Katalogband über die Untersuchung und fotografische Erfassung von Wandmalereien in der Niederlausitz³ erstellt.

In dem hier vorgestellten, von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projekt „Entwicklung modellhafter Erhaltungskonzepte durch Erfassung und Monitoring anthropogen umweltgeschädigter mittelalterlicher Wandmalereien im Nordosten Brandenburgs“ des Brandenburgischen Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologischen Landesmuseums (BLDAM) und der Evangelischen Kirche Berlin Brandenburg Schlesische Oberlausitz (EKBO) wurden diese Forschungsansätze weitergeführt. Eine wesentliche Ergänzung und Vertiefung stellt die methodische Entwicklung und Erprobung der wiederholten Zustandskontrolle (Monitoring) und des Managements in der kirchlichen Verwaltung und der Denkmalpflege durch Anlage einer Kunstgutdatenbank mit Restaurierungsmodul dar.

Im Nordosten des Landes Brandenburg wurden in 50 Kirchen Wandmalereien und Architekturfarbigkeit des späten 13. bis frühen 16. Jahrhunderts erfasst und untersucht. Die interdisziplinären Untersuchungen bezogen sich nicht nur auf neuere Erkenntnisse zu Bau- und Restaurierungsgeschichte, zu Werktechniken, Bildinhalten und kunsthistorischen Bezügen der Darstellungen, sondern auch auf eine Erfassung des Erhaltungszustandes der Wandmalereien, um Grundlagen für eine regelmäßige Zustandskontrolle in angepassten Intervallen (Monitoring) zu schaffen. In Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Potsdam, der Universität Potsdam und der Material- und Prüf-anstalt Bremen wurden an ausgewählten Objekten verwendete Farbmittel und ihre Veränderungen durch Alterung und Schadensprozesse naturwissenschaftlich untersucht.

Die Projektergebnisse sind als Korpus von Untersuchungsberichten und Dokumentationen den jeweiligen Objekten in den Archiven des BLDAM und der EKBO zugeordnet und auszugsweise publiziert.⁴ Die erhobenen Erfassungsdaten wurden in die bereits bestehende Kunstgutdatenbank der EKBO aufgenommen, die im Rahmen des Projektes um ein sogenanntes „Restaurierungsmodul“ erweitert wurde.



Abb. 1a/b: Bernau, St. Marien, Architekturfassung des 15. Jh. und Bildfeld Christophorus auf der Nordwand, Fotos: Jan Raue und Mechthild Noll-Minor, 2014



1.2 Überblick über den untersuchten Bestand

Die systematische Erfassung, Erforschung und Dokumentation aller mittelalterlichen Wandmalereien im Land Brandenburg dient dazu, diesen bisher zu wenig beachteten Bildwerken die ihnen gebührende Aufmerksamkeit zu verschaffen, und durch die Kenntnis und Dokumentation von Bestand und Zustand wesentliche Voraussetzungen für den Erhalt und die Pflege dieser besonders gefährdeten Kunstgattung zu erarbeiten.

Die Umsetzung dieses Vorhabens des BLDAM wurde im Südosten begonnen und nun in den nördlich angrenzenden Landesteilen weitergeführt. Das Untersuchungsgebiet umfasst die historischen Landschaften Land Lebus, den Barnim und die Uckermark, sowie die Stadt Frankfurt an der Oder. Zum national bedeutenden Kulturgut dieser Region gehören dreizehn Stadt- und Klosterkirchen wie die Marienkirche der ehemaligen Hansestadt Frankfurt mit ihren einzigartigen mittelalterlichen Wandmalereien im Inneren und am Äußeren, die Marienkirche Bernau (Abb. 1) mit reicher Ausmalung und Ausstattung⁵ und das ehemalige Zisterzienserkloster Chorin (Abb. 2, 3). Das Projekt bezieht sich ebenso auf die zahlreichen, die Kulturlandschaft in gleicher Weise prägenden romanischen und frühgotischen Feldsteinkirchen mit ihrem reichen Bestand an Wandmalerei, Architekturfärbigkeit und Ausstattung, welche mit 38 Objekten vertreten sind. In das Projekt wurden die im norddeutschen Raum nur noch selten erhaltenen bauzeitlichen Putz- und Farbgestaltungen am Außenbau mit Friesen und dekorati-



Abb. 2: Chorin, sog. Fürstensaal, Wandmalerei des 13. Jh. mit Übermalung von 1885 auf der Nordwand, Foto: Mechthild Noll-Minor, 2017

ven Fugensystemen (Abb. 4) am Beispiel von sechs Dorfkirchen einbezogen, die bereits in einem früheren DBU-Projekt „Putze und Mörtel im Land Brandenburg“ erfasst wurden.⁶

Zu den frühesten figürlichen Gestaltungen in der Mark Brandenburg gehören die Putzritzungen an der Westfassade der Dorfkirche Dolgelin (Abb. 5) und die Wandmalereien des 13. Jahrhunderts im ehemaligen Refektorium und dem sogenannten Fürstensaal des Zisterzienserklosters Chorin (Abb. 2, 3) sowie Brustbilder von Heiligen (Abb. 6) in Rundmedaillons (Tondi) auf der Südwand der ehemaligen Franziskanerklosterkirche in Angermünde.⁷ Kunsthistorisch herausragend sind auch die erhaltenen Fassadenmalereien des 14. Jahrhunderts in den Blendnischen des über dem Chor aufragenden Langhausgiebels der Frankfurter Nikolaikirche (Abb. 7, 8) sowie ein um 1510 ausgeführtes Triptychon mit der Darstellung der „Anbetung der Heiligen drei Könige“, der „Verkündigung“ und der „Heiligen Sippe“ an der Chorauswand der Marienkirche in Frankfurt (Oder).

Die untersuchten Wandmalereien weisen einen sehr unterschiedlichen Erhaltungs- und Bearbeitungszustand auf: Es wurden Wandmalereien „entdeckt“, die sich unbeachtet und teilweise auch unerkannt in „Abseiten“ der Kirchen und Klöster befinden. Hierzu gehört in der St. Magdalenenkirche in Eberswalde eine Kreuzigungsdarstellung auf der Ostseite des südlichen Langhausseitenschiffs, die nach Emporeneinbau des 19. Jh. als Fragment in einem schmalen Treppenraum erhalten blieb (Abb. 9). In den Dorfkirchen in Dahmsdorf, Mal-



Abb. 3: Klaushagen, Friesgestaltung und Fugensystem des 13. Jh. auf der Nordfassade, Foto: Mechthild Noll-Minor, 2014

chow, Polßen und Ziemkendorf sind im Dachraum mittelalterliche Malereifragmente von Ausmalungen erhalten, die im Kirchenraum mehrfach überstrichen wurden. Das Spektrum reicht bis zu bereits mehrfach konservierten und restaurierten Wandmalereien. Hierzu gehören z.B. die Anfang des 20. Jahrhunderts freigelegten Wandmalereien aus der ehemaligen Franziskanerklosterkirche Angermünde, sowie die durch restauratorische Retusche und Übermalung veränderten Wandmalereien



Abb. 4: Polßen, Dorfkirche, Putzritzung mit Farbfassung im Dachraum, Jan Raue, 2015

in den Dorfkirchen Lindenberg, Lübbenow und Trebenow und die Gewölbmalereien im Chor der Marienkirche in Strausberg (Abb. 10).

Für die Nachvollziehbarkeit von Zustandsveränderungen und Schadensverläufen sowie die Überprüfung des Erfolgs konservatorisch – restauratorischer Bemühungen der Vergangenheit sind gute historische Fotografien oder Bestands- und Maßnahmendokumentationen nötig. Geeignete Unterlagen existieren z.B. zu den Choriner Wandmalereifragmenten des 13. Jahrhunderts, zu einigen Bereichen von St. Marien in Bernau, zu Sakristei und Südwand der Angermünder Klosterkirche und zu einigen wichtigen Bildwerken der Marienkirche in Frankfurt.

1.3 Erfassen und Erforschen

Die Erfassung und modellhafte Erforschung der mittelalterlichen Wandmalereien und Architekturfassung wurde in einem Projektteam aus erfahrenen Spezialisten realisiert (Abb. 11). Neben der restauratorischen und kunsthistorischen Erfassung und Erforschung der mitunter kaum bekannten Malereien erfolgten bauhistorische Untersuchungen der Kirchen- und Klosterarchitekturen und – soweit im Rahmen des Projektes



Abb. 5: Dolgelin, Dorfkirche, Westfassade, Tondo des 13. Jh. mit Heiligendarstellung, Foto: Holger Herschel, 2013

möglich – eine Auswertung der vorhandenen archivalischen Quellen, die eine bessere Einordnung der Ausmalungen ermöglichten und einen Einblick in Patronatsverhältnisse und damit auch mögliche Stiftungen gewährten.

Ein zentraler Bestandteil war die restauratorische und naturwissenschaftliche Bestands- und Zustandsuntersuchung. Diese Untersuchungen konnte im Rahmen des Projekts schon mit einfachen visuellen Methoden (VIS Auf- und Streiflicht, UV-Strahlung) und Vergleich der Zustände über Referenzflächen realisiert werden. Für einige Wandmalereien wurden entzerrte Messbilder angefertigt (Abb. 9). Wesentliche Voraussetzung für den Vergleich des Ist-Zustandes mit einem hypothetischen „Originalzustand“ war die Untersuchung der Maltechnik sowie die Erfassung und Bewertung des Zustandes. Die erschlossenen Quellen zur Restaurierungsgeschichte wurden in Beziehung zur



Abb. 6: Angermünde, Franziskanerklosterkirche, Tondo des 13. Jh. auf der Südwand, Foto: Mechthild Noll-Minor, 2016



Abb. 7: Frankfurt (Oder), Nikolaikirche, Nische mit Phönix auf dem Ostgiebel des Langhauses (um 1300), Foto: Jan Raue, 2015

Untersuchung am Objekt gesetzt, um daraus weitere Erkenntnisse über das Wirken und die Dynamik von Schadprozessen zu gewinnen.

Bei entsprechenden Schadbildern wurden Analysen bauschädlicher Salze und Klimamessungen vorgenommen.⁸ Der komplexen Problematik von Pigmentumwandlungen in Wandmalereien wurde ebenfalls Aufmerksamkeit in der interdisziplinären Untersuchung geschenkt, weil diese Prozesse die ohnehin meist nur fragmentarisch erhaltene Malschicht in ihrem Erscheinungsbild erheblich verändern (Abb. 12) und auch zu ikonografisch falschen Schlüssen führen können.⁹ Vertiefende Untersuchungen sind weiterhin erforderlich zu den chemisch-mineralogischen und klimatischen Bedingungen, die die Farbumwandlungen und weitere Schadprozesse befördern sowie zu den Zeiträumen, in denen signifikante Veränderungen auftreten. Die konservierungswissenschaftliche Forschung erfolgte in Kooperation mit der Fachhochschule und der Universität Potsdam sowie der Materialprüfanstalt Bremen. Es konnten so einige ausgesprochen interessante Erkenntnisse zu bislang kaum bekannten bzw. beachteten Pigmenten gewonnen werden und man gelangte zu neuen Einsichten in mittelalterliche Maltechnik und Farbikonografie, aber auch zu damit verbundenen möglichen Schadensabläufen.¹⁰

Die naturwissenschaftlichen Hintergründe sind neben der intensiven visuellen Beobachtung entscheidend für die Beur-



Abb. 8: Frankfurt (Oder), Nikolaikirche, Nische mit Phönix auf dem Ostgiebel des Langhauses (um 1300), Aufnahme unter Anregung durch UV-Strahlung, Foto: Jan Raue, 2015

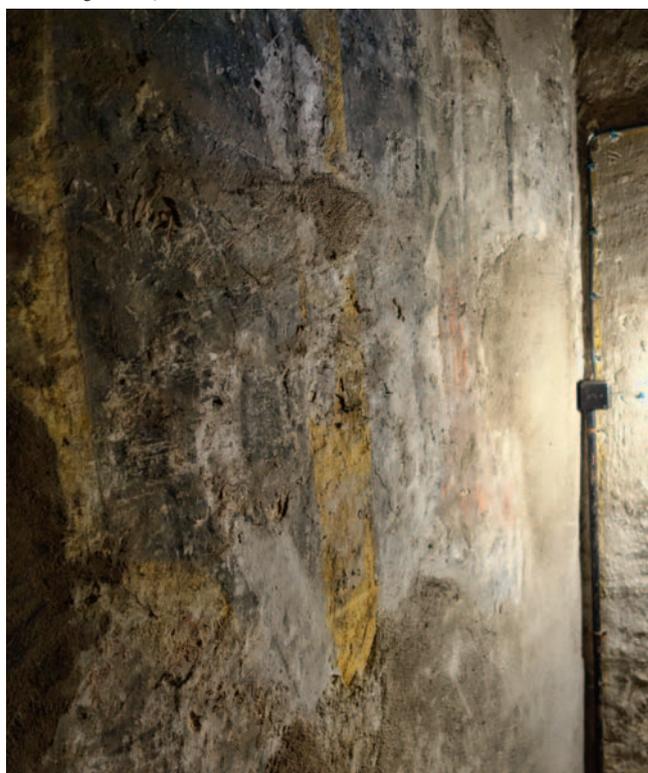


Abb. 9: Eberswalde, St. Marien, Kreuzigungsdarstellung auf der Ostwand des Langhauses, verdeckt durch Einbauten des 19. Jh., Foto: Jan Raue, 2015



Abb. 10: Strausberg, St. Marien, Chorgewölbe mit Ausmalung des 15. Jh., Foto: Mechthild Noll-Minor, 2016

teilung der zu erfassenden Veränderungen der historischen Substanz und Voraussetzung für das Erkennen möglicher Schadprozesse und Gefährdungen von Wandmalerei und Architekturfassung im Rahmen eines Monitorings.

1.4 Monitoring von Wandmalereien

Es ist eine unbestreitbare denkmalpflegerische Erfahrung, dass es zur langfristigen Erhaltung von Wandmalerei und zur Vermeidung uneffektiver, teurer und nicht nachhaltiger großer „Restaurierungskampagnen“ erforderlich ist, eine systematische Bestandsdokumentation und in sinnvollen regelmäßigen Abständen – abhängig vom Erhaltungszustand und wirkenden Schadprozessen – wiederholte Zustandskontrollen vorzunehmen. Diese systematische Überprüfung auf der Grundlage der Erfassung und Untersuchung objektspezifischer Schadensphänomene, Schadfaktoren und Schadprozesse wird als Monitoring bezeichnet. Das Monitoring soll dazu dienen, durch Beobachtung und Kontrolle des Objekts und seiner Umgebung und durch die Fortschreibung der Dokumentation des Erhaltungszustandes ein rechtzeitiges Einwirken auf mögliche Schadfaktoren zu ermöglichen bzw. präventive konservatorische Maßnahmen zu ergreifen.

Die Ergebnisse der naturwissenschaftlichen Untersuchungen wurden einbezogen bei der Entscheidung für Referenzflächen¹¹ in den zum Monitoring vorgesehenen Objekten – Wandmalereien bzw. Putzgestaltungen – die wiederholten Zustandskontrollen unterzogen werden. Für ausgewählte Objekte konnten

detaillierte Bestands- und Zustandskartierungen durch studentische Abschlussarbeiten sowie in Zusammenhang mit konservatorischen Maßnahmen realisiert werden. Für einige Wandmalereien und Außenputzgestaltungen lagen bereits, in den letzten zwei Jahrzehnten entstandene, detaillierte Kartierungen und Fotodokumentationen¹² vor, sodass durch den Vergleich mit neu erstellten Zustandsdokumentationen die im Projekt entwickelten Monitoringmethoden im Innen- und Außenbereich überprüft werden konnten.

Die interdisziplinäre Erforschung der Wandmalereien kommt der Qualität des Monitorings und damit dem



Abb. 11: Struktur und Bausteine des DBU-Projektes, Mechthild Noll-Minor

ressourcenschonenden Erhalt des Kulturgutes zugute. Aus dem Blickwinkel des „Erhaltungsmanagements“ ist diese interdisziplinäre Erforschung vor allem deshalb notwendig, weil sich so Maßnahmenprioritäten definieren lassen: Ist ein bedeutendes Objekt gefährdet, resultiert daraus eine höhere Dringlichkeit der Maßnahme sowie eine Orientierung für den Einsatz der finanziellen Mittel der Kirchgemeinden und ihre Ko-Finanzierung durch die Kirchenverwaltung und Fördermittel des Landes Brandenburg. Angestrebt werden anstelle großer, tiefeingreifender Restaurierungsmaßnahmen die regelmäßige Kontrolle und die Realisierung kleinerer Erhaltungsmaßnahmen, damit der Einsatz von menschlicher Energie, Material und Finanzen so effektiv wie möglich erfolgt, vor allem jedoch Schäden und Verluste an Kulturgut vermieden werden.

Im Rahmen eines „Low-level-Monitoring“-Programms¹³ wurden fachliche Grundlagen für eine systematische Überwachung des Erhaltungszustandes der Wandmalereien der ganzen Region Nordostbrandenburg in 50 Kirchen gelegt. Eine organisatorische Voraussetzung für die weitere Umsetzung des Monitorings in dieser Region war die Aufnahme der Zustandsbewertung durch die Entwicklung eines Restaurierungsmoduls für die bestehende Kunstgutdatenbank der Evangelischen Kirche Berlin-Brandenburg-schlesische Oberlausitz (EKBO). Hier kann bezogen auf das Datum einer Zustandskontrolle am Objekt – oder einer erfolgten Maßnahme am Objekt oder in dessen Umgebung – eine allgemeine Bewertung des Zustandes, Angaben zum Verschmutzungsgrad und die Dringlichkeit und Art erforderlicher Maßnahmen angegeben werden.

Mit der Festlegung eines Inspektionsturnus entsprechend der jeweiligen Dringlichkeit wird den Verantwortlichen in den Denkmalämtern bzw. in den Kirchengemeinden das Management von Restaurierungs- und/oder Konservierungsmaßnahmen ermöglicht. Für jede künftige Zustandskontrolle oder konservatorische Maßnahme wird mit einem weiteren Datensatz die Restaurierungsgeschichte des Objektes fortgeschrieben. Bestandteil ist auch eine Kategorisierung des Zustandes in drei Stufen als „unauffällig“/„schadhaft“/„bedrohlich“. Daraus lässt sich ein kurz-, mittel- bzw. langfristiger Handlungsbedarf ableiten. Diese Kategorisierung erfolgte in Anlehnung an die WTA-Richtlinie für das Monitoring von Steinobjekten.¹⁴

Die nachfolgenden Tabelle (Abb. 13) gibt einen Überblick über die im Rahmen des Projektes erfassten Wandmalereien, ihre interdisziplinäre Untersuchung, die Monitoringstufen und eine allgemeine Bewertung des gegenwärtigen Erhaltungszustandes in den oben beschriebenen Zustandskategorien.

1.5 Entwicklung modellhafter Erhaltungskonzepte im Rahmen des Projektes

Für alle untersuchten Kirchen wurde eine Einordnung in stark vereinfachte Zustandskategorien, die Einschätzung des erforderlichen Inspektionsturnus und der Dringlichkeit von konservatorischen Maßnahmen an den Wandmalereien vorgenommen. Dies dient künftig als Grundlage für die Verständigung zwischen den Verantwortlichen für die Objekte und der Denkmalfachbehörde.



Abb. 12: Lübbenow, Dorfkirche, Maria im Strahlenkranz auf der Nordwand, Wandmalerei des 15. Jh., Teilübermalung des 20. Jh. mit schwarzen Lippen mit schwarzen Lippen (siehe Beitrag 2.2), Foto: Jan Raue, 2014

Durch die schnelle Weitergabe der Informationen und die gute Kommunikation mit den Verantwortlichen vor Ort sowie die finanzielle Hilfe durch regionale Förderung, institutionelle Unterstützung (EKBO, Hochschuleinrichtungen) und Förderung des Landes Brandenburg konnten schon während der Laufzeit des Projektes Notsicherungs- und Konservierungsmaßnahmen an besonders gefährdeten Wandmalereien realisiert werden. Sicherungs- und Konservierungsmaßnahmen erfolgten unter anderem an der Raumausmalung der Dorfkirche Biegen (Landkreis Barnim) und an der „Mondsichelmadonna“ in der Marienkirche in Frankfurt(Oder),¹⁵ deren starke Gefährdung durch Salzkristallisation ohne die Zustandskontrolle im Rahmen des Projektes nicht erkannt worden wäre.

Objekt	Rest. Erf.	Bauf. Erf.	Kunst. Erf.	Erfassung Lokalisierung	Monitoring Lokalisierung	Naturw. Unters.	Zustand
Altlandsberg MOL St. Marien	X	X	X		Putzgestaltung 13. Jh. auf der südlichen Außenwand des Chores, jetzt unter Dach		
				Spätgot. Wandmalereien Chorostwand und Triumphbogenbereich, Spätgot. Gewölberippenfassung			
Angermünde UM - St. Marien	X	X	X	Spätgot. Gewölbeausmalung und obere Wandzonen sowie Drolieren in Marienkapelle			
Angermünde UM Franziskanerklosterkirche	X	X	X		Sakristei: Frühgot. Gewölbemalerei Südschiff Langhaus Südwand: Tondi 13. Jh., Weltenrichter 14. Jh.		
				Südschiff Langhaus westl. Südwand: Trad. spätgot. Wandmalerei Amarium: Frühgot. Drolieren und ornamentale Architekturfassung der Gewölbe			
Bernau BAR St. Marien	X	X	X	Wandmalerei und Architekturfassung verschiedener Gestaltungsphasen im gesamten Kircheninnenraum			
				Westwand im südlichen Seitenschiff			
				Westwand im Mittelschiff und nördlichen Seitenschiff, unter Tüncheschicht mit Befundfenster			
Biegen LOS Dorfkirche	X	X	X	Wandmalerei im Chor und im Langhaus			
Briest UM Dorfkirche	X	X	X		Außenfassade Vergleich zu P/M-Projekt		
				Architekturfassung auf Altarmensa			
Chorin BAR Kloster und Klosterkirche	X	X	X		Fürstensaal Westflügel: Frühgot. Wandmalerei		
					Refektorium Westflügel: Frühgot. Wandmalerei		
				Spätgot. Gewölbemalerei SW-Joch Kreuzgang			
Dahmsdorf LOS Dorfkirche	X	X	X	Wandmalereien auf der Ostwand, sichtbar im Dachraum			
Wedelow UM Dorfkirche	X	X	X	Spätgot. Malerei Chornordwand			
Dolgelin MOL Dorfkirchenruine	X	X	X	Putzritzung – Medaillons im Giebel der Westfassade um 1300			
Eberswalde BAR St. Magdalena	X	X	X	Kreuzigung E. 14. Jh. ehem. Ostwand Kirchenschiff, jetzt Treppenbereich zur Chorsüdepore			
				Spätgot. Gewölbemalerei und Christophorus in Arkadenlaibung dernördl. Chorempore			
Falkenhagen MOL Dorfkirche	X	X	X	Frühgot. Wurzel-Jesse-Darstellung(?) Südwand Chor			
Flemsdorf UM Dorfkirche	X	X	X		Außen, Vergleich zu P/M-Projekt (Ostfassade Totalverlust, Portal stark		

Erfassung der Wandmalereien und Putzgestaltungen im Rahmen des DBU-Projektes und aktuelle Zustandsbewertung

					gefährdet)		
Frankenfelde MOL Dorfkirche	X	X	X	Spätgot. Malerei vor allem auf der Südwand			
Frankfurt / Oder FF Franziskanerklosterkirche	X	X	X	Gewölbe Kirchenschiff: Spätgot. „Himmelswiese“,			
Frankfurt / Oder FF St. Nikolai	X	X	X	4 offene Blendnischen am Ostgiebel des Langhauses außen, unter Chordach weitere Nischen mit durch Platten verdeckter Wandmalerei			
Frankfurt / Oder FF St. Marien	X	X	X		Triptychon an der Chorauswand, Mondsichelmadonna in der Nordvorhalle		
				Früh- und spätgot. Wandmalerei und Gewölbeausmalung in der sog. Greiffenfeilkapelle			
				- Spätgot. Ausmalung der Sakristei - Außenfassung 13. – A. 16. Jh. - Turmvorhalle, Architekturfassung 14./15. Jh.			
				- Architekturfassung Südschiff 1. H. 15. Jh.			
Bad Freienwalde MOL St. Nikolai	X	X	X	Spätgot. Wandmalereifragment (Bischof) Nordwand Chor			
Groß Fredenwalde UM Dorfkirche	X			Weihekreuze und tradierte Wandmalerei Chorbereich			
Herzfelde UM Dorfkirche	X			Okulus-Rahmung an der Ostwand, im Dachraum			
Ihlow MOL Dorfkirche	X	X	X	Spätgot. Wandmalerei (Architekturdarstellungen Nord- und Südwand Chor, Flötenspieler Nordwand Kirchenschiff)			
Kerkow UM Dorfkirche	X	X	X	Architekturfassung und Wandmalereiadaptationen Chor			
				Spätgot. Fries Westwand Schiff			
Klaushagen UM Dorfkirche	X	X	X	Außen Nord- und Südfassaden Putzritzfriese und evtl. Nischenmalerei			
Kuhz UM Dorfkirche	X	X	X	Spätgot. Wandmalerei, vor allem Nord- und Südwände, nur Freilegungsproben			
Kummerow UM Dorfkirche	X	X	X		Außenfassade Vergleich zu P/M-Projekt		
Kunow UM Dorfkirche	X	X	X		Außenfassade Vergleich zu P/M-Projekt		
Lindenberg BAR Dorfkirche	X	X	X	Spätgot. Weltenrichter Chorapsis, Architekturfassung Chor			
Lübbenow UM Dorfkirche	X	X	X	Spätgot. Wandmalerei im genutzten Kirchenraum Wandmalerei im abgetrennten westlichen Bereich			
Malchow UM Dorfkirche	X	X	X	Architekturfassung, 13. Jh. Wandmalerei, 14. und 15. Jh. Dachraum, Wandmalerei (14. Jh.)			
Menkin UM Dorfkirche	X	X	X	Weihekreuze, Zirkeldekoration, tradierte Wandmalerei Ost- und Südwand			
Milow UM Dorfkirche	X	X	X	Spätgot. Wandmalerei auf Ostwand und östl. Südwand			

Münchehofe-Schöneiche MOL	X			Weihekreuz, Vorhangmalerei			
Münchehofe MOL Dorfkirche bei Müncheberg	X	X	X	Spätgot. Wandmalerei Ostwände Chor und Schiff, Triumphbogenbereich			
Niederlandin UM Dorfkirche	X	X	X	Ehemals nördl. Pfeilerwand südl. Seitenschiff, jetzt südl. Außenwand, Putzgestaltung	Außenfassade, vor allem Nord Vergleich zu P/M-Projekt		
Poßßen UM Dorfkirche	X	X	X	Ornamentale Architekturfassung Westwand			
Prenzlau UM Dominikanerkloster, Refektorium	X	X	X	Wandmalerei des sog. Gästerefektorioms	Wandmalerei auf der Nord- und Ostwand		
					Wandmalerei auf der Südwand		
Prenzlau UM St. Marien,	X			Margaretenkapelle: bauzeitl. Architekturfassung, tradierte Gewölbmalerei			
Prenzlau UM Franziskanerklosterkirche	X			Frühgot. Architekturfassung Gewölberippen			
Röpersdorf UM, Dorfkirche	X			Spätgot. Wandmalereifragment Südwand			
Rauen LOS Dorfkirche,	X			Sakramentsnischenrahmung			
Schönfeld UM, bei Pasewalk	X	X	X	Wandmalerei und Architekturfassung Chorapsis			
Schönwerder UM Dorfkirche	X	X	X	Rankenmalerei im Innen- und Außenbereich (?)			
Schwanebeck BAR Dorfkirche	X	X	X	Spätgot. Wandmalerei Chorsüdwand			
Sieversdorf LOS Dorfkirche	X	X	X	Südwand im Emporenbereich, weitere spätgot. Wandmalereien abgedeckt			
Strausberg MOL St. Marien	X	X	X	Chor, Gewölbmalerei Ostwand nördl. Seitenschiff Strahlenkranzmadonna,			
Thomsdorf UM Dorfkirche	X	X	X	Wandmalerei Westwand, Weihekreuz			
Tornow BAR Dorfkirche	X			Architekturdekoration Triumphbogen, Weihekreuz			
Trampe BAR Dorfkirche	X	X	X	Südwand im Emporenbereich, Fragmente Passionszyklus,			
Trebenow UM Dorfkirche	X	X	X	Südwand Christophorus (trad.?)			
Wilsickow UM Dorfkirche	X	X	X	Frühgotische Wandmalerei und Architekturfassung in Chorapsis Spätgot. Christophorus Nordwand			
Ziemkendorf UM Dorfkirche	X			Dachgeschoss Westwand			

Objekt mit Monitoring während des Projektes

Objekt mit Monitoring während des Projektes (Vergleich mit Dokumentation aus DBU-Projekt „Putze und Mörtel im Land Brandenburg“)

Objekt mit Grundlagen für „Low-level-Monitoring“ während des Projektes

Objekt erfasst mit fotografischer Dokumentation (ohne bauhistorische und kunsthistorische Einordnung)

Zustand: unauffällig, keine dringenden Maßnahmen

Zustand: kleinere Konservierungsmaßnahmen erforderlich, bzw. häufigere Kontrolle und Nachkonservierung wegen laufender Schadprozesse

Zustand: dringende Notsicherung und Konservierungsmaßnahmen

Literatur und Quellen

- AURAS, M., MEINHARDT, J., SNETHLAGE, R. (2010): Leitfaden Naturstein-Monitoring – Nachkontrolle und Wartung als zukunftsweisende Erhaltungsstrategien, Stuttgart/Fraunhofer IRB Verlag.
- BEHRENS, E., BERLING, H., HORNSCHUH, A., NIEMEYERS, R., RECKER, B., SCHWARZ, H.-J., STADLBAUR, E. (2005): Wandmalerei-Referenzflächen-Monitoring am Beispiel der Stiftskirche Königsutter – Methoden und Erkenntnisse für die praktische Denkmalpflege. – In: Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 1/2005, S. 9-12, Hameln 2005.
- BLDAM (1998): Erforschung und Erhaltung historischer Putze und Mörtel im Hinblick auf Umweltschäden, Arbeitshefte des Brandenburgisches Landesdenkmalamtes und Archäologischen Landesmuseums Nr. 9, Worms 1998.
- BLDAM (2009): Umweltbedingte Pigmentveränderungen an mittelalterlichen Wandmalereien, Arbeitshefte des Brandenburgisches Landesdenkmalamtes und Archäologischen Landesmuseums Nr. 24, Worms 2009.
- BLDAM (2010): Mittelalterliche Wandmalerei in Brandenburg, Band 1: Der Südosten – die Brandenburgische Lausitz, Worms 2010.
- BLDAM (2011): Einfache, zerstörungsfreie Prüfverfahren; Beiträge des 5. Konservierungswissenschaftlichen Kolloquiums in Berlin/Brandenburg am 18. November 2011 in Potsdam, Arbeitshefte des Brandenburgisches Landesdenkmalamtes und Archäologischen Landesmuseums Nr. 26, Petersberg 2011.
- BLDAM (2017): Mittelalterliche Wandmalerei in Brandenburg Band 2: Der Nordosten – Uckermark, Barnim, Oderland (Lebus), Worms 2017.
- DEITERS, M. und JOKSCH, U. (2017): Die Mittelalterlichen Wandmalereien von St. Marien in Bernau – Geschichte, Stil, Funktionen. In: Arbeitshefte des Brandenburgisches Landesdenkmalamtes und Archäologischen Landesmuseums Nr. 40, Berlin 2017.
- MEINHARDT, J. (2015): Das WTA-Merkblatt 3-18-14/D „Monitoring von Bauten und Denkmalen aus Naturstein“, In: Bausubstanz 3/2015, Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (WTA), S. 36-41.

Anmerkungen

- 1 BLDAM (1998).
- 2 BLDAM (2009).
- 3 BLDAM(2010).
- 4 in der hier vorliegenden Publikation sowie in BLDAM (2017).
- 5 Deiters und Joksch (2017), S. 89-101.
- 6 DBU-Modellprojekt (Az 01109/): „Erforschung und Erhaltung historischer Putze und Mörtel im Hinblick auf Umweltschäden“, Projektträger: Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum, Projektdauer: 20.04.1993 - 31.10.1999.
- 7 siehe Beitrag 4.3 in der vorliegenden Publikation.
- 8 siehe Beitrag 4.2 in der vorliegenden Publikation.
- 9 siehe Beitrag 3.1 in der vorliegenden Publikation.
- 10 siehe Beiträge 3.2 und 3.3 in dieser Publikation.
- 11 vgl. BEHRENS, E., BERLING, H., HORNSCHUH, A., NIEMEYERS, R., RECKER, B., SCHWARZ, H.-J., STADLBAUR, E. (2005).
- 12 siehe Beitrag 4.3 in dieser Publikation. Vgl. auch DBU-Modellprojekt (Az 01109/): „Erforschung und Erhaltung historischer Putze und Mörtel im Hinblick auf Umweltschäden“, Projektträger: Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum, Projektdauer: 20.04.1993 - 31.10.1999.
- 13 siehe Beitrag 4 in der vorliegenden Publikation.
- 14 vgl. AURAS, M., MEINHARDT, J., SNETHLAGE, R.(2010); vgl. auch MEINHARDT, J. (2015).
- 15 siehe Beitrag 4.1 in der vorliegenden Publikation.

2. Naturwissenschaftliche Erfassung

BÄRBEL ARNOLD, STEFFEN LAUE, FRANK SCHLÜTTER, MARTIN ZIEMANN

2.1 Präparation und Untersuchungsmethoden

2.1.1 Analytische Herangehensweise und Probenahme

Nach der restauratorischen Erfassung wurden an ausgewählten mittelalterlichen Wandmalereien die Pigmente, ihre Umwandlungsprodukte sowie bei entsprechenden Schäden die Feuchte- und Salzbelastung des Mauerwerks ermittelt. Nach den Erfahrungen, die im Rahmen des ebenfalls von der DBU geförderten Projektes „Umweltbedingte Pigmentveränderungen der gotischen Ausmalungen in der Burg Ziesar und der Marienkirche Herzberg – Entwicklung eines Konzeptes zur nachhaltigen Konservierung“ gewonnen werden konnten, kamen folgende naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden zum Einsatz:

- mobile bzw. portable Röntgenfluoreszenzanalyse (pRFA)
- mikroskopische Untersuchungsmethoden (Lichtmikroskopie, REM/EDX, Mikrosonde)
- mobile und stationäre Ramanspektroskopie
- gravimetrische Feuchtebestimmung
- Ionenchromatografie, Röntgendiffraktometrie und Leitfähigkeitsmessungen zur Salzanalytik

Als sondierende Untersuchung vor einer Analyse der Pigmente in den Malereien diente die mobile, zerstörungsfrei arbeitende Röntgenfluoreszenzanalyse. Mit dieser Methode ist es möglich, sich in relativ kurzer Zeit an Ort und Stelle einen Überblick über mögliche Pigmente zu verschaffen und die Probenahme für detaillierte Pigmentuntersuchungen auf wenige Stellen in den Wandmalereien zu beschränken.

Als weitere zerstörungsfrei und berührungsfrei arbeitende vor-Ort-Untersuchungsmethode wurde die mobile Ramanspektroskopie zur Pigmentbestimmung eingesetzt.

Die Entnahme von Proben aus den Wandmalereien erfolgte möglichst zerstörungsarm mit einem Skalpell. Soweit möglich wurden hierfür Randbereiche vorhandener Fehlstellen oder homogen ausgemalter Flächen ausgewählt. Eine Probenentnahme im figürlichen Bereich, insbesondere in wertvollen Details (Gesichter, filigrane Ornamente etc.) wurde vermieden. Die Größe der entnommenen Materialproben lag in der Regel zwischen 1 und 5 mm, wobei möglichst Malschicht(en) mit Untergrund (meist Kalktünchen) entnommen wurden, um den gesamten Malschichtaufbau zu erfassen. Detaillierte Pigmentanalysen erfolgten anschließend mit mikroskopischen Untersuchungsmethoden (Lichtmikroskopie, REM/EDX) und der Ramanspektroskopie.

2.1.2 Mobile bzw. portable Röntgenfluoreszenzanalyse (pRFA)

Mit Hilfe der mobilen bzw. portablen Röntgenfluoreszenzanalyse (pRFA oder international: pXRF) kann innerhalb weniger Minuten die Elementzusammensetzung eines Bereiches qualitativ und semiquantitativ erfasst werden. Es können allerdings nicht alle Elemente bestimmt werden und die Interpretation der Ergebnisse erfordert viel Erfahrung mit der Analytik und umfangreiche Kenntnisse zur möglichen Zusammensetzung.

Das Messprinzip der Röntgenfluoreszenzanalyse ist in vielen Publikationen ausführlich erläutert (Böcker und Jürgen, 1997; Schramm und Rainer, 2012; Schreiner et al., 2010). Bei Bestrahlung eines Atoms mit ausreichend energetischer Röntgenstrahlung werden Elektronen nahe des Atomkerns herausgeschlagen, dieser Prozess wird auch Anregung des Atoms bezeichnet (siehe Abb. 1). Die frei gewordenen Stellen werden unmittelbar durch Elektronen aus energetisch höheren Schalen des Atoms wieder besetzt, da so eine stabilere Elektronenkonfiguration erreicht wird. Während dieses Prozesses wird charakteristische Röntgenstrahlung des Atoms des entsprechenden Ele-

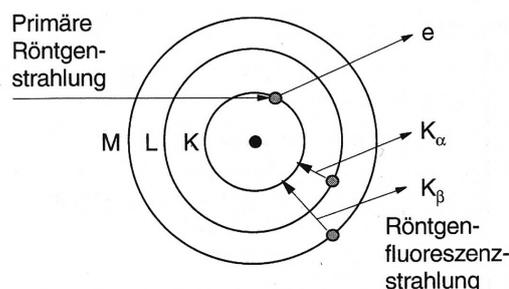


Abb. 1: Schalenmodell eines Atoms und Entstehung von Röntgenfluoreszenzstrahlung, aus Böcker und Jürgen, 1997

ments (in Abb. 1 $K\alpha$ und $K\beta$) abgestrahlt, die mit Hilfe eines Detektors erfasst wird.

Je nachdem aus welchen Energiebereichen des Atoms die auffüllenden Elektronen stammen, werden unterschiedliche Strahlungsarten freigesetzt. Die Abstrahlung von $K\alpha$ -Strahlung bedeutet: Auffüllung der leer gewordenen Stelle der K-Schale durch ein Elektron aus der L-Schale. Kommt ein Elektron aus der M-Schale auf die freie Stelle des K-Orbitals, misst der Detektor die Aussendung von $K\beta$ -Strahlung (siehe Abb. 1). Wird eine Elektronenstelle der L-Schale durch ein Elektron der M-Schale aufgefüllt, registriert der Detektor $L\alpha$ -Strahlung, ein Elektron aus der nächst folgenden O-Schale ergibt entsprechend $L\beta$ -Strahlung.

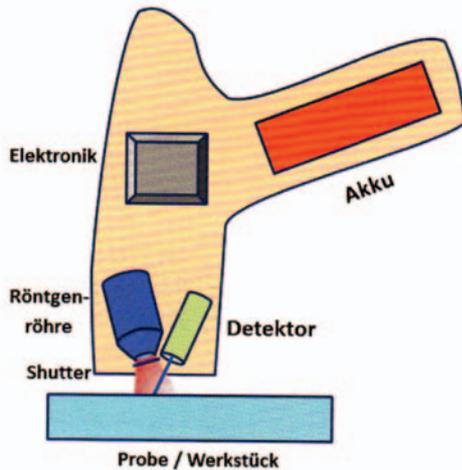


Abb. 2: Aufbau eines portablen RFA-Gerätes, aus Schramm und Rainer, 2012

Zusammenfassend kann gesagt werden: Bei Bestrahlung eines Atoms mit ausreichend energetischer Strahlung werden verschiedene Fluoreszenzstrahlungen freigesetzt, die zusammen charakteristisch sind für das betreffende Element.

Abb. 2 zeigt die prinzipielle Messanordnung eines portablen Röntgenfluoreszenzgerätes und Abb. 3 das Gerät beim Messeinsatz an einer Oberfläche.

Im Rahmen des Projekts wurde der Röntgenfluoreszenzanalysator Niton XL3t der Fa. ThermoElectron verwendet. Es können die Elemente des Periodensystems ab der Ordnungszahl 12 (Magnesium) qualitativ und semiquantitativ erfasst werden.

Es kam dabei eine Silber-Anode in der Röntgenröhre mit einer Anregungsenergie von 50 kV zum Einsatz. Der Messfleck hat einen Durchmesser von 3 mm, kann aber auch auf 8 mm vergrößert werden.

Die Anregungsstrahlung dringt je nach Elementzusammensetzung in bis zu ca. 3 mm Tiefe ein.

Der Detektor analysiert freigesetzte Röntgenfluoreszenzstrahlung.

Während der ca. 1- bis 2-minütigen Bestrahlung der Oberfläche mit Röntgenstrahlung, verwendet das Gerät vom Hersteller eingestellte Filterkombinationen zur Anregung der Elemente; für Wandmalereien ist das Messprogramm „Minerale“ geeignet. Dabei kommen insgesamt vier Anregungsfilter zum



Abb. 3: Einsatz der portablen RFA an einem bemalten Ziegel, Frankfurt (Oder), Marienkirche, Nordportal, Foto: Ute Joksch, 2016

Einsatz. Mit jedem dieser Filter werden bestimmte Elemente des Periodensystems optimiert angeregt, wobei mit jeder Anregung ein Fluoreszenz-Spektrum produziert wird; pro Messung werden also vier Spektren erzeugt. Die Auswertung der Spektren dient dem Anwender zur Angabe der qualitativen Zusammensetzung eines Messbereiches.

Die quantitative Auswertung der vom Detektor registrierten Strahlung erfolgt mit einem internen Algorithmus, der die ankommende Fluoreszenzstrahlung den jeweiligen Elementen zuordnet. Die Konzentrationsangaben der portablen RFA-Geräte sind als semiquantitativ einzustufen. Neben anderen physikalischen Gründen ist die Quantitätsangabe eines Elementes abhängig von der Eindringtiefe der Röntgenstrahlung, die wiederum von der Ordnungszahl, also der Masse des Atoms abhängig ist: Je schwerer ein Element ist, desto mehr Röntgenstrahlung wird absorbiert und je weniger tief dringt die Strahlung in die Oberfläche ein. Sind überwiegend leichtere Elemente enthalten, dringt die Röntgenstrahlung tiefer ein und kann auch dort Atome zur Fluoreszenzstrahlung anregen. Das führt dazu, dass der Detektor aus unterschiedlichen Tiefen einer Wandmalerei Fluoreszenzstrahlung detektiert und so auch Elemente aus tiefer liegenden Malschichten, Grundierungen und Putzen analysiert. Eine Zuordnung zu einzelnen Malschichten ist mit dieser integralen Analyse demzufolge nicht möglich.

Mit Hilfe der Kenntnis der mobilen RFA-Messtechnik und umfangreicher Erfahrung zur möglichen Zusammensetzung von Wandmalereien konnten im Rahmen des Projekts bestimmte Pigmente an den Malereien zerstörungsfrei analysiert werden. Möglichkeiten aber auch Grenzen der mobilen RFA-Methode werden an Fallbeispielen in Kapitel 2.2 erläutert.

2.1.3 Präparation und mikroskopische Untersuchungen

Zunächst wurden alle entnommenen Probenstücke einer Einganginspektion unter dem Stereomikroskop (SteMi) unterzogen. Mit dieser Untersuchung waren ohne zerstörende Präparationsschritte erste Aussagen zu Zuständen bzw. Veränderungen an den Maleroberflächen und -bruchflächen möglich. Die Proben wurden – wenn möglich – geteilt, um sowohl Querschliffe zu präparieren als auch Probenmaterial für weitere Untersuchungen, z.B. Röntgendiffraktometrie zur Verfügung zu stellen.

Querschliffpräparation und Auflichtmikroskopie

Das Probenmaterial wurde in Kunstharz eingebettet und nach Aushärtung wasserfrei geschliffen und poliert. Die Querschliffe wurden zunächst in einem Lichtmikroskop im Auflicht-, Dunkelfeld- und unter UV-Beleuchtung analysiert (maximale Vergrößerung 500-fach) und fotografiert. Die Querschliffe ermöglichen Aussagen zum Schichtenaufbau sowie der Farbigkeit und Korngröße der Pigmente und Umwandlungsprodukte. Falls Malschichtbereiche nach UV-Anregung fluoreszieren, ist das mit der Auflichtmikroskopie besonders gut zu erkennen. Die Analysen der mineralischen Malschichtbestandteile (Pigmente, Füllstoffe, Sekundärbildungen) erfolgte an den Dünnschliffen im Rasterelektronenmikroskop.

Dünnschliffpräparation und Durchlichtmikroskopie

Von den z.T. ausgesprochen kleinen Wandmalereiprobe-
 ßen sich nur Querschliffe anfertigen. Dünnschliffuntersuchungen
 erfolgten im Rahmen dieses Projektes nur an Putzproben (s.
 Beitrag Cárdenas et al. in diesem Heft). Ähnlich der Querschliff-
 präparation werden die Probenstücke für die Dünnschliffher-
 stellung mit Kunstharz getränkt, jedoch unter Vakuum und mit
 farbigem Harz. Das führt zu einer optimalen Stabilisierung der
 Bestandteile in der Probe und ermöglicht die Herstellung relie-
 farmer, nicht abgedeckter Dünnschliffe. Durch die Verwendung
 blauen Harzes sind Poren, Hohlräume und Risse besser erkenn-
 bar als in farblosem Harz. Im Polarisationsmikroskop (PolMi)
 können mineralische Bestandteile aufgrund ihres spezifischen
 lichtoptischen Verhaltens identifiziert und von anderen Materi-
 alien unterschieden werden. Darüber hinaus sind Untersuchungen
 der Materialgefüge hinsichtlich zahlreicher Kriterien mög-
 lich. Im Kontext des Projektes waren das an den Mörtelproben:

- Art der Bindemittel
- Art und Größe der Zuschläge und Akzessorien
- Abschätzung der Bindemittelmenge
- Homogenität der Mörtel
- Umwandlungen und Neubildungen im Bereich der Bindemittel
- Gefügeschäden (Anzahl, Verlauf und Breite von Rissen)

2.1.4 Rasterelektronenmikroskop und energiedispersive Röntgenmikroanalyse

Die Untersuchungen der Wandmalerei-Querschliffe erfolgten
 an einem Hitachi S 4004 mit Feldemissionskathode an der
 MPA Bremen. Für eine Reihe von Untersuchungen an Streuprä-
 paraten von Wandmalereien der Sakristei der ehemaligen Fran-
 ziskaner-Klosterkirche in Angermünde wurde an der Universi-
 tät Potsdam ein Rasterelektronenmikroskop (REM) *GSM 6510*
 (Fa. JEOL) mit einem energiedispersivem Detektorsystem
 (EDX) *INCA X-act* (Fa. Oxford Instruments) zur Elementana-
 lytik eingesetzt.

Im Rasterelektronenmikroskop (REM) werden durch den
 Elektronenbeschuss aus der Oberfläche des Probenmaterials
 verschiedene Strahlungen freigesetzt: Sekundärelektronen
 (SE), Rückstreuelektronen (RE) und elementspezifische Rönt-
 genstrahlung, die durch spezielle Detektorsysteme erfasst wer-
 den. Aus den Intensitäten der Sekundär- bzw. der Rückstreu-
 elektronen wird auf dem Bildschirm jeweils ein Schwarz – Weiß
 - Bild zusammengesetzt. Die SE-Bilder enthalten im Wesent-
 lichen morphologische und topographische Aussagen der
 untersuchten Probenbereiche. Damit können Probenstrukturen
 oder Formen einzelner Bestandteile detailliert untersucht wer-
 den. Für die Untersuchung an polierten und damit weitgehend
 reliefreien Dünnschliffen ist ein SE-Bild nicht zielführend.
 An solchen Präparaten wird ausschließlich die RE-Abbildung
 genutzt. Diese liefert aufgrund der Abhängigkeit des Rückstreu-
 vermögens von der mittleren Ordnungszahl (MOZ) Informa-
 tionen über die Materialzusammensetzung. Chemische Verbin-
 dungen, die schwerere Elemente enthalten, haben eine höhere

MOZ und erscheinen im RE-Bild heller als Verbindungen, die
 aus leichteren Elementen bestehen. Durch diesen Material-
 kontrast können im REM unterschiedliche Bestandteile (Pha-
 sen) einer Probe erkannt und unterschieden werden. Aus den
 elementspezifischen Röntgenstrahlen wird mit einem energie-
 dispersiven Detektorsystem (EDX) ein Spektrum des Element-
 bestandes erzeugt. Durch diese Röntgenmikroanalyse kann die
 Elementzusammensetzung (der einzelnen Bestandteile oder
 Phasen) mit einer Auflösung bis in den Mikrometer-Bereich
 hinein halbquantitativ ermittelt werden. Der wesentliche Vorteil
 der EDX-Analyse besteht darin, dass innerhalb weniger Sekun-
 den eine Analyse der Haupt- und Nebenelementzusammenset-
 zung mit einer Genauigkeit und einer Nachweisgrenze von etwa
 0,1 Gew. % erstellt werden kann. Das Rückstreuverhalten und
 der Elementbestand ermöglichen gegenüber lichtmikroskopi-
 schen Untersuchungen eine wesentlich genauere Material-Dif-
 ferenzierung. Außerdem sind Feinstrukturen trotz fehlender SE
 - Information gut erkennbar. Die Gesamtheit dieser Informati-
 onen ist häufig ausreichend spezifisch für eine Materialidentifi-
 zierung.

2.1.5 Ramanspektroskopie

Die Ramanspektroskopie ist eine leistungsstarke Analysenme-
 thode, die in den letzten 20 Jahren in der Archäometrie und
 Denkmalpflege eine immer breitere Anwendung findet. Das
 liegt vor allem in folgenden Vorteilen der Methode begründet:

- 1) Mit der Ramanspektroskopie können nahezu alle Substan-
 zen, die aus Molekülen bestehen, also organische und anor-
 ganische chemische Verbindungen, Pigmente und Gläser
 untersucht werden (Nasdala et al., 2004). Die Proben kön-
 nen neben Quer- oder Dünnschliffen auch gänzlich unprä-
 parierte Streupräparate sein.
- 2) Die Analysen erfolgen vollkommen berührungslos und zer-
 störungsfrei. Bei der Ramanspektroskopie bleibt die unter-
 suchte Substanz vollständig unverändert und, falls eine
 Probe gemessen wird, kann diese mit weiteren Methoden
 (z. B. optische Mikroskopie, Röntgendiffraktometrie oder
 REM-EDX) an identischen Messpunkten analysiert wer-
 den. Dies bietet große Vorteile für die Interpretation der
 Ergebnisse.
- 3) Mit mobilen Ramangeräten ist es nun auch möglich, Kunst-
 gegenstände direkt vor-Ort zu untersuchen, so dass in güns-
 tigen Fällen auf eine Probennahme gänzlich verzichtet wer-
 den kann.

Die an den Wandmalereien entnommenen Proben wurden
 im Labor mit einem konfokalen Ramansystem *LabRamHR800*
 (Fa. Horiba Scientific) mit einem gekoppelten Mikroskop *BX41*
 (Fa. Olympus) und einer Laseranregung bei 532 nm mit einem
 Laser *COMPASS 315M* (Fa. Coherent) untersucht. Das Laser-
 licht wird mit einem Mikroobjektiv auf der Probe fokussiert und
 regt in der Substanz im Laserfokus (ca. 1-3 µm Durchmesser) so
 genanntes Raman-Streulicht an, das in Rückstreurichtung von
 demselben Mikroobjektiv aufgefangen und im Spektrometer
 mit einem CCD-Detektor registriert wird. Das von der Probe
 erzeugte Ramanstreulicht ist für jede chemische Verbindung

einmalig („fingerprint“-Spektrum), so dass die jeweilig untersuchte Substanz durch einen Vergleich des Messspektrums mit Standardspektren einer Datenbank eindeutig bestimmt werden kann. Weitere Informationen sind dem Arbeitsheft des BLDAM Nr. 24 (Ziemann et al., 2009) zu entnehmen.

Die mobile Ramanspektroskopie – eine neue Methode für Vor-Ort-Analysen an Wandmalereien

Wenn es aus denkmalpflegerischer Sicht nicht möglich ist, von einem Kunstobjekt eine Probe zu entnehmen, können die ramanspektroskopischen Untersuchungen auch unmittelbar vor-Ort mit einem mobilen Gerät durchgeführt werden. Dabei unterscheidet man kompakte, handgehaltene Geräte (engl.: handheld portable Raman) mit geringer spektraler Auflösung und anspruchsvolle mobile Geräte, die in Einzelkomponenten transportiert und vor-Ort zu leistungsfähigen Geräten zusammengesetzt werden. Ein derartiges Gerät, die mobile Raman-sonde „MoRaS“, wurde am Institut für Erd- und Umweltwissenschaften der Universität Potsdam konzipiert und in Zusammenarbeit mit der Firma Horiba Scientific in Bensheim gebaut. „MoRaS“ (Abb. 4 und 5) besteht aus dem Messkopf *Vis-Head 532* (Fa. Horiba Scientific), der mit einem Stativ vor der Wandmalerei in bis zu 6,5 m Höhe in Position gehalten wird, dem Spektrometer *iHR 550* (Fa. Horiba Scientific) und dem

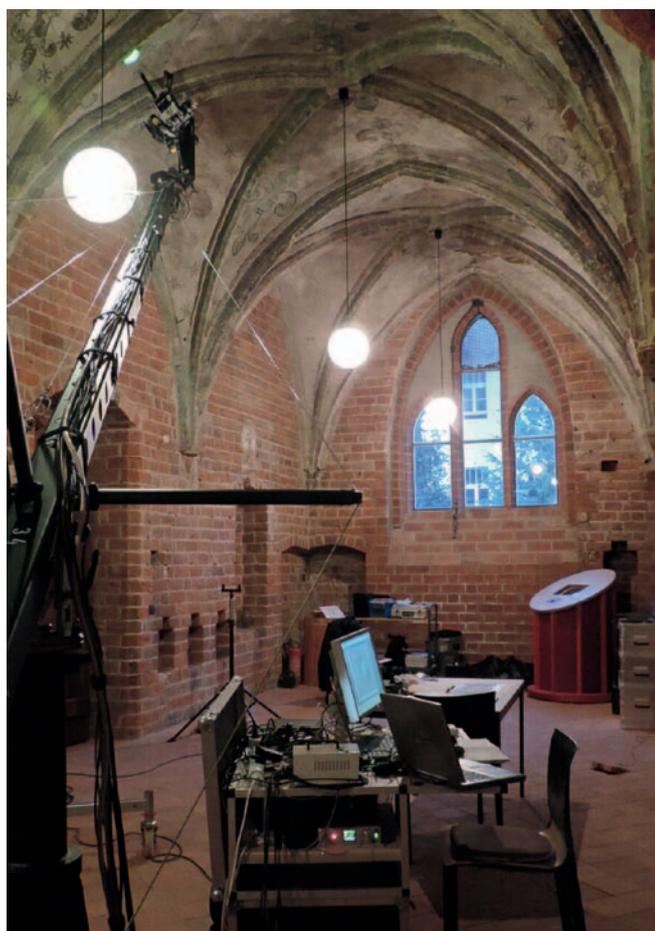


Abb. 4 Die mobile Ramansonde MoRaS bei Messungen in der Sakristei der ehemaligen Franziskaner-Klosterkirche in Angermünde in ca. 4,5 m Höhe, Foto: Martin Ziemann, 2015

Nd:YAG Laser *DSPD 532* (Fa. Coherent). Alle Komponenten sind durch Glasfaserkabel flexibel miteinander verbunden.

Für die Fokussierung des Laserstrahls wird ein Mikroobjektiv mit großem Arbeitsabstand (ca. 24 mm) verwendet. Der Laserspot hat einen Durchmesser von ca. 20 - 40 μm . Damit ist es möglich, vor-Ort an mittelalterlichen Wandmalereien einzelne Pigmentkörner zu analysieren. Die Messposition jeder Ramanmessung wurde zweifach dokumentiert:

- 1) durch manuelle Markierung der visuell beobachteten Position auf einem Wandmalereifoto und
- 2) durch fotografische Erfassung der Lage des Laserspots auf der Wand (dargestellte Fläche ca. 10 cm x 8 cm) mit der externen TV-Kamera am Messkopf. Damit kann die Position des Messpunkts auf der Wandmalerei bis auf ca. 1 mm genau bestimmt werden.

Der Messpunkt auf der Wand wird mit einer zweiten, internen Kamera ausgewählt, die ein mikroskopisches Bild der Objektoberfläche und des Laserspots darstellt. Die Datenauswertung erfolgt wie am Laborgerät, so dass bereits unmittelbar nach der Messung die jeweiligen Minerale bzw. Pigmente am Messpunkt identifiziert werden können.

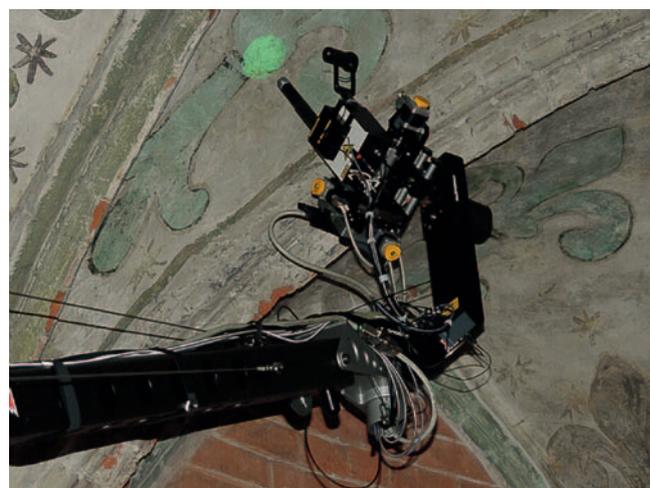


Abb. 5: Messkopf der mobilen Ramansonde MoRaS vor einer Lilie am Gewölbe der Sakristei in der ehemaligen Franziskaner-Klosterkirche in Angermünde (der Laserstrahl ist noch defokussiert), Foto: Martin Ziemann, 2015

2.1.6 Gravimetrische Feuchtebestimmung

Bei der auch als Darr-Methode bekannten gravimetrischen Feuchtigkeitsbestimmung wird vom Baustoff eine Probe genommen. Diese Probe wird zuerst gewogen und anschließend bei etwa 105°C in einem Trockenofen getrocknet. Dabei entweicht das in der Probe enthaltene freie Wasser. Bei gipshaltigen Baustoffen darf die Trocknungstemperatur 40°C nicht überschreiten. Nach Erreichen der Gewichtskonstanz kann nach erneutem Wiegen der Wassergehalt festgestellt werden.

$$U = (\mu - m_t) / m_t \cdot 100 [\%]$$

U = Wassergehalt/Feuchtigkeitsgehalt

μ = Ausgangsgewicht (feuchte Probe)

m_t = Trockengewicht / Darrmasse (getrocknete Probe)

2.1.7. Röntgendiffraktometrie (XRD)

Die Röntgendiffraktometrie gehört zu den Methoden der Kristallstrukturanalyse und beruht auf der Diffraktion (Beugung) und Interferenz von monochromatischer Röntgenstrahlung am Kristallgitter kristalliner Substanzen. Mit Hilfe der Röntgendiffraktometrie können Minerale analysiert werden, vorausgesetzt die kristalline Phase ist in genügend hoher Konzentration in der Probe enthalten. Als Faustregel gilt, dass das zu bestimmende Mineral mit ca. 3 - 5 Gew. % in der Probe enthalten sein muss, um es zu detektieren. In der Regel werden die Proben vor einer Messung pulverisiert und in einen vertieften Probenhalter eingebracht. Für kleine Probemengen existieren spezielle Si - Einkristall - Probenhalter, mit denen eine ca. 2 mm² große Probe bereits erste Ergebnisse liefern kann. Noch kleinere Probemengen können mit so genannten Mikrodiffraktometern analysiert werden.

Im Rahmen des Projektes wurden ausblühende Salze mit einem *Stadi P* Transmissions - Röntgendiffraktometer der Fa. Stoe (mit freundlicher Unterstützung des Leibniz-Instituts für Katalyse e.V. an der Universität Rostock, LIKAT) analysiert.

2.1.8. Ionenchromatographie

Unter Chromatographie versteht man ganz allgemein Verfahren zur Trennung von Substanzen, wobei diese unterschiedlich zwischen einer stationären und einer mobilen Phase verteilt werden. Als stationäre Phase kann u.a. eine Säulenfüllung aus Al₂O₃, Aktivkohle, Ionenaustauscher, usw. oder ein Stück Filterpapier dienen. Das zu trennende Gemisch, die mobile Phase, ist entweder flüssig (z.B. Papierchromatographie, Ionenaustauscherchromatographie) oder gasförmig (Gaschromatographie).

Durch Ionenaustauschchromatografie können Stoffe anhand ihrer Ladung getrennt werden. An einer polymeren Matrix befinden sich geladene funktionelle Gruppen, die reversibel Gegenionen (Kationen beim Kationenaustauscher und Anionen beim Anionenaustauscher) gebunden haben.

Die Ionenchromatographie ist eine Variante der Ionenaustauschchromatographie, bei der die Detektion störende Elektrolytuntergrund der stationären Phase durch eine Nachsäulenderivatisierung zurückgedrängt wird.

Für die Ermittlung der Salzgehalte im Mauerwerk wurden Bohrmehlproben untersucht. Die darin enthaltenen Salze wurden in destilliertem Wasser gelöst. Mit der Pumpe wird die Salzlösung (mobile Phase) durch das gesamte System gefördert. Der Einlass der zu analysierenden Probe erfolgt mit Hilfe eines Schleifeninjektors. Die Probe wird zuerst injiziert und dann mit der Öffnung des Ventils durch die mobile Phase zum Trennsystem befördert. Injektionsvolumina von fünf bis 100 Mikroliter sind typisch. Der wichtigste Bestandteil des ionenchromatographischen Systems ist die analytische Trennsäule. Die Säulen

sind aus Materialien wie beispielsweise Tefzec, Epoxidharzen oder PEEK (Polyetheretherketon) und werden in der Regel bei Raumtemperatur betrieben. Der Detektor dient zum Nachweis und zur Quantifizierung. Am häufigsten wird der Leitfähigkeitsdetektor eingesetzt, daneben werden noch UV/VIS-, amperometrische und Fluoreszenz-Detektoren verwendet (Abb. 6). Die Detektoren besitzen eine serielle Schnittstelle, so dass sie mit einem PC verbunden werden können.

Der Nachteil der Ionenchromatographie ist, dass nur die Ionen, nicht die Salze selbst bestimmt werden können. Auf die Salzphasen kann nur geschlossen werden.

Zur Bestimmung der Salzgehalte im Mauerwerk wurde ein Gerät DX 100 von der Firma Dionex verwendet.

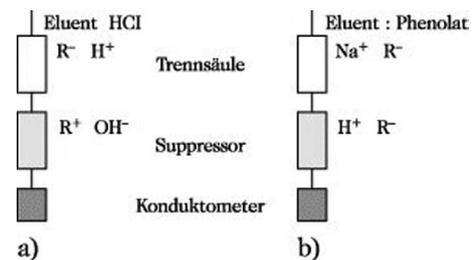


Abb. 6: Ionenchromatographie, (a) Kationenchromatographie, (b) Anionenchromatographie.

Literatur und Quellen

- BÖCKER, JÜRGEN (1997): Spektroskopie. Vogel Buchverlag, Würzburg.
- SCHRAMM, RAINER (2012): Röntgenfluoreszenz in der Praxis. Fluxana GmbH & Co. KG, Bedburg-Hau.
- SCHREINER, MANFRED, MELCHER, MICHAEL, DESNICA, VLADAN (2010): Anwendung der Röntgenfluoreszenzanalyse zur zerstörungsfreien und in-situ Materialbestimmung von kunst- und kulturgeschichtlichen Objekten. Arbeitsheft des Brandenburgischen Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologischen Landesmuseums Nr. 25, Wernersche Verlagsgesellschaft mbH, Worms, 47-54.
- NASDALA, LUTZ, SMITH, DAVID C., KAINDL, RAINER, ZIEMANN, MARTIN A. (2004): Raman spectroscopy: Analytical perspectives in mineralogical research. EMU Notes in Mineralogy 6, Eötvös University Press, Budapest, 281-343.
- ZIEMANN, MARTIN, HAHN, OLIVER, LAUE, STEFFEN, SCHLÜTTER, FRANK (2009): Präparation und Untersuchungsmethoden. Arbeitsheft des Brandenburgischen Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologischen Landesmuseums Nr. 24, Wernersche Verlagsgesellschaft mbH, Worms, 53-55.

2.2 Möglichkeiten und Grenzen der zerstörungsfreien Pigmentbestimmung an Wandmalereien mit mobiler Röntgenfluoreszenzanalytik (pRFA – Gerät: Niton XL3t)

2.2.1 Einführung

Die hier verwendete mobile Röntgenfluoreszenzanalytik ist eine zerstörungsfreie Methode zur semiquantitativen Bestimmung von oberflächennahen Elementen ab der Ordnungszahl 12 (Mg) des Periodensystems; leichtere Elemente als Magnesium wie z.B. H, O, N, werden nicht erfasst. Der kleinstmögliche Messfleck hat einen Durchmesser von 3 mm. Es werden Atome in bis zu ca. 3 mm Tiefe angeregt und entsprechende Elemente gemessen (siehe Kapitel 2.1).

Diese Analyseparameter haben Konsequenzen für die Interpretation von Messdaten: Es gibt Messergebnisse, die eindeutig auf ein Pigment schließen lassen und wiederum andere Daten, die keine Interpretation ermöglichen.

Bei der Interpretation der pRFA-Messdaten von Wandmalereien kommt erschwerend hinzu, dass die Malereien aus mehreren Farbaufträgen und/oder ausgemischten Malschichten bestehen können und dass sie auf einem Putzträger liegen, der aus einem Bindemittel mit Zuschlägen besteht. Alle diese Verbindungen tragen zum Messergebnis mit entsprechenden Elementen bei. Darüber hinaus sind Wandmalereien seit langer Zeit anthropogenen Umwelteinflüssen ausgesetzt, was ebenfalls zur Anreicherung von bestimmten Elementen im Oberflächenbereich geführt haben kann.

Ein typisches Beispiel für ein schwierig zu interpretierendes Element ist Schwefel (S). Schwefel könnte aus einer Gipsgrundierung, aus Stuck oder aus einem Gipsputz stammen, könnte aber auch aus sekundär gebildetem Gips nach schwefelsaurem Einfluss einer aus Calciumcarbonat-reichen Oberfläche resultieren. Schwefel ist auch als Bestandteil von Pigmenten nicht auszuschließen (z.B. in Zinnober, Lithopone, Cadmiumrot) oder ist Teil eines Pigmentumwandlungsprodukts (z.B. Bleisulfat oder Kupfersulfat). In Kombination mit der Farbigekeit und der Messung von anderen Elementen lassen sich allerdings Interpretationsmöglichkeiten zur Quelle des Schwefels ausschließen – so würde man bei Schwefel aus Zinnober auch immer einen hohen Quecksilberanteil (Hg) messen.

Tabelle 1 gibt einen Überblick von Elementen und ihrer Herkunft, die mittels pRFA an Wandmalereien gemessen werden können, die aber nicht aus Pigmenten stammen (= Untergrundmaterial oder sekundäre Ablagerungen sogenannte Verunreinigungen).

2.2.2 Praktische Beispiele

Anhand von Fallbeispielen werden nun die Möglichkeiten und Grenzen der mobilen RFA beschrieben und erörtert.

Fall 1 ist ein Ausschnitt der Wandmalerei des Refektoriums des Dominikaner Klosters in Prenzlau (Abb. 1). Es handelt

Analysiertes Element (geordnet mit steigender Ordnungszahl)	Mögliche Herkunft
Mg	Bindemittel aus gebranntem Dolomit, Mg-Salze, Mg-Mineralen im Zuschlag (eher selten, z.B. Serpentin)it)
Al	Alumosilikate wie Feldspäte, Tonminerale, auch in Ockern
Si	Quarz, Silikate wie Feldspäte, Tonminerale, auch in Ockern
S	Umwelt, Gipsuntergrund, Sulfatsalze
Cl	Umwelt, Chloridsalze
K	Zuschlag: Kalifeldspat, Tonminerale, Kaliumsalze
Ca	Grundierung, Putz
Sr	hat ähnliche chemische Eigenschaften wie Ca und ist bei hohem Calciumanteil auch häufig in geringen Konzentrationen vorhanden, stammt also wie Ca aus Grundierung, Putz

Tabelle 1: Überblick von Elementen und ihrer Herkunft, die mittels pRFA an Wandmalereien gemessen werden können, die aber nicht aus Pigmenten stammen

sich um das Gesicht des Kardinals mit Hut. Der Hut hat eine schwach rote Farbe, und es stellte sich die Frage nach dem roten Pigment im Hut.

Das Messsignal vom roten Hut mit seinen vier Spektren (siehe Kapitel 2.1) ist in Abb. 2 dargestellt. Auf der horizontalen Achse befinden sich die jeweiligen Anregungsenergien der Elemente in Kiloelektronenvolt (keV) und auf der vertikalen Achse die Anzahl der vom Detektor aufgenommenen Impulse pro Zeiteinheit. Deutlich ragen die $K\alpha$ - und $K\beta$ -Linien der Fluoreszenzstrahlung des Calciums (Ca) bei ca. 3,7 respektive 4,0 sowie die $L\alpha$ - und $L\beta$ -Linien des Bleis (Pb) bei 10,5 und 12,6 keV heraus. In diesem Fall ist die Interpretation der Ergebnisse eindeutig: Ca stammt aus dem Untergrund (Grundierung oder Putz) und Pb aus dem Pigment Mennige (Pb_3O_4), da nur ein rotes bleihaltiges Pigment existiert.

Im Fall 2 handelt es sich um den dunklen Mund der Madonna bei der Wandmalerei an der Nordostwand der Kirche in Lübbenow (siehe Abb. 3). Hier konnte ebenfalls neben Ca das Element Pb in hohen Konzentrationen mit der pRFA nachgewiesen werden. Auch dieser Fall war eindeutig: Der Künstler hat der Madonna mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit einen roten Mund gemalt, der heute dunkel bis schwarz erscheint. Aus den Erfahrungen des von der DBU geförderten Projektes „Umweltbedingte Pigmentveränderungen“ wissen wir, dass rotes Bleipigment sich unter den Umweltbedingun-



Abb. 1: Ausschnitt der Wandmalerei des Refektoriums des Dominikaner Klosters in Prenzlau, Gesicht des Kardinals mit rotem Hut, pRFA-Messstelle befindet sich an der Spitze des Stabs, Foto: Martin Ziemann, 2015



Abb. 3: Madonna mit schwarzem Mund der Wandmalerei an der Nordostwand der Kirche in Lübbenow, Foto Steffen Laue, 2014

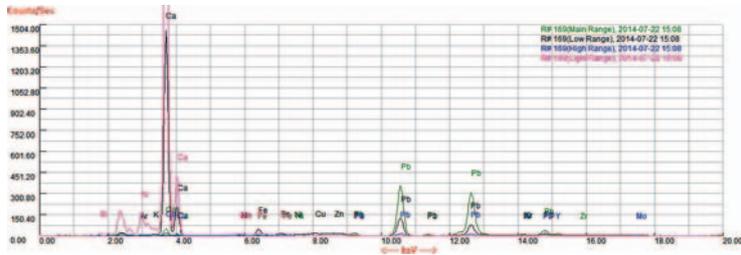


Abb. 2: pRFA-Spektrum der Messstelle vom roten Hut des Kardinals

gen der letzten Jahrhunderte in Plattnerit (PbO_2) umwandeln kann. Aufgrund der zerstörungsfreien Messung, der ikonografischen Interpretation (roter Mund) und den Erfahrungen der Pigmentumwandlungen an Wandmalereien ist zu schließen, dass der rote Mund mit Mennige gemalt worden ist.

Ein drittes Fallbeispiel sind gemalte grüne Edelsteine, die am Gewand derselben Madonna aus dem Fall 2 zu erkennen sind (siehe Abb. 4). Welches Grünpigment wurde hierfür benutzt?

Abb. 5 zeigt das Messsignal vom oberen grün gemalten Edelstein in Abb. 4. gut zu erkennen sind die Peaks der Elemente (von links nach rechts) Silizium (Si), Schwefel (S), Argon (Ar), Kalium (K), Calcium (Ca), Barium (Ba), Chrom (Cr), Fe (Eisen), Kupfer (Cu) und Zink (Zn). Die Elemente Si, S, Ar, K, Ca und in diesem Fall auch Fe (geringe Konzentration) sind nicht pigmentspezifisch und lassen auf Untergrundmaterialien und Umwelteinflüsse schließen (siehe Tabelle 1). Aber die Elemente Ba, Cr, Cu und Zn lassen Rückschlüsse auf die vermalt Pigmente zu.

Aufgrund der Kenntnis der chemischen Zusammensetzung von mittelalterlichen und modernen Pigmenten und ihrer Verwendung sowie der hier grünen Farbigkeit kann interpretiert werden, dass die mittelalterlichen grünen Edelsteine mit einem Kupfergrün (evtl. Malachit) vermalt worden sind und dass nach 1830 eine Übermalung mit einem modernen grünen Chrompigment stattgefunden hat. Für die Übermalung kam entweder Chromoxidgrün (Cr_2O_3 – ab ca. 1830) oder Chromoxidhydratgrün ($\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – ab ca. 1860) in Frage (zeitliche Verwendung von Pigmenten siehe u.a. Schramm & Hering 1995). Welches der beiden grünen Pigmente vermalt worden ist, kann nicht



Abb. 4: abwechselnd grün (hier zwei) und rot (einer, heute schwarz = umgewandelte Mennige) gemalte Edelsteine am Gewand der Madonna – Wandmalerei in Lübbenow, NE-Wand), Pfeil zeigt Messstelle, horizontale Bildlänge: ca. 15 cm

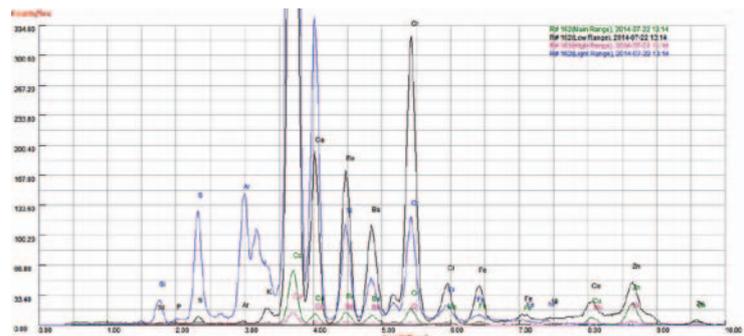


Abb. 5: pRFA-Spektrum der Messstelle des gemalten grünen Edelsteins

ausgesagt werden. Da beide Grünsorten eine dunkelgrüne Farbigkeit besitzen, wurde das Grün mit einem Weißpigment aufgehellt, was uns die Elemente Ba und Zn verraten: Zur Ausmischung wurde sehr wahrscheinlich Lithophone (Mischung aus ZnS und BaSO_4) verwendet. Aufgrund der Nutzung von Lithophone lässt sich schließen, dass die Übermalung nicht vor Ende des 19. Jh. stattgefunden hat (Hering, 2000). Im Brandenburgischen Landesamt für Denkmalpflege ist belegt, dass die mittelalterlichen Malereien in Lübbenow Ende der 1970er Jahre übermalt worden sind.



Abb. 6: Frankfurt (Oder) - Marienkirche, Triptychon, Messstelle im türkisfarbenen Gewand, Foto: Martin Ziemann

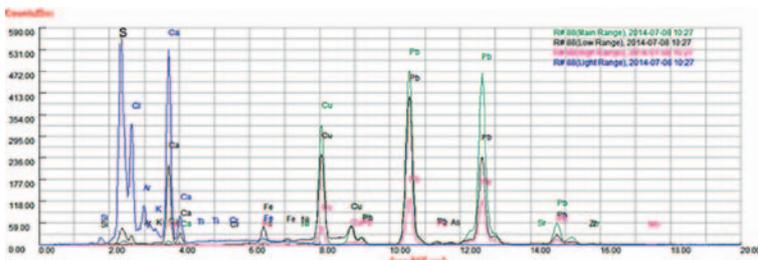


Abb. 7: pRFA-Spektrum der Messstelle des türkisfarbenen Gewandes, Fallbeispiel 4

Das Beispiel 3 zeigte, dass bei bestimmten Pigmentkonstellationen in einer Wandmalerei die originalen und die bei Übermalungen verwendeten Pigmente zerstörungsfrei detektiert und interpretiert werden können. Hierzu sind allerdings markante Metalle in Pigmenten (wie hier Cu und Cr) und die unterschiedlich zeitliche Verwendung der Pigmente erforderlich.

Im Gegensatz zu Fall 3 zeigt das Beispiel Nr. 4 eine Pigmentkonstellation in einer Wandmalerei, die nach der zerstörungsfreien pRFA-Messung wenig Rückschlüsse über die Verwendung bestimmter Pigmente zulassen. Die Messungen des Fallbeispiels Nr. 4 sind an der Wandmalerei der Marienkirche in Frankfurt (Oder) im rechten Feld des Triptychons durchgeführt worden. Die analysierte Stelle zeichnet sich durch einen türkisfarbenen Bereich aus, der zum Gewand des sogenannten Turban-Manns gehört (siehe Abb. 6).

Das dazugehörige Messspektrum ist in Abb. 7 dargestellt. Die gemessenen Elemente, die für Pigmente in Frage kommen, sind zahlreich, lassen keine eindeutigen Interpretationen zu und deuten einen mehrschichtigen Aufbau der Malerei an: Pb, Cu, Fe und Sn. Alle anderen gemessenen Elemente könnten aus dem Untergrund oder aus Umwelteinflüssen stammen, wobei Ca selbstverständlich auch aus dem Weißpigment Kreide (CaCO_3) stammen könnte. Die vier für Pigmente charakteristischen Elemente lassen lediglich Spekulationen zu Pigmenten zu, die aber so zahlreich und spekulativ sind, dass keine seriöse Aussage möglich. Denkansätze und Fragen wären: Welche Bleipigmente sind verwendet worden (weiß, gelb oder rot bzw. mehrere)? Lässt der Zinnanteil (Sn) auf Bleizinn gelb schließen? Kam ein Kupfergrün oder Kupferblau zum Einsatz? Lässt

sich der Eisenanteil einem Ockerpigment zuordnen oder ist er Bestandteil des Untergrundes? Es wird deutlich, dass bei dieser Wandmalerei die mobile RFA keine Chance hat, die Pigmente zu identifizieren. Die mobile Ramanspektroskopie könnte eventuell in der äußersten Malschicht ein Pigment ausmachen. Für den Malschichtaufbau und die sichere Identifizierung der Pigmente in wahrscheinlich verschiedenen Malschichten ist eine Probenahme erforderlich. Diese Stelle im türkisfarbenen Gewand wurde im Rahmen des Projekts beprobt, die klärenden Analyseergebnisse mittels REM/EDX sind im Artikel von Frank Schlütter vorgestellt.

2.2.3 Zusammenfassung

Die Beispiele haben gezeigt, dass es an Wandmalereien einerseits Fälle gibt, in denen eine eindeutige Zuordnung eines pRFA-Messergebnisses zu einem bestimmten Pigment möglich ist (Fall 1, 2 und 3), andererseits Messungen in bestimmten Fällen kein Interpretationsergebnis erlauben.

Verallgemeinert lässt sich zusammenfassen:

- 1) Ist lediglich eine Schicht mit einem Pigment vermalzt worden, können in der Regel aussagekräftige Elemente gemessen werden, die in Kombination mit der Farbwahrnehmung eine eindeutige Interpretation des Pigments ermöglichen (Fall 1 und 2).
- 2) Sind zwei Malschichten übereinander vermalzt bzw. 2 Pigmente in einer Malschicht gemischt, sind eindeutige Interpretation der Pigmente nur möglich, wenn sie durch mindestens zwei sich unterscheidende Elemente gekennzeichnet sind (Fall 3). Ob die zwei Pigmente übereinander oder ausgemischt vermalzt sind, lässt sich messtechnisch mit der pRFA grundsätzlich nicht differenzieren, lässt sich aber durch den Wandmalereikontext eventuell aussagen wie im Fall 3. Wird Kreide oder Gips als helles Pigment einer Malschicht hinzugemischt, ist das mittels pRFA nicht zu bestimmen, da Ca auch immer in großen Mengen im darunter liegenden Putz vorkommt und S in allen Oberflächen aufgrund von Umwelteinflüssen zu finden ist.
- 3) Sind 2 oder gar noch mehr Schichten mit verschiedenen Pigmenten vermalzt, deren Messsignale auf unterschiedliche Pigmente schließen lassen, ist eine eindeutige Interpretation der Messergebnisse auszuschließen. Es ist dann unklar, aus welchen Tiefen der Wandmalereischichten die Messsignale stammen, und eine Zuordnung ist trotz Farbigkeit nicht möglich (siehe Fall 4).

Literatur und Quellen

- HERING, B. (2000): Weiße Farbmittel: Ein Nachschlagewerk für Konservatoren, Restauratoren, 1. Auflage, Eigenverlag, Fürth.
- SCHRAMM, H.-P., HERING B. (1995): Historische Malmaterialien und ihre Identifizierung. – unveränderter Nachdruck der Ausgabe von 1988, Bücherei des Restaurators Band 1, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.

2.3 Überblick über die naturwissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse

Im Rahmen der Erfassung der mittelalterlichen Wandmalereien im Nordosten Brandenburgs wurden an einigen herausragenden Malereien die verwendeten Pigmente naturwissenschaftlich untersucht. Dazu gehören die Wandmalereien in den Dorfkirchen in Kuhz und Lübbenow (Uckermark), Biegen (Oder-Spree), das Refektorium im Dominikanerkloster Prenzlau, das Wandbild Kreuzigung in der Maria Magdalenen Kirche in Eberswalde sowie das Greiffenpfeil'sche Erbbegräbnis in der Marienkirche Frankfurt (Oder). Die Wandmalereien des Triptychons, des Nordportals und die Mondsichelmadonna der Marienkirche in Frankfurt (Oder), in der Sakristei und der auf der Südwand der Franziskanerklosterkirche Angermünde sowie in Chorin im Refektorium und im Fürstensaal wurden vor ca. 20 Jahren restauriert. Während der Projektarbeit wurden die Pigmente und ihre

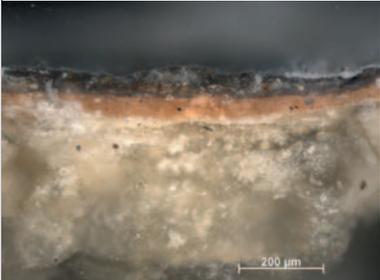
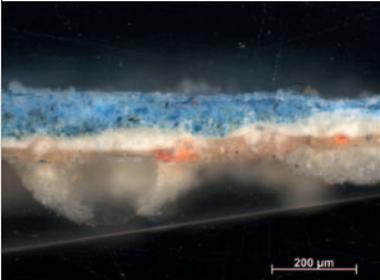
Veränderungen erneut und ausführlicher naturwissenschaftlich untersucht.

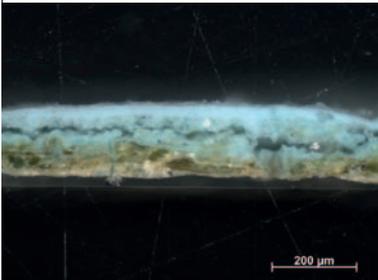
Zu Beginn erfolgten orientierende Voruntersuchungen mittels pRFA. Besonders interessante Befunde wurden beprobt und, wie im Kapitel 2.1 in diesem Band beschrieben, im Labor mikroskopisch und mittels Ramanspektroskopie analysiert. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. Die Mess- und Probenahmestellen sind in den Abbildungen im Anschluss an die Tabellen zu finden.

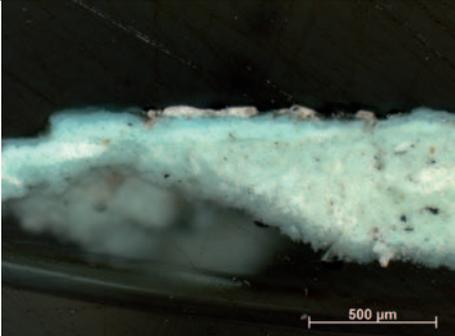
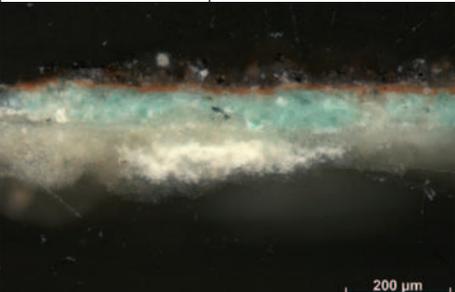
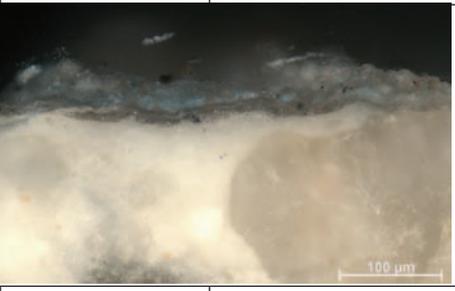
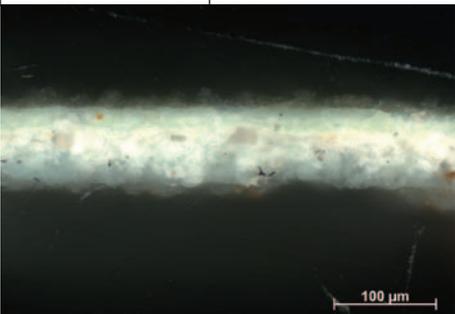
Bei den Messungen mit mobiler Röntgenfluoreszenzanalyse (pRFA) werden auch immer Elemente wie Ca, Si, Al, K und Fe (aus dem Untergrund) sowie S und Cl (anthropogene Umwelteinflüsse) erfasst, auf deren Nennung hier in den Tabellen verzichtet wird, wenn sie keine Relevanz für die Farbigkeit der Schichten haben.

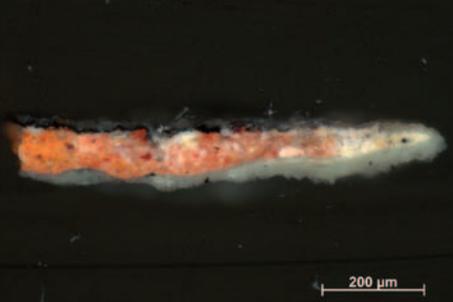
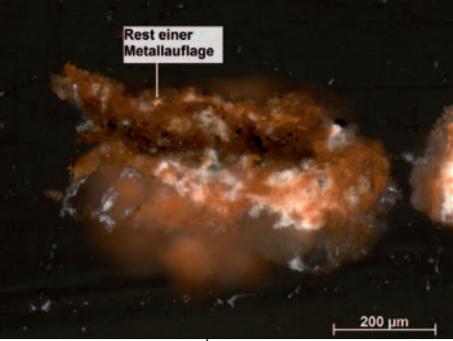
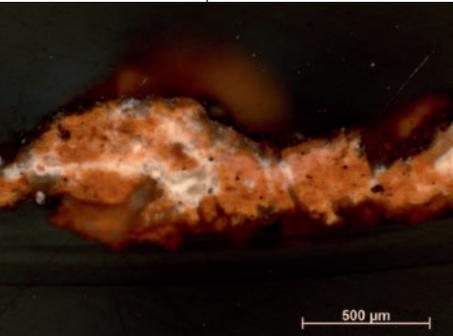
Tabelle 1: Naturwissenschaftliche Untersuchungsergebnisse

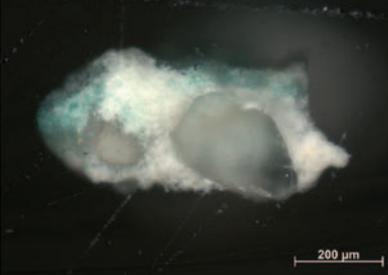
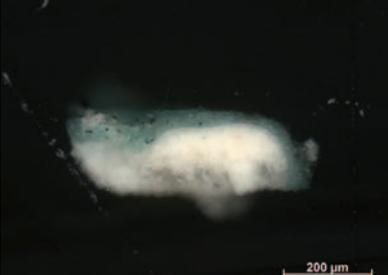
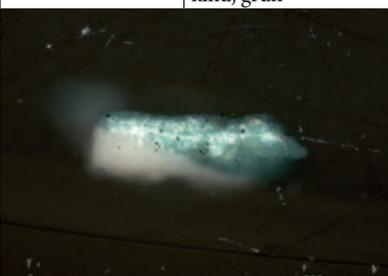
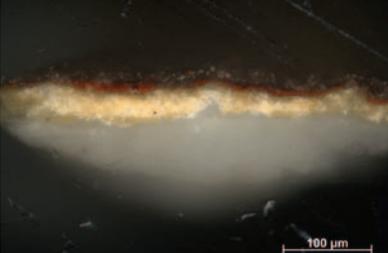
Frankfurt (Oder) – ehemalige Hauptpfarrkirche St. Marien, Triptychon, Nordportal, Mondsichelmadonna, Greiffenpfeil'sches Erbbegräbnis				
Probe	Beschreibung	Messstelle/ Entnahmestelle	Analysemethoden	Untersuchungsergebnisse
Triptychon – Chor außen, linkes Feld I				
RF a01	Puffärmel, grün mit dunklen Streifen	Oben Mitte	pRFA	Cu, Pb. Interpretation: mehrere Schichten, Bleipigment und Kupfergrün
RF a02	Grün, etwas gelblich	Oben Mitte	pRFA	Pb, Cu, etwas Sn. Interpretation: mehrere Schichten, Bleipigment und Kupfergrün
RF a03	Dunkelgrün aufgehellt	Oben Mitte	pRFA	Pb, Cu, etwas Sn. Interpretation: mehrere Schichten, Bleipigment und Kupfergrün
RF a06	Blau	Mitte rechts	pRFA	Cu, Pb. Interpretation: mehrere Schichten oder Ausmischung, Azurit und Bleiweiß?
RF a08	Hellbraun	Oben Mitte	pRFA	Pb, etwas Fe. Interpretation: mehrere Schichten? verbrauchtes Bleipigment? brauner Ocker?
RF a09	Braun	Oben Mitte	pRFA	Pb, Hg, etwas Fe. Interpretation: mehrere Schichten oder Ausmischung, Zinnober, verbrauchtes Bleipigment? verdunkeltes Zinnober? brauner Ocker?

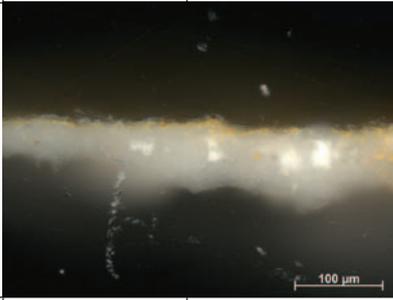
Triptychon – Chor außen, rechtes Feld III			
<p>Mik c01</p>	<p>Verschwärzung mit Weißschleier, evtl. auf Blau, mit Putzrest Giebeldreieck</p> 	<p>REM/EDX am QS</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Stratigraphie: Putz / Tünche (?) / Malschichtreste / rote Malschicht / Malschicht (Farbe?) / verschwärzte Malschicht / weiße Auflagerungen · Pigmente der Malschichtreste (unterste Schicht): - Bi-As-Körner (Deutung?) · Pigmente der roten Malschicht: unklar; keine mineralischen Pigmentkörner (EDX: Spuren von Fe), kompakte Gipsschicht, einzelne Mineralkörner, sekundär eingetragenes Bleichlorid · Malschicht über der roten Malschicht: Farbe unklar (EDX: As, Sn, Ca, S, Cl, Pb, Cu) – mögliche Sekundärbildungen beachten) · Äußere, verschwärzte Malschicht: Farbe unklar; Pigment / Bestandteile: <ul style="list-style-type: none"> - Bleizinn gelb, schwach Cu-haltig - Ca-Phosphat - Eisenoxid/hydroxid-Partikel - Sn/Ca-Partikel (häufig mit Pb und Cl) Bleizinn gelb? - kein Cu-Pigment · Malschichtveränderungen: <ul style="list-style-type: none"> - Putz, Tünche und Malschichten stark vergipst - Äußere Malschicht: <ul style="list-style-type: none"> - Umwandlungen am Bleizinn gelb (Bleiverarmung) - Bleichloridbildung - keine eindeutigen Belege für Verschwärzung aus Pigmentumwandlung - Weißschleier <ul style="list-style-type: none"> - im LiMi gut erkennbar - weiße Bereiche korrelieren gut mit stark rückstreuendem Bereich im REM - Weißschleier = Bleichloridsaum · Bleichlorid über Risse bis in den Putz eingedrungen
<p>Mik c02</p>	<p>Ursprüngliches, unverändertes Blau Giebeldreieck, Übergang zur Laibung</p> 	<p>REM/EDX am QS</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Stratigraphie: Putz / Tünche (?) Reste einer roten Malschicht / weiße Malschicht / blaue Malschicht · Tünche nicht sicher nachweisbar · Rote Malschichtreste (unterste Schicht): <ul style="list-style-type: none"> - Pigmente: Zinnober evtl. auch Mennige oder Bleiweiß - viel sekundär gebildetes bzw. eingewandertes Bleichlorid (fein verteilt in der Malschicht) · Weiße Malschicht <ul style="list-style-type: none"> - Pigmente: Bleiweiß (Körner häufig Cl-haltig); Sn, Ca-Körner (mit Pb und Cl) - Bi-As-Pigmentkorn - viel sekundär gebildetes Bleichlorid (Matrixfunktion), häufig zusätzlich mit Sn und Ca und As · Blaue Malschicht: <ul style="list-style-type: none"> - Pigment: Azurit (große Kristalle, vereinzelt Quarz) - viel eingewandertes Bleichlorid (fein verteilt in der Malschicht) - trotz des hohen Cl-Gehalts keine Cu-Chloridbildung (keine Vergrünung)

Mik c03	Unverändertes Grün Giebeldreieck, Grünes Gewand vom Turbanmann		pRFA REM/EDX am QS	pRFA: Pb, Cu, Fe, Sn. REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> · Stratigraphie: Malschichtreste / grüne Malschicht / blaue Malschicht / Auflagerung · Malschichtreste: <ul style="list-style-type: none"> - Pb, Sn, Ca-Körner - Bi-As-Körner · Grüne Malschicht: <ul style="list-style-type: none"> - Keine grünen Mineralkörner - Pb, Cl, Cu, (Ca, Sn), viel C (organisch) - vereinzelt Bleizinnngelb · Türkisblaue Malschicht <ul style="list-style-type: none"> - Pb, Cl, Ca, Cu (keine Mineralkörner) - Elektronenstrahllempfindlich (Messpunkte in REM-Aufnahme erkennbar) - ursprüngliches Pigment ? - vermutlich Sekundärbildung von Cumengeit - durchsetzt von Bleichlorid (weitere Sekundärbildung) · Auflagerung: <ul style="list-style-type: none"> - Gipsschicht
				
Mik c04	Verblautes Grün Giebeldreieck, Grünes Gewand vom Turbanmann		REM/EDX am QS Raman am QS	REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> · Stratigraphie: 7 Schichten; Von innen nach außen: <ol style="list-style-type: none"> 1: Putz oder Tünche(rest): Kalk; durchsetzt von feinverteilten (Pb, Cl, Cu-Sekundärbildungen) 2: (hellblau) Pb, Cl, Cu (vermutlich Sekundärbildung oder Mischung aus Azuritresten und Bleichlorid, ursprünglich vermutlich Azurit) 3: Rotpigment: Ocker oder rotes Eisenoxid (sehr Fe-reich); gleiche Sekundärbildungen wie in Schicht 2 (Pb, Cu, Cl) 4: Dichte Kalkmatrix; Pigment: Bi,As; eingewanderte Pb, Cu-Cl-Sekundärbildungen (auf Rissflanken und auf Porenwandungen) 5: Bi,As-Pigment (teilweise sehr große Körner), Bleizinnngelb; Pb, Cu, Cl-Sekundärbildungen 6: Grünes Cu-Pigment (große Körner, Morphologie deutet auf Grünspan); außerdem: Bi-As-Körner, Bleizinnngelb (teilw. Cu-haltig), stellenweise: Pb-Pigment Pb, Cu, Cl-Sekundärbildungen, Pb, Cu, Sn, Ca, Cl-Sekundärbildungen 7: keine Malschicht, sondern Pb, Cu, Cl-Sekundärbildungen (Cumengeit?) Ramanspektroskopie: <ul style="list-style-type: none"> · Sekundärbildung der obersten Schicht (7): Cumengeit $\text{Pb}_{21}\text{Cu}_{20}\text{Cl}_{42}(\text{OH})_{40} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
				
RF c01	Inkarnat	Oben Mitte	pRFA	Pb und etwas Bi und Fe. Interpretation: Bleipigment
RF c03	Schwarze Tasche	Oben Mitte	pRFA	Pb und etwas Bi und Fe. Interpretation: verschwärztes Bleipigment
RF c07	Gelber Turban	Oben Mitte	pRFA	Pb, Sn. Interpretation: Bleizinnngelb?
RF c08	Grüne Mütze mit gelb	Oben Mitte	pRFA	Pb, Cu, Sn, Bi. Interpretation: mehrere Schichten oder Ausmischung, Bleizinnngelb und Kupfergrün?
RF c09	Rechts von grüner Mütze, blau	Oben Mitte	pRFA	Cu, Pb. Interpretation: mehrere Schichten oder Ausmischung? Azurit?
RF c11	Braun-rote Kappe vom Mann mit Buch	Oben rechts	pRFA	Pb, Hg, Cu, Fe. Interpretation: mehrere Schichten, Zinnober, Blei- und Kupferpigment, Ocker?
RF c12	Rotes Buch vom Mann	Oben rechts	pRFA	viel Fe sowie Pb, Hg, Cu, Bi, Ag und Spuren von Au. Interpretation: mehrere Schichten, Zinnober, Blei- und Kupferpigment, mit Edelmetallen verziertes rotes Buch?
RF c13	Gelbes Brokat	Oben rechts	pRFA	Fe, Pb, Ag, Ni, etwas Cu, Spuren von Au. Interpretation: mehrere Schichten, Bleipigment, verziert mit Edelmetallen?
RF c14	Inkarnat, linke Figur	Unten links	pRFA	Pb. Interpretation: Bleipigment(e)
Wie vor allem die mikroskopischen Untersuchungen zeigen sind am Triptychon bis zu 7 Malschichten nachzuweisen. Da bei der RFA aber immer ein Bereich bis zu 3 mm Tiefe angeregt wird, sind diese Ergebnisse kaum interpretierbar.				

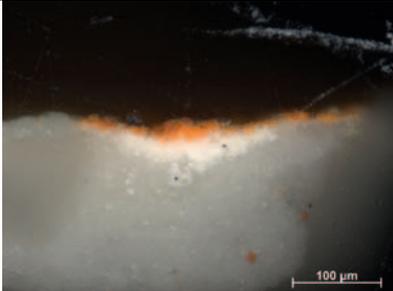
Nordportal				
FF-NP_01	Grüne Malschicht	Obere Kreisblende	pRFA REM/EDX am QS	pRFA: Cu REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> · Cu-Pigment · Malschicht (Pigment) stellenweise As-haltig · Mineralisches Grünpigment (Malachit), kein Grünspan · Malschicht stark vergipst (Pigmente in Gipsmatrix) · keine aufliegende Vergipfung (keine Kruste) · stellenweise feinkristallines Cu-Chlorid (Sekundärbildung?)
				
FF-NP_02	Rote Malschicht, eventuell auf grün	Obere Kreisblende, rote Ranke	pRFA REM/EDX am QS	pRFA: Cu,Fe REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> · Stratigraphie: Rote Malschicht über grüner Malschicht · Rotpigment: Roter Ocker · Grünpigment: Cu-Mineraie (u.a. Cu/Cl, Cu/S + Nebenbestandteile) · Beide Malschichten stark vergipst · Zusätzlich aufliegende Gips-/Schmutz-Kruste
				
FF-NP_03	Goldene Reste	Obere Kreisblende, Adler, Krone	pRFA	Au, Zn, Ba, Pb, P. Interpretation: vergoldete Krone, mehrere Fassungen
FF-NP_04	Mehrschicht-tiges Inkarnat	Obere Kreisblende, rechter Engel	pRFA	Pb und etwas Fe. Interpretation: Bleipigment, roter Ocker kann nicht ausgeschlossen werden
FF-NP_05	Verschwärzte Malschicht	Gewölbeunterseite (heute schwarz)	pRFA REM/EDX am QS	pRFA: Cu und viel S REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> · Cu-Pigmente · Pigmente in dichte Gipsmatrix eingeschlossen · Nach PolMi ursprünglich blaue Malschicht · Keine Korrelation zwischen schwarzen Partikeln im PolMi und RE-Bild <ul style="list-style-type: none"> · Ursache der Verschwärzung vermutlich Tenorit-Bildung
				
FF-NP_06	Rote Malschicht auf grün	Rot in der Kreisblende (Ref. zu 02)	pRFA	Fe, Cu, Si, Al. Interpretation: roter Ocker auf Kupfergrün
FF-NP_07	Grüne Malschicht	Laibung des linken, unteren Medaillons	pRFA REM/EDX am QS	pRFA: Cu und viel S REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> · Grüne Malschicht: Cu-pigmentierte Schicht · Feinkristallines Pigment · Im Unterschied zu NP_01 relativ viele mineralische Nebenbestandteile (v.a. Feldspat) · Gipskruste an der Oberfläche · In der Gipskruste Pb-Chlorid-Partikel, stellenweise auch Cu-Chlorid · Reste einer Pb-pigmentierten Malschicht auf dem Grün · Chlorid-Sekundärbildungen (Pb, Cu) auch innerhalb der grünen Malschicht
				

FF-NP_08	Schwarze Schicht	Laibung des linken unteren Medaillon, schwarze Ranke auf grün	pRFA REM/EDX am QS	pRFA: sehr viel Pb sowie Sn, Sb, Hg, Cu, Ba, S REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> · Stratigraphie: Grüne Malschicht / Rote Malschicht / Schwarze Schicht · Grüne Malschicht: <ul style="list-style-type: none"> - Cu-Pigment ? (keine eindeutige Identifizierung) - Malschicht stark bleihaltig (mehr Pb als Cu) · Rote Malschicht: <ul style="list-style-type: none"> - Pigmente: Zinnober, Bleizinnigelb, Mennige - Zinnober als große Körner - Mennige fein verteilt (vermutlich sekundär verändert) - Bleizinnigelb nur punktuell · Schwarze Schicht: <ul style="list-style-type: none"> - vermutlich Plattnerit (Pb-Peak)
				
FF-NP_09	Rote Malschicht	Sandsteinsäule zwischen den Medaillons, rot auf der Unterseite des rechten Dackels	pRFA REM/EDX am QS	pRFA: Pb, Au, Fe, Al, Si REM/EDX: Stratigraphie: Rote Malschicht / Gold / Auflagerung (Sekundärbildung) <ul style="list-style-type: none"> · Rote Malschicht - Rotpigment: Mennige · Pigmentumwandlungen an der Mennige: <ul style="list-style-type: none"> - Pb-Chlorid - Plattnerit (Schicht an der Oberfläche) · Goldfolie mit Anlegesicht
				
FF-NP_10	Rote Malschicht	Linkes unteres Medaillon, rot auf der Krone des böhmischen Löwen	pRFA REM/EDX am QS	pRFA: Pb, Au, Sn, Zn, V, Ti, Fe, Ba REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> · Rote Malschicht · Rotpigment: Mennige · Stets hohe Gehalte an Nebenbestandteilen: K, Si, Al, Fe, Ti, S · Extreme Vergipsung der Malschicht (Pigmente in Gipsmatrix) · Gipskruste an der Oberfläche · Keine eindeutigen Hinweise auf Pigmentveränderungen: <ul style="list-style-type: none"> - Morphologie (sehr feinkristallin, „angelöst“)? - S-Gehalt in Pigmentkörnern (Pb-Sulfat)
				
FF-NP_11	gelbe Malschicht	König rechts, Krone	pRFA	Nur Pb. Interpretation: kein Gold, gelbes Bleipigment

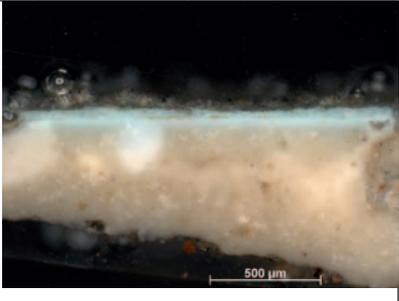
Mondsichelmadonna				
FF-MS_01	Grüne Malschicht	Innenseite Gewölbe, grün	pRFA REM/EDX am QS	pRFA: Cu, Cl, Zn. REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> Grüne Malschicht auf Putz Grünpigment: Cu-Chlorid Nebenbestandteile in den Grünpigment-Körnern (Zn, Pb, S) Organisches Schwarzpigment Stellenweise Gipssaum an der Oberfläche Matrix oberflächennah leicht vergipst vergleichbar Proben MS_02 und MS_03
				
FF-MS_02	Grüne Malschicht	Nimbus linker Engel, grün	pRFA REM/EDX am QS	pRFA: Cu, Cl, Zn REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> Grüne Malschicht auf Putz Grünpigment: Cu-Chlorid Nebenbestandteile in den Grünpigment-Körnern (Zn, Pb, S) Organisches Schwarzpigment Stellenweise Gipssaum an der Oberfläche Matrix oberflächennah leicht vergipst vergleichbar Proben MS_01 und MS_03
				
FF-MS_03	Grüne Malschicht	Kleid vom Christuskind, grün	REM/EDX am QS	pRFA: Cu, Cl, Zn. REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> Grüne Malschicht auf Putz Grünpigment: Cu-Chlorid Nebenbestandteile in den Grünpigment-Körnern (Zn, Pb, S) Organisches Schwarzpigment Stellenweise Gipssaum an der Oberfläche Matrix oberflächennah leicht vergipst vergleichbar Proben MS_01 und MS_02
				
FF-MS_04	Violette Malschicht	Hintergrund rechts vom Nimbus, violett	pRFA REM/EDX am QS	pRFA: Pb, Hg und etwas Cr REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> Ein rötliches und ein gelbes Probenteilstück Rötliches Teilstück: <ul style="list-style-type: none"> Ursprünglich vermutlich rote Malschicht Rotpigmente: Zinnober, Mennige (umgewandelt) Gelbes Teilstück: <ul style="list-style-type: none"> Gelbpigment: Pb + Cr (wie FF-MS_07) Pigmentveränderungen: <ul style="list-style-type: none"> Entfärbung der Mennige (Pb-Chlorid-Bildung) Migration des Bleichlorids (stellenweise) Ausgeprägte Gipsauflagerung
				
FF-MS_05	Gelbe Malschicht	Krone Maria	pRFA	Fe, Si, Al. Interpretation: gelber Ocker
FF-MS_06	Schwarze Schicht	Krone der Madonna, verschwärzte Auflage	pRFA REM/EDX am QS	pRFA: Fe, Si, Al und etwas Ag REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> Silberauflage auf ockerpigmentierter Malschicht Unter der rotbraunen Schicht gelbliche Schicht (ockerhaltig) Pigmentumwandlungen: <ul style="list-style-type: none"> Veränderung einer Silberauflage (AgBr und AgCl), kein Silbersulfid (Ag₂S) Alle Schichten über dem Putz stark vergipst Gipssaum an der Oberfläche
				

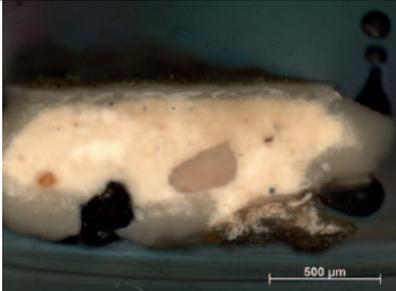
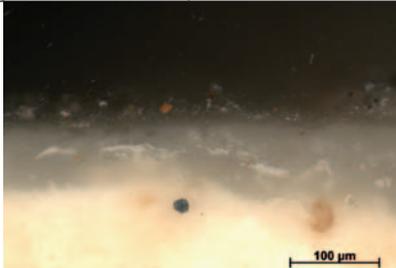
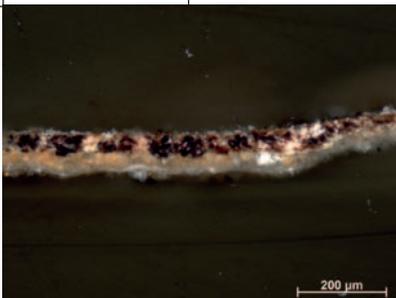
FF-MS_07	Gelbe Malschicht	Architekturmalerei, gelber Strich	pRFA REM/EDX am QS	pRFA: Pb und etwas Cr REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> · Gelbe Malschicht, Gelbpigment: Pb+Cr-gleiches Gelbpigment wie MS_04 · Malschicht stark vergipst (Pigmente in Gipsmatrix) · Gipssaum an der Oberfläche
				
FF-MS_08	Verschwärzte Malschicht	Verschwärzung von Strahlen auf gelb	pRFA	Pb, Fe, Si, Al. Interpretation: verschwärztes Bleipigment, gelber Ocker
FF-MS_09	Gelbe Malschicht	Gelber Strahl	pRFA	Fe, Si, Al. Interpretation: gelber Ocker
FF-MS_10	Gelbe Malschicht	Gelbe Mondsichel	pRFA	Pb, Fe, Si, Al. Interpretation: gelber Ocker
FF-MS_11	Blaue Malschicht	Blaues Kleid der Madonna	pRFA	Cu. Interpretation: Kupferblau (Azurit)

Greiffenpeilsches Erbbegräbnis

Gr 1/1	Mennige auf Bleizinngelb	Gewölbe-Rippenfassung II, ca. 1450	REM/EDX am QS	<ul style="list-style-type: none"> · Stratigraphie: Kalktünche / Rote Malschicht · Pigmente: Mennige und Bleizinngelb · Keine übereinanderliegenden Schichten (Ausmischung Bleizinngelb und Mennige) · Keine Pigmentveränderungen · Keine Vergipsung
				
Gr 1/2	Blaues „Auge“	Detail der Rippenfassung II	REM/EDX am QS	<ul style="list-style-type: none"> · Kalktünche / Blaue Malschicht · Pigment: Azurit · Einzelne, größere Kalkkörner in der Malschicht (Füllstoff?) · Malschicht und Tünche nicht vergipst, das Blau hat sich leuchtend und unverändert erhalten
				
Gr 1/3	Moosgrüne Malschicht	Rippenfassung I, um 1300, SO-Ecke	REM/EDX am QS	<ul style="list-style-type: none"> · Stratigraphie: Putz / Kalktünche / moosgrüne Malschicht · Tünche versintert und vergipst · Pigment: Vivianit · Stark gestörte Bindung zwischen den Pigmentkörnern
				

Gr 1/4	„Braune“ Lasur auf Kupfergrün		REM/EDX am QS	<ul style="list-style-type: none"> Stratigraphie: Kalktünche / blassgrüne Malschicht / Auflagerungen Pigment: Malachit Malschicht und Tünche nicht vergipst Lasurartige Auflagerung enthält Kalkpartikel (keine Pigmente nachweisbar) Nähere Identifizierung nicht möglich
				
GP01	Roter Strich neben Eck-Ornament	Ostwand, Malerei nach 1250	pRFA	Malerei auf Putz Hg, Pb. Interpretation: Zinnober, Mennige
GP02	Dunkelroter Strich unterhalb Eckornament	Ostwand, Malerei nach 1250	pRFA	Malerei auf Putz viel Fe, Si, Al, wenig Pb. Interpretation: überwiegend roter Ocker
GP03	Gewand, hellrot	Ostwand, Malerei nach 1250	pRFA	Malerei auf Putz Pb, etwas Hg. Interpretation: Mennige, Zinnober
GP04	braun-rote Fassung auf Ziegel	Ostwand, nach 1250	pRFA	Außenfassung auf Backstein Fe, Si, Al. Interpretation: brauner und/oder roter Ocker
GP05	Blau-grau, Hintergrund	Ostwand, Malerei nach 1250	pRFA	Malerei auf Putz Cu. Interpretation: Kupferpigment (Azurit?)
Das jetzige Greiffenpfelsche Erbbegräbnis war bis zum Barock Kapelle. In Zuge dieser Umgestaltung wurden mittelalterlichen Malereien übertüncht, waren somit vor schädlichen Umwelteinflüssen geschützt und konnten glücklicherweise nicht oberflächlich vergipst. Da die Malereien auch nicht übermalt waren, ist die Interpretation der pRFA-Messungen einfach und mit den mikroskopischen Analysen gut vergleichbar.				

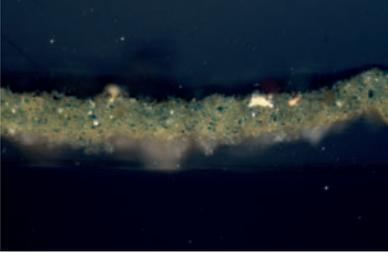
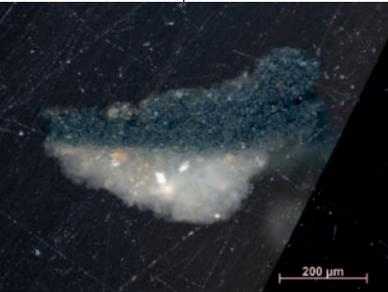
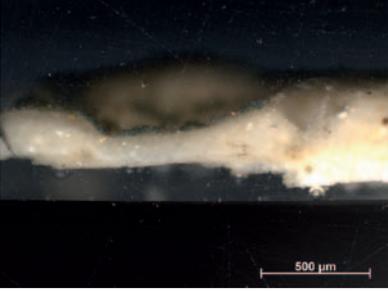
Angermünde, Franziskanerklosterkirche – Weltenrichter, Tondo und Sakristei				
Probe	Beschreibung	Entnahmestelle	Analysemethoden	Untersuchungsergebnisse
Christusdarstellung Weltenrichter, Südwand				
Ang 1/1	Schwarz	Umrahmung	pRFA (Nr. 246) REM/EDX am QS	pRFA: Cu, Fe, Si, S REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> Dünnere schwarzer Saum an der Oberfläche - Elemente im dünnen schwarzen Saum: Cu, Cl, Fe, Mn; Pb, Si, Al · Gelber Einschluss: Ca, Al, Fe, Ti (Pigment) · Starke sekundäre Vergipsung · Ungewöhnliche Gips/Kalk/Gips-Abfolge · Ursprüngliche Färbung / Pigmente unklar · Vermutlich verschwärzt mit folgenden Sekundärbildungen: Tenorit, Plattnerit
Ang 1/2	Vergräutes Grün	Mantel, Mitte rechts	pRFA (Nr. 250) REM/EDX am QS Raman am QS	pRFA: Pb, Sn, Cu, Si, S REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> · Untergrund fleckenhaft vergipst (Nester) · Einzelne Pb, Cu, Cl-Partikel im Untergrund (eingewanderte Sekundärbildungen) · Malschicht stark verändert · Hauptsekundärbildung: Pb, Cu, Cl, Cumengeit · In der Malschicht große Ca, S, Sn-Körner und Sn-reiche Körner (Zuordnung unklar) · Ursprüngliches Pigment nicht sicher bestimmbar evtl. blaues Cu-Pigment und Bleizinnigelb <ul style="list-style-type: none"> · Typische Veränderung von Cu-Pigmenten in Gegenwart von Pb · Aufliegende vergraute Gipschicht Ramanspektroskopie: <ul style="list-style-type: none"> · Azurit (vermutlich Ausgangspigment) · Cumengeit $Pb_{21}Cu_{20}C_{14}2(OH)40 \cdot 6H_2O$ (Sekundärbildung) · Gips
				

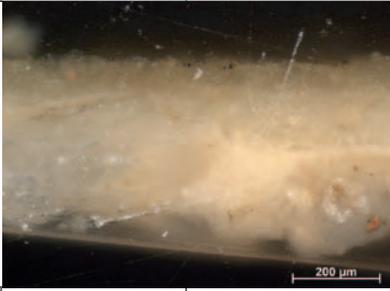
Ang 2/1	Ocker	Rahmung, oben links	REM/EDX am QS	<ul style="list-style-type: none"> · Kalkputz · Gips-Kalk-Gips-Sintersaum · Keine Gipsgrundierung
				
Ang 2/2	Ocker	Fond, unten rechts	REM/EDX am QS	<ul style="list-style-type: none"> · Kalkputz · Gips- Sintersaum · Keine Gipsgrundierung · Vergleichbar 2/1
				
Ang 2/11	Grau (vergraut?)	Fond, Bildmitte	REM/EDX am QS	<ul style="list-style-type: none"> · Mennige-Malschicht · starke Pigmentveränderung · gegenwärtig überwiegend Bleichlorid · vermutlich auch (fein verteilter) Plattnerit (Ursache der Verdunklung) · ursprüngliche Pigmente (Mennige) und weitere Sekundärbildungen (Plattnerit) nicht über Materialkontrast differenzierbar · Zuordnung stellenweise morphologisch und anhand der Cl-Gehalte möglich
				
242	Weißer Malschicht	Auf der Lilie	pRFA	Ca. Interpretation: CaCO ₃
243	Rote Malschicht	In der Rahmung oben links	pRFA	Fe, Si. Interpretation: roter Ocker
244	Rote Malschicht	In der Rahmung unten links	pRFA	Fe, Si, Al. Interpretation: roter Ocker
245	Weißer Malschicht	Mittig im Regenbogen bei Nr. 244	pRFA	Ca. Interpretation: CaCO ₃
247	Violette Malschicht	Mandorla, Mitte	pRFA	Pb, etwas Fe, Mn, Si, Al. Interpretation: umgewandeltes Bleipigment?
248	Gelb-braune Malschicht	Engel, Flügel links oben	pRFA	Pb, Sn, Cu. Interpretation: mehrere Schichten? Ausmischung? nicht interpretierbar
249	Grüne Malschicht	Oberhalb linker Schulter	pRFA	Cu. Interpretation: grünes Kupferpigment
251	Violette Malschicht	Über der Schulter	pRFA	Cu, Fe, Si, Al. Interpretation: Ockerpigment? Cu aus grünem Untergrund? nicht interpretierbar
252	Violette Malschicht	Umhang linker Arm	pRFA	Pb. Interpretation: umgewandeltes Bleipigment?
253	Inkarnat	Inkarnat	pRFA	Ca. Interpretation: CaCO ₃

Tondo, Südwand				
233	Türkis	Links	pRFA	Cu. Interpretation: Kupferpigment
234	Grün	Links	pRFA	Cu. Interpretation: Kupferpigment
235	Braun	Mitte links	pRFA	Fe, Si, Al, Mn. Interpretation: Ocker
236	Braun	Mitte links	pRFA	Fe, Si, Al, Mn. Interpretation: Ocker
237	Hellbraun	Heiligenschrein	pRFA	Fe, Si, Al. Interpretation: Ocker
238	Rot	Mitte unten	pRFA	Fe, Si, Al. Interpretation: Ocker
239	weiße Umrandung	Links oben	pRFA	Ca. Interpretation: CaCO ₃
241	schwarze Schrift	Links unterhalb Tondo	pRFA	keine aussagekräftigen Elemente. Interpretation: Kohlenstoffschwarz

Sakristei				
R01-46	Grün	Gewölbe Nord, Lilie	Mobiles Raman	Weddelit (CaC ₂ O ₄ ·H ₂ O), Gips, amorpher Kohlenstoff
R02-46	Schwarze Linie	Gewölbe Nord, Lilie	Mobiles Raman	Anhydrit, Kalk, amorpher Kohlenstoff
R03-46	Schwarz	Gewölbe Nord, Lilie	Mobiles Raman	Plattnerit, Anhydrit, Kalk, amorpher Kohlenstoff
R04-46	Grün	Gewölbe Nord, Lilie	Mobiles Raman	Laurionit PbCl(OH), Gips, amorpher Kohlenstoff
R05-46	Grün	Gewölbe Nord, Lilie	Mobiles Raman	Weddelit (CaC ₂ O ₄ ·H ₂ O), Gips
R06-46	Schwarz	Gewölbe Nord, Lilie	Mobiles Raman	Gips, amorpher Kohlenstoff, eventuell Plattnerit (schwaches Signal)
R07-46	Beige-gelb	Gewölbe Nord, Lilie	Mobiles Raman	Vanadinit Pb ₅ (VO ₄) ₃ Cl, Weddelit (CaC ₂ O ₄ ·H ₂ O), Gips, amorpher Kohlenstoff, eventuell Massicot PbO
R08-46	Gelbe Kontur	Gewölbe Nord, Lilie	Mobiles Raman	Vanadinit Pb ₅ (VO ₄) ₃ Cl, Gips, Kalk, eventuell Massicot PbO
R09-46	Schwarz	Gewölbe Nord, Lilie	Mobiles Raman	Gips, amorpher Kohlenstoff
R10-46	Beige-gelb,	Gewölbe Nord, Lilie, Vertiefung neben R09	Mobiles Raman	Vanadinit Pb ₅ (VO ₄) ₃ Cl, Weddelit (CaC ₂ O ₄ ·H ₂ O), Gips, amorpher Kohlenstoff, eventuell Massicot PbO
R11-46	Beige-gelb,	Gewölbe Nord, Lilie	Mobiles Raman	Vanadinit Pb ₅ (VO ₄) ₃ Cl, Weddelit (CaC ₂ O ₄ ·H ₂ O), Gips, amorpher Kohlenstoff, eventuell Massicot PbO
R12-46	Grün-blau	Gewölbe Nord, Lilie, neben R10	Mobiles Raman	Weddelit (CaC ₂ O ₄ ·H ₂ O), Kalk, Gips, amorpher Kohlenstoff
R13-46	Grün-blau,	Gewölbe Nord, Lilie, neben R12	Mobiles Raman	Weddelit (CaC ₂ O ₄ ·H ₂ O), Gips
R01-7	Grün	Gewölbe Süd, Lilie	Mobiles Raman	Gips
R02-7	Grün	Gewölbe Süd, Lilie	Mobiles Raman	Gips
R11-7	Gelb	Gewölbe Süd, Lilie	Mobiles Raman	Vanadinit Pb ₅ (VO ₄) ₃ Cl, Gips, Kalk
216	Dunkelgrün	Gewölbe Nord, Lilie	pRFA	Fe, P. Interpretation: Vivianit
218	Ausgebleichte grüne Lilie	Gewölbe mitte, Lilie	pRFA	Cu. Interpretation: Kupferpigment
219	Dunkelgrün-gelblich	Gewölbe mitte, Stern	pRFA	Fe, P. Interpretation: Vivianit
221	Ausgeblichener Bereich	dieselbe Lilie wie 220	pRFA	Pb. Interpretation: verblasstes Bleipigment
226	Türkis-grün	Gewölbe Nord, Lilie	pRFA	Cu. Interpretation: grünes Kupferpigment
227	Schwarzer Rand türkisgrüner Lilie	Gewölbe Nord, Rand der Lilie (siehe 226)	pRFA	Pb. Interpretation: verschwärztes Bleipigment
228	Vergrauter ehemals grüner Stern	Gewölbe Nord, Stern	pRFA	Fe, P. Interpretation: Vivianit
229	Vergrauter ehemals grüner Stern	Gewölbe Nord, Stern	pRFA	Fe, P. Interpretation: Vivianit

Ang 1/3	Grünblauer Bereich	Sakristei, Gewölbe, Lilie 46 (grüne Lilie, stellenweise mit gelber Kontur)	pRFA (Nr. 217) REM/EDX am QS	pRFA: Cu REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> · Grünpigment auf Cu-Basis (weitere Elemente: Ca, Si, Cl, S, K, Al, Mg, Fe) · Untergrund stellenweise versintert und vergipst · blaue Bereiche Cu- und Cl-reich (höhere Gehalte als im Grün), außerdem S und hoher Ca-Gehalt · Blau vermutlich Sekundärbildung (keine Pigmentkörner) · blaue Bereiche (Saum im REM) elektronenstrahlempfindlich (EDX-Messungen hinterlassen Löcher) · vereinzelt Cu-Chlorid-Körner ((Atacamit/Paratacamit) · vereinzelt Pb-dominierte Körner · vereinzelt Pb, Cu, Cl-Körner
				
Ang 1/4	Schwarze Kontur (Rahmen)	Sakristei, Gewölbe, Lilie 46 (grüne Lilie, stellenweise mit gelber Kontur)	pRFA (Nr. 223) REM/EDX am QS	pRFA: Pb REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> · Wahrscheinlich Verschwärzung von Bleipigment in Gegenwart von Kupferpigment? · Elementzusammensetzung des schwarzen Saumes: Cu, Pb, Cl (außerdem Ca, S u.a.) · Keine Trennung in „Cu-Schicht“ und „Pb-Schicht“ möglich · Ursprüngliche Pigmentierung und Stratigraphie unklar · Vermutete Sekundärbildungen: Tenorit und Plattnerit · Aufliegende dünne Gipsschicht (hoher Ca-Gehalt)
				
Ang 1/5	Gelber Bereich	Sakristei, Gewölbe, Lilie 46 (grüne Lilie, stellenweise mit gelber Kontur)	pRFA (Nr. 222) REM/EDX am QS Raman am Streupräparat	pRFA: Pb REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> · Gelbes Bleipigment (fälschlich Massicot vermutet) · Poröse vergipste Malschicht Raman: <ul style="list-style-type: none"> · wesentliche Pigmente der Malschicht: Vanadinit $Pb_5(VO_4)_3Cl$ und Mennige · Gips und Kalk
				
Ang 1/6	Grauvioletter Bereich	Sakristei, Gewölbe, Lilie 7 (grauviolette Lilie mit gelber Kontur)	pRFA (Nr. 231) REM/EDX am QS	pRFA: Pb REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> · Ursprünglich Pb-Pigment (Farbe?) · Pigmentumwandlung (Verschwärzung): Plattneritbildung · Stellenweise zusätzlich Bleichchlorid · Keine Vergipsung
				

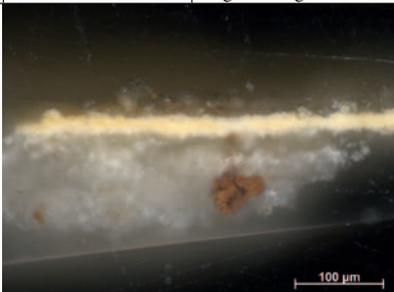
Ang 1/7	Graue bzw. gelbe Kontur	Sakristei, Gewölbe, Lilie 7 (grauviolette Lilie mit gelber Kontur)	pRFA (Nr. 230) REM/EDX am QS	pRFA: Fe, Si, K REM/EDX: Graue Teilprobe, ohne sichtbares Gelb <ul style="list-style-type: none"> · Pigment: Vivianit, im frischen Zustand farblos, schnell blau, grün, violett, schwarzblau anlaufend · Untergrund porös und vergipst Gelbliche Teilprobe <ul style="list-style-type: none"> · „Vivianit“ Bleisulfat-Sekundärbildung als Säume · Gipsauflagerung Gelb-blaugrüne Teilprobe <ul style="list-style-type: none"> · REM: homogene Malschicht (Pigment: Vivianit) · Stellenweise von Gips durchsetzt · Kein Gelbpigment (kein Blei) · Evtl. etwas Ocker
				
Ang 1/8	Graugrüner Bereich	Sakristei, Gewölbe, Lilie 5 (graugrüne Lilie)	REM/EDX am QS	REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> · Stratigraphie: Putz / Tünche / Malschicht · Putz mit Sinterschicht · Tünche porös und vergipst · Pigment: Vivianit · Malschicht stellenweise von Gips durchsetzt · Malschicht identisch Ang 1/7 Teilprobe B, gelb-blaugraues Probenstück · Mögliche Pigmentveränderung: Farbänderung des Vivianit
				
Ang 1/9	Schwarzer Bereich	Sakristei, Gewölbe, Lilie 6 (grüne Lilie mit schwarzer Kontur)	pRFA (Nr. 220) REM/EDX am QS	pRFA: Pb REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> · Ursprüngliches Grünpigment: vermutlich Atacamit/Paratacamit · Verschwärzung durch Umwandlung in Tenorit · Häufig hohe Sn- und Ca-Gehalte in den Umwandlungsprodukten
				
Ang 1/10	Graue Malschicht	Sakristei, Gewölbe, grauer Stern oberhalb der Lilie 7	pRFA REM/EDX am QS	pRFA: Fe, P REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> · Stratigraphie: Putz / Tünche / Malschicht · Tünche porös und vergipst · Putz stark versintert, aber kaum Gips · Pigment in der Malschicht: Vivianit
				

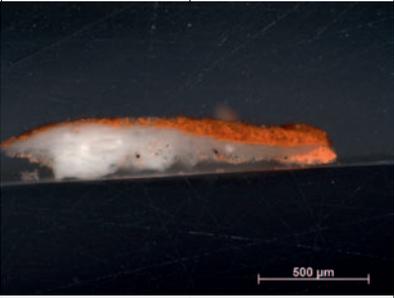
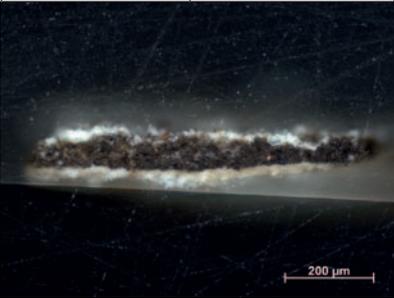
Ang 1/11	Schwarze, stellenweise gelbe Malschicht	Sakristei, Gewölbe, schwarzer, stellenweise gelber Stern oberhalb der Lilie 7	pRFA REM/EDX am QS	pRFA: Pb REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> Stratigraphie: Putz / Tünche / Malschicht Andere Pigmentierung als Ang 1/10 Bleipigment, vermutlich Massicot Umwandlungsprodukte: vermutlich Plattnerit (Verschwärzung) außerdem Pb-Sulfat
				
Ang 2/3	Gelb erscheinende Rahmung reiner Lilie	Sakristei, Gewölbe	pRFA REM/EDX am QS	pRFA: Pb und etwas Fe und P REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> Kaum Pigmente vorhanden (nur punktuell an der Oberfläche) stellenweise Pb-Pigment und Vivianit keine Hinweise auf Pb-Vanadat oder Pb-Chromat (kein V bzw. kein Cr in der EDX) vergipst (porös)
				
Ang 2/4	Grau-schwarz	Gewölbe Süd, Lilie Mitte	pRFA	Pb. Interpretation: umgewandeltes Bleipigment
Ang 2/5	Gelb-grün	Gewölbe Süd, Stern	pRFA	Fe, P. Interpretation: Vivianit
Ang 2/6	Dunkelgrau	Gewölbe Süd, Stern	pRFA	Pb. Interpretation: verdunkeltes Bleipigment
Ang 2/7	Gelber Streifen in dunkler Lilie	Gewölbe Süd, Lilie	pRFA	Fe, P, Pb. Interpretation: Vivianit und verschwärztes Bleipigment
Ang 2/8	Grau	Gewölbe Mitte, graue Rippe	pRFA	Ca. Interpretation: CaCO ₃ und Kohlenstoffschwarz
Ang 2/9	Hellgrau	Gewölbe Nord, verblasste Lilie	pRFA	Cu. Interpretation: verblasstes Kupferpigment

Chorin, Zistersienserkloster – Fürstensaal und Refektorium

Probe	Beschreibung	Entnahmestelle	Analysemethoden	Untersuchungsergebnisse
Fürstensaal – N-Wand – Anbetung der heiligen 3 Könige				
Cho 1/1	Gelbe Malerei	Gelbe Architekturgliederung	REM/EDX am QS Raman am Streupräparat	REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> Stratigraphie: Putz / Tünche / Malschicht Gelbpigment: Pb, V (stellenweise Sn und Ca) Gipsschicht auf der Malerei Ramanspektroskopie im Auflicht: <ul style="list-style-type: none"> Malschicht: Massicot in Ausmischung mit Goethit (für gelben Ocker) Auflagen von Gips und Kalk, PVA
				

Cho 1/2	Dunkle Malschicht	Verdunkeltes Blau	REM/EDX am QS	REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> · Stratigraphie: Putz / Tünche / Malschicht · Kein mineralisches Blaupigment · Im LiMi erkennbares Schwarzpigment ist organisch (eindeutig Schwarz-Pigmentierung und keine Verschmutzung) · Schwerspat in der Malschicht (jüngere Retusche?) · Gipsschicht auf der Malerei · Tünche unter der Malschicht verkarstet
183	Helles rot	Links der Könige	pRFA	Fe, Si, Al. Interpretation: roter Ocker
184	Helles rot	Links der Könige, weiter unten	pRFA	Fe, Si. Interpretation: roter Ocker
185	Weiß	Links der Könige	pRFA	Ca. Interpretation: CaCO_3
186	Dunkelrot	Links der Könige	pRFA	Fe, Si. Interpretation: roter Ocker
187	Gelb	Links der Könige	pRFA	Pb. Interpretation: gelbes Bleipigment
188	Blau	Links oben neben den Königen	pRFA	Cu. Interpretation: blaues Kupferpigment (Azurit?)
189	Weiß	Oberhalb der Könige, Mitte, Original	pRFA	Ca, Pb. Interpretation: CaCO_3 und Bleipigment (Bleiweiß oder ausgebleichten?)
190	Weiß	Oberhalb der Könige, Mitte, Ergänzung	pRFA	Ca. Interpretation: CaCO_3
191	Weiß-beige	Heilige 3 Könige, mittlerer König, Krone	pRFA	Ca. Interpretation: CaCO_3
192	Weiß-grünlich	Linker König, Fuß, unten neu	pRFA	Ca. Interpretation: CaCO_3
193	Weiß-beige	Linker König, Fuß, oben alt	pRFA	Ca. Interpretation: CaCO_3

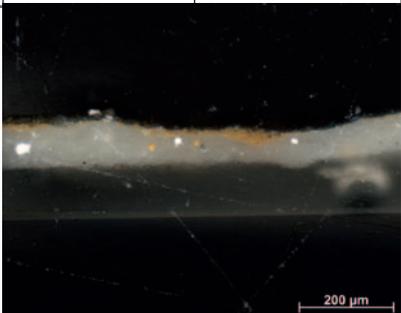
Refektorium – Nordwand				
Cho 1/3	Entfärbtes Ornament	Begrenzungsband	REM/EDX am QS	<ul style="list-style-type: none"> · Stratigraphie: Putz / Tünche · Probe enthält keine Malschicht · Vermutlich keine Entfärbung sondern Malschichtverlust · Einzelne Pigmentreste (Pb-Pigment und Ocker) · Kein Gips
				
Cho 1/4	Gelber Fond	Begrenzungsband	pRFA (Nr.199) REM/EDX am QS Raman am QS	<p>pRFA: Pb, V, Cl</p> <p>REM/EDX:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Stratigraphie: Tünche / Malschicht · Gelbpigment: Bleipigment, V-haltig · Gleiches Gelbpigment wie Cho 1/1 · Hinweise auf Bleichlorid als Sekundärbildung (in geringem Umfang) · Bindemittelmorphologie primär oder verändert? · Gipsschicht auf der Malerei · Häufig hohe Si-Gehalte in der Malschicht (KSE?) <p>Raman: gelbe Malschicht: Vanadinit $\text{Pb}_3(\text{VO}_4)_3\text{Cl}$, keine anderen Pigmente nachweisbar</p>
				

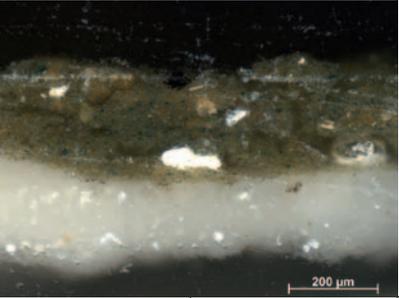
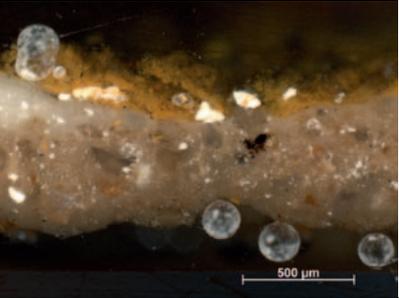
Cho 1/5	Rote Übermalung	Mantel der Maria	REM/EDX am QS	<ul style="list-style-type: none"> · Stratigraphie: Tünche / Malschicht · Rotpigment: Roter Ocker · Am rechten Rand der Probe unter der Tünche Reste einer weiteren roten Malschicht (Pigmente: Zinnober und Mennige) · Hinweise auf Pigmentveränderungen an der Mennige - deutlicher Chlor-Gehalt (teilweise in Bleichlorid umgewandelt) - morphologische Veränderungen · Mennige As-haltig · Äußere rote Malschicht Mischung aus Pigment und Gips (sekundär vergipst?)
				
Cho 1/6	Verschwärztes Grün	Mantel des Johannes	REM/EDX am QS Raman am Streupräparat	<p>REM/EDX:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Stratigraphie: Tünche / Malschicht · Größere, teilweise Cu-haltige Mineralkörner in der Malschicht - Cu-Silikate als Grünpigment? · Pb, Cu, Cl-haltige Sekundärbildungen als Säume um die Mineralkörner · An der Oberfläche Bleichlorid-reiche Säume (meist auch Cu-haltig) · Herkunft des Bleis? · Ursache der Schwärzung vermutlich Tenorit (Pb meist als Cl gebunden) <p>Raman:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Schwarze Pigmentumwandlung an der Malschichtoberseite: Tenorit · Grünes Korn an der Malschichtunterseite: Atacamit (Pigment oder Sekundärbildung)
				
Cho 1/7	Rote Malschicht	Roter Fond neben	pRFA (Nr.203) REM/EDX am QS	<p>pRFA: Fe, Si, Al. Interpretation: roter Ocker</p> <p>REM/EDX:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Stratigraphie: Reste einer Malschicht / Kalktünche / Rote Malschicht · Körner des Malschichtrestes am unteren Rand der Probe: Schwer-spat, Bi-As-Cu-haltige Körner · Rotpigment der roten Malschicht: Roter Ocker · Rote Malschicht nicht vergipst (Unterschied zu Cho 1/5)
				
194	Gelb	Westwand, Ecke unten	pRFA	Pb, V, Cl. Interpretation: gelbes Bleipigment (evtl. Vanadinit?)
195	Gelb	Westwand, Schildrippe oben	pRFA	Fe, Si, Al. Interpretation: gelber Ocker
196	Weiß	Ranke	pRFA	Pb. Interpretation: Bleipigment (Bleiweiß oder ausgebleichenes Bleipigment)
197	Weiß	Innere Rahmung	pRFA	Ca. Interpretation: CaCO ₃
198	Gelb	Strich	pRFA	Pb, V, Cl. Interpretation: gelbes Bleipigment (evtl. Vanadinit?)
200	Gold?	Goldreflex im Mariengewand	pRFA	Pb, Hg, Fe, Si, Al. Interpretation: kein Gold, Zinnober?, Bleipigmente und Ocker?
201	Grün-gelb	Gewand (original)	pRFA	Pb. Interpretation: Bleipigmente
202	Weiß	Gewand Maria	pRFA	Pb. Interpretation: Bleiweiß oder ausgebleichenes Bleipigment?
204	Rot	Linie, Erstfassung	pRFA	Pb. Interpretation: Mennige
205	Grün-gelb	Johannes, Gewand	pRFA	Pb. Interpretation: gelbes Bleipigment?
206	Kühles grün	zweite Fassung	pRFA	Cu, Pb. Interpretation: grünes Kupferpigment, im Untergrund Bleipigment?
207	Schwach rot	Inkarnat	pRFA	Ca, Pb. Interpretation: Ausmischung CaCO ₃ und Mennige?
208	Gelblich weiß	Hintergrund	pRFA	Ca, Fe. Interpretation: Ausmischung CaCO ₃ und gelber Ocker
209	Weiß	Mantel Maria	pRFA	Ca. Interpretation: CaCO ₃
210	Gelb	Hintergrund	pRFA	Fe, Si, Al. Interpretation: gelber Ocker
211	Hellrot	Mariengewand	pRFA	Ca, Fe, Si, Al. Interpretation: CaCO ₃ und roter Ocker
212	Rot	Mariengewand	pRFA	Pb, Fe, Si, Al. Interpretation: mehrere Schichten oder Ausmischung von Mennige und roter Ocker?

Lübbenow - Feldsteinkirche aus dem 15. Jahrhundert				
Probe	Beschreibung	Entnahmestelle	Analysemethoden	Untersuchungsergebnisse
Lüb 1/1	Ursprüngliches Grün	N-Wand, Empore, rechter Apostel neben Matthias	pRFA (Nr. 151) REM/EDX am QS	pRFA: Cu, Cl, Ba, Zn, S REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> Stratigraphie: 2x Kalktünche / dünne Kalkschicht / Retusche Unmittelbar an der Oberfläche Schwerspat und Zink (vermutlich Zinkweiß) → Retusche mit Lithopone zwei Cu-Chlorid-Körner → ursprüngliches Grünpigment: Atacamit oder nachträglich in Cu-Chlorid umgewandelter Malachit
Lüb 1/2	Ursprüngliches Blau	N-Wand, Empore, Apostel Matthias	pRFA (Nr. 143) REM/EDX am QS	pRFA: Cu REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> Stratigraphie: Kalktünche / blaue Malschicht / (braune Malschicht) / Retusche Blaupigment: Azurit Weitere Bestandteile in der blauen Malschicht: Eisenoxidkörner, Apatit, Quarz, Cu-haltige Mineralkörner, Azurit-K-Feldspat-Paragenesen Stellenweise Reste einer braunen Ockerschicht zwischen Blau und Retusche Retusche überwiegend Schwerspat, stellenweise Spuren von Zink
Lüb 1/3	Vermutlich nicht originales Blau	N-Wand hinter der Empore, Apostel Matthias, Ärmelaufschlag	pRFA (Nr. 149) REM/EDX am QS	pRFA: nur Ca, kein Cu REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> Stratigraphie: Kalktünche(n) / Malschicht Kein mineralisches Pigment Punktuell Scherspat-Partikel an der Oberfläche
Lüb 1/4	Verschwärzte Malschicht	N-Wand, Empore, verschwärzte Kappe des heiligen Georg	pRFA (Nr. 160) REM/EDX am QS	pRFA: Pb REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> Stratigraphie: Kalktünche / Malschicht Pigmente: Mennige (vermutlich), Bleizinnigelb (wenig) Pigmentveränderungen: Verschwärzung durch Plattnerit-Bildung
144	Grau	N-Wand, Empore linker Apostel, Bart	pRFA	Ca, Ba, Zn, S. Interpretation: Übermalung mit Lithopone und Kohlenstoffschwarz?
145	Weiß	N-Wand, Empore, linker Apostel, Bart	pRFA	Ca, Ba, Zn, S. Interpretation: Übermalung mit Lithopone
146	Violett	N-Wand, Empore, linker Apostel, linke Schulter	pRFA	viel Ca und etwas Pb. Interpretation: umgewandeltes Bleipigment?

147	Rot	N-Wand, linker Apostel, Krawattenspitze	pRFA	Fe, Si, Al. Interpretation: roter Ocker
148	Hellgrün	N-Wand, Blatt zwischen Aposteln	pRFA	Cr, Ba, Zn, S und etwas Cu. Interpretation: ursprünglich grünes Kupferpigment, Übermalung mit Chromoxid- oder Chromoxidhydratgrün und Lithopone
150	Hellgrün	N-Wand, rechter Apostel, linker Arm	pRFA	Ba, Zn, S. Interpretation: Übermalung mit Lithopone
152	Schwarz	N-Wand, rechter Apostel, Mund	pRFA	Pb. Interpretation: verschwärzte Mennige, wahrscheinlich Umwandlung zu Plattnerit (PbO ₂)
153	Gelb	N-Wand, rechter Apostel, Heiligenschein	pRFA	Fe, Si, Al. Interpretation: gelber Ocker
154	Weiß	N-Wand westlicher Teil, Inkarnat	pRFA	Ca. Interpretation: CaCO ₃
155	Rot	N-Wand westlicher Teil, rote Ranke bei Fluoreszenz	pRFA	Fe, Si, Al. Interpretation: roter Ocker
156	Grün	N-Wand westlicher Teil, Arm des Apostels	pRFA	Cu. Interpretation: Kupfergrün
158	Blau	N-Wand, Georg, Band unter dem Kopf	pRFA	Cu. Interpretation: Kupferblau (Azurit)
159	Schwarz	N-Wand östlicher Teil, Madonna, Mund	pRFA	Pb. Interpretation: verschwärzte Mennige, wahrscheinlich Umwandlung zu Plattnerit (PbO ₂)
161	Gelb	N-Wand östlicher Teil, Madonna, Haar	pRFA	Fe, Si, Al. Interpretation: gelber Ocker
162	Grün	N-Wand östlicher Teil, Madonna, Edelstein	pRFA	Cu, Cr, Ba, Zn, S. Interpretation: ursprünglich grünes Kupferpigment, Übermalung mit Chromoxid- oder Chromoxidhydratgrün und Lithopone
163	Schwarz	N-Wand östlicher Teil, Madonna, Edelstein	pRFA	Pb. Interpretation: verschwärzte Mennige, wahrscheinlich Umwandlung zu Plattnerit (PbO ₂)

Auf den Innenwänden ist allseitig und nahezu vollflächig Wandmalerei vom Anfang des 16. Jahrhunderts vorhanden. Die Malereizone, ca. 2,20 m hoch, zeigt umlaufend figürliche Darstellungen, die voneinander durch rotes Rankenwerk mit Granatäpfeln geschieden sind. 1979 wurde die Ausmalung im Schiff „entdeckt“ und ab dann durch den Kirchenmaler Eginhard Dräger freigelegt und restauriert. Der Fries wurde insgesamt in Rot, die Malerei mal mehr mal weniger in den Konturen, teils auch Binnendetails nachgezogen, dabei den Charakter mitprägend, wenn auch nicht vollkommen entstellend. Die restauratorischen Zutaten sind schwer vom Original zu unterscheiden. Analytisch können aber Lithopone und Chromoxidgrün der Übermalung von 1979 zugeordnet werden.

Maria Magdalenen Kirche Eberswalde – Wandbild Kreuzigung				
Probe	Beschreibung	Entnahmestelle	Analysemethoden	Untersuchungsergebnisse
Ebe 1/1	Wade Christus	Hautfarbe, stark verdunkelt	REM/EDX am QS	<ul style="list-style-type: none"> · Ockerfarbene und graue Malschichtbereiche Ocker: <ul style="list-style-type: none"> - Pigmente: Gelber Ocker, Pb-haltige Partikel (teilw. Pb, Cr) - Oberflächennaher Abschnitt (etwa 50 µm) vergipst - Malgrund: Kalktünche Grau: <ul style="list-style-type: none"> - vergipste Malschichtreste auf einer Tünche - vermutlich stark verändertes Bleipigment: Pb und S dominierend (vermutlich Pb-Sulfat, evtl. zusätzlich vermutlich Plattnerit (schwarz), etwas Pb-Chlorid), stellenweise Spuren von P) - Malgrund: Kalktünche mit Kalkspatzen
				

Ebe 1/2	Gelber Grundton mit grüner Schattierung	Figur rechts des Christus, gelbes Gewand	REM/EDX am QS Raman am QS	REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> Stratigraphie: Gelbgrüne Malschicht auf Kalktünche Kalktünche porös, stellenweise vergipst, nicht pigmentiert Gelbgrüne Malschicht Ausmischung aus gelben und „grünen“ Pigmenten - „Grünpigment“: Vivianit - Gelbpigment: Gelber Ocker - weitere Bestandteile: Kaolinit, Kalk - Nicht vergipst (Unterschied zu den Vergleichsproben, s.u.) Raman: <ul style="list-style-type: none"> Malschicht mit sehr feiner Körnung: Kalk und Weddelit $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
				
Ebe 1/3	Grüne Malschicht	Mantel des Johannes	REM/EDX am QS	<ul style="list-style-type: none"> Ursprüngliches Cu-Pigment: Grünspan (charakteristische Morphologie) Weiteres Cu-Grün-Pigment: Kupferchlorid (vermutlich Sekundärbildung) Pflanzenschwarzpartikel in der Malschicht Malschicht vergipst, zusätzlich aufliegende Gipsschicht
Ebe 1/4	Gelbe Malschicht	Kreuzbalken	REM/EDX am QS	<ul style="list-style-type: none"> Stratigraphie: Putz / Kalktünche / Gelbe Malschicht / Verschmutzung Pigmente: <ul style="list-style-type: none"> gelber Ocker, evtl. gelbes Bleipigment (Pb, Cr-Partikel) Dunkle Schicht: keine Pigmente, keine Pigmentveränderung Verschmutzung
				
Ebe 1/5	Gelbe Malschicht	Mantel des Johannes	Polarisationsmikroskopie	Nachweis über charakteristischen Pleochroismus (siehe Vivianitbeitrag 3.1)
Ebe 1/6	Gelbe Malschicht	Mantel der Maria	REM/EDX am Streupräparat Raman am Streupräparat	REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> Vivianit Gelber Ocker Vereinzelt Mineralkörner (Quarz) Gips (Sekundärbildung) Vergleichsprobe zum „Gelbgrün“ Ebe 1/2), gleiche Pigmente (Gelber Ocker, Vivianit) Raman: <ul style="list-style-type: none"> gelbe Malschicht enthält auch dunkel-grünblaue Kristalle: Vivianit + weitere Phase Gips
Ebe 1/7	Gelbe Malschicht	Mantel der Maria (andere Stelle als Ebe 1/6)	REM/EDX am Streupräparat	REM/EDX: <ul style="list-style-type: none"> Pigmente: Vivianit, Gelber Ocker Vereinzelt Mineralkörner (Quarz) Gips (Sekundärbildung) Weitere Vergleichsprobe zum „Vivianit-Gelb“ (zu Ebe 1/2 und Ebe 1/6) identische Ergebnisse

Ebe 1/8	Rote Malschicht	Mantel des Johannes	REM/EDX am Streupräparat	<ul style="list-style-type: none"> · Ergebnisse s. Ebe 1/13 (gleiches Probenmaterial, aber als Querschliff) <p>Raman:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Burnt Sienna $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_3\text{O}_4$, Vanadinit (!), Massicot, Hämatit · Dicke Gipskruste
Ebe 1/10	Gelbe Malschicht	Mantel der Maria (andere Stelle als Ebe 1/2, 1/6 und 1/7)	REM/EDX am Streupräparat	<ul style="list-style-type: none"> · Pigmente: Vivianit, Gelber Ocker · Gips (Sekundärbildung) · Weitere Vergleichsprobe zum „Vivianit-Gelb“ (zu Ebe 1/2, Ebe 1/6 und Ebe 1/7), identische Ergebnisse.
Ebe 1/11	Gelbe Malschicht	Mantel des Johannes, Innenfutter	REM/EDX am Streupräparat	<ul style="list-style-type: none"> · Pigmente: Vivianit, Gelber Ocker · Gips (Sekundärbildung) · Weitere Vergleichsprobe zum „Vivianit-Gelb“ (zu Ebe 1/2, 1/6, 1/7 und 1/10), identische Ergebnisse.
Ebe 1/13	Rote Malschicht	Mantel des Johannes	REM/EDX am QS	<p>REM/EDX:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Pigmente: Roter Ocker, Bleipigment (Mennige), Schwarzpigment (organ.) (Pb-Pigment enthält in Ebe 1/8 V oder Cr als Nebenbestandteile) · kein Zinnober · Bi-Partikel (1x) · Gips als Sekundärbildung · Bleichlorid als Sekundärbildung (aus der Mennige)

Prenzlau – Dominikanerkloster – Refektorium

Probe	Beschreibung	Entnahmestelle	Analysemethoden	Untersuchungsergebnisse
164	Schwarz	Südwand, Gewand, Kardinal	pRFA	keine charakteristischen Elemente. Interpretation: Kohlenstoffschwarz
165	Gelb	Südwand, Stab Kardinal	pRFA	Pb. Interpretation: gelbes Bleipigment
166	Rot-braun	Südwand, Umrandung	pRFA	Fe, Si, Al. Interpretation: roter Ocker
167	Rot	Südwand, Buchdeckel	pRFA	Pb. Interpretation: Mennige
168	Rot	Südwand, Gewand oben	pRFA	Fe, Si, Al. Interpretation: roter Ocker
169	Rot	Südwand, Mütze	pRFA	Pb. Interpretation: Mennige
170	Gelb	Südwand, Hintergrund	pRFA	Fe, Si, Al. Interpretation: gelber Ocker
171	Gelb	Südwand, Brosche	pRFA	Fe, Si, Al. Interpretation: gelber Ocker
172	Gelb	Südwand, Brett oberhalb Buch	pRFA	Fe, Si, Al. Interpretation: gelber Ocker
173	Hellblau	Südwand, Geiselung Hut	pRFA	Cu, Pb. Interpretation: blaues Kupferpigment (Azurit), Ausmischung oder Grundierung mit Bleiweiß?
174	Schwach grün / blau	Südwand, Geiselung, Hut rechts	pRFA	Cu. Interpretation: Kupferpigment, eventuell umgewandelt?
175	Fluoreszierende Stelle	Südwand, unterhalb Geiselung	pRFA	Pb. Interpretation: Bleipigment
176	Rot-orange	Westwand, Sünderin, Lazarus Gewand	pRFA	Pb. Interpretation: Mennige

Kuhz – Feldsteinkirche aus dem 13. Jh.				
Probe	Beschreibung	Entnahmestelle	Analysemethoden	Untersuchungsergebnisse
178	Grün	N-Wand, Kreuzabnahme, Gewand	pRFA	Cu. Interpretation: Kupfergrün
179	Braun-rot auf grün	N-Wand, Ornament, Schablonierung	pRFA	Fe, Si, Al, Cu und Pb. Interpretation: roter Ocker, Bleipigment auf Kupfergrün?
180	Blau	S-Wand, Streifen	pRFA	Cu. Interpretation: Kupferblau (Azurit)
181	Dunkel violett-braun	S-Wand	pRFA	Fe, Mn, Si, Al. Interpretation: brauner Ocker



Abb. 1: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Triptychon, Feld I, Lokalisierung der Messpunkte (RFA)



Abb. 2: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Triptychon, Feld III, Lokalisierung der Messpunkte bzw. der Probeentnahmestellen (RFA, REM/EDX)



Abb. 3: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Nordportal, Lokalisierung der Messpunkte bzw. der Probeentnahmestellen (RFA, REM/EDX)



Abb. 4: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Mondsichelmadonna, Lokalisierung der Messpunkte bzw. der Probeentnahmestellen (RFA, REM/EDX)



Abb. 5a: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Griffenpfeilsches Erbgrabnis, Gewölbe, Lokalisierung der Probeentnahmestellen (REM/EDX)



Abb. 5b: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Griffenpfeilsches Erbgrabnis, Lokalisierung der Messpunkte (RFA)

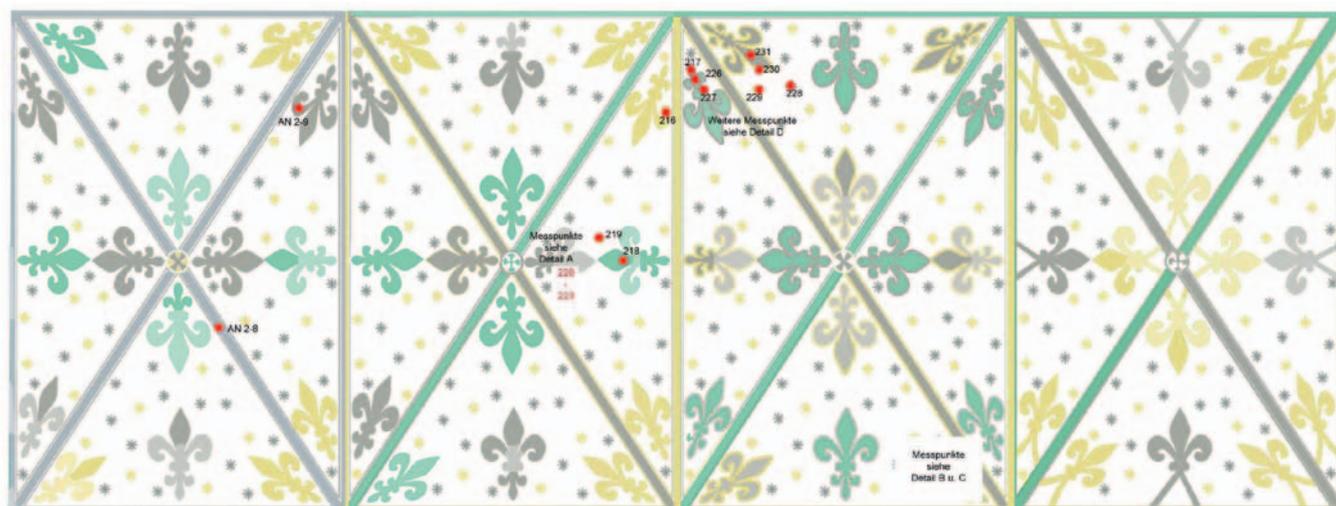


Abb. 6: Angermünde, Franziskanerklosterkirche, Sakristei, Überblick über das Gewölbe, Lokalisierung der Messpunkte bzw. der Probenentnahmestellen (RFA, REM/EDX und Raman)



Abb. 7: Angermünde, Franziskanerklosterkirche, Sakristei, Gewölbe, Joch III, Detail A, Lokalisierung der Messpunkte bzw. der Probenentnahmestellen (RFA, REM/EDX und Raman)



Abb. 8: Angermünde, Franziskanerklosterkirche, Sakristei, Joch II zur Südwestwand, Detail B, Lokalisierung der Messpunkte bzw. der Probenentnahmestellen (RFA, REM/EDX und Raman)

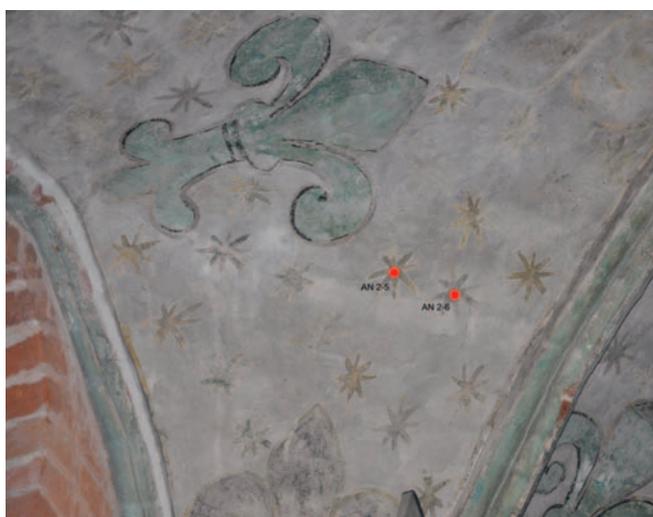


Abb. 9: Angermünde, Franziskanerklosterkirche, Sakristei, Joch II zur Südwestwand, Detail C, Lokalisierung der Messpunkte bzw. der Probenentnahmestellen (RFA, REM/EDX und Raman)



Abb. 10: Angermünde, Franziskanerklosterkirche, Sakristei, Joch II zur Nordwestwand, Detail D, Lokalisierung der Messpunkte bzw. der Probenentnahmestellen (RFA, REM/EDX und Raman)



Abb. 11: Chorin, Zisterzienserkloster, Fürstensaal, Nordwand, Lokalisierung der Messpunkte (RFA) – Detail: siehe Abb. 14



Abb. 12: Chorin, Zisterzienserkloster, Fürstensaal, Nordwand, Detail des in Abb. 13 gekennzeichneten Bereichs, Lokalisierung der Messpunkte bzw. der Probeentnahmestellen (RFA, REM/EDX, Raman)

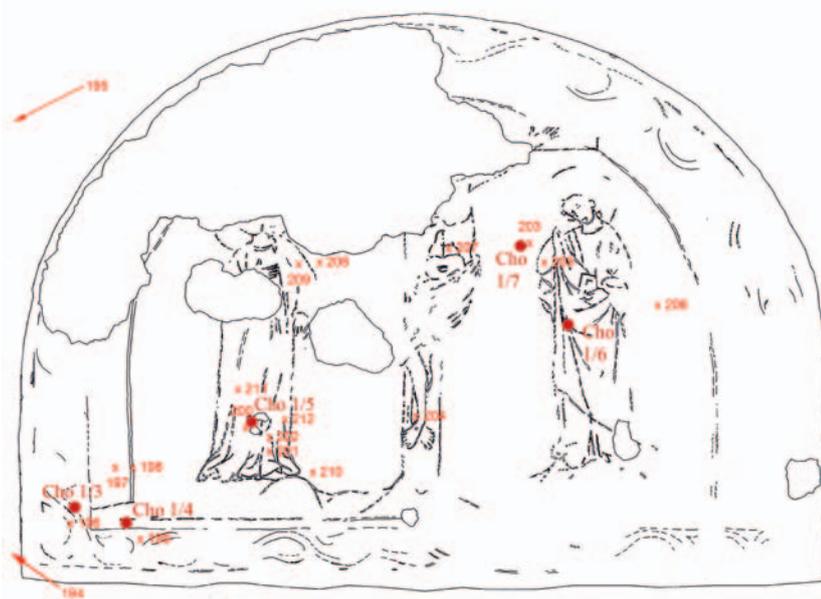


Abb. 13: Chorin, Zisterzienserkloster, Refektorium, Nordwand, Lokalisierung der Messpunkte bzw. der Probeentnahmestellen (RFA, REM/EDX)



Abb. 14: Lübbenow, Feldsteinkirche, Nordwand, Apostel, Lokalisierung der Messpunkte bzw. der Probeentnahmestellen (RFA und REM/EDX)



Abb. 15: Lübbenow, Feldsteinkirche, westlicher Nordwand, Lokalisierung der Messpunkte bzw. der Probeentnahmestellen (RFA und REM/EDX)



Abb. 16: Lübbenow, Feldsteinkirche, Nordwand, Heiliger Georg, Lokalisierung der Messpunkte bzw. der Probeentnahmestellen (RFA und REM/EDX)



Abb. 17: Lübbenow, Feldsteinkirche, Strahlenkranzmadonna, Lokalisierung der Messpunkte bzw. der Probeentnahmestellen (RFA und REM/EDX)

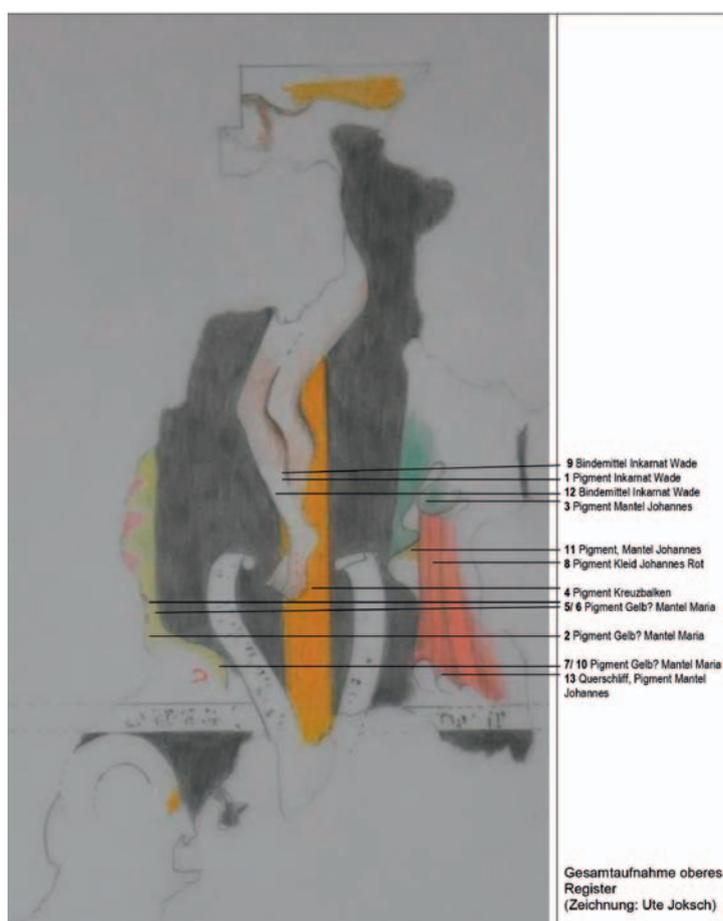


Abb. 18: Eberswalde, Maria Magdalena Kirche, Lokalisierung der Messpunkte bzw. der Probeentnahmestellen (Polarisationsmikroskopie, REM/EDX und Raman)



Abb. 19: Prenzlau, Dominikanerkloster, Gästerefektorium, Südwand, Lokalisierung der Messpunkte (RFA)



Abb. 20: Prenzlau, Dominikanerkloster, Gästerefektorium, Südwand, Geislung, Lokalisierung der Messpunkte (RFA)



Abb. 21: Prenzlau, Dominikanerkloster, Gästerefektorium, Südwand, unter Geislung, Lokalisierung des Messpunktes N° 175 (RFA)



Abb. 22: Prenzlau, Dominikanerkloster, Gästerefektorium, Südwand, Lokalisierung des Messpunktes N° 168 (RFA)



Abb. 23: Prenzlau, Dominikanerkloster, Gästerefektorium, Westwand, Lazarus, Lokalisierung des Messpunktes N° 176 (RFA)

3. Neue Ergebnisse zu Pigmenten und Pigmentveränderungen

FRANK SCHLÜTTER, BÄRBEL ARNOLD, UTE JOKSCH, STEFFEN LAUE, JAN RAUE, MARTIN ZIEMANN

3.1 „...und Maria trägt einen gelben Mantel“ – Interdisziplinäre Forschung zur Pigmentumwandlung von Vivianit

3.1.1 Einleitung

Die Maria-Magdalenen-Kirche in Eberswalde gehört zu den bedeutendsten Stadtkirchen der untersuchten Region Nordost-Brandenburg. Stilistisch der Choriner Klosterkirche folgend, hatten am Ende des 14. Jahrhunderts sogar die Markgrafen von Brandenburg, das heißt die Söhne Kaiser Karl IV., das Patronat über die Kirche.

Der Innenraum wurde jedoch in den 1870er Jahren erheblich unter Hermann Blankenstein, wohl in Fortführung eines Plans von Friedrich August Stüler¹, mit einer neogotischen Ausstattung umgestaltet. Außerdem erfolgte die Rückführung des Baus zu einer Basilika. Trotz der gravierenden Einwirkungen auf die Wandflächen blieben Fragmente einer monumentalen Kreuzigung erhalten und zwar vom heutigen Kirchenraum aus nicht zu sehen, versteckt, seitlich des sehr schmalen Aufgangs zu den Emporen der Südseite. Das Wandbild mit einer Höhe von über sechs Metern befand sich ursprünglich dominant an der östlichen Kirchenschiffwand im Kirchenraum. Im oberen Register befindet sich eine lebensgroße Kreuzigung deren Kreuzbalken sich in ungewöhnlicher Weise bis in das untere Register erstreckt, wo ein Heiligenschein und Gewandfragmente die Darstellung von Propheten nur noch erahnen lassen. Die Monumentalität, die vollflächige, lasierend wie ein Tafelbild ausgeführte Malerei, die starke Krümmung der Christusfigur und die schwungvollen Faltenformen sprechen unter anderem dafür, dass es sich sowohl aus maltechnologischer, als auch aus stilistischer Sicht um eine der wenigen noch erhaltenen Wandmalereien in der Mark Brandenburg handelt, welche unmittelbar mit dem Einzug Kaiser Karl IV. im Jahr 1373, in Zusammenhang zu bringen ist.

Heute können wir die Malerei jedoch nur noch mit einem Abstand von weniger als einem Meter betrachten. Das heißt, abgesehen vom fragmentarischen und sehr verschmutzten Zustand, sind nur kleine Bildetails überschaubar. Zunächst fallen der kräftig ockergelbe Kreuzbalken, ein Schriftzug sowie rote, grüne und gelbe Gewandfragmente auf. Der gelbe Gewandfarbton linkerhand der Kreuzigung lässt aufmerken, denn zu hell und kühl ist der Ton, als dass es sich um gelben Ocker handeln könnte (Abb. 1). Was käme für die mittelalterliche Pigmentpalette noch in Frage? Bleizinnigelb oder das selten verwendete, sogenannte Massicot?

In einem wirkungsvollen Kontrast vor einem vollflächig schwarzen Hintergrund steht rechterhand, wie üblich bei einer Kreuzigung, Johannes der Evangelist, dargestellt mit einem roten Kleid und einem grünen Mantel. Maria, dem ikonogra-

fischen Topos entsprechend linkerhand des Kreuzbalkens stehend, trägt einen gelben, kaskadenartig fallenden Mantel mit rotem Innenfutter über dem weißen Kleid. Diese Beschreibung der Gewänder lässt den Kunsthistoriker innehalten, denn fragwürdig ist die Verwendung eines gelben Pigmentes für Marias Mantel. Gelb ist, wenn es nicht als Ersatz für Gold dient, im westeuropäischen Kulturkreis die Farbe der aus der Gesellschaft Ausgestoßenen, der Aussätzigen, der Ketzer, der Verräter, so auch die Farbe des Judas.² Das Tragen eines gelben Mantels für die Darstellung der Maria ist aus Sicht der Farbsymbolik demnach unmöglich, denn Blau, die Farbe der Unendlichkeit, des Himmels, des Himmlischen - biblisch begründet die Farbe der Wahrheit und Treue - ist im späten Mittelalter zusammen mit Rot und Weiß, der Farbe der Reinheit und Unschuld, zum Farbton für die Gewänder der Madonnen geworden (Abb. 2).

Bemerkenswert ist, dass das Erscheinungsbild des Gelbfarbtons bei der Eberswalder Kreuzigung zunächst nicht auf eine Pigmentumwandlung hindeutet, was ungewöhnlich ist, wie auch die unten beschriebenen Angermünder Beispiele veranschaulichen. Mit der homogen gelben Oberfläche akzeptieren wir zunächst die Verwendung eines gelben Pigments. Erst der ikonografische Widerspruch lässt eine Pigmentveränderung vermuten. War schon mit dem auffallend hellen Gelbfarbton die Entnahme einer Pigmentprobe von Interesse, so haben wir nun das Ergebnis der Pigmentanalyse mit Spannung erwartet.

Welcher Umwandlungsprozess käme in Frage, wenn wir ein gelbes Pigment sehen, aber eigentlich ausschließlich mit einem blauen Pigment rechnen müssen? Für diesen Prozess ist uns nur die Pigmentveränderung des blauen Vivianits bekannt.

3.1.2 Mineralogische Grundlagen

Vivianit ist ein häufig vorkommendes Eisen (II)-Phosphat-Mineral und wurde nach seinem Entdecker, dem walisischen Mineralogen John Henry Vivian (1785–1855) benannt. Es kristallisiert im monoklinen Kristallsystem mit der chemischen Zusammensetzung $\text{Fe}_3^{2+}[\text{PO}_4]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ und entwickelt oft lange, prismatische bis nadelige Kristalle, aber auch faserige bis erdig-pulvrige Aggregate. Synonyme für Vivianit sind Blau-eisenerde, Eisenblau, Eisen-Phyllit, Glaukosiderit, Mullinit, Natürliches Berlinblau, Phosphorsaures Eisen, Eisenphosphat und Phosphoreisensinter (Mineralienatlas 2017).

Im frischen Zustand ist Vivianit zunächst farblos. An der Luft oxidiert Vivianit sehr schnell vom Fe^{2+} zum Fe^{3+} und färbt sich blau, grün, violett oder schwarzblau. Es ist unbeständig gegenüber Säuren, Licht und Lagerung in feuchter Atmosphäre.



Abb. 1a: Eberswalde, Maria-Magdalenen-Kirche, Kreuzigung, Messbild: Messbildstelle Dresden



Abb. 1b: Eberswalde, Maria-Magdalenen-Kirche, Kreuzigung, Zeichnung: Ute Joksch



Abb. 3: Vivianit, Tagebau Cottbus-Nord, Westböschung, in Höhe der Ortslage Wilmersdorf, Fund Februar 2014, ca. 50 cm breiter Block Raseneisenstein mit Vivianit-Mineralisation

Abb. 4: Vivianitkristalle auf Quarz, Kaolingrube Caminau, Oberlausitz, Fund 1986, Sammlung Sauer, Copyright Dendrocopos

Vivianit findet sich auf Magnetkies- bzw. Zinnlagerstätten, Brauneisenstein und in tertiären Gesteinsschichten. Es ist sehr verbreitet, wenn auch nicht in größeren Massen, tritt auch in Ton und Torf auf und füllt zuweilen das Innere von fossilen Muscheln, Knochen und Baumstämmen. Vivianit bildet sich auch in Eisenlagerstätten durch Oxidation (Verwitterung). Vorkommen befinden sich demzufolge auch in den Braunkohlenlagerstätten südlich von Berlin (Abb. 3). In der Kiesgrube Babben, Landkreis Elbe-Elster wurden Vivianitkristalle von 4-5 mm Durchmesser aufgefunden (ROTH 1991). Fundorte des Vivianits in der näheren Umgebung befinden sich ebenso im Harz, im Erzgebirge, in der Oberlausitz und auch im Riesengebirge (Abb. 4). Trotz der deutlichen Hinweise auf Fundstätten und Verwendung im Süden Brandenburgs (ROTH 1991) konnte in umfangreichen Untersuchungen an den Malereien mehrerer Kirchen und Bürgerhäuser die Verwendung von Vivianit als Pigment in dieser Region nicht nachgewiesen werden.

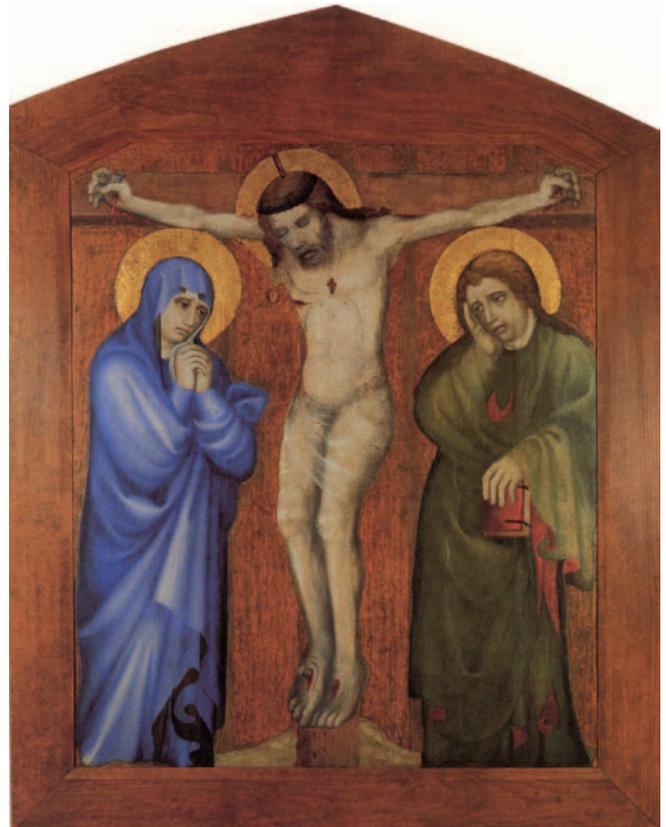


Abb. 2: Burg Karlstein, Heilig-Kreuz-Kreuzkapelle, Meister Theoderich Prag 1360-64, aus: Fajt, Jiří (Hg.): Karl IV. Kaiser von Gottes Gnaden. Kunst und Repräsentation des Hauses Luxemburg 1310 – 1437, München/Berlin 2006, S. 67, Abb. II.30.

Vivianit wurde bereits in der Antike als Pigment verwendet. In den mittelalterlichen Wandmalereien wurde es hauptsächlich in England und Mitteleuropa angewandt. Die Veränderungen der blauen Vivianitkristalle zu gelblich-grünen Eisenphosphaten werden bei HERM (2009) beschrieben. Als Ursache für diese Farbveränderung vermutet er die bekannte Lichtempfindlichkeit und die weitere, im Prinzip fast vollständige Oxidation des Fe^{2+} zum Fe^{3+} an. Diese Vermutung konnte durch Untersuchungen an mittelalterlichen Tafel- und Fassmalereien durch STEGE et al. (2009) bestätigt werden.

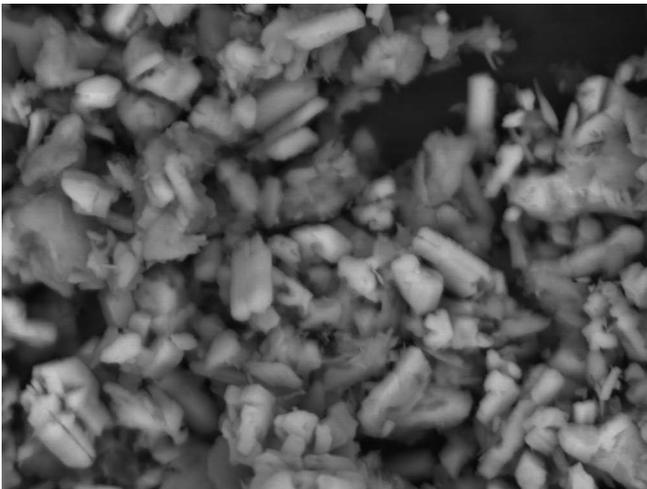
3.1.3 Pigmentanalysen

REM/EDX-Untersuchungen

Der Kreuzbalken (am rechten Rand in Abb. 5) wurde mit gelbem Ocker gemalt. Vom Mantel der Maria wurden an zwei Stellen Proben der gelben Malschicht entnommen. Die Untersuchung erfolgte direkt an den entnommenen Partikeln mittels REM/EDX. Übereinstimmend konnte an beiden Proben Vivianit als farbgebender Bestandteil nachgewiesen werden (Abb. 6 und 7). Der Elementbestand (Fe und P) sowie die körnige Morphologie sind charakteristisch für Vivianit. Die weiteren Elemente, die im Spektrum enthalten sind, insbesondere Si, Al, Mg und Na, sind vermutlich auf mineralische Nebenbestand-



Abb.5: Eberswalde, Maria-Magdalena-Kirche, Detail Kreuzigung, links Mariengewand, rechts Kreuzbalken



Ebe 1/6 20 kV 7 µm

Abb. 6: Ebe 1/6. Pigmente der gelben Malschicht vom Mantel der Maria. Vivianit (helle Kristalle) und gelber Ocker (dunklere Phase). [REM-RE-Aufnahme an einem Streupräparat]

teile aus der Umgebung des eigentlichen Pigmentes zurückzuführen. In der REM-RE-Aufnahme ist zu erkennen, dass neben dem hellen Vivianit eine weitere, etwas dunkler erscheinende und morphologisch unterscheidbare Phase, vorhanden ist. Nach EDX-Analyse handelt es sich dabei sehr wahrscheinlich um einen gelben Ocker (Abb. 8).

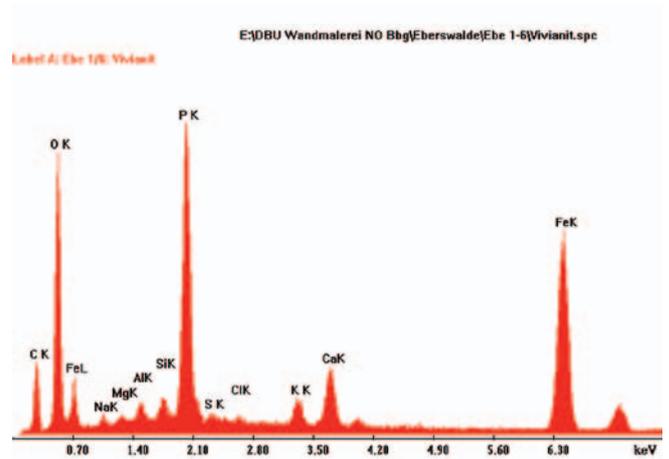


Abb. 7: Ebe 1/6. Elementspektrum der hellen Kristalle in Abb. 6: Vivianit (P, Fe) mit mineralischen Nebenbestandteilen

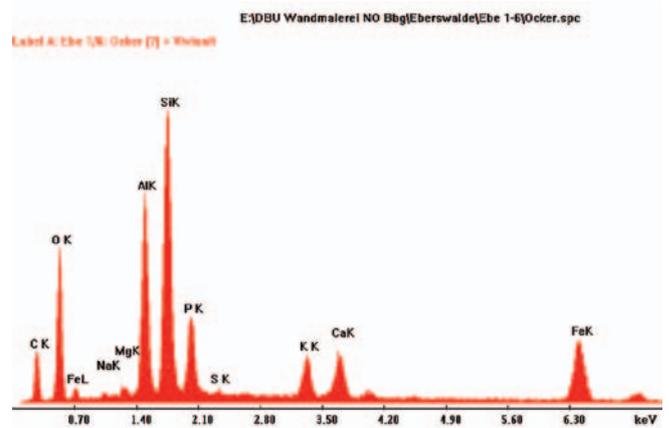


Abb. 8: Ebe 1/6. Elementspektrum der dunkleren Kristalle in Abb. 6: Gelber Ocker (Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Fe) und Vivianit (P, Fe)

Drei weitere Proben aus gelben Malschichten dieser Wandmalerei (Ebe 1/2 und 1/7: Mantel der Maria; Ebe 1/11: Gelbes Innenfutter des roten Mantels des Johannes) lieferten identische Untersuchungsergebnisse hinsichtlich der Pigmente (Vivianit und gelber Ocker). In Ebe 1/2 sind zusätzlich geringe Mengen Kaolinit vorhanden.

Polarisationsmikroskopie

Neben der REM/EDX-Analyse ist Vivianit auch mit Hilfe der Polarisationsmikroskopie gut identifizierbar. Hierzu werden einzelne Pigmentkörner in ein Kunstharz eingebettet (hier in Cargille Meltmount® mit dem Lichtbrechungsindex 1.662). Im Durchlicht unter linear polarisiertem Licht beim Drehen des Objektisches zeigt Vivianit einen deutlichen Pleochroismus (ein Farbwechsel von blau zu gelb bis hin zu weiß) – weitere Details zur Einbettung von Pigmentproben und ihrer mikroskopischen Analyse siehe WÜLFERT (1999).

Abb. 9 und 10 zeigen eingebettete Pigmentkörner vom Mantel der Maria in Eberswalde, die ebenfalls die Verwendung von Vivianit belegen.

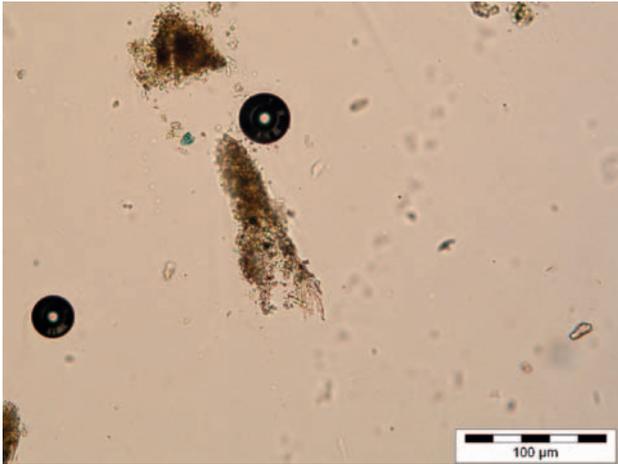


Abb. 9: Ebe 1/5. Blaues Vivianitkorn oben links im linear polarisierten Licht

pRFA

Vivianit ist auch gut mittels pRFA zerstörungsfrei an Malereien identifizierbar, da die Elementkombination Fe und P nur für dieses Pigment charakteristisch ist. So konnte im Gewölbe der Sakristei in Angermünde in vielen Sternen und Lilien Vivianit detektiert werden (siehe Proben 216, 219, 228, 229, 230 in der Tabelle im Gliederungspunkt 2.3 Überblick über die naturwissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse). Abb. 11 zeigt ein repräsentatives RFA-Spektrum von einer heute dunkelgrünen Lilie (Messstelle 216) mit Vivianit.

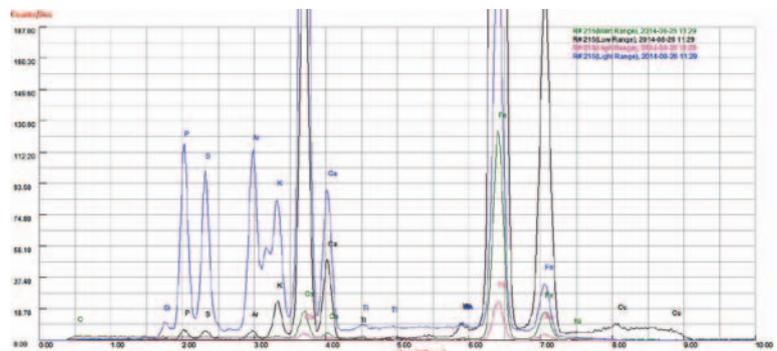


Abb. 11: pRFA-Spektrum der Messstelle 216, dunkelgrüne Lilie im Gewölbe der Sakristei in der Franziskanerklosterkirche Angermünde

Ramanspektroskopie

In den gelben Wandmalereiprobe aus Eberswalde sind im Lichtmikroskop neben den dominierenden gelben auch einzelne blaue Körner erkennbar. Der ramanspektroskopische Nachweis von Vivianit gestaltete sich schwierig. Nur an den blauen Partikeln der Probe Ebe 1/6 gelang es, an einem Streupräparat ein auswertbares Ramanspektrum in Zusammenhang mit Vivianit zu messen. Doch auch diese Messung ergab kein reines Spektrum von Vivianit. Das schwächere Vivianitsignal wird von einem stärkeren Spektrum einer anderen, bisher nicht genau identifizierbaren, Phase überlagert (Abb. 12).

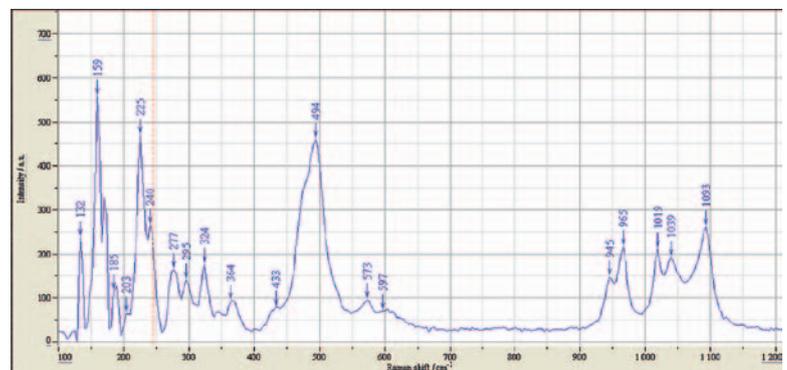


Abb. 12: Ebe 1/6. Ramanspektrum eines dunkel-(grün)blauen Kristalls im Streupräparat der Probe

Die Schwierigkeit der Spektrenauswertung liegt zum einen darin begründet, dass Vivianit sehr komplexe Ramanspektren liefert. Vivianit $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ hat monokline Kristallstruktur und zeigt damit eine große Bandenzahl. Außerdem sind die Intensitäten dieser Ramanbanden sehr stark von der Kristallorientierung in Bezug zum Laserstrahl abhängig. Zum anderen ist Vivianit $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ (nur) ein Endgliedmineral, das mit anderen Phosphat- und Arsenat-Mineralen zusammen die Vivianit-Gruppe mit der allgemeinen Formel $\text{M}_3(\text{XO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ [mit $\text{X} = \text{P}$ oder As und $\text{M} =$ divalente Kationen Mg , Mn , Fe , Co , Ni , Cu , Zn] bildet und die verwendeten Pigmente mit großer Wahrscheinlichkeit keine reine Endgliedzusammensetzung haben. Beim Vergleich der Ramanspektren eines schwar-



Abb. 10: Ebe 1/5. Nach Drehen des Objektives um ca. 70° nach rechts verschwindet die Farbigeit des Pigmentkorns (= Pleochroismus)

zen (!) Vivianitkristalls von Leadville, Colorado/USA aus der Sammlung der Universität Potsdam und der dunkelblauen Pulverprobe eines heutigen, im Handel verfügbaren Vivianitpigments (Abb. 13) sind die Unterschiede in den Peakintensitäten deutlich erkennbar (Abb. 14). Die blaue Pigmentprobe wurde freundlicherweise von der Fa. Kremer Pigmente GmbH & Co. KG, Aichstetten zur Verfügung gestellt.

Eine andere Möglichkeit, die Unterschiede zwischen dem Messspektrum und den Standardspektren zu erklären, besteht darin, dass in der Probe Ebe 1/6 der Vivianit nicht mehr in der ursprünglichen Zusammensetzung $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ und Struktur, sondern verändert vorliegt. Allerdings lieferten die vergleichenden REM-Untersuchungen (s.u.) hierauf keine Hinweise.



Abb. 13: Blaues Vivianit Pigment (Kremer Pigmente GmbH & Co. KG), Foto: Martin Ziemann

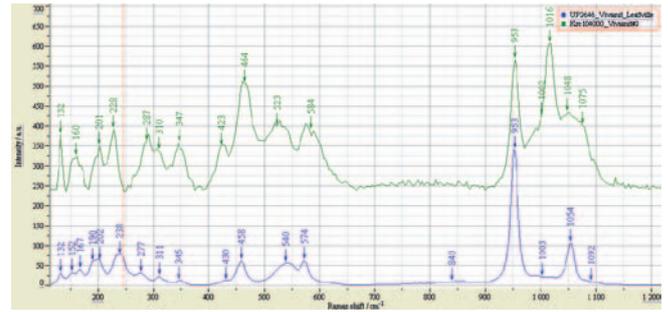


Abb. 14: Vergleich der Ramanspektren zweier Standards von Vivianit. Oberes, grünes Spektrum: Vivianit von Leadville, Colorado/USA, (Sammlung der Universität Potsdam). Unteres, blaues Spektrum: Vivianit-Pigment (Kremer Pigmente GmbH & Co. KG)

3.1.4 Weitere Vivianit-Befunde im Rahmen des Projektes

Neben den oben beschriebenen Beispielen an der Malerei in Eberswalde konnte die Verwendung von Vivianit auch in der Gewölbemalerei in der Sakristei des Franziskanerklosters Angermünde sowie an den Malereifragmenten im Greiffenpfel'schen Erbbegräbnis in Frankfurt (Oder) nachgewiesen werden. Die nachfolgende Tabelle 1 enthält eine Übersicht über alle Vivianit-Befunde.

Objekt	Probe	Beschreibung	Pigmente / weitere Bestandteile
Maria Magdalenen Kirche Eberswalde	Ebe1/2	Mantel der Maria, Gelbes Gewand	- Vivianit - Gelber Ocker (Spuren) - Kalk, Kaolinit
	Ebe 1/6 Ebe 1/5 Ebe 1/7	Mantel der Maria, Gelbe Malschicht (zwei Entnahmestellen)	- Vivianit - Gelber Ocker (Spuren) - Quarzkörnchen (vereinzelt) - Gips
	Ebe 1/10	Mantel der Maria, Gelbe Malschicht	- Vivianit - Gelber Ocker (Spuren) - Gips
	Ebe 1/11	Mantel des Johannes, Gelbes Innenfutter	- Vivianit - Gelber Ocker (Spuren) - Gips
Franziskanerkloster Angermünde, Sakristei	Ang 1/7A Ang 1/7B	Lilie 7, Graues Teilstück	- Vivianit
		Lilie 7, Gelbes Teilstück	- Vivianit - Pb-Sulfat - „Pb-Körner“ (Pigment oder Sekundärbildung) - Gips
		Lilie 7, Gelb-blaugrünes Teilstück	- Vivianit - Gelber Ocker (Spuren) - Gips
	Ang 1/8	Graugrüne Lilie	- Vivianit - Gips
	Ang 1/10	Grauer Stern	- Vivianit
Marienkirche Frankfurt (Oder), Greiffenpf. Erbbegräbnis	Gr 1/3	Moosgrüne Malerei	- Vivianit - Gips

Tabelle 1: Vivianit-Befunde im Rahmen der Projekt-Untersuchungen

In der ehemaligen Klosterkirche in Angermünde ist eine Ausmalung des frühen 14. Jahrhunderts mit Sternen und Lilien erhalten, die eine farbige „Himmelswiese“ auf dem Sakristeigewölbe bilden. Die Lilie als Sinnbild u.a. der geistlichen Macht der Kirche wird verbunden mit dem Sternengewölbe, welches auch „Reinheit“ symbolisiert. Eine farbige Steigerung ist ablesbar durch die abgesetzten Konturen der Lilien im II. Joch von Osten, in dem auch der Zugang von Chor aus liegt. Zum heutigen Zeitpunkt ist die ursprüngliche Farbgebung kaum noch ablesbar (Abb. 15). Die naturwissenschaftlichen und maltechnischen Untersuchungen lassen jedoch Rückschlüsse auf das frühere Erscheinungsbild zu. Vergleichende Rekonstruktionszeichnungen hierzu enthält der Beitrag 4.3 (Wandmalereien in der ehemaligen Franziskanerklosterkirche Angermünde). Ursprünglich zeigte die Gewölbemalerei auf hellem Grund ausgeführte blaue und gelbe Sterne und in einem Farbwechsel von Blau, Grün und Gelb angeordnete Lilien in den Zwickelbereichen der Gewölbefelder. Als Blaupigment wurde Vivianit nachgewiesen, die ehemals blau erscheinenden Lilien wirken heute grau, graugrün bis bräunlich. Die analytischen Ergebnisse dieser Pigmentumwandlung werden am Beispiel der Proben Ang 1/7, 1/8 und Ang 1/10 im Folgenden detailliert beschrieben.

Bei den Untersuchungen wurde festgestellt, dass trotz sehr unterschiedlicher Farbbefunde an den Malereien:

- Gelb
- Blaugrün / Gelb-blaugrün
- Graugrün
- Moosgrün und
- Grau

in allen Proben Vivianit als farbgebender Hauptbestandteil vorliegt. Die in den Malschichten vorhandenen Nebenbestandteile (Ocker, Gips, Kalk, Quarz) variieren von Probe zu Probe, sind aber vermutlich nicht oder nur untergeordnet farbrelevant. Das bedeutet, sie sind mit großer Wahrscheinlichkeit nicht die Ursache für die unterschiedlichen Farbnuancen des Vivianits. Auch im REM sind keine Unterschiede zwischen gelbem Vivianit und grauem oder grünlichem Vivianit nachweisbar. Sowohl morphologisch als auch in der Elementzusammensetzung sind die Vivianitpigmente aller in der Tabelle aufgeführten Proben mikroskopisch-analytisch nicht unterscheidbar. Die nachfolgenden Abbildungen belegen diese Aussagen anhand der Proben Ang 1/7 (A und B), Ang 1/8 sowie Gr 1/3.



Abb 15: Angermünde Franziskanerklosterkirche, Sakristei, Joch IV von Osten. Die heutige Farbwirkung ist undifferenziert. Die ursprünglich blau erscheinenden Lilien wirken jetzt grau, graugrün bis bräunlich

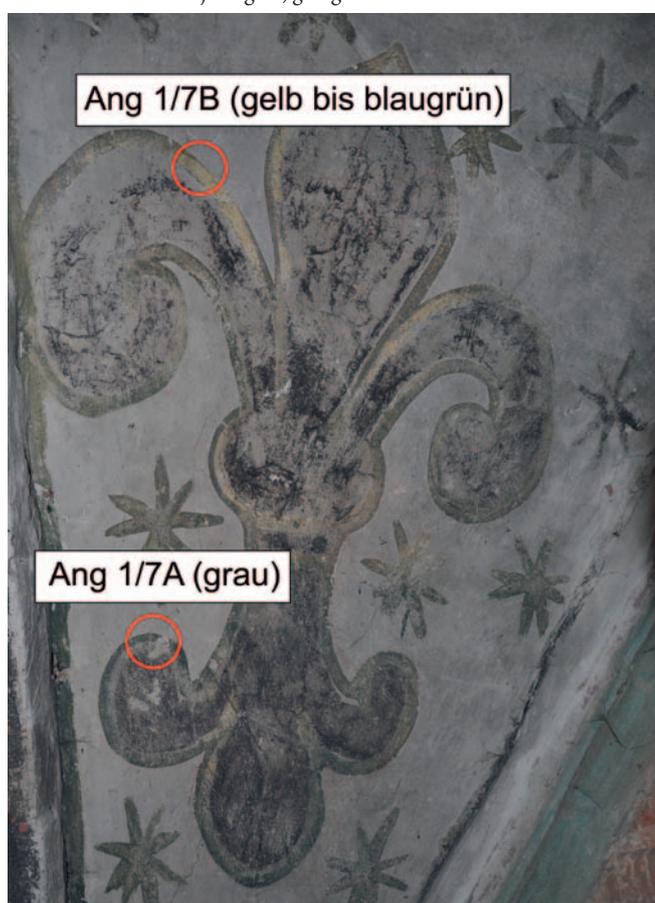


Abb. 16: Graue Umrahmung einer Lilie mit Probenentnahmestellen

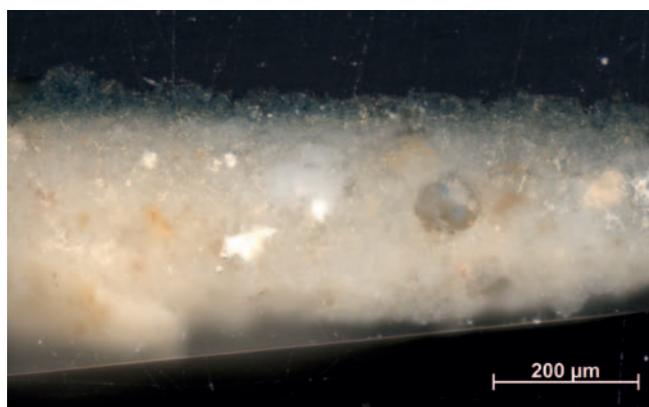
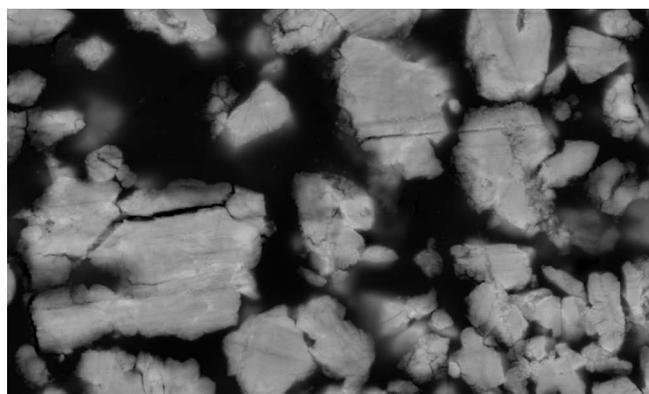


Abb. 17: Querschliff der Probe Ang 1/7A: Graue Malschicht auf Kalktünche (Foto: F. Mucha, FH Erfurt)



Ang 1/7; Teil A 20 kV 9 µm

Abb. 18: Ang 1/7A. Vivianitkristalle der grauen Malschicht [REM-RE-Aufnahme]

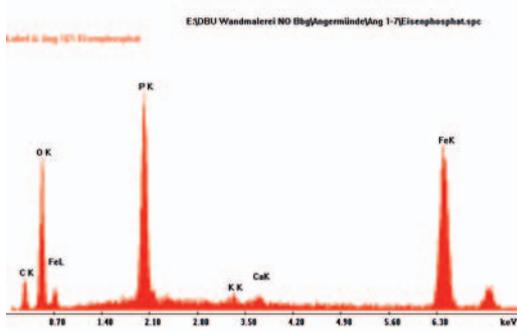


Abb. 19: Ang 1/7A. Elementspektrum der Vivianitkristalle in Abb. 18 (graue Malschicht)

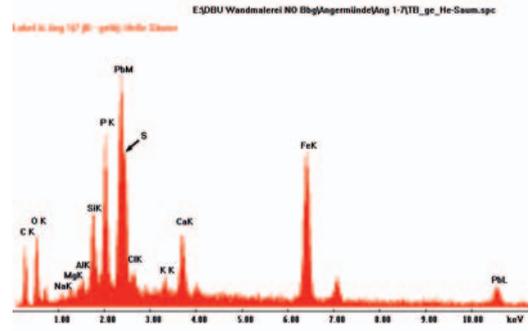


Abb.22: Ang 1/7B. Elementspektrum der hellen Säume um die Vivianitkerne in Abb. 21: Bleisulfat (Pb, S) und Vivianit (P, Fe)

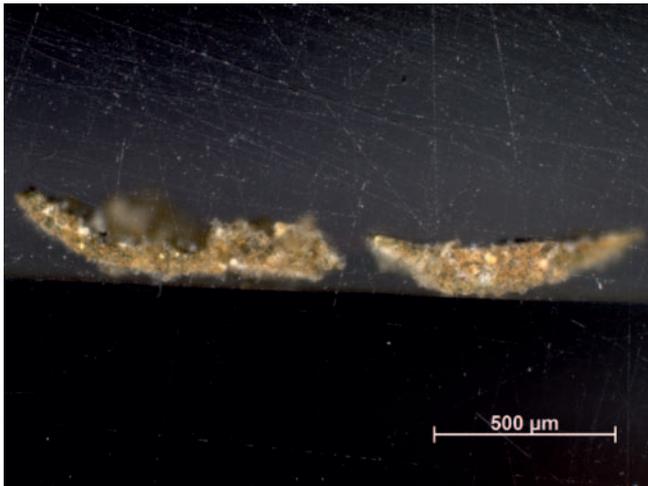


Abb.20: Querschliff der Probe Ang 1/7B: Gelbe Malschicht auf Kalktünche, Foto: F. Mucha, FH Erfurt

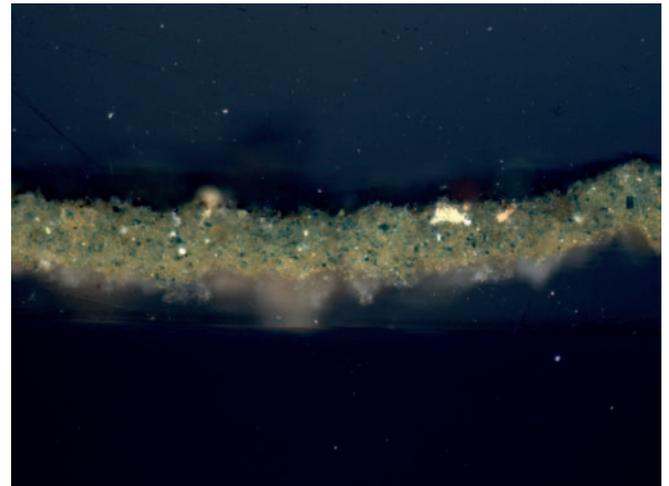
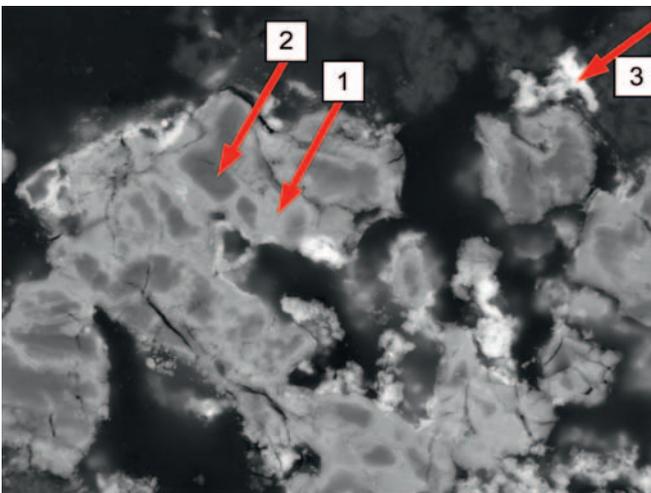
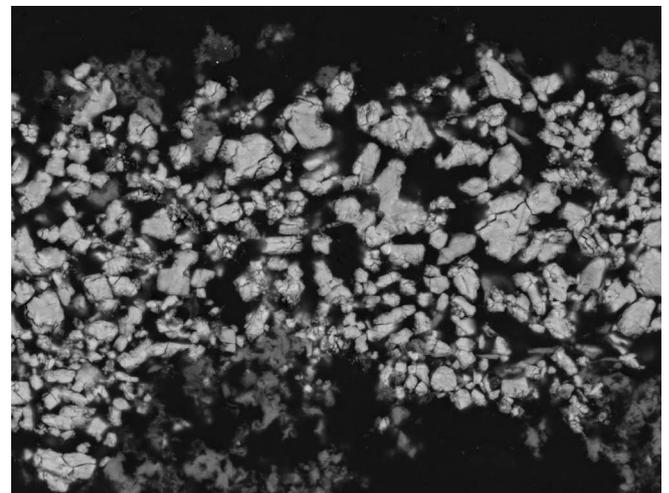


Abb. 24: Querschliff der Probe Ang 1/7B: Gelb-blaugüne Malschicht auf Kalktünche, Foto: F. Mucha, FH Erfurt



Ang 1/7; Teil B (gelb) 20 kV 9 µm

Abb. 21: Ang 1/7B. Pigmentkörner und Sekundärbildungen der gelben Malschicht: Bleisulfat-Säume (Markierung 1) um Vivianit (dunkle Kerne, Markierung 2) sowie einzelnen „Bleikristallen“ (Pigment oder Sekundärbildung, Markierung 3) [REM-RE-Aufnahme]



Ang 1/7; Teil B (gelbblau) 20 kV 30 µm

Abb. 25: Ang 1/B. Pigmentkörner der gelb-blaugrünen Malschicht. Vivianitkristalle, stellenweise durchsetzt von Gips [REM-RE-Aufnahme]

3.1.5. Zusammenfassung

Es wurden insgesamt 10 Vivianit-Pigment-Proben aus den Wandmalereien von drei Kirchen analytisch untersucht (Maria-Magdalenen-Kirche Eberswalde, Marienkirche Frankfurt (Oder), Franziskanerklosterkirche Angermünde). Die heute wahrnehmbaren Farbtöne der betreffenden Malereibereiche (Gelb, Graugrün,

Graublau, Grau, Olivgrün) entsprechen nicht den ursprünglichen künstlerischen Intentionen (Blautöne), sondern sind das Ergebnis von Veränderungen am Vivianit-Pigment. Das Farbspiel ist mit keiner der verwendeten Analysemethoden – pRFA, REM/EDX, Ramanspektroskopie – nachvollziehbar bzw. nachweisbar. In der Literatur werden Oxidationsprozesse als Ursache angenommen. Es ist jedoch nicht nachvollziehbar, unter welchen Bedingungen dabei Gelbtöne oder Graugrüntöne aus dem Blau

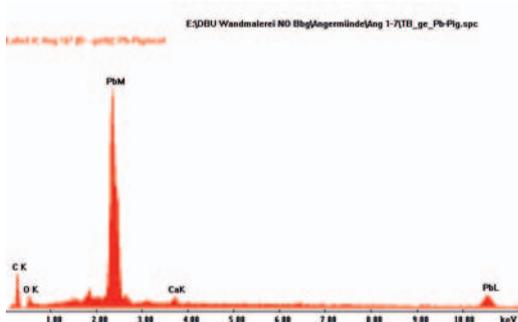


Abb. 23: Ang 1/7B. Elementspektrum der einzelnen, sehr hellen Partikel in Abb. 21: Bleipigment oder Sekundärbildung?

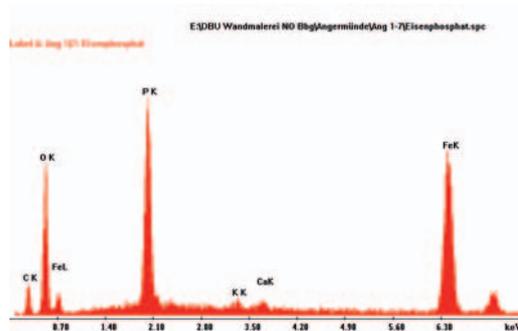


Abb. 26: Ang 1/7B. Elementspektrum der Vivianitkristalle in Abb. 25 (gelb-blaugrüne Malschicht)

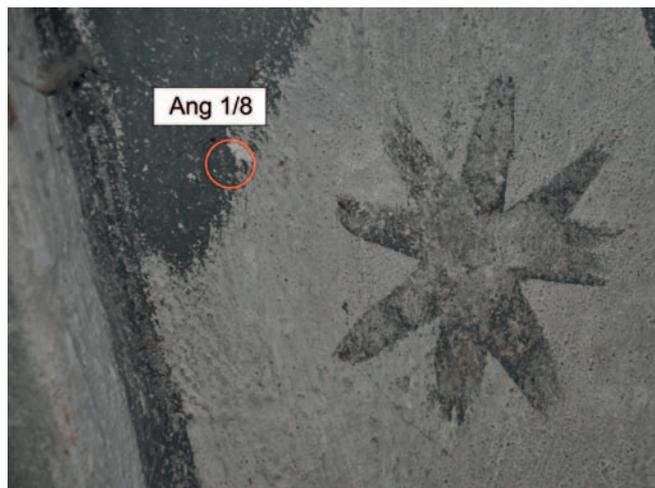


Abb. 27: Ang 1/8. Probenentnahmestelle an einer graugrünen Lilie

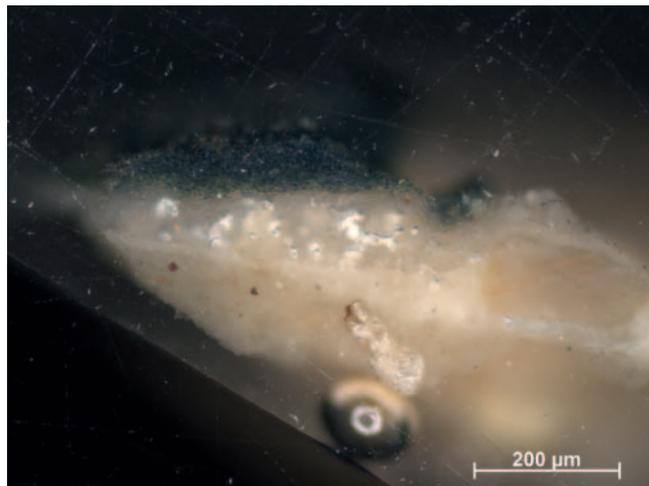


Abb. 28: Querschliff der Probe Ang 1/8: Graugrüne Malschicht auf Kalktünche, Foto: F. Mucha, FH Erfurt

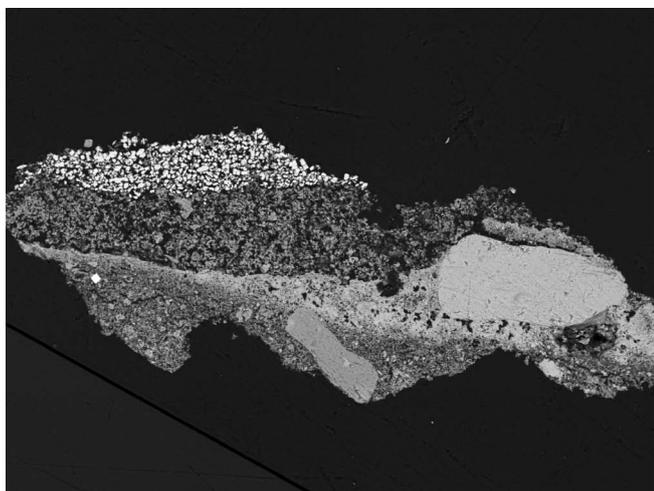


Abb. 29: Ang 1/8. Querschliff aus Abb. 28 im REM. Stratigraphie von unten: Putz / Kalktünche / Vivianit-Malschicht. [REM-RE-Aufnahme am Querschliff]

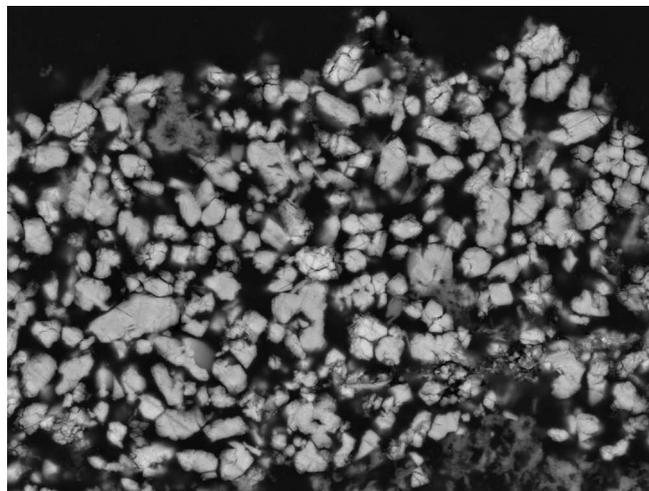


Abb. 30: Ang 1/8. Pigmentkörner der graugrünen Malschicht. Vivianitkristalle, stellenweise Gips [REM-RE-Aufnahme]

entstehen können. In Eberswalde haben ausschließlich Umwandlungen in Gelb stattgefunden. Neben dem ursprünglichen blauen Mantel der Maria war auch das heute gelbe Innenfutter am Mantel des Johannes anfänglich mit großer Wahrscheinlichkeit Blau. In Angermünde (Sakristei-Gewölbmalerei) haben erhebliche Veränderungen am Vivianit-Pigment der Sterne und Lilienumrahmungen stattgefunden. Im gegenwärtigen Zustand dominieren graue oder graugrüne Farbtöne, stellenweise sind auch

Umwandlungen in Gelb erkennbar. Im Original waren größere Bereiche mit blauen Motiven bemalt. Am Greiffenpfeischen Erbbegräbnis in der Marienkirche Frankfurt (Oder) hat sich der Vivianit ebenfalls in einen grünlichen Farbton verändert.

Fraglich ist auch die Interpretation des gelben Ockers, der in mehreren Proben nachweisbar ist. Vorerst bleibt offen, ob es sich um natürliche mineralische Beimengungen oder um eine bewusste Zugabe handelt.

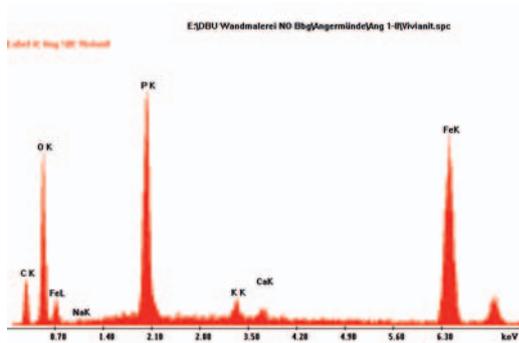


Abb. 31: Ang 1/8. Elementspektrum der Vivianitkristalle in Abb. 30 (grau-grüne Malschicht)

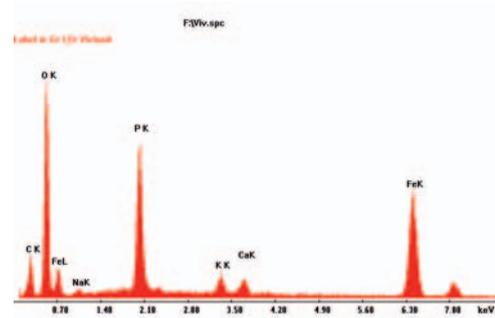
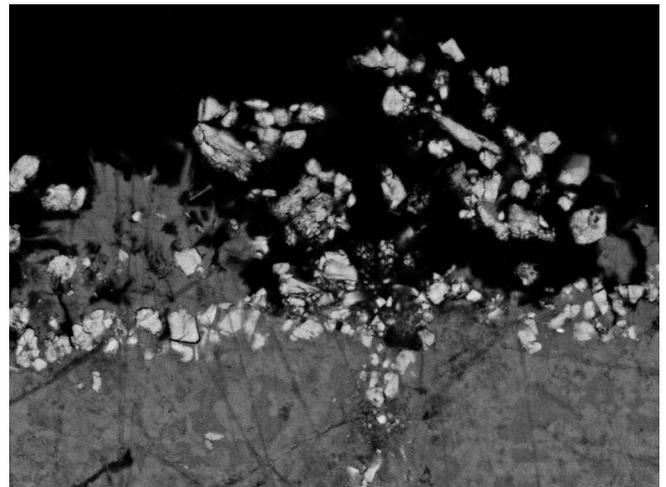


Abb. 34: Gr 1/3. Elementspektrum der Vivianitkristalle in Abb. 33 (moosgrüne Malschicht)



Abb. 32: Querschliff der Probe Gr 1/3: Moosgrüne Malschicht auf Kalktünche (Foto: F. Mucha, FH Erfurt)



Gr 1/3 20 kv | 20 µm |

Abb. 33: Gr 1/3: Moosgrüne Malschicht im REM. Vivianitkristalle (helle Körner, stellenweise mit geringer Bindung und durchsetzt von Gips) auf stark vergipster Tünche [REM-RE-Aufnahme]

Literatur und Quellen

HERM, C.: Zur Alterung von Vivianit an mittelalterlichen Wandmalereien aus Sachsen-Anhalt. In: Umweltbedingte Pigmentveränderungen an mittelalterlichen Wandmalereien, Arbeitsheft 24 des Brandenburgischen Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologischen Landesmuseums, S.99ff, Wernersche Verlagsgesellschaft, Worms 2009.

MINERALIENATLAS <https://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/Vivianit>.

ROTHER, M.: Luckauer Heimatkalender, S. 56, 1991.

STEGE, H., KLAAS, J., ZIZAK, I., BURGHAMMER, M., KUTZKE, H.: Ursachen der Farbveränderungen von Vivianit in der Tafel- und Fassmalerei. In: Umweltbedingte Pigmentveränderungen an mittelalterlichen Wandmalereien, Arbeitsheft 24 des Brandenburgischen Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologischen Landesmuseums, S.103ff, Wernersche Verlagsgesellschaft, Worms 2009.

WÜLFERT, S.: Der Blick ins Bild. – Band 4 der Reihe ‚Bücherei des Restaurators‘, U. Schießl (Hrsg.), Ravensburger Buchverlag Otto Maier GmbH, Ravensburg 1999.

Anmerkungen

- 1 Denkmaltopographie Eberswalde 1997, S. 44: Plan von 1864.
- 2 Christliche Ikonographie S. 131; LCI, Bd. 2, S. 10.

3.2 Blau – Azurit oder Cumengeit?

3.2.1 Einleitung

Das blaue Mineral Cumengeit wurde bislang nur in wenigen Wandmalereien nachgewiesen und in diesen Fällen meist als primärer Bestandteil – also als Pigment – interpretiert. In HOYER (2009) wird über die Verwendung von Cumengeit in der Dominikanerkirche in Bamberg berichtet. Gefunden wurde das Mineral u.a. in einem milchigen Blauton im Gewand des heiligen Christophorus aus der dritten Ausmalungsphase, die zwischen 1470 und 1520 datiert wird. Eine weitere Quelle beschreibt Cumengeit als Bestandteil von Wandmalereien an der Nordwand in der ehem. Peterskirche in Lindau am Bodensee, die auf das späte 15. Jhdt. datiert sind (SETZER, 2013). Der analytische Nachweis an den Lindau-Proben erfolgte mittels RFA, XRD und REM/EDX. Es wird auch hier eine Verwendung des Cumengeits als Malmaterial (Pigment) angenommen.

Vor diesem Hintergrund werden im vorliegenden Beitrag aktuelle Analyseergebnisse aus dem Monitoring-Projekt vorgestellt und diskutiert, die als Beispiele für eine sekundäre Bildung von Cumengeit und damit als Farb- bzw. Pigmentveränderung angesehen werden. Dabei handelt es sich um eine Probe aus der Franziskanerklosterkirche Angermünde und zwei Proben vom Triptychon der Marienkirche Frankfurt (Oder). Darüber hinaus ermöglichte die erneute Auseinandersetzung mit dem Thema „Verblauung“ eine ergänzende, präzisierende Bewertung von Proben aus dem DBU-Projekt „Umweltbedingte Pigmentveränderungen an mittelalterlichen Wandmalereien in Brandenburg“ aus den Jahren 2006–2009 (ARBEITSHEFT 24 DES BLDAM, 2009).

3.2.2 Mineralogische Grundlagen

Cumengeit (auch Cumengit) – *engl. cumengite* – ist ein sehr selten vorkommendes Mineral aus der Mineralklasse der Halogenide. Es kristallisiert im tetragonalen Kristallsystem mit der chemischen Zusammensetzung $\text{Pb}_{21}\text{Cu}_{20}(\text{OH})_{40}\text{Cl}_{42}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ und entwickelt in natürlicher Umgebung tetragonale, pyramidale Kristalle von indigoblauer Farbe [MINERALIENATLAS]. Benannt wurde es nach dem Bergbauingenieur und Mineralogen Edouard Cumenge, der es 1893 in Boleo, Mexiko entdeckte. Cumengeit bildet sich als typisches Sekundärmineral in der Oxidationszone von Blei-Kupfer-Lagerstätten. Nur selten finden sich einzelne Kristalle mit pseudo-oktaedrischem oder pseudokubo-oktaedrischem Aussehen. Sehr viel häufiger entstehen orientierte Verwachsungen (Epitaxie) von würfeligem Boleit ($\text{KPb}_{26}\text{Cu}_{24}\text{Ag}_9(\text{OH})_{48}\text{Cl}_{62}$) oder Pseudoboleit ($\text{Pb}_{31}\text{Cu}_{24}\text{Cl}_{62}(\text{OH})_{48}$) und pyramidalem Cumengeit. Begleitminerale sind neben den bereits genannten Verwachsungspartnern unter anderem noch Atacamit, Anglesit, Cerussit, Gips und Phosgenit. Nach [WIKIPEDIA] wurde Cumengeit in

Europa in folgenden Fundstätten nachgewiesen: Goslar und Lautenthal (Niedersachsen) sowie im Kohlebergbaugbiet von Essen (Nordrhein-Westfalen) in Deutschland; bei Laurion in Griechenland; am Vesuv, bei Varenna, Villaputzu und in der Provinz Livorno in Italien; bei Nandraž/Revúca (Okres) in der Slowakei; bei Vegadeo in Spanien; an mehreren Orten der britannischen Regionen England und Wales.

3.2.3 Analytische Befunde im Monitoring-Projekt

An der Marienkirche Frankfurt (Oder) fallen im rechten Feld des Triptychons am Chorscheitel im Gewand der turbantragenden Person größere grünlich-bläuliche bis türkisfarbene Malereibereiche auf (Abb. 1). Nähere Betrachtungen der Maleroberfläche lassen Pigmentveränderungen vermuten. Zur Klärung der Pigmentierung und zum Nachweis eventueller Sekundärbildungen wurde jeweils eine Probe aus einem eher grünlichen Bereich (Mik c03) und aus dem bläulichen Bereich



Abb. 1: Entnahmestellen der Proben Mik c03 (Ursprüngliches Grün) und Mik c04 (Verblautes Grün)

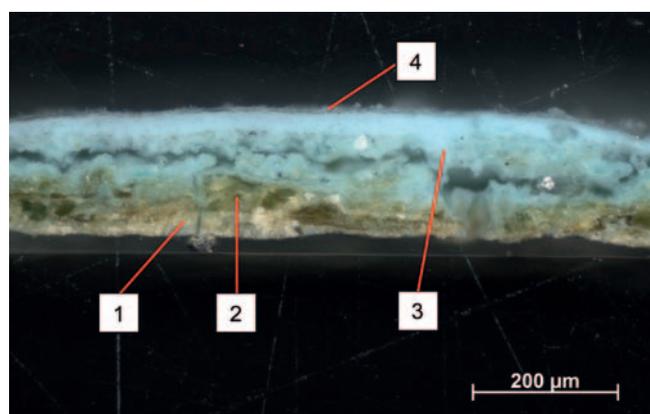


Abb. 2: QS-Aufnahme der Probe c03 „Ursprüngliches Grün“ mit der Schichtenfolge: Malschichtreste (1), grüne Malschicht (2), blaue Malschicht (3), heller, transparenter Gipsaum an der Oberfläche (4), Foto: F. Mucha, FH Erfurt

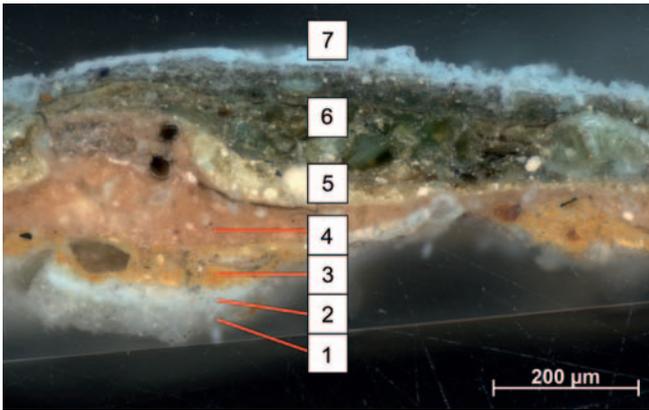
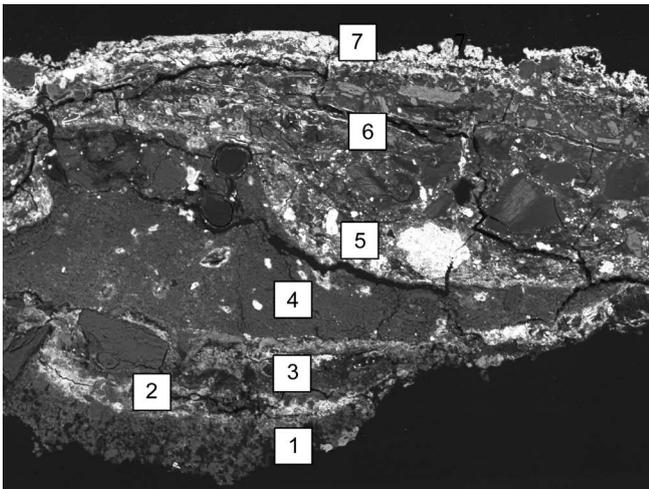


Abb. 3: Querschliff der Probe Mik c04 „Verblautes Grün“ mit insgesamt 7 Schichten, Foto: F. Mucha, FH Erfurt



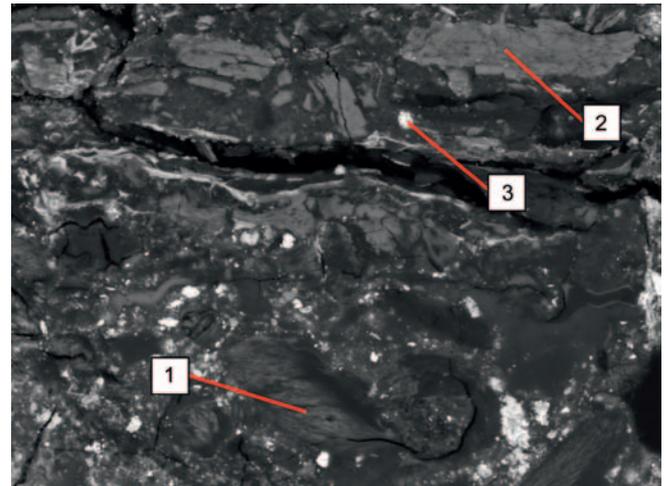
Mik c 04 20 kV 100 µm

Abb. 4: Mik c04. Etwa gleicher Probereich wie Abb. 3 im REM. Übersicht mit Markierung der einzelnen Schichten. [REM-RE-Aufnahme am Querschliff]

(Mik c04) entnommen. Die daraus angefertigten Querschliffe zeigen einen mehrschichtigen Aufbau, wobei die oberen beiden Schichten (Grün und Türkisblau) an beiden Proben vorhanden sind (Abb. 2 und 3). Auf der als grünlich bezeichneten Probe Mik c03 befindet sich noch eine Auflagerung, die als transparente Gipsschicht identifiziert werden konnte.

Die Analysen zur Zusammensetzung der grünen und türkisblauen Schichten werden am Beispiel der Probe Mik c04 dargestellt. Am Querschliff können im polarisierten Auflicht 7 Schichten unterschieden werden (Abb. 3). Im Materialkontrast der REM-RE-Abbildung können die einzelnen Schichten gut differenziert und ihre Bestandteile hinsichtlich des Elementbestandes mit der EDX analysiert werden (Abb. 4). Die einzelnen Schichten lassen sich damit wie folgt charakterisieren:

- 1 Putz- oder Tüncherest (durchsetzt von fein verteilten Pb, Cu, Cl-Sekundärbildungen)
- 2 (Hellblau): Pb, Cu, Cl (Sekundärbildung), ursprüngliche Farbe unklar
- 3 (Rot): Ocker oder rotes Eisenoxid (sehr Fe-reich), Pb, Cu, Cl - Sekundärbildungen
- 4 Dichte Kalkmatrix, Bi, As-Körner, Pb, Cu, Cl-Sekundärbildungen



Mik c 04 20 kV 30 µm

Abb. 5: Mik c04. Detail aus Abb. 4. Schicht 6 mit grünen Cu-Pigmenten: Faser-Malachit (1), Cu-Chlorid (2); Bleizinnigelbkörnern (3) und Bleikörnern. [REM-RE-Aufnahme am Querschliff]

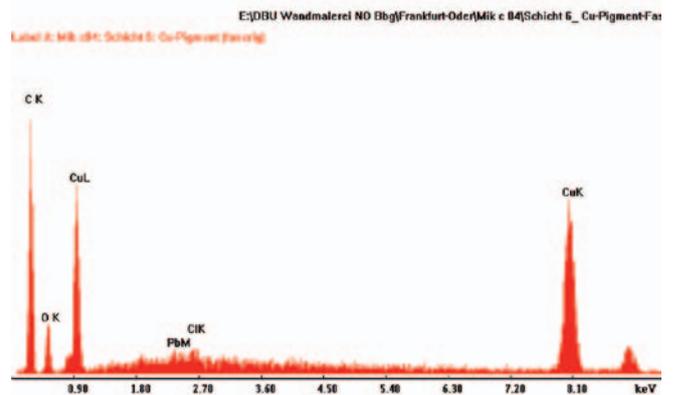


Abb. 6: Mik c04. Elementspektrum des Faser-Malachits (Markierung 1 in Abb. 5). [EDX-Analyse]

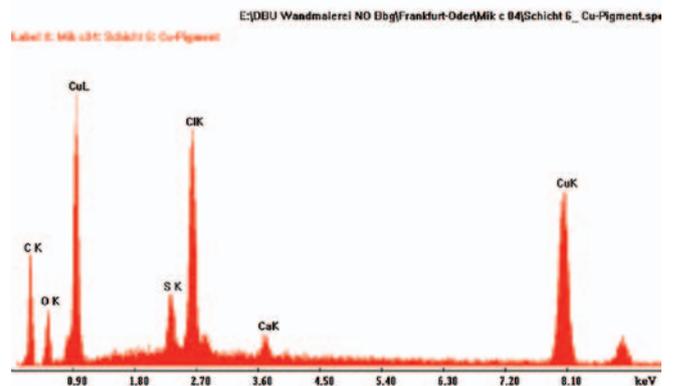


Abb. 7: Mik c04. Elementspektrum des Cu-Chlorids (Markierung 2 in Abb. 5). [EDX-Analyse]

- 5 Bleizinnigelb, Bi, As-Körner (teilweise sehr große Körner), Pb, Cu, Cl-Sekundärbildungen
- 6 (Grün): Grünes Cu-Pigment (große Körner, Morphologie deutet auf Grünspan), Cu-Chlorid-Körner; außerdem: Bi, As - Körner, Bleizinnigelb (teilw. Cu-haltig), stellenweise Pb-Körner (Pigment?), Pb, Cu, Cl-Sekundärbildungen, Pb, Cu, Sn, Ca, Cl-Sekundärbildungen

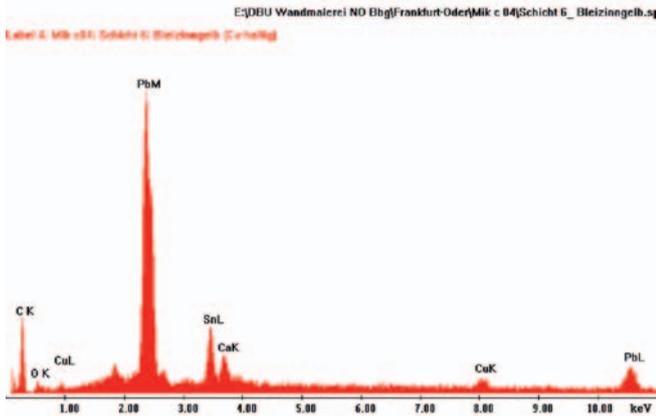


Abb. 8: Mik c04. Elementspektrum des Bleizinngelbs (Cu-haltig), Markierung 3 in Abb. 5. [EDX-Analyse]

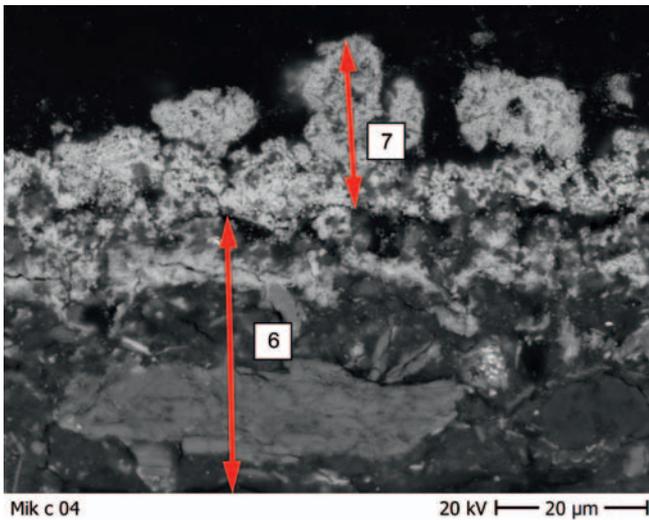


Abb. 9: Mik c04. Detail aus Abb. 4: Schichten 6 und 7 im REM. Unten Cu-Chlorid-Korn, oben Cumengeit. [REM-RE-Aufnahme am Querschliff]

7 (Türkisblau): Keine Malschicht, sondern Pb, Cu, Cl-Sekundärbildung

Die mikroskopisch-analytischen Befunde sind in den Abb. 4 bis 10 dokumentiert. Die in der grünen Schicht farbgebenden Cu-Verbindungen (faseriger Malachit und Cu-Chlorid) sind in Abb. 5 erkennbar, die zugehörigen Analysen in den Abb. 6 und 7. Ein EDX-Spektrum von Bleizinngelb zeigt Abb. 8. In der oben angegebenen Beschreibung der Bestandteile der einzelnen Schich-

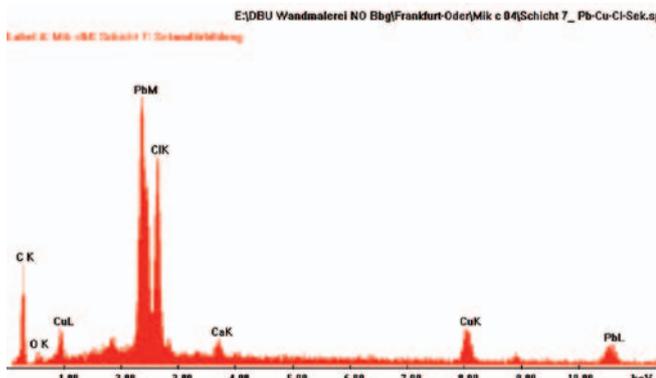


Abb. 10: Mik c04. Elementspektrum der Schicht 7 in Abb. 9: Sekundärbildung, Cumengeit (vermutlich Sekundärbildung). [EDX-Analyse]

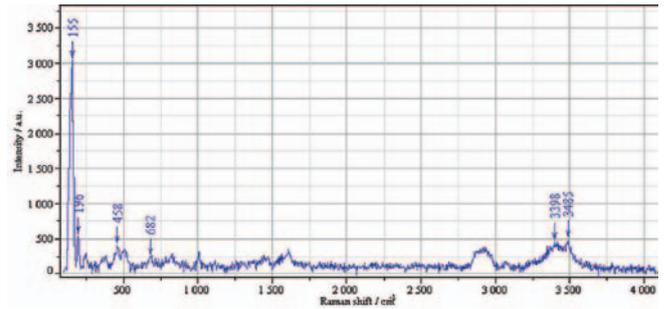


Abb. 11: Ramanspektrum von Cumengeit in der türkisfarbenen Schicht 7 (siehe Abb. 3) der Probe Mik c04. Identifizierung von Cumengeit $\text{Cu}_{20}\text{Pb}_{21}\text{Cl}_{42}(\text{OH})_{40} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ über die Ramanbanden bei: 155, 196, 682, 3398, 3485 cm^{-1} [Ramanmessung am Querschliff]



Abb. 12: Ang 1/2 – Vergrauetes Grün. Probenentnahmestelle

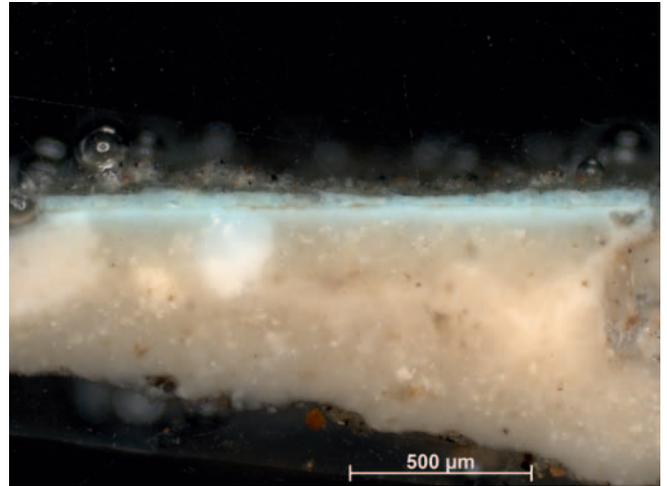


Abb. 13: Ang 1/2: Querschliff. Tünche mit bläulicher Malschicht, überdeckt von einer weiteren, von Schmutzpartikeln durchsetzten, Schicht, Foto F. Mucha, FH Erfurt

ten fällt auf, dass in fast allen Schichten eine Pb, Cu, Cl-Phase nachweisbar ist und als Sekundärbildung interpretiert wurde. Eine sehr ausgeprägte Schicht dieser Zusammensetzung befindet sich als türkisfarbener Überzug über der grünen Malschicht (Schicht 7, Abb. 9 und 10). Die aus dem Elementbestand abgeleitete Vermutung, dass es sich dabei um Cumengeit handelt, konnte mit der Mikro-Ramanspektroskopie phasenanalytisch bestätigt werden (Abb. 11).

An der Weltenrichterdarstellung an der Südwand in der Franziskanerklosterkirche Angermünde wurde eine als „vergrauetes

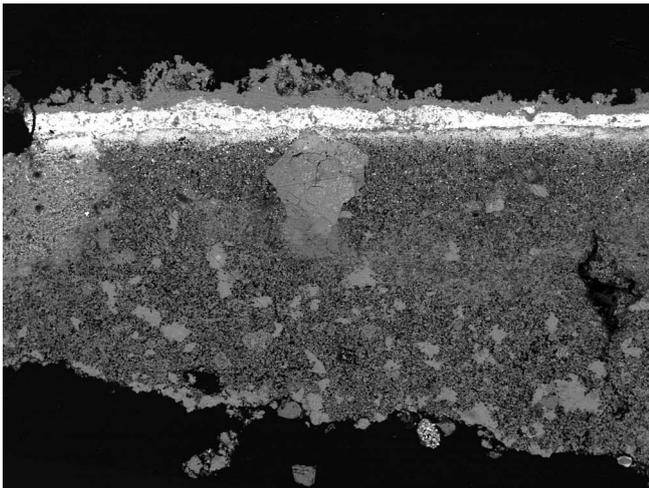


Abb. 14: Ang 1/2. Querschliff im REM – etwa gleicher Bildausschnitt wie Abb. 13. Stratigraphie (von unten): Kalktünche mit Gipsclustern / Malschicht (helles Band) / aufliegende Gipsschicht. [REM-RE-Aufnahme am Querschliff]

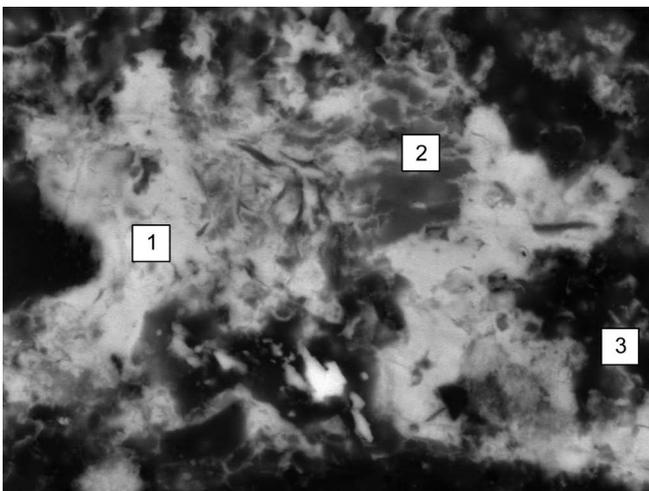


Abb. 15: Ang 1/2. Detail der pigmentierten Malschicht im REM. Die Morphologie der Partikel deutet auf starke sekundäre Veränderungen in der Malschicht. Markierung 1: Pb, Cu-Chlorid; Markierung 2: Cu-Pigment-Relikt; Markierung 3: Bleizinnigelb [REM-RE-Aufnahme am Querschliff]

Grün“ angesprochene Probe (Ang 1/2) untersucht (Abb. 12). Bei der Untersuchung des Querschliffs fällt die bläuliche Farbe der pigmentierten Schicht unter einer von Schmutzpartikeln durchsetzten Überlagerung auf (Abb. 13). Im REM erfolgte die detaillierte Untersuchung der einzelnen, in Abb. 14 erkennbaren Schichten unter Verwendung der Elementanalyse (EDX). Die Kalktünche ist von Gipsclustern durchsetzt (fleckenhaft vergipst). Einzelne Pb, Cu, Cl-Partikel in dieser Schicht deuten bereits auf eingewanderte Sekundärbildungen. Bei höherer Vergrößerung ist erkennbar, dass die Malschicht stark sekundär verändert ist (Abb. 15). Die Analysen der im Materialkontrast durch die unterschiedlichen Helligkeiten unterscheidbaren Teilbereiche haben ergeben, dass die dominierende Phase (Markierung 1) ein Pb, Cu-Chlorid ist (EDX-Spektrum in Abb. 16). Die aus Farbe und Spektrum resultierende Vermutung, dass es sich um das blaue Mineral Cumengeit $[Pb_{21}Cu_{20}(OH)_{40}Cl_{42} \cdot 6H_2O]$

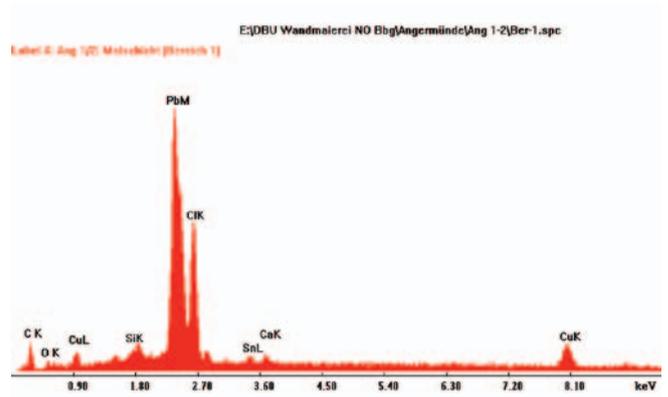


Abb. 16: Ang 1/2: Elementspektrum der Messstelle 1 in Abb. 15: Cu, Pb-Chlorid. [EDX-Analyse]

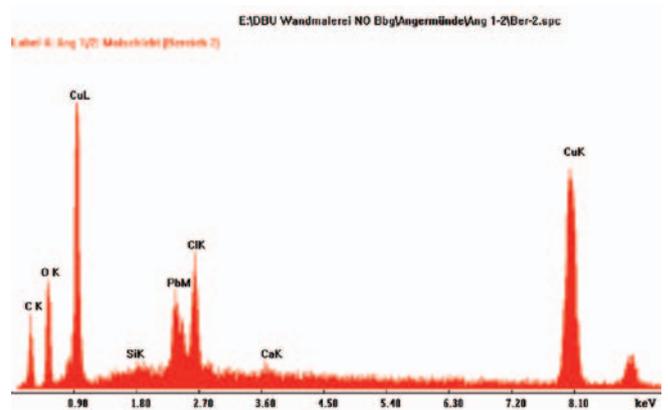


Abb. 17: Ang 1/2. Elementspektrum der Messstelle 2 in Abb. 15: Cu-Pigment Relikt mit Cu, Pb-Chlorid. [EDX-Analyse]

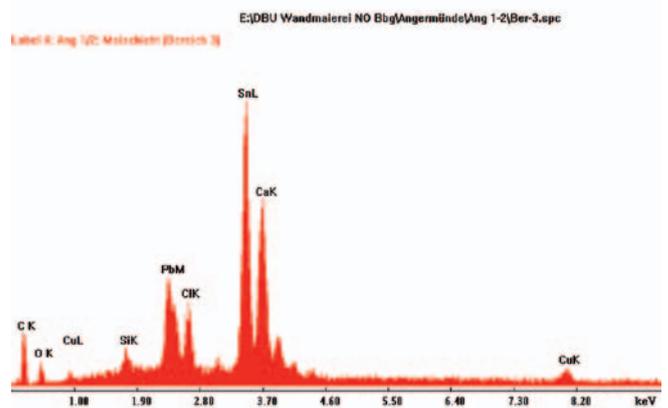


Abb. 18: Ang 1/2. Elementspektrum der Messstelle 3 in Abb. 15: Bleizinnigelb-Relikt (Pb-verarmt). [EDX-Analyse]

handelt, konnte – wie bereits an der Triptychonprobe (s.o.) – mit der Ramanspektroskopie bewiesen werden. In der pigmentierten Schicht befinden sich weitere Körner, die Hinweise auf die ursprüngliche Pigmentierung und deren Veränderung liefern. Das sind v.a. Cu-Pigment-Relikte (Markierung 2 in Abb. 15, EDX-Spektrum in Abb. 17) sowie Partikel, die Sn, Pb und Ca enthalten und als Relikte von Bleizinnigelb gedeutet werden können (Markierung 3 in Abb. 15, EDX-Spektrum in Abb. 18). Mit der Ramanspektroskopie wurden neben Cumengeit und Gips auch Azurit nachgewiesen (Abb. 19), so dass auf eine Mischung aus Azurit und Bleizinnigelb als ursprüngliche Pig-

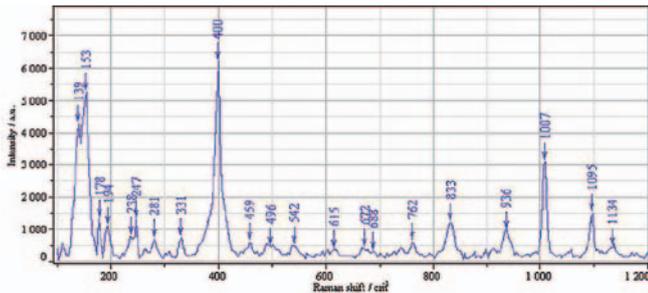


Abb. 19: Das Ramanspektrum der Probe Ang 1/2 ist sehr komplex und enthält Banden von
 Cumengeit: 139, 153, 194, 688, (3406, 3484) cm^{-1}
 Azurite: 155, 178, 247, 400, 762, 1095, (3428) cm^{-1}
 Gips: 496, 615, 672, 1007, 1134, (3410) cm^{-1}
 [Ramanmessung am Querschliff]



Abb. 20: Hz 4/7. Verblaute, ehemals grüne Cu-pigmentierte Malschicht. Unter der heute türkisblauen Schicht liegt eine Mennige-Malschicht (rot)

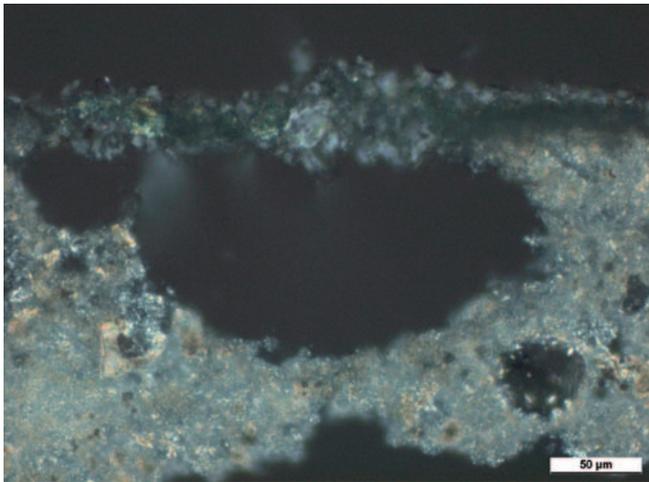
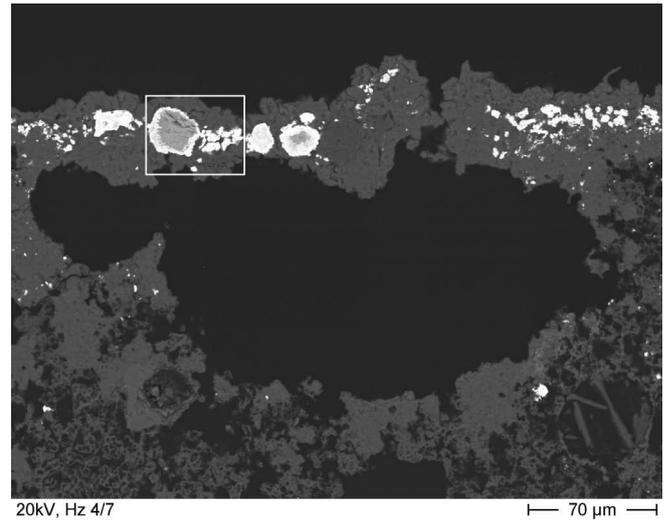


Abb. 21: Hz 4/7. PolMi-Aufnahme der verblauten, ehemals grünen Malschicht (abgelöste, blaugrüne Schuppe) [PolMi-Aufnahme, + Polarisatoren]

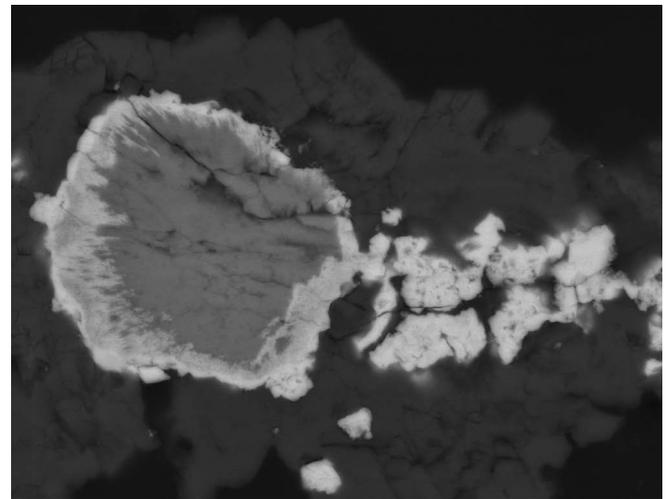
mentierung geschlossen werden kann. Die wesentliche Sekundärbildung ist Cumengeit. Der gegenwärtige Farbeindruck „Graugrün“ wird durch die Pigmentrelikte und die aufliegende verschmutzte Gipskruste verursacht.



20kV, Hz 4/7

70 μm

Abb. 22: Hz 4/7. Gleiche Probenstelle wie Abb. 21 in der REM-RE-Darstellung. Vergipste Malschicht mit eingeschlossenen hellen Körnern. [REM-RE-Aufnahme am Dünnschliff]



20kV, Hz 4/7

10 μm

Abb. 23: Hz 4/7. Detail (Rahmen) aus Abb. 22. Alteriertes Cu-Pigmentkorn (dunkler Kern: Cu-Chlorid) und Sekundärbildungen (heller Saum und helle Partikel) in Gipsmatrix [REM-RE-Aufnahme am Dünnschliff]

3.2.4 Analytische Befunde im früheren DBU-Projekt „Pigmentveränderungen“

Es bestehen farbliche Ähnlichkeiten der türkisblauen Schichten an den oben beschriebenen Proben aus Frankfurt (Oder) und Angermünde mit Malschichtpartien in der Marienkirche Herzberg, die bereits im Projekt „Umweltbedingte Pigmentveränderungen an mittelalterlichen Wandmalereien in Brandenburg“ in den Jahren 2006-2009 (ARBEITSHEFT 24 DES BLDAM, 2009) restauratorisch und naturwissenschaftlich untersucht wurden. Sie konnten zwar als sekundäre Farbveränderungen erkannt, aber analytisch nicht identifiziert werden (SCHLÜTTER ET AL., 2009a). Durch die ramanspektroskopischen Analysen im jetzigen Monitoringprojekt konnte eine Zuordnung der EDX-Spektren zum Cumengeit erfolgen. Damit konnten die früheren Analysen an den farblich ähnlichen Proben aus der Marienkirche Herzberg einer erneuten Bearbeitung bzw. Interpretation unterzogen werden.

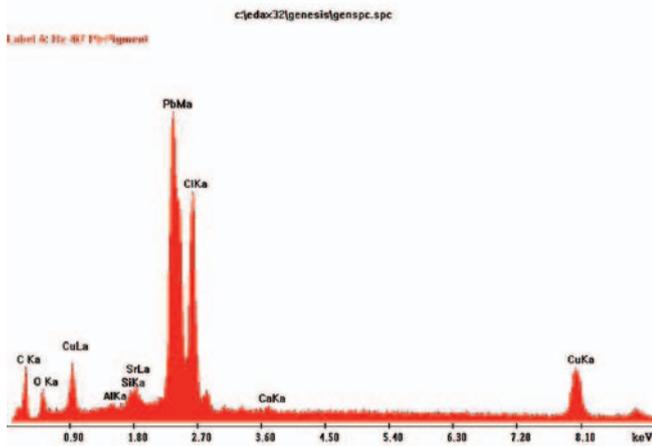


Abb. 24: Hz 4/7. Elementspektrum der kleinen, hellen Körner neben dem großen Pigmentkorn in Abb. 23: Pb, Cu-Chlorid – sehr wahrscheinlich Cumengeit [EDX-Analyse]

Abb. 20 zeigt eine verblaute, ehemals grüne Malschicht (Probe Hz 4/7). Auffällig ist, dass die Verblauung in einem Streifen auftritt, wo grünes Cu-Pigment über einer roten Pb-Malschicht (Mennige) liegt.

In der Kombination aus Polarisationsmikroskopie und REM/EDX-Untersuchung am Dünnschliff ist im Bereich der bläulichen Farbe eine helle Mineralphase erkennbar (Abb. 21 und 22). Bei höherer Vergrößerung wird deutlich, dass an größeren Körnern dunkle Kerne und helle Säume unterschieden werden können (Abb. 23). Die EDX-Analysen zeigen, dass im Kern Cu-Chlorid vorliegt (entweder das ursprüngliche Pigment oder Umwandlungsprodukt von Malachit), das von einer Pb, Cu, Cl-Phase umschlossen ist (Abb. 24). Es kann davon ausgegangen werden, dass es sich beim Saum um sekundär gebildeten Cumengeit handelt.

Die Untersuchung einer weiteren vermuteten „Verblauung“ an einer ehemals braunen Malerei in der Marienkirche Herzberg (Probe Hz 4/19, Abb. 25) lieferte vergleichbare Hinweise auf die Entstehung von Cumengeit als farbverändernde Sekundärbildung. Im Lichtmikroskop ist die Stratigraphie ersichtlich – auf einer grünen Malschicht (Cu-Pigmente) befindet sich eine



Abb. 25: Hz 4/19. Verblaute, stellenweise auch verblasste, ehemals braune Malschicht (Pfeilmarkierung). Probenentnahmestelle

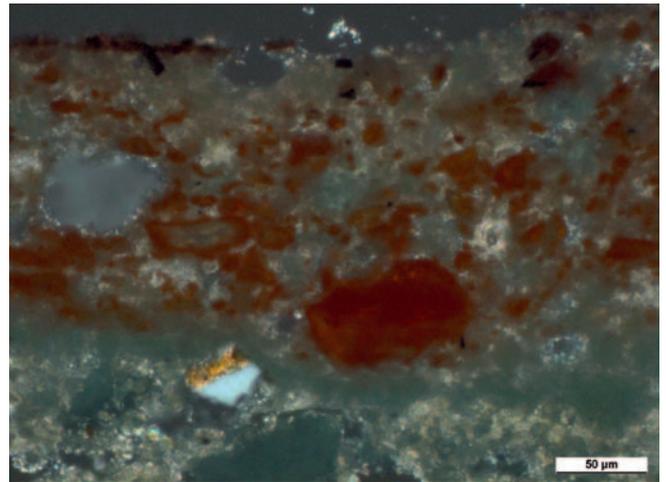
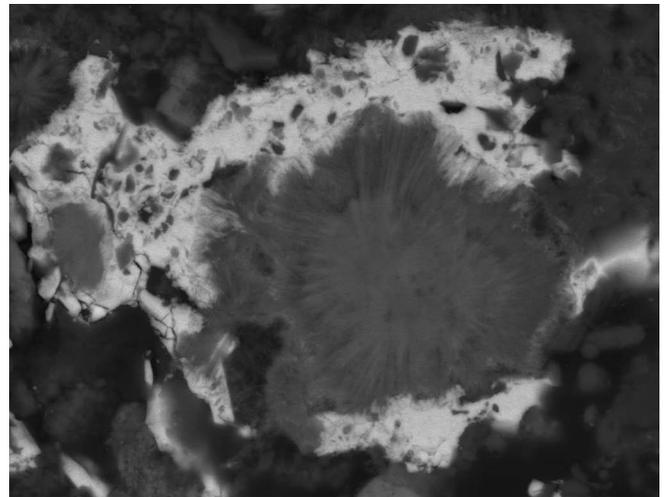


Abb. 26: Hz 4/19. Die Fassung besteht aus zwei Schichten: Grün - rot pigmentierter Anstrich auf grünem Anstrich. Einzelne Schwarzpigmente in der grün - roten Malschicht [PolMi-Aufnahme, + Polarisatoren]



20KV, Hz 4/19 10 µm

Abb. 27: Hz 4/19. Ursprünglich grünes Pigmentkorn im REM. Im Kern weitgehend unverändertes Grünpigment (Malachit), der helle Saum ist eine Pb, Cu, Cl - Sekundärbildung [REM-RE-Aufnahme]

Schicht, die das rote Pigment (Mennige), grüne Cu-Pigmente sowie organisches Schwarzpigment enthält (Abb. 26). Bei näherer Betrachtung der grünen Pigmentkörner der oberen Schicht im REM (Abb. 27) ist, wie bei Hz 4/7 (vgl. Abb. 23), ein Cu-Pigment-Kern – hier Malachit (Abb. 28) – mit einem Pb, Cu, Cl-Saum nachweisbar (Abb. 29). Ähnlich der obigen Probe Hz 4/7 ist es auch hier wahrscheinlich, dass es sich bei dem Saum um Cumengeit als Sekundärbildung handelt. In SCHLÜTTER ET AL. (2009a) wurde sowohl das Spektrum in Abb. 29 als auch das Spektrum in Abb. 24 nicht als Cumengeit sondern als Bleichlorid gedeutet. Dem Kupferpeak im Spektrum wurde nicht die nötige Beachtung geschenkt und die vorliegende Mineralphase nicht erkannt.

3.2.5 Zusammenfassung

An insgesamt fünf Wandmalereiprobe, von denen drei aus dem aktuellen Monitoringprojekt und zwei aus dem zurückliegenden Projekt zu Pigmentveränderungen an mittelalterli-

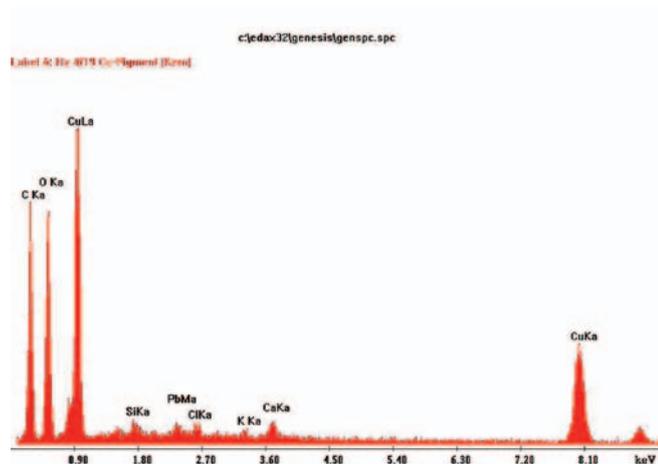


Abb. 28: Hz 4/19. Elementspektrum der dunklen, nadelförmigen Kristalle im Kern des Pigmentkorns in Abb. 27: Malachit [EDX-Analyse]

chen Wandmalereien stammen, konnte das Mineral Cumengeit $[\text{Pb}_{21}\text{Cu}_{20}(\text{OH})_{40}\text{Cl}_{42}\cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ als Ursache von Farbveränderungen ermittelt werden. Charakteristisch ist die hellblaue bis türkisblaue Farbe der Sekundärbildung, die an der Malerei (sofern nicht überdeckt) und am Querschiff gut erkennbar ist. Die untersuchten Malereien waren ursprünglich Grün bzw. Braun und enthielten stets Cu-Pigmente und Pb-Pigmente – entweder als Ausmischung oder in benachbarten Schichten. Der phasenanalytische Nachweis des Cumengeits erfolgte an zwei Proben mittels Ramanspektroskopie. Charakteristisch sind aber auch die Merkmale von Cumengeit im REM, die an allen Proben als Nachweis eingesetzt wurden. Aufgrund des hohen Rückstreu-koeffizienten ist das Mineral bereits in geringen Mengen oder fein verteilt sehr gut nachweisbar. Im EDX-Spektrum erfolgt die Identifizierung anhand der Elemente Pb, Cu und Chlor.

In der Interpretation unserer Ergebnisse ist Cumengeit ein Sekundärbildungsmineral in Wandmalereien, in denen Pb- und Cu-Pigmente vermalt sind und Chlorid vorhanden ist. Chlor kann aus Salzbelastungen des Mauerwerks stammen, aber vor allem der Herstellungsprozess der Pb-Pigmente kommt als mögliche Quelle in Betracht. An Mischungen bzw. in Nachbarschaft befindlichen Pb- und Cu-Pigmenten wurden im DBU-Forschungsprojekt zu Pigmentveränderungen an mittelalterlichen Wandmalereien zahlreiche Sekundärbildungen ermittelt (Bleioxid, Bleichlorid, Bleisulfat, Bleicarbonat) die als Beweis für „Unverträglichkeitsreaktionen“ zwischen diesen Pigmenten unter den konkreten Bedingungen der Malerei (Klima, Feuchte, Salze, Bindemittel etc.) angesehen werden (SCHLÜTTER et al., 2009b).

In den wenigen Literaturstellen, in denen Cumengeit neben Laurionit (Bleichlorid $\text{PbCl}(\text{OH})$) als Bestandteil von Wandmalereischichten nachgewiesen wurde, werden diese Minerale den primär verwendeten Malmaterialien zugeordnet (HOYER 2009, SETZER 2013). In der Dominikanerkirche Bamberg entspricht die Schichtenfolge „Grün + Türkisblau“ den Befunden am Triptychon der Marienkirche in Frankfurt (Oder). Im Gegensatz zur Deutung als lasierende Übermalung, die für den Bamberger Befund vermutet wird (*Das seltene Cumengeit*

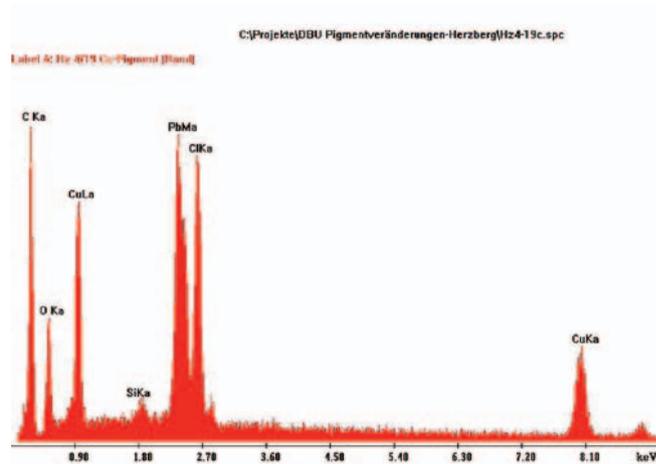


Abb. 29: Hz 4/19. Elementspektrum der hellen, saumartig um den Malachitkern angeordneten Kristalle in Abb. 28: Pb, Cu-Chlorid – sehr wahrscheinlich Cumengeit [EDX-Analyse]

wurde im Bildfeld materialsparend nur als dünne Lasur auf einer mehrschichtigen grünen Untermalung aufgetragen), gehen wir für Frankfurt (Oder) von einer ungewünschten Sekundärbildung aus. An der Bamberger Malerei befindet sich auf dem Cumengeit zusätzlich eine dünne Schicht Laurionit (Bleichlorid), von der vermutet wurde, dass sie zur Erhöhung der Brillanz gezielt aufgetragen wurde. Auch am Triptychon in Frankfurt (Oder) konnte Laurionit auf einer Malschicht nachgewiesen werden, wird aber hier als Sekundärbildung angesehen.

Bei den Proben vom Triptychon in Frankfurt (Oder) und denen aus Angermünde und Herzberg handelt es sich beim Cumengeit (und beim Laurionit) aufgrund morphologischer Merkmale und der „Verteilung“ in den Proben nach unserer Einschätzung um Sekundärbildungen. Bereits in den o.g. Untersuchungen (SCHLÜTTER et al., 2009b) wurde dem Laurionit eine nennenswerte „Mobilität“ bescheinigt. Für beide Minerale kommt hinzu, dass es sich um sehr seltene Minerale handelt. Es ist wenig wahrscheinlich, dass sie im Mittelalter als eigenständige Minerale erkannt, in ausreichenden Mengen abgebaut werden konnten, um sie dann als Malmaterialien zu handeln.

Bei der Analytik/Identifizierung ist zu beachten, dass weitere blaue Pb, Cu, Cl-Minerale existieren: Diaboleit $\text{Pb}_2\text{CuCl}_2(\text{OH})_4$ und Pseudoboleit $\text{Pb}_{31}\text{Cu}_{24}\text{Cl}_{62}(\text{OH})_{48}$, für die aber hinsichtlich ihres Vorkommens und ihrer Nutzung die gleichen Einschränkungen gelten.

Literatur und Quellen

- HOYER, S. (2009): Die Wandmalereien der Dominikaner in Bamberg. Kunsttechnologische Analyse des Malereibestandes und beispielhafte Vermittlung komplexer Zeitschichten. Dissertation Otto-Friedrich-Universität Bamberg 2009.
- SETZER, S. (2013): Die Wandmalereien der Bildfelder an der Nordwand in der ehem. Peterskirche in Lindau am Bodensee. Diplomarbeit TU München, 2013.
- Umweltbedingte Pigmentveränderungen an mittelalterlichen Wandmalereien. Arbeitsheft 24 des Brandenburgischen Landesamtes für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum (Hrsg.), Wernersche Verlagsgesellschaft, 2009, ISBN: 978-3-88462-290-2.
- SCHLÜTTER, F; ZIEMANN, M; LAUE, S.; HAHN, O. (2009a): 7.2 Veränderungen an Kupferpigmenten. 7.2.2 Verblauung von grünen Kupferpigmenten. In: BLDAM (Hrsg.): Umweltbedingte Pigmentveränderungen an mittelalterlichen Wandmalereien. Wernersche Verlagsgesellschaft, 2009, ISBN: 978-3-88462-290-2, S. 58-62.
- SCHLÜTTER, F; ZIEMANN, M; LAUE, S.; HAHN, O. (2009b): 7.3 Veränderungen an Bleipigmenten. In: BLDAM (Hrsg.): Umweltbedingte Pigmentveränderungen an mittelalterlichen Wandmalereien. Wernersche Verlagsgesellschaft, 2009, ISBN: 978-3-88462-290-2, S. 64-80.
- Mineralienatlas: <https://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/MineralData?mineral=Cumengeit>
- Wikipedia: <https://de.wikipedia.org/wiki/Cumengeit>.

3.3 Vanadinit – ein „neues“ altes Gelb-Pigment am Sternenhimmel? – Vanadinitfunde in Angermünde und Chorin

3.3.1 Einleitung

Die Sakristei in der ehemaligen Klosterkirche des Franziskanerordens in Angermünde hat eine außergewöhnliche Gewölbemalerei, die nach kunsthistorischer Einordnung in der Zeit um 1300 und damit im Zuge des großen Umbaus der Klosterkirche entstanden ist. Die Felder des vierjochigen Kreuzrippengewölbes sind mit heraldischen Lilien und Sternen verziert, die ursprünglich einen farbenprächtigen Sternenhimmel dargestellt haben müssen (Abb. 1). Doch diese Pracht ist heute nur noch zu erahnen, denn in der Zwischenzeit von über 700 Jahren mit wechselvollster Nutzung der Kirche und auch dieses Raumes haben an den Malereien in der Sakristei umfassende Pigmentveränderungen stattgefunden.



Abb. 1: Sakristei der Franziskaner Klosterkirche in Angermünde mit den untersuchten Wandmalereien an der Gewölbedecke.



Abb. 2: Heraldische Lilien mit starken Pigmentveränderungen (Graugrün, Grau, Schwarz) im Joch II von Osten über der Tür zum Chor, Foto: Jan Raue

Andererseits sind nach Ansicht der Restauratoren und Kunsthistoriker die Gewölbemalereien im ursprünglichen Zustand, haben also keine späteren Übermalungen erfahren. Auch neuzeitliche Konservierungsmaßnahmen mit synthetischen organischen Bindemitteln fanden nicht statt, so dass sich hier eine gute Möglichkeit bot, die Pigmentveränderungen naturwissenschaftlich zu untersuchen, die möglichen Ausgangspigmente zu bestimmen und dadurch die ursprüngliche Farbigkeit der Malereien im Modell wieder erstehen zu lassen.

Der unverfälschte Zustand der Maleroberflächen ermöglichte nun, Untersuchungen an den Malereien mit portablen Messgeräten vor-Ort durchzuführen. Besonderes Interesse bei den Messungen mit der mobilen Ramansonde MoRaS (siehe Kap 2.1) lag bei den verschiedenen ausgeführten Lilien und ihren Konturen (Abb. 2). Einige der Konturen waren offenbar – wovon jetzt nur noch Reste zeugen – ursprünglich gelb angelegt, sind aber nun zum großen Teil durch die Entstehung von Plattnerit, verschwärzt.

Doch gerade in den unveränderten, gelben Bereichen der Konturen gab es überraschende Befunde: Anstelle der erwarteten Spektren von Massicot, Bleizinnigelb oder Mennige, trat immer wieder ein Ramanspektrum auf, das von einem Mineral stammt, das bisher noch gar nicht als Pigment wahrgenommen oder beschrieben worden ist: das Blei-Vanadium-Mineral Vanadinit (Abb. 6).

3.3.2 Mineralogie des Vanadinit $Pb_5(VO_4)_3Cl$

Vanadinit ist ein natürliches Mineral und bildet mit den anderen Endglied-Mineralen Pyromorphit $Pb_5(PO_4)_3Cl$ und Mimetesit $Pb_5(AsO_4)_3Cl$ eine eigene Mineralgruppe, die Pyromorphit-Gruppe. Die Minerale haben eine hexagonale Kristallstruktur.



Abb. 3: Detailaufnahme des unteren Teils der mittleren Lilie in Abb. 2 mit Entnahmestelle der Probe einer gelben, unverschwärzten Malschicht (Zeiger mit Farbpalette). Dieser Bereich enthält vor allem gelbes Vanadinit.



Abb. 4: Sammlungsstück Vanadit (#2993) des Instituts für Erd- und Umweltwissenschaften mit mm-großen Kristallen. Herkunft: Silver District, Yuma County, Arizona/USA, Foto: Martin Ziemann

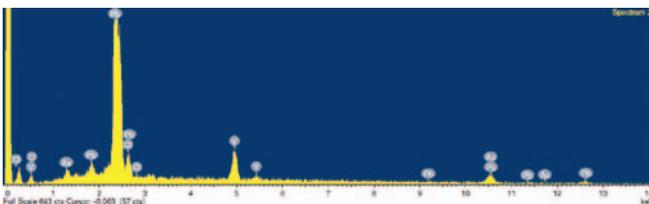


Abb. 5: Elementspektrum von Vanadinit $Pb_3(VO_4)_3Cl$. Sammlungsstück (# 2993) [EDX-Analyse]

Sie sind häufig in Bleierz-führenden Erzlagerstätten anzutreffen und wurden sogar als Erz zur Bleigewinnung abgebaut. Die Minerale entstehen als sogenannte Sekundärminerale in der Oxidationszone eines verwitternden Bleierzganges (MARKL, 2014a). Weitere Minerale, die sich in der Oxidationszone bilden können, sind Cerussit $PbCO_3$ und Anglesit $PbSO_4$.

Die Minerale der Pyromorphit-Gruppe entfalten eine ungewöhnliche Farbenpracht von Grau über Braun, Rot, leuchtendes Orange und Gelb bis hin zum kräftigen Grün und sind daher sehr begehrte Sammlerminerale. Die Farbe von Vanadinit wird mit gelb, orange, rot bis braun beschrieben (HOCHLEITNER, 1981), wobei die Strichfarbe, die auch die (feinkristalline) Pigmentfarbe bestimmt, weiß, blassgelb bis blassrot ist. Die gelbe Farbe der großen Kristalle wird durch einen zunehmenden Gehalt an Arsen hervorgerufen. Über Vanadinit und die anderen Minerale der Pyromorphit-Gruppe wurde in der Literatur erst spät berichtet: Pyromorphit wird erstmals 1693 als „Grünbleierz“ erwähnt, Mimetesit 1748 und schließlich Vanadinit um 1800 (MARKL, 2014a). Allerdings waren die Minerale selbst schon lange vorher bekannt, wie MARKL (2014b) feststellt: „Es darf mit Fug und Recht angenommen werden, dass auch im Altertum die farbenfrohen Bleimineralien bekannt waren, zumal sie zumindest auf Blei verhüttet wurden.“

Der Name Vanadinit geht zurück auf das Element Vanadium, das in diesem Mineral entdeckt wurde. Wichtige Fundorte sind Hochobir bei Windischkappel und Bleiberg in Kärnten (Österreich), Mibladen (Marokko), Gowde (Irland) sowie die Apache Mine und die Old Yuma Mine in Arizona in den USA. (HOCHLEITNER 1981)



Abb. 6: Vanadinit aufbereitet als Pigment mit kräftig gelber Farbe, 0 - 120 μm (#10840, Kremer-Pigmente GmbH & Co KG, Aichstetten), Foto: Martin Ziemann

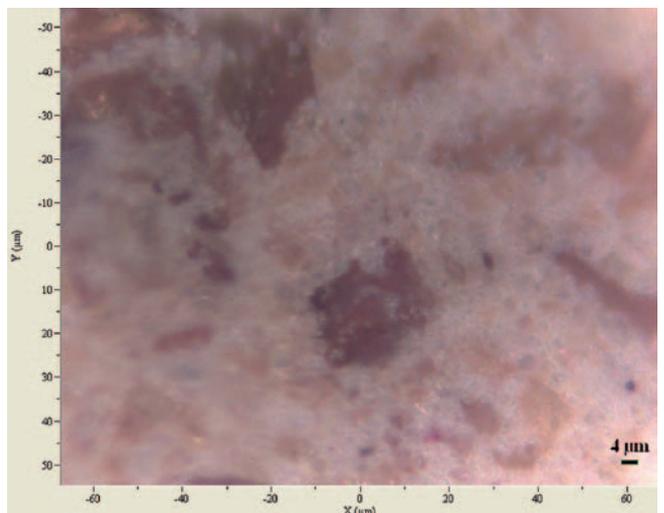


Abb. 7: Mikroskopisches Bild der Vanadinit Pigmentprobe #10840, 0 – 120 μm von Abb. 6. Kleinere Kristalle sind heller (und milchig) als große. Die Farbwiedergabe erscheint verfälscht. [LabRam-Aufnahme, + Polarisatoren, Objektiv 50x]

In der Wandmalerei ist die Verwendung von Vanadinit bisher nicht beschrieben worden.

3.3.3 Vanadinit- Mineralstandards

Nachdem die ersten überraschenden Ramanspektren vom Vanadinit mit der mobilen Ramansonde aufgezeichnet worden waren, stellte sich sofort die Frage nach entsprechenden Standardproben, sowohl für die Raman- als auch für die Elementanalytik mittels REM-EDX. Als Standards konnten verwendet werden:

1. Das Sammlungsstück Nr. 2993 des Instituts für Erd- und Umweltwissenschaften der Universität Potsdam (Abb. 4) mit dunkelroten Vanadinitkristallen mit bis zu 1 mm Durchmesser, dem Einzelkristalle für ramanspektroskopische und für REM-EDX-Messungen entnommen wurden. Neben Pb, V und Cl enthält dieser Vanadinit auch eine geringe Menge an As (Abb. 5). Das Ramanspektrum ist in Abb. 9 dargestellt.

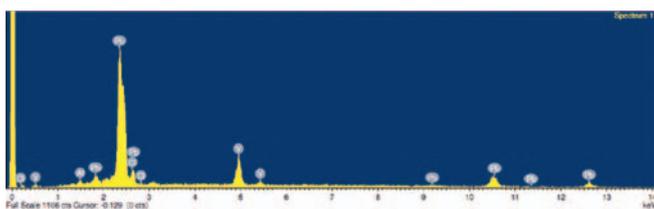


Abb. 8: Elementspektrum der Pigmentprobe #10840. [EDX-Analyse]

2. Eine Vanadinit-Pigmentprobe mit orangegelber Farbe, die von Herrn G. Kremer (Kremer Pigmente GmbH & Co. KG, Aichstetten) freundlicherweise für diese Untersuchungen hergestellt und zur Verfügung gestellt wurde. Deutlich ist zu erkennen, dass bei der frisch aufbereiteten Pigmentprobe, die Einzelkörner umso heller erscheinen, je kleiner der Korndurchmesser ist (Abb. 7). Im Elementspektrum (Abb. 8) ist hier im Gegensatz zum Spektrum der Sammlungsprobe (Abb. 5) kein As enthalten. Das Ramanspektrum dieser Probe ist zum Vergleich zusam-



Abb. 10: Dokumentationsfoto der mobilen Ramansonde MoRaS am Messpunkt R10 in der Sakristei der Klosterkirche in Angermünde. Der helle Punkt direkt vor dem Mikroobjektiv markiert die genaue Messposition für das registrierte Ramanspektrum.

men mit dem des Sammlungsstücks (#2993) in Abb. 9 dargestellt. Beide Spektren stimmen sehr gut überein und bestätigen das Datenbankspektrum, das anfänglich bei den Vor-Ort-Messungen zur Identifizierung des Vanadinites verwendet wurde.

3.3.4 Vanadinit-Befunde in Nordost-Brandenburg

Zurück zu unseren Funden von Vanadinit bei den Vor-Ort-Ramanmessungen in der Sakristei der Klosterkirche in Angermünde. Am Messpunkt R10 in der hellgelben Vertiefung in der Kontur (Abb. 3 und 10) wurde ein Ramanspektrum (Abb. 11) registriert, das neben den Banden von Gips, Anhydrit, Kalk und amorphem Kohlenstoff vor allem intensive Banden von Vanadinit aufweist, die sehr gut mit dem des reinen Pigments (Abb. 9) übereinstimmen. An vier weiteren gelben Messstellen wurde mit der MoRaS in der Sakristei Vanadinit bestätigt. Die Messpunkte sind in der Dokumentation und Kartierung verzeichnet (Kapitel 2.3).

Zur genaueren Untersuchung wurde von der gelben Vertiefung in der Kontur (Abb. 3) die Probe Ang 1/5 genommen und als Querschliff präpariert (Abb. 12). An der Probe konnten nun vergleichende REM-EDX- und Raman-Untersuchungen im Labor vorgenommen werden. Im Materialkontrast der REM-

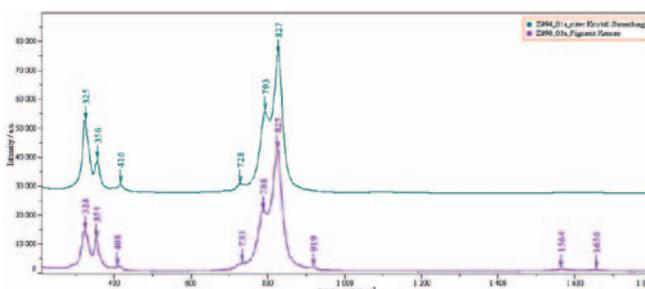


Abb. 9: Ramanspektren der beiden Vanadinit-Standardmessungen: obere, grüne Kurve: Kristall Sammlungsstück (# 2993); untere, rote Kurve: Kremer-Pigment (#10840). Beide Spektren stimmen sehr gut überein.

RE-Abbildungen (Abb. 13 und 14) ist das aufliegende feinkörnige Pigment gut zu erkennen, das im EDX-Spektrum Pb, V und Cl aufweist (Abb. 15). Bei der Auswertung des EDX-Spektrums ist zu beachten, dass der Cl-Peak relativ niedrig ist und teilweise

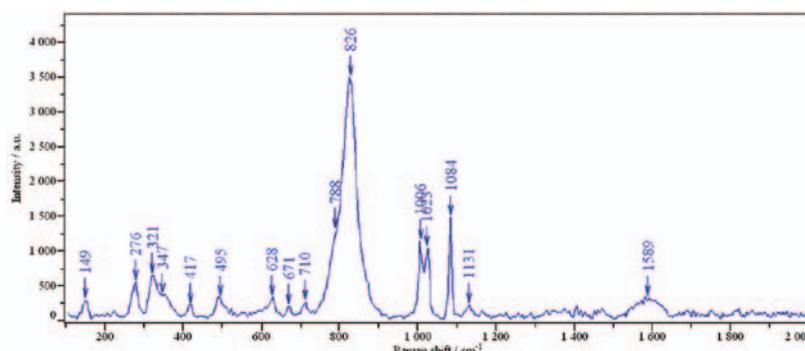


Abb. 11: Ramanspektrum am Messpunkt R10 mit den nachgewiesenen Mineralen: Vanadite $Pb_5(VO_4)_3Cl$ sehr intensiv ($321, 347, 788, 826 \text{ cm}^{-1}$), Gips ($417, 495, 628, 1006, 1131 \text{ cm}^{-1}$), Anhydrit (1023 cm^{-1}), Calcit ($149, 276, 710, 1084 \text{ cm}^{-1}$) und amorpher Kohlenstoff (1589 cm^{-1}) [mobile Ramansonde MoRaS]

vom benachbarten Pb-M-Peak überdeckt wird. Chlor kann also in der EDX-Analyse von Vanadinit relativ leicht übersehen werden. Das Ramanspektrum der gelben Malschicht wurde am Streupräparat an der Malschichtoberfläche – also unter den gleichen Bedingungen wie bei den Vor-Ort-Messungen mit der MoRaS – gemessen (Abb. 16). Das Ramanspektrum der Probe Ang 1/5 (Abb. 17) stimmt sehr gut mit den Standardspektren (Abb. 9) und dem Spektrum der Vor-Ort-Messung (Abb. 11) überein und bestätigt so nochmals klar den Befund Vanadinit.

Weitere Ramanmessungen ergaben, dass sich in der gelben Malschicht der Probe Ang 1/5 auch einzelne rote Pigmentkörner aus Mennige befinden.

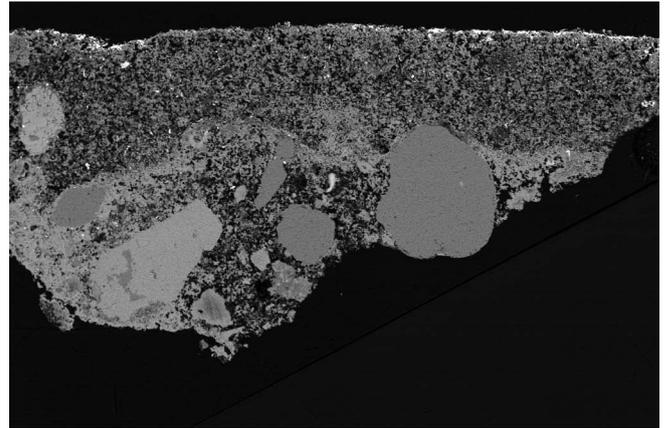
Bei den weiteren Arbeiten im Rahmen dieses Projektes konnte Vanadinit an gelben Proben vom Kloster Chorin, hier sowohl vom Fürstensaal (Abb. 18, Probe Cho 1/1) als auch vom Refektorium (Probe Cho 1/4) nachgewiesen werden.

Die Probe Cho 1/1 aus dem Fürstensaal zeigt den gleichen Malschichtaufbau (Abb. 19 und 20) wie die Probe Ang 1/5 von Angermünde (Abb. 12 und 13). Auf einer Tünche liegt eine dünne gelbe Malschicht aus Vanadinit (REM/EDX-Analyse: V, Pb und Cl; Abb. 20 bis 22).

Auch in der gelben Malschicht der Probe Cho 1/4 (Abb. 23 und 24) aus dem Refektorium im Kloster Chorin wurde mit

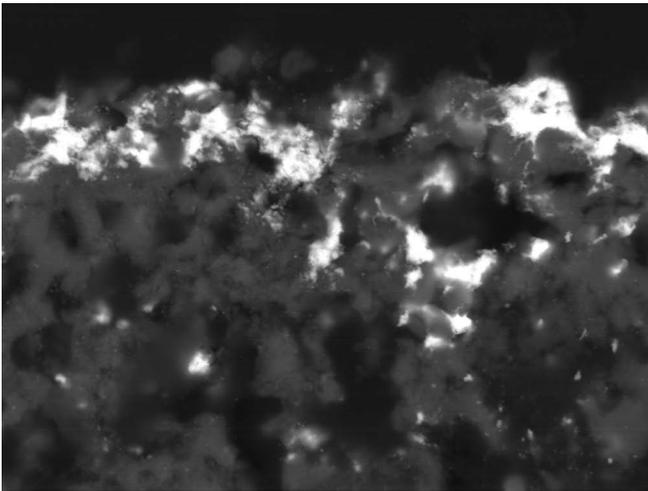


Abb.12: Querschliff-Aufnahme der Probe Ang 1/5 mit nur einer dünnen, hell-gelben Malschicht auf feinkörnigem Putz und Tünche, Foto: F. Mucha, FH Erfurt



Ang 1/5 20 kV 300 µm

Abb. 13: REM-Aufnahme der Querschliffprobe Ang 1/5 (Abb. 12) mit einer sehr dünnen Malschicht – erkennbar an den hellen Pigmentkörnern – auf einer Kalktünche [REM-RE-Aufnahme am Querschliff]



Ang 1/5 20 kV 8 µm

Abb. 14: Ang 1/5. Pigmente der gelben Malschicht im Phasenkontrast. Detail aus Abb. 13. [REM-RE-Aufnahme am Querschliff]

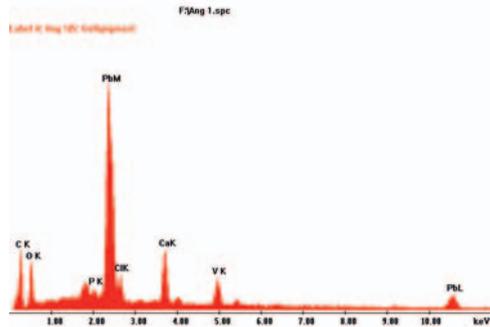


Abb. 15: Ang 1/5. Elementspektrum der hellen Pigmentkörner in Abb. 14. Nachweis von Pb, V und Cl. Das Ca stammt von der kalkhaltigen Matrix um die Pigmente. [EDX-Analyse]

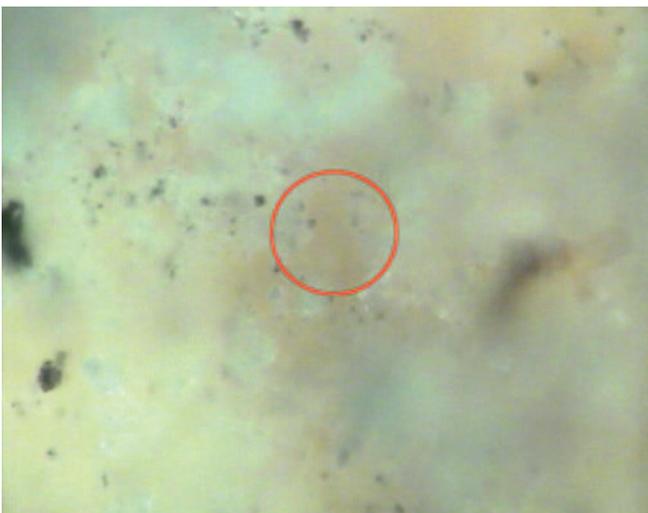


Abb. 16: Ang 1/5. Detailaufnahme am Messpunkt, gelbes Pigmentkorn, LabRam Auflicht, 100x Objektiv, Polarisatoren #, Bildunterkante ca. 70 µm

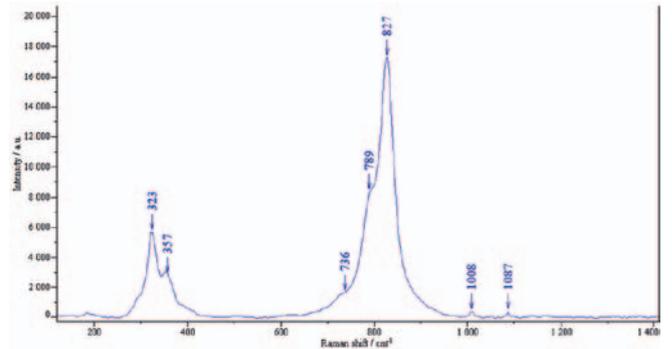


Abb. 17: Das Ramanspektrum der Probe Ang 1/5 enthält intensive Banden von Vanadinit $Pb_5(VO_4)_3Cl$ (323, 357, 789, 827 cm^{-1}) sowie Banden von Gips (1008 cm^{-1}) und Kalk (1087 cm^{-1}) [Ramanmessung am Streupräparat]

REM-EDX-Untersuchungen (Abb. 25 und 26) und ramanpektroskopisch (Abb. 27) Vanadinit eindeutig nachgewiesen. Die Ramanmessungen wurden am selben Querschliff-Präparat durchgeführt und zeigen sogar ein reines Vanadinit-Spektrum (Abb. 27).

3.3.5 Zusammenfassung und Diskussion

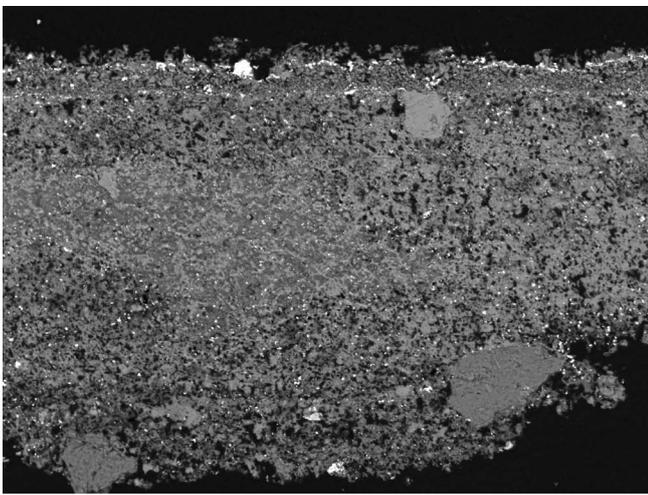
Die Verwendung von Vanadinit als gelbes Pigment in der Wandmalerei ist bisher noch nicht beschrieben worden.



Abb. 18: Wandmalerei im Fürstensaal des Klosters Chorin. Nordwand, Anbetung der Heiligen drei Könige mit Markierung der Entnahmestelle der Probe Cho 1/1. Gelbe Architekturgliederung

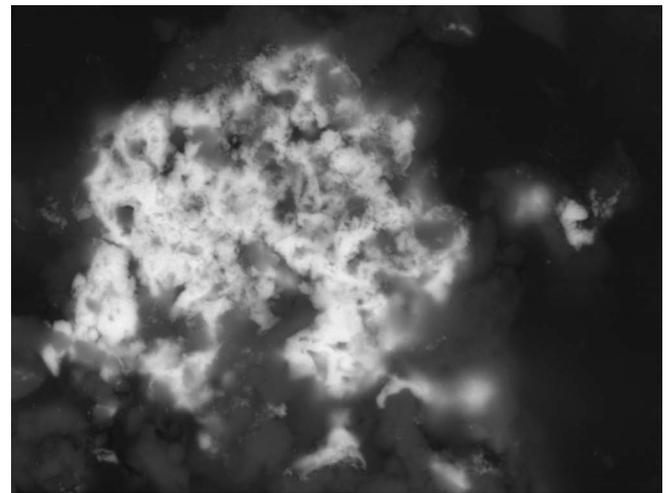


Abb. 19: Querschliff-Aufnahme der Probe Cho 1/1 mit einer dünnen hell-gelben Malschicht auf der Tünche, Foto: F. Mucha, FH Erfurt



Cho 1/1 20 kV | 90 µm

Abb. 20: Cho 1/1. REM-Aufnahme des mittleren Bereiches der Querschliffprobe in Abb. 19. Dünne Malschicht – erkennbar an den hellen Pigmentkörnern – auf einer Kalktünche [REM-RE-Aufnahme am Querschliff]



Cho 1/1 20 kV | 4 µm

Abb. 21: Cho 1/1. Einzelnes Pigmentkorn der gelben Malschicht im Phasenkontrast. Detailaufnahme aus Abb. 20. [REM-RE-Aufnahme am Querschliff]

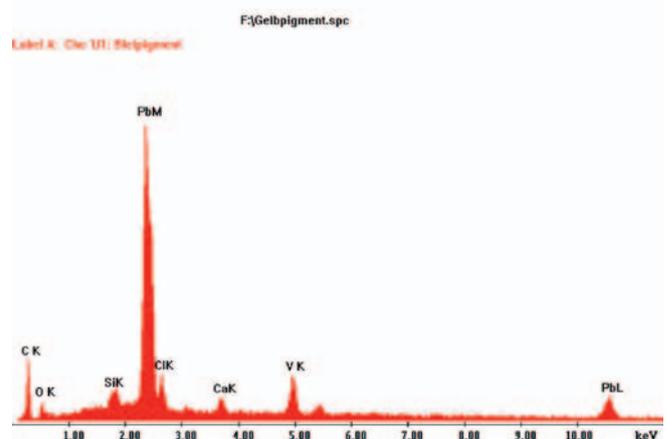


Abb. 22: Cho 1/1. Elementspektrum des hellen Pigmentkorns in Abb. 21: Pb, V, Cl [EDX-Analyse]

Die REM-EDX- und ramanspektroskopischen Untersuchungen in diesem Projekt belegen das Vorhandensein von Vanadinit in den Malereien der Sakristei in der Franziskanerklosterkirche Angermünde und im Kloster Chorin (Fürstensaal und Refektorium). In den Tabellen 1 und 2 sind die Vanadinit-Befunde in Angermünde und Chorin zusammengefasst.

Es stellt sich die Frage, ob das Vanadinit schon bei der Anfertigung der Wandmalereien verwendet wurde, oder ob es eine Pigmentveränderung eines Blei-Pigments sein könnte. Für eine sekundäre Entstehung von Vanadinit an einer Malerei wären sehr spezielle Bedingungen notwendig, es müssten Vanadiumhaltige Fluide über längere Zeit auf die Wandmalerei eingewirkt haben. Das kann man für die hier beschriebenen Vanadinit-Befunde ausschließen.

Dann wäre zu diskutieren, ob das Vanadinit zufällig oder absichtlich bei der Malerei verwendet worden ist. Zufällig hieße, dass Vanadinit unbeabsichtigt in das eigentliche, gelbe (Blei-) Pigment geraten ist und dann mit vermalt wurde. Dann hätte aber der Vanadinit alle Herstellungsstufen vom Bleierz über

Blei und Bleiweiß bis zum Massicot überstehen müssen, was unwahrscheinlich ist. Außerdem finden wir nicht nur vereinzelt ein Vanadinitkörnchen in einer Malschicht aus einem anderen, gelben Pigment, sondern Vanadinit bildet weitgehend die gelbe Malschicht.

Betrachten wir die Entstehungszeiten der Wandmalereien, in denen Vanadinit nachgewiesen werden konnte, so fällt auf,



Abb. 23: Wandmalerei im Refektorium des Klosters Chorin. Nordwand, Begrenzungsband, gelber Fond

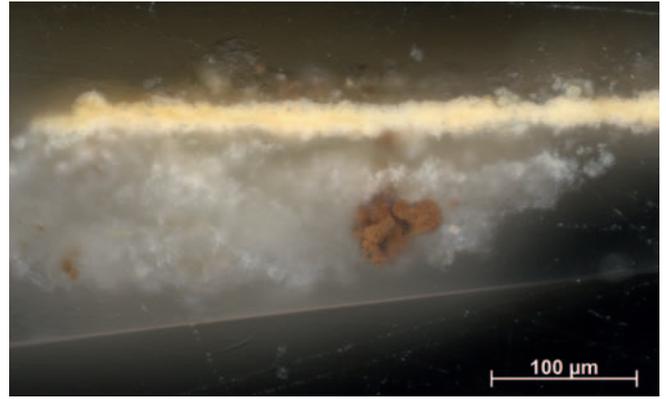
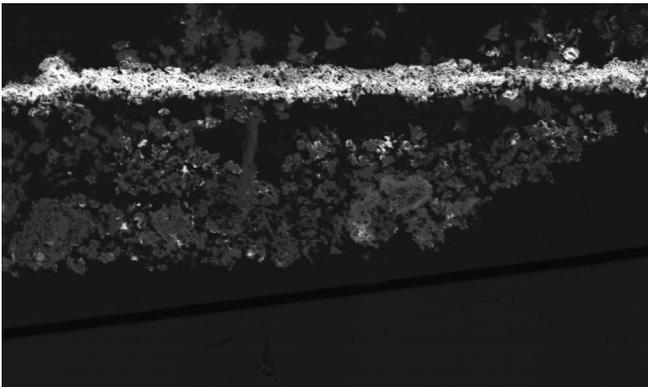


Abb. 24: Querschliff-Aufnahme der Probe Cho 1/4 mit dünner, hell-gelber Malschicht auf der Tünche, Foto: F. Mucha, FH Erfurt



Cho 1/4 20 kV — 80 µm —

Abb. 25: Cho 1/4. REM-Aufnahme der Querschliffprobe in Abb. 24. Auf der dünnen Malschicht (helles Band) befinden sich Gipskristalle [REM-RE-Aufnahme am Querschliff]

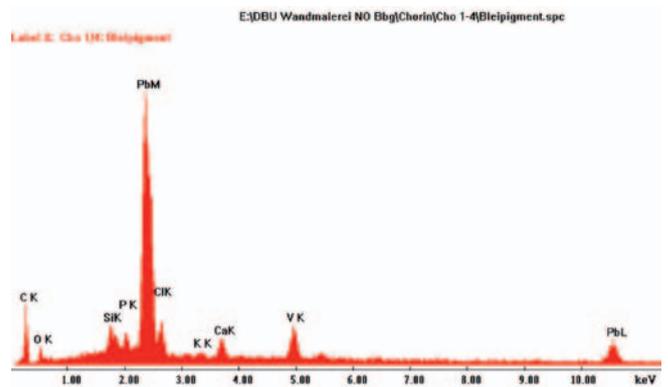


Abb. 26: Cho 1/4. Elementspektrum des hellen Bandes in der REM-Aufnahme Abb. 25: Pb, V, Cl [EDX-Analyse]

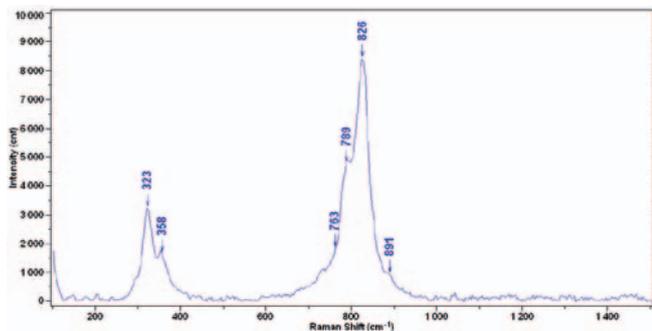


Abb. 27: Ramanspektrum der Probe Cho 1/4 am Messpunkt 3. Das Spektrum zeigt reines Vanadit, $Pb_5(VO_4)_3Cl$, [Ramanmessung am Querschliff]

dass die Malereien in Chorin kurz vor 1300 und die in Angermünde um 1300 – also nahezu zeitgleich – entstanden sind.

Da es keinerlei Aufzeichnungen oder frühere Befunde gibt, bleibt vorerst nur die Spekulation:

Was wäre, wenn?

Was wäre also, wenn kurz vor 1300 in einer damals längst aktiven Bleierzlagerstätte zufällig ein Bereich mit etlichen Kilogramm Vanadinit gefunden worden wäre. Die farbenfrohen Bleiminerale waren sicher bekannt, wie MARKL (2014b) annimmt.

Man hätte durch ein Aufmahlen ein wunderbares, gelbes Pigment erhalten (vergleichbar der Kremer-Pigmentprobe), das keinerlei weiterer Bearbeitung wie z.B. bei der Herstellung von Massicot bedürft hätte. Die so entstandenen Malereien hät-

ten zunächst den Erwartungen entsprochen (brillantes, kräftiges Gelb), doch wie heute bekannt ist, sind die Minerale der Pyromorphitgruppe und so auch der Vanadinit nicht lichtstabil (KREMER 2017). Mit der Zeit wird Vanadinit durch Lichteinfall milchig und verliert seine Farbe.

Literatur und Quellen

- HOCHLEITNER, R. (1981): Fotoatlas der Mineralien und Gesteine. S. 116. Gräfe und Unzer GmbH, München, 1981.
- KREMER, G. (2017): mdl. Information.
- MARKL, G. (2014a): Pyromorphit, Mimetesit & Vanadinit. extraLapis 46, S. 24, Christian Weise Verlag, München. ISSN 0945-8492.
- MARKL, G. (2014b): Pyromorphit, Mimetesit & Vanadinit. extraLapis 46, S. 6, Christian Weise Verlag, München. ISSN 0945-8492.
- MINERALIENATLAS: www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/MineralData?mineral=Vanadinit, abgerufen 09.09.2017

Objekt	Moras Messpunkt	Beschreibung	Pigmente / weitere Bestandteile (Raman)
Franziskanerkloster Angermünde, Sakristei	R03-46	Sichtbare beige-gelbe Malschicht in der Kontur der Lilie 46	Vanadinit Weddellit (Ca-Oxalat) Gips, Kalk amorpher Kohlenstoff
	R08-46	Sichtbare beige-gelbe Malschicht in der Kontur der Lilie 46	Vanadinit evtl. Massicot Gips, Kalk amorpher Kohlenstoff
	R10-46 R11-46	gelbe Malschicht in einer Vertiefung der Kontur der Lilie 46	Vanadinit Weddellit (Ca-Oxalat) Gips, Kalk amorpher Kohlenstoff
	R03-07	Sichtbare beige-gelbe Malschicht in der Kontur der Lilie 07	Vanadinit Gips, Kalk

Tabelle 1: Vanadinit-Befunde im Rahmen der Vor-Ort-Ramanmessungen mit der MoRaS in der Sakristei der Franziskanerklosterkirche in Angermünde

Objekt	Probe	Beschreibung	Pigmente / weitere Bestandteile (Raman)
Franziskanerkloster Angermünde, Sakristei, Nordwand	Ang 1/5	Sichtbare beige-gelbe Malschicht in der Kontur der Lilie 46	REM/EDX am QS: Pb, V, Cl Ramanspektroskopie am QS: - Vanadinit - Weddellit (Ca-Oxalat) - Gips, Kalk - amorpher Kohlenstoff - Mennige
Zisterzienserkloster Chorin, Fürstensaal, Nordwand	Cho 1/1	Gelbe Malschicht Architekturgliederung (Fürstensaal)	REM/EDX am QS: Pb, V, Cl Raman an anderer Probe, Streupräparat: - Massicot und Goethit
Refektorium, Nordwand	Cho 1/4	Gelbe Malschicht (Refektorium)	REM/EDX am QS: Pb, V, Cl Raman am selben QS: - Vanadinit

Tabelle 2: Vanadinit-Befunde im Rahmen der Projekt-Untersuchungen an Proben aus der Sakristei der Franziskanerklosterkirche Angermünde und aus dem Kloster Chorin

4. Restauratorische Erfassung und Monitoring an Wandmalereien und Architekturfassung im Nordosten Brandenburgs

MECHTHILD NOLL-MINOR

4.1. Monitoring und „Low-Level-Monitoring“ im Rahmen des DBU-Projektes

Im vorliegenden Beitrag wird über die Schaffung von Grundlagen für Zustandskontrolle und Monitoring und die Methoden des Monitorings im Rahmen des Projektes zur Erfassung, Erforschung und Erhaltung von mittelalterlichen Wandmalereien und Architekturoberflächen berichtet, welches von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert wurde.

4.1.1 Grundlagen und Methodik des Monitorings

Die systematische Untersuchung und Erfassung mittelalterlicher Wandmalerei und Architekturoberflächen sind eng verbunden mit der Entwicklung der interdisziplinären Forschung zur Erhaltung von Kulturerbe. Meilensteine in der Auseinandersetzung mit diesem Thema waren in Deutschland die in den Jahren 1987-1991 durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie geförderten Forschungsverbundprojekte „Wandmalereischäden“ und „Steinschäden“,¹ die wesentlich zum Aufbau einer konservierungswissenschaftlichen Infra-

struktur beitrugen. Zu den Ergebnissen dieser Projekte gehörte auch der Versuch, Erhaltungsmaßnahmen durch die Formulierung von Richtlinien und Normen zu standardisieren.² Gegenwärtig erfolgt durch die VDI eine Überarbeitung in Bezug auf europäische und internationale Normen.³

Die gewachsenen Ansprüche an naturwissenschaftliche Untersuchungen und Dokumentation stehen oft im Konflikt mit den finanziellen Möglichkeiten der Eigentümer oder Verantwortlichen, wenn Forschungsprojekte wieder beendet sind und der „Denkmalpflege-Alltag“ einzieht. Diese Diskrepanz wird seit längerem kritisch vermerkt. Daher wurden u.a. von Sharon Cather und Lorinda Wong (WONG, 2000; WONG, 2003) folgende Kriterien für einen methodischen Zugang zur Entwicklung von Konzepten für Untersuchungen zum Zustand und ihrer Dokumentation formuliert⁴: Niveau und Aufwand einer Zustandsdokumentation sollten mit Bezug auf das Objekt, örtliche und zeitliche Bedingungen und den Zweck der Dokumentation definiert werden. Hierzu gehört, dass vor Beginn



Abb. 1: Chorin, Refektorium, Nordwand, Kreuzigung, Wandmalerei des 13. Jh., Foto: Mechthild Noll-Minor, 2017.



Abb. 2: Chorin, Refektorium, Nordwand, Kreuzigung, Kartierung der Putzhohllagen und Nachkonservierung der Putze, August 2014

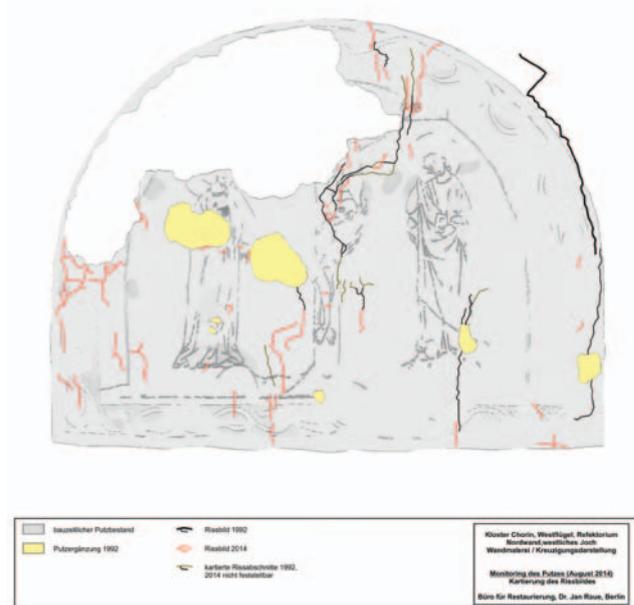


Abb. 3: Chorin, Refektorium, Nordwand, Kreuzigungsszene, Kartierung des Rißbildes im Putz, August 2014

eines Wandmalerei-Monitorings die Erfassung des Bestandes unter Einbeziehung der Restaurierungs- und Objektgeschichte sowie die Untersuchung möglicher Schadprozesse und Gefährdungen erfolgt. So wird beispielsweise im Leitfaden „Zustandserhebung und Monitoring an Wandmalerei und Architekturoberfläche“ des Österreichischen Bundesdenkmalamtes die regelmäßige Überprüfung wesentlicher Referenzen als essentieller Bestandteil eines Monitoring-Programms gefordert. Die Referenzen sollen für die Nachkontrolle objektiv und reproduzierbar sein. Dementsprechend werden nur Größen gemessen bzw. Phänomene dokumentiert, von denen anzunehmen ist, dass sie zukünftig erhaltungsrelevant und nachvollziehbar sind.⁵

Im Rahmen des hier dokumentierten DBU-Projektes konnte ein Monitoring im oben definierten Umfang nur an einigen Wandmalereien durchgeführt werden.

Die Nachvollziehbarkeit von Zustandsveränderungen und Schadensverläufen sowie die Überprüfung des Erfolgs konservatorisch – restauratorischer Bemühungen der Vergangenheit war durch nicht immer in genügender Qualität vorhandene historische Fotografien oder Bestands- und Maßnahmendokumentationen erschwert.

Für die Wandmalereien im Konversen-Refektorium (Abb.1) des Klosters Chorin, die Weltenrichterdarstellung auf der Süd- wand und in der Sakristei der Franziskanerklosterkirche Angermünde sowie die Wandmalereien der Mondsichelmadonna und des Triptychons in und an der Marienkirche in Frankfurt (Oder) lagen bereits in den letzten zwei Jahrzehnten entstandene Kartierungen des Bestandes und Zustandes sowie Fotodokumentationen vor. Auf dieser Grundlage konnte im Rahmen des Projektes ein Monitoring zur Überprüfung des Zustandes und Erhaltung des Bestandes begonnen werden. Hierzu wurden die vorliegenden Kartierungen ausgewertet, die im Rahmen der letzten Restaurierungsprojekte angefertigt worden waren und vorliegende Schadensbilder sowie die durchgeführten konservatorischen Maßnahmen dokumentierten. An den Objekten



Abb. 4: Chorin, Fürstensaal, Fledermauskot auf der Wandmalerei, Foto: Jan Raue, Juli 2014

wurden zu den gleichen Themen aktualisierte Kartierungsblätter erstellt (Abb. 2, 3). Diese dienen nun als Grundlage für die Fortführung des Monitorings. Die Überprüfung des Zustandes der Wandmalereien zeigte sehr unterschiedliche Ergebnisse und war in einigen Fällen überraschend: An den Wandmalereien im Fürstensaal und Refektorium des Klosters Chorin wurde ein erhöhtes Aufkommen an Fledermauskot (Abb. 4) nach dem



Abb. 5: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Schutzverglasung, Foto: Jan Raue, 2015

artenschutzfreundlichen Um- und Ausbau des Westflügels festgestellt. Für die Wandmalerei des Triptychons konnte eine relative „Verlangsamung“ des schon über zwanzig Jahre beobachteten Schadprozesses (induziert durch Salze und filmbildende Konservierungsmittel) durch Dämpfung der Klimaschwankungen nach Vorbau einer Glaseinhausung mit Belüftungsschlitzen festgestellt werden (Abb. 5).⁶ Gravierende Schäden durch Salzaktivität mussten an der Wandmalerei der Mondsichelmadonna in Frankfurt (Oder) registriert werden, die zehn Jahre zuvor noch gar keine Rolle spielten.⁷

Aus diesen Beispielen wird die Notwendigkeit einer regelmäßigen Kontrolle des Zustandes der Wandmalereien deutlich, die – angepasst an das jeweilige Objekt – jedoch insgesamt einen Turnus von fünf Jahren nicht überschreiten sollte. Wenn den Bestand gefährdende Schadfaktoren und Schadprozesse erkennbar sind, müssen neben der Zustandskontrolle auch regelmäßige Wartungs- und ggf. erforderliche Konservierungsmaßnahmen eingeplant werden. An besonders gefährdeten und kunsthistorisch bedeutenden Objekten wie der Mondsichelmadonna in Frankfurt (Oder) und der Ausmalung des ausgehenden 13. Jahrhunderts im Kloster Chorin sollte eine Inspektion zunächst in jährlichem Abstand erfolgen.

Die im Rahmen eines früheren DBU-Projektes⁸ vor ca. zwanzig Jahren untersuchten Putzgestaltungen am Äußeren von fünf Kirchen im Nordosten Brandenburgs wurden ebenfalls einer Zustandskontrolle im Rahmen des Projektes unterzogen.



Abb. 6: Niederlandin, Putzablösungen und Putzverluste, 2016, Foto: Sonia Cárdenas

Hier zeigte sich allerdings, dass die vorliegenden Bestandskartierungen als Vergleich für ein Monitoring bis auf wenige Ausnahmen (Bestands- und Zustandskartierung an der Kirche Altlandsberg) nicht ausreichend waren. Die intensivere Untersuchung von Bestand und Zustand der Außenputzgestaltungen ging einher mit der Erstellung von Bildplänen auf der Grundlage entzerrter Messbilder in zwei Kirchen und entzerrter fotografischer Aufnahmen für die übrigen Kirchen. Auf diesen Bildplänen wurde eine aktuelle Bestands- und Zustandskartierung mit dem Programm ArcGIS erstellt und auch die vorliegenden älteren Kartierungen in Beziehung dazu gesetzt, soweit dies möglich und sinnvoll war.

Diese Vorgehensweise ermöglichte, die Anforderungen an die im Projekt entwickelten Monitoring- und Dokumentationsmethoden im Innen- und Außenbereich zu überprüfen: Für eine maßliche Dokumentation zur Feststellung von Veränderungen und Verlusten an den mittelalterlichen Ritz- und Fugengestaltungen über einen längeren Zeitraum (Monitoring) muss auch die Oberflächenstruktur in hoher fotografischer Qualität abgebildet werden. Reduzierungen der Oberflächen müssen bei Wiederholung der Aufnahmen messbar nachvollziehbar sein. Der Zugriff auf die im Rahmen des Projektes angefertigten Bildpläne bzw. der entzerrten Messbilder erfolgte durch deren Übergabe als lagerungsbeständige Ausbelichtung und zusätzlich digital im TIFF-Format. Die analogen Negative mit den Koordinaten der für die Entzerrung verwendeten Passpunkte

einschließlich deren Verortung in Übersichtsplänen wurden an das BLDAM zur Aufbewahrung übergeben. Die Überprüfung des Zustandes im Rahmen des modellhaften Monitorings an fünf Kirchen erbrachte folgende wesentlichen Erkenntnisse:

Bereits an den Fassadengestaltungen der Kirchen Kunow und Kummerow, die vor fünf Jahren konserviert wurden, ließen sich erste Veränderungen – Reduzierung des Bestandes und Verformungen – erkennen (Abb. 6).⁹ Daraus folgt, dass dort eine Zustandskontrolle im Turnus von fünf Jahren erfolgen sollte und spätestens aller zehn Jahre Maßnahmen zur Wartung und Nachkonservierung einzuplanen sind.

Bei der konservatorischen Sicherung am Nord- und Westgiebel der Klosterkirche in Chorin wurden ca. fünfzehn Jahre nach den letzten Außenputz-Konservierungen in den Blenden erneute Putzablösungen von ca. 10-15 % der Fläche registriert.¹⁰ Auch an der Putzgestaltung der Kirche Niederlandin, deren letzte konservatorische Sicherung vor ca. 15 Jahren erfolgte, sind Verluste an Detailfotos nachvollziehbar.

Es sind Verformungen an der Putzoberfläche durch thermisch und hygrisch induzierte Bewegungen feststellbar. Die Vergipsung der Oberfläche trägt zur Verformung durch Volumenzunahme vor allem durch Einwirken von Feuchtigkeit bei. Auf den Nordfassaden der Kirchen sind durch kürzere Dauer der täglichen Sonneneinstrahlungen verstärkt Algen und Flechten vorhanden, die durch Einwachsen die Putzstruktur zu zerstören vermögen. Zu dicht bei den Gebäuden stehender und mit den Jahren hoch gewachsener Baumbestand trägt ebenfalls zu längerer Durchfeuchtung bei. Der Klimawandel führt durch intensivere Niederschläge vermutlich zu einer Beschleunigung von Schadprozessen.

Um die – für die mittelalterlichen Feldsteinkirchen so prägenden – Putzritzungen und Fugengestaltungen auch noch in einigen Jahrzehnten erleben zu können, ist die Einrichtung eines regelmäßigen Inspektions- und Wartungsprogramms dringend erforderlich.

4.1.2 Low-Level-Monitoring im Projekt

Der Bogen von „Erfassen, Erforschen und Erhalten“ wird gespannt, um die Tätigkeit der Experten verschiedener Fachgebiete in der Denkmalpflege zu beschreiben. Die Umsetzung eines Projektes, welches nicht nur die Erfassung des Bestandes, sondern auch die Zustandskontrolle der Wandmalereien einer ganzen Region zum Ziel gesetzt hatte, erforderte die Entwicklung eines Konzeptes für eine reduzierte, aber dennoch fachlich überzeugende Methode des Monitorings. Der Bedarf zur Entwicklung eines Vorgehens zum Low-Level-Monitoring wurde schon durch LAUE et al. (1998) festgehalten und für dieses Projekt als Herausforderung angenommen.

Die Etablierung einfach zu handhabender, kostengünstiger und minimalinvasiver Maßnahmen zur regelmäßigen, kontinuierlichen Inspektion und Pflege, dem Monitoring von Kunst- und Kulturgut, ist besonders bei Denkmälern in strukturschwachen ländlichen Regionen wichtig. Hier sind es oft lange Anfahrtswege, schlechte Erreichbarkeit mit öffentlichen Verkehrsmitteln, begrenzte finanzielle Mittel der Eigentümer, vor



Abb. 7: Eberswalde, St. Magdalenen, Kreuzigung, Detail Füße Christi, Aufnahme Referenzflächenfoto im Streiflicht, Foto: Ute Joksch, Oktober 2015

allem aufgrund schrumpfender Kirchengemeinden, die regelmäßig wiederkehrende Untersuchungen mit hohem Geräte- und Personaleinsatz als auch umfangreiche, kostenintensive Restaurierungsmaßnahmen oft kaum möglich erscheinen lassen. Deshalb wurden mit der restauratorischen Erfassung der Objekte die Grundlagen gelegt für einen Überblick über den erhaltenen Bestand an Wandmalereien in der Region. Die Entwicklung und von praktikablen Abläufen eines Low-Level-Monitorings ist ein wesentlicher Schritt zur Etablierung eines Pflegeplans für langfristige Erhaltung der Wandmalereien.

Bei der Entwicklung des Konzeptes vom „Low-Level-Monitoring“ kamen in der Projektgruppe Diskussionen auf über die fachliche und ethische Vertretbarkeit eines „Monitoringkonzeptes“ noch vor der Durchführung von dringenden Sicherungen und Konservierungsmaßnahmen. Die Frage, ob ein Monitoring schon vor der Sicherung des Bestandes beginnen sollte bzw. aufgrund des erforderlichen Zeiteinsatzes „zu rechtfertigen“ ist, kann im Rahmen des Low-Level-Monitorings positiv beantwortet werden. Solange das Monitoring ein effektives Instrument ist, um einen Überblick über die Erhaltungszustände der Wandmalereien einer Region zu bekommen und die erforderlichen Maßnahmen zu priorisieren, ist dies auch im Einzelfall vor der dringenden Sicherung vorzunehmen, um z.B. die Voraussetzungen für die Bereitstellung finanzieller Mittel zu erarbeiten.

Die Methode des Low-Level-Monitorings beinhaltet nach dem Verständnis des Projektteams die visuelle Untersuchung der Wandmalerei im Vergleich mit fotografischen Aufnahmen von Referenzflächen und bereits vorliegenden Kartierungen des Bestandes, Zustandes und durchgeführter konservato-



Abb. 8: Chorin, Fürstensaal, Nordwand, Taufszene, Foto: Mechthild Noll-Minor, 2017

rischer Maßnahmen, um Schäden zu erkennen, Schadprozesse und deren Dynamik zu verstehen und um geeignete Erhaltungsmaßnahmen einzuleiten. Basierend auf der restauratorischen Erfassung des Bestands- und Zustandes sowie der Auswertung vorhandener Dokumentationen werden für jedes Objekt geeignete Arbeitshilfen des Monitorings erstellt. Hierzu gehören eine Checkliste zur Überprüfung bekannter Bestands- und Zustandssphänomene und durchgeführter Maßnahmen sowie eine den Gesamtbestand erfassende Fotodokumentation einschließlich der für die Schadensbilder und Schadprozesse am konkreten Objekt repräsentativ ausgewählten Referenzflächen.¹¹ Für die vergleichbare fotografische Erfassung der Referenzflächen während des Projektes wird ein Rahmen mit Bildausschnitt (20 x 29 cm) mit Maßstab und Farbkarte verwendet (Abb. 7). Vergleichsfotos liegen oft in unterschiedlicher Qualität aus den Dokumentationen früherer Konservierungs- und Restaurierungsmaßnahmen vor – Veränderungen sind daher oft schwer nachweisbar. Die Referenzaufnahmen im Projekt wurden auch von verschiedenen Bearbeitern mit unterschiedlichen Kameras und Leuchten gemacht. Durch Vergleiche im Laufe des Projektes wurden deutlich, dass die Aufnahmen möglichst mit einer Vollformatkamera und einer definierten Leuchtausrüstung¹² vorgenommen werden sollten, um die Randbedingungen der Aufnahmen reproduzierbar zu gestalten.

Auf die quantitative Erfassung der Schadensphänomene durch Kartierung des erhaltenen Bestandes und beobachtbarer Schadphänomene und deren weitere Überprüfung bei den regel-

mäßigen Zustandskontrollen wird beim Low-Level-Monitoring aus finanziellen Gründen verzichtet. Ebenso wird die begleitende Erfassung von Klimadaten nur in den seltensten Fällen möglich sein. Jedes Low-Level-Monitoring ließe sich jedoch nach fachlichem Bedarf und finanziellen Möglichkeiten zu einem Monitoring mit den vorgenannten Methoden erweitern.

Für die wichtige Schnittstelle von Monitoring vor Ort und Kommunikation mit den Verantwortlichen für die Objekte und das Bauamt im Konsistorium der EKBO ist neben der Erstellung von Zustandsprotokollen auch ein Eintrag in die Kunstgut-



Abb. 9: Chorin, Fürstensaal, Nordwand, Referenzfläche: Kopf des linken Königs, Foto: Mechthild Noll-Minor, 2017

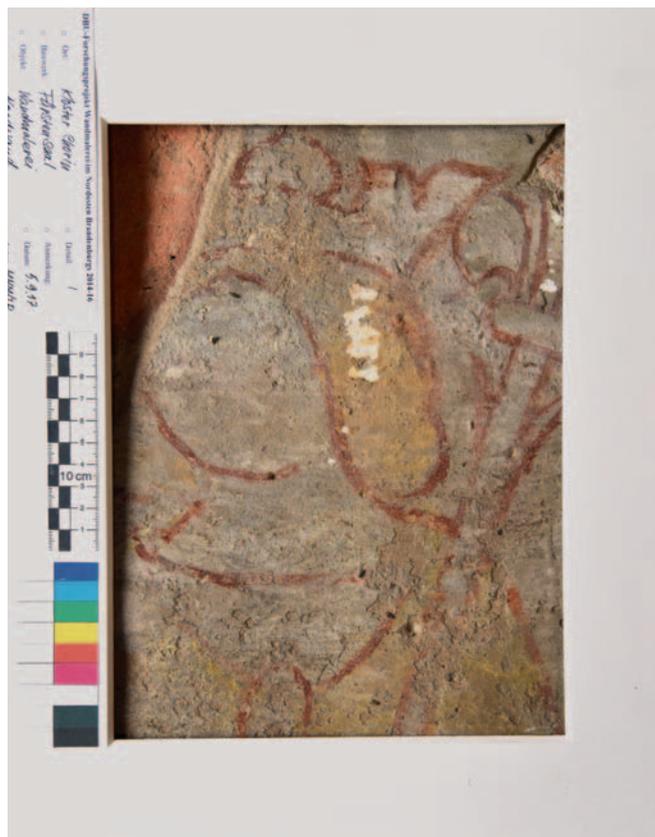


Abb.10: Chorin, Fürstensaal, Nordwand, Referenzfläche: Kopf des Herodes, Foto: Mechthild Noll-Minor, 2017

datenbank vorgesehen. Hierfür wurde ein Erfassungsblatt entwickelt, welches in Teil 1 die Erfassung des Bestandes und in Teil 2 die Erfassung und Bewertung des Zustandes beinhaltet (siehe Formulare im Anhang des Beitrages).

Die Grundlagen für das Low-Level-Monitoring wurden durch die Erfassung von Bestand und Zustand der Wandmalereien aller untersuchten Objekte gelegt. Die Auswahl von geeigneten Referenzflächen erfolgte nach Einschätzung des Zustandes in möglichen Gefährdungssituationen (Abb. 7, 9, 10), Auswertung vorliegender fotografischer Vergleichsaufnahmen (Abb. 11, 12) und Erreichbarkeit der Referenzflächen ohne Gerüststellung, soweit möglich.

Beispiel Wandmalereien im sogenannten Fürstensaal im Westflügel des Klosters Chorin:

Die genauere Betrachtung der „mittelalterlichen“ Wandmalerei (Abb. 2 im Artikel 1 dieser Publikation) zeigt, dass hier eine halbdeckende Übermalung des vorhandenen mittelalterlichen Bestandes mit teilweisem „Durchscheinen“ des Bestandes vorliegt, die durch eine erhaltene Inschrift „copirt Schleyer 1885“ dokumentiert ist. Der erhaltene mittelalterliche Bestand zeigte im 19. Jh. offensichtlich eine Überlagerung mehrerer Ausmalungsphasen: Die Szenen der „Anbetung der Heiligen drei Könige“ im linken Bereich wurde durch eine etwas jüngere „Taufe Christi“ überdeckt (Abb. 8).

Möglicherweise hat Schleyer eine Pause von dem mittelalterlichen Bestand angefertigt und danach die Bildfläche – bis auf



Abb. 11: Frankfurt (Oder), Nikolaikirche, Ostgiebel des Langhauses, Blick zu den unteren Blendnischen im südlichen Anschluss an den Triumphbogen, Foto: Max Nakonz, zwischen 1909 und 1935, alleiniges Urheber- und Verwertungsrecht: Stadtarchiv Frankfurt(Oder)

geringe Reste an den Rändern – mit einer hellgrauen Kalktünche abgedeckt. Hierauf erfolgte seine „Kopie“ oder Rekonstruktion mit dunkelroten Pinselstrich-Konturen. Einzelne Bereiche des Originals, die vielleicht besonders gut erhalten waren, hat Schleyer offenbar nur lasierend überarbeitet oder sogar von seiner Tünche ausgespart. Dazu scheinen die Haarpartien der beiden erhaltenen Könige aus der Anbetung zu zählen, beim linken König der gesamte Kopf einschließlich Bart (Abb. 9).

Heute gibt es – nach Vergleich mit Aufnahmen von 1993 deutlich zunehmende – kleine Bereiche von Ablösungen dieser grauen Kalktünche des 19. Jh. von der darunterliegenden mittelalterlichen Malerei. Die mittelalterliche Wandmalerei zeigt sich als ehemals weiße Kalkgrundierung mit sichtbaren Spuren unverschmutzter gelber und roter Malerei (d.h. ohne gealterte Oberfläche). Durch die strappierende Wirkung der sich ablösenden Übermalung wird die mittelalterliche Malerei möglicherweise auch in der Malschicht getrennt. Betroffen sind besonders die untere Bildzone, aber auch in der Nähe von Riss-schließungen liegende Bereiche, wie z.B. das Gesicht des Königs Herodes (Abb. 10).

Durch die Untersuchungen wurde im Rahmen des Low-Level-Monitorings eine Gefährdung der Wandmalerei festgestellt, die ansonsten trotz laufender Instandsetzungs- und Restaurierungsmaßnahmen im anschließenden Refektorium unbeachtet geblieben wäre. Als erste dringende Konservierungsmaßnahme sind hier die Wandmalereischollen zu sichern,



Abb. 12: Frankfurt (Oder), Nikolaikirche, Ostgiebel des Langhauses, Blendnischen mit Pelikan und Engel, Ausschnitt aus Abb. 11, alleiniges Urheber- und Verwertungsrecht: Stadtarchiv Frankfurt(Oder)

um zu verhindern, dass sie beim Verlust Teile der mittelalterlichen Malerei mit abreißen.

Eine weitere Beobachtung im Rahmen des Low-Level-Monitorings betrifft die fetthaltigen Rückstände von Fledermauskot auf den Oberflächen der Wandmalereien – auch der 2016 konservierten und gereinigten Wandmalereien im benachbarten Refektorium. Nach Abschluss der Bauarbeiten im Westflügel in den Jahren 2013 bis 2016 hat sich – offenbar durch die flankierenden Schutzmaßnahmen – die Fledermauspopulation stark vermehrt. Hier sind dringend Schutzmaßnahmen für die Wandmalereien zu ergreifen, um Verfärbung und weitere Schäden durch die im Kot enthaltenen Verbindungen zu vermeiden (Abb. 4).

Bei diesem Beispiel diente die erste Phase des Low-Level-Monitorings der Feststellung, dass intensivere Untersuchung und konservatorische Maßnahmen zum Erhalt der Wandmalereien erforderlich sind.

Beispiel Ostgiebelbemalung der Nikolaikirche in Frankfurt (Oder):

Die in direktem Zusammenhang mit der Errichtung des reich gestaffelten Blendengiebels um 1300 stehende Wandmalerei ist eine aus verschiedenen Einzelbildern in den 26 Blendnischen zusammengesetzte Verkündigung der Überwindung des Todes durch Christus – mit der Darstellung Christi am Kreuz in einer zentralen kreuzförmigen Nische umgeben von Assistenzfiguren: Maria und Johannes stehen unter dem Kreuz; Petrus, Paulus und viele weitere Heilige sind als Zeugen präsent. Das Thema des Todes und der Auferstehung Christi wird durch symbolische Darstellungen in der untersten Blendenreihe verstärkt.

Die Wandmalereien sind seit 1370-73 durch die höhere Dachkonstruktion des damals neu errichteten Umgangschores verdeckt, vor der Witterung geschützt und nie übermalt erhalten.

Während der Instandsetzung der Dachkonstruktion und Dachdeckung in den Jahren 1991 bis 1993 wurden die 26 Blendnischen vor mechanischer Beschädigung und direkten Witte-



Abb. 13: Frankfurt (Oder), Nikolaikirche, Ostgiebel des Langhauses, Blendnische mit Pelikan, Wandmalerei des 13. Jh., Foto: Jan Raue, 2015



Abb. 14: Frankfurt (Oder), Nikolaikirche, Ostgiebel des Langhauses, Blendnische mit Engel, Foto: Jan Raue, 2015

zungseinflüssen durch zunächst temporär vorgesehene Verkleidung geschützt. Lediglich vier kleinere Blendnischen zu beiden Seiten des Triumphbogens wurden nach Beendigung der Bauarbeiten wieder geöffnet. Hier sind von Süden nach Norden ein Pelikan (Abb. 13, 16, 17) mit seinen Jungen im Nest, ein Engel mit dem Herrschaftszeichen Christi (Reichsapfel mit Kreuz) (Abb. 14, 15) und ein Phönix in Flammen sichtbar. In den anschließenden gekoppelten Nischen der untersten Blendenreihe neben dem Triumphbogen sind in historischen Aufnahmen jeweils zwei Heilige erkennbar – ganz südlich ein Christophorus mit dem Christusknaben.¹³

Hier konnte im Rahmen des Projektes der Vergleich des Erhaltungszustandes an den offenliegenden Nischen zu einigen fotografischen Aufnahmen der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts vorgenommen werden (Abb. 11, 12).¹⁴ Allerdings war der Vergleich nur eingeschränkt möglich, da sich auf der professionellen Aufnahme eines Fotostudios aus dem Archiv der Stadt Frankfurt (Oder)¹⁵ bei genauer Untersuchung Retuschen auf dem Foto mit Eintragung von Pupillen und Verstärkung von Konturen nachweisen ließen (Abb. 12). Beim Vergleich mit jüngeren Aufnahmen von 1992 und der restauratorischen Dokumentation aus dem Jahr 2000 zeigte es sich, dass seit der letzten Konservierung keine neuen Ablösungen von Malschichtschollen oder entfestigte Malschichten zu beobachten sind.

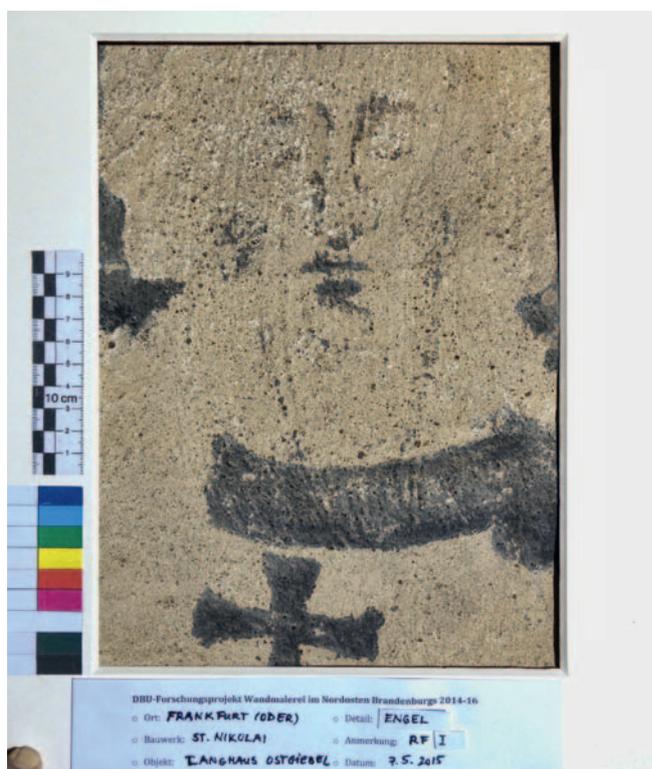


Abb. 15: Frankfurt (Oder), Nikolaikirche, Blendnische mit Engel, Referenzfläche, Foto: Jan Raue, Mai 2015

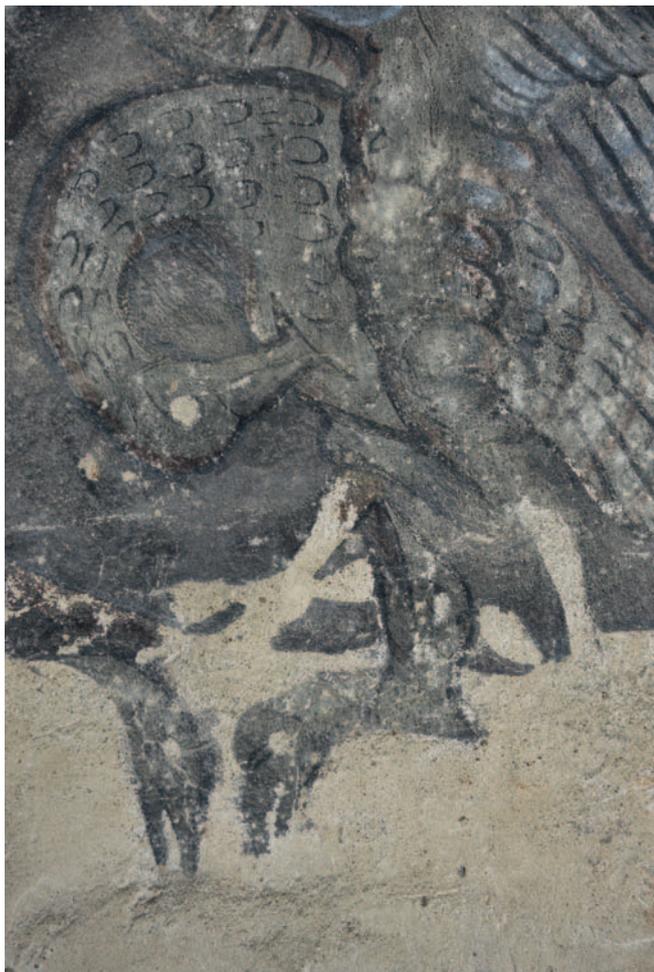


Abb. 16: Frankfurt (Oder), Nikolaikirche, Ostgiebel des Langhauses, Blendnische mit Pelikan, Detailaufnahme, Foto: Jan Raue, 2015

Aufgrund veränderter Schwerpunkte innerhalb des Projektes – der Gelegenheit zur intensiveren Zustandserfassung an der Mondsichelmadonna der Marienkirche in Frankfurt (Oder) und des daraufhin dort festgestellten dringenden Bedarfs an Konservierung - wurden keine weiteren Nischen zum Vergleich des Erhaltungszustandes geöffnet. Mit dem entsprechend reduzierten Programm des Low-Level-Monitorings wurde jedoch die fotografische Erfassung von Referenzflächen während der Laufzeit des DBU-Projektes realisiert und durch die Untersuchung der Wandmalerei Grundlagen für eine künftig erweiterte Beurteilung des Erhaltungszustandes der gegenwärtig noch verdeckten Wandmalereien gelegt.

4.1.3 Low-Level-Monitoring und Erhaltungskonzepte

Aus den erfassten Wandmalereien in den untersuchten Dorfkirchen wurden die der Dorfkirche Biegen als typisches Beispiel für die Erfassung und Bewertung des Erhaltungszustandes und Veranlassung dringender konservatorischer Maßnahmen herausgegriffen (Abb. 18). Durch die erste Erfassung des Bestandes und Zustandes der Wandmalereien im April 2014 wurde auf eine starke Gefährdung des Putzträgers durch Ablösung vor allem im Langhaus hingewiesen. In gemeinsamer Auswertung der Ergebnisse und durch die Aufnahme der Wandmalereien

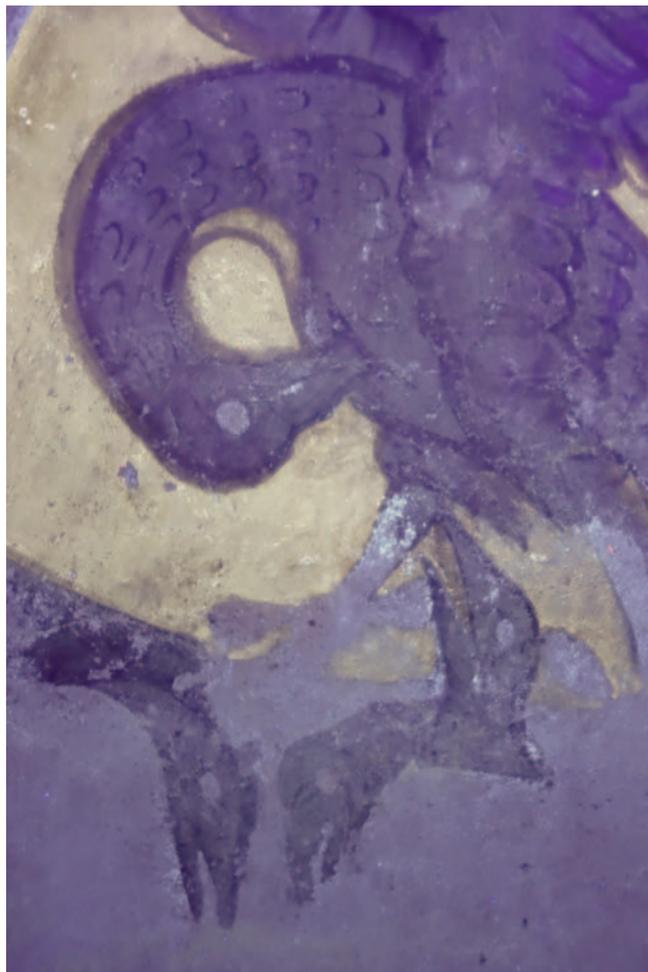


Abb. 17: Frankfurt (Oder), Nikolaikirche, Ostgiebel des Langhauses, Blendnische mit Pelikan, Detailaufnahme unter UV-Anregung, Foto: Jan Raue, 2015

auf die Prioritätenliste zur Förderung von Kunst- und Kulturgut des Landes Brandenburg konnten hier die erforderlichen Konservierungsmaßnahmen bereits im Jahr 2015 durchgeführt werden.

Am Beispiel der Wandmalereien in der Dorfkirche Biegen lässt sich auch der Umgang mit den Erfassungsdaten zum Erhaltungszustand nach Veränderungen z.B. durch Konservierungsmaßnahmen in der Datenbank darstellen: Während die Untersuchungsergebnisse der Bestandserfassung sich in den Objektdatensätzen der Kunstgutdatenbank wiederfinden, werden die Angaben zum Zustand und zu erfolgten bzw. erforderlichen Maßnahmen nur in der Erstanlage eines Objektdatensatzes auch dort eingegeben. Weitere Maßnahmen zur Zustandskontrolle bzw. zu Konservierungs- oder Restaurierungsmaßnahmen werden als Datensätze im Restaurierungsmodul erfasst. Die „Restaurierungsgeschichte“ des Objektes ist als Liste von Einträgen zum Zustand, Verschmutzungsgrad und erfolgten Maßnahmen ablesbar (Abb. 19, 20).

Die Auswertung der aller bislang erfassten Daten zur Zustandskontrolle ergab folgende Ergebnisse (Abb. 13 im Artikel 1 dieser Publikation):

Während der Zustand der Wandmalereien in 18 Dorfkirchen (47%) keine konservatorischen Maßnahmen erfordert, wurden in sieben Kirchen (18%) zum Teil gefährdete Wand-



Abb. 18: Biegen, Dorfkirche, Ostwand des Langhauses, Engel mit Scharfar, Foto: Jan Raue, 2013

malereien bzw. Architekturfassungen nachgewiesen, die dringende Maßnahmen erforderlich machen. In 13 Kirchen (34%) hingegen wurde eingeschätzt, dass kleinere Konservierungsmaßnahmen bzw. häufigere Kontrolle und Nachkonservierung wegen laufender Schadprozesse erforderlich sind. In den untersuchten Stadt- und Klosterkirchen ist der Bedarf an Kontrolle und Nachkonservierung wegen laufender Schadprozesse aufgrund der reicheren Ausstattung und entsprechend auch innerhalb der Kirchen divergierender Erhaltungszustände größer (55%). In zwei Stadtkirchen sind Wandmalereien stark gefährdet – dies betrifft in der St. Magdalenen-Kirche in Eberswalde die bislang nicht beachtete und „ersterfasste“ Wandmalerei einer Kreuzigungsdarstellung hinter einer im 19. Jh. eingezogenen Wand und in St. Marien in Bernau eine noch unter Tünchen liegende, aber durch Ablösung gefährdete Wandmalerei.

Mit einer handlungsorientierten Datenbank ist künftig eine angepasste Budgetplanung für Inspektions- und Pflegemaßnahmen und Veranlassung zum Handeln durch Priorisierung der erforderlichen konservatorischen Maßnahmen möglich.

Vorbereitung und Ablauf eines Low-Level-Monitorings

Im Rahmen des Projektes wurde die folgende Systematik für das Low-Level-Monitoring an den mittelalterlichen Wandmalereien und Architekturfassungen in Brandenburg entwickelt:

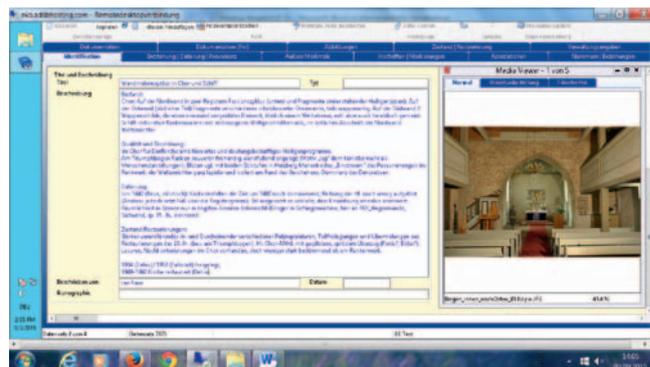


Abb. 19: Biegen, Dorfkirche, Erfassung in der EKBO-Kunstgutdatenbank, abgerufen am 6.4.2017

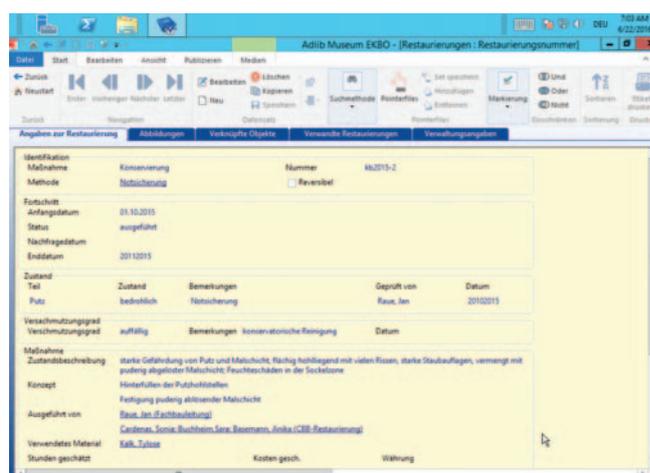


Abb. 20: Biegen, Dorfkirche, Restaurierungsmodul in der EKBO-Kunstgutdatenbank, abgerufen am 6.4.2017

A. Interdisziplinäre Erforschung und Erfassung von Grundlagen für das Objekt

Erforschung der Wand- und Architekturmalerie sowie der Architektur (am Objekt sowie Quellenforschung; Sichtung von Archiv- und Planunterlagen, früheren Bestands-, Zustands- und Maßnahmendokumentationen, Fachliteratur):

- Bauforschung,
- Kunstgeschichte,
- Restaurierungsgeschichte,
- Bau- und Maltechnik durch restauratorische und naturwissenschaftliche Untersuchungen

B. Dokumentation des Gesamtobjekts basierend auf den Untersuchungsergebnissen

Fotodokumentation sowie Ausfüllen folgender Dokumentationsformen (siehe Anhang):

- Objektkennblatt basierend auf den Untersuchungsergebnissen
- Objektbezogener Schadenskatalog
- Checkliste zur Überprüfung objektspezifischer Bestands- und Zustandsphänomene und durchgeführter Maßnahmen
- Datenbankerfassung der Gesamtdokumentation (im DBU-Projekt: Kunstgut-Datenbank der EKBO)
- Erstellen eines Handlungskataloges mit Kostenschätzungen für erforderliche dringliche Maßnahmen und Konservierung besonders gefährdeter Wandmalerei
- Festlegung von Referenzflächen, für welche Detailaufnah-

men (Vis + UV), (Bestands- und Zustandskartierungen für eine höhere Stufe des Monitorings) vorgenommen werden
 → Festlegung eines Inspektionsturnus

C. Inspektion vor Ort entsprechend dem Inspektionsturnus

Überprüfung des Gesamtzustandes des Objektes und der Referenzflächen, um Schadensprozesse zu erkennen, zu verstehen und um eventuell geeignete Erhaltungsmaßnahmen einzuleiten:

- Bearbeitung der Checkliste, Fotodokumentation, Bestands- und Zustandsbeschreibung (Kartierung für eine höhere Stufe des Monitorings) des Ist-Zustands
- Bericht zur Inspektion in Form eines Protokolls
 → Bewertung von Zustandsveränderungen seit der letzten Inspektion, Überprüfung der Aussagekraft der Referenzflächen und Untersuchungsmethoden, daraus folgend Überprüfung und ggf. neue Festlegung des Inspektionsturnus
 → Fortschreibung der Datenbank sowie Darstellung der Ergebnisse gegenüber dem Bauherren bzw. Objektverantwortlichen und Abstimmung des zukünftigen Monitorings und ggf. notwendiger Erhaltungsmaßnahmen

OBJEKTKENNBLATT: EKBO DATENBANK

Teil 1: die restauratorische Erfassung des Bestandes
 Teil 2: Zustandskontrollen bzw. für die Dokumentation konservatorischer und restauratorischer Maßnahmen

Teil 1: Erfassung des Bestandes

– in der EKBO-Datenbank unter Dataset „Interne Objekte“ und Sachgruppe „gestaltete Wandoberfläche“

Gebäude:		Gebäude Kennziffer:	
Titel:		Objekt Kennziffer:	
Objektbezeichnung:	Zur Auswahl stehen: <ul style="list-style-type: none"> • Architekturgestaltung • Gewölbeausmalung • Fenstergestaltung • Portalgestaltung • Inschrift • Putzgestaltung • Wandmalerei • Wandmalereizyklus • Weihekrenz 	Nummer:	
Lokalisierung: (Feld: Bemerkung nach derzeitiger Standort)		Datensatznr. BLDAM:	

Datierung

Zeitraum:			
Datierung von:		Präzision	
Datierung bis:		Präzision	
Bemerkung:			

Material und Werktechnik (in der EKBO-Datenbank: Äußere Merkmale)

(Werk)Technik (Je nach Bedarf Zeilen hinzufügen, Angabe des Aufbaus der Wandmalerei wie: Mauerwerk, Putz, Malschichten, soweit sicherere und relevante Aussagen möglich sind)

Teil	Technik	Bemerkung
Mauer		
Putz	Kellenputz, einlagig	
Grundierung	Oberfläche, streifig	
Malschicht I (oder Fassung I)		

Materialien (Je nach Bedarf Zeilen hinzufügen, muss nicht zwingend ausgefüllt werden)

Teil	Material	Bemerkung
Mauer	Backstein	
Putz	Kalk	
Grundierung		
Malschicht I (oder Fassung I)		

Maße

Teil	Dimension (Breite=b, Höhe=h)	Wert	Präzision	Bemerkung
Maße (Freitext)				

Inschrift(en) und Markierungen (bei mehreren Inschriften bitte Tabelle entsprechend kopieren)

Typ:	
Position:	
Methode:	
Bemerkung:	
Inhalt:	

Bezüge zu Personen und/oder Ereignissen:

Assoziierte Personen/Institution

Art der Beziehung:	
Namensart:	Name:
Bemerkung:	

Assoziiertes Ereignis/Thema

Art der Beziehung:	
Thementyp:	Thema:
Bemerkung:	

Literatur, Quellen: (Wiederholfeld, für mehrere Angaben nutzbar)

Dokumentation

Titel:	
Autor:	
Inhalt:	
Jahr:	

bibliographische Angaben (auch relevante Artikel in Publikationen und archivalische Quellen)

Titel:	
Autor:	
Inhalt:	
Jahr:	

Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum
DBU-Projekt „Erfassung und Monitoring umweltgeschädigter mittelalterlicher
Wandmalerei im Nordosten Brandenburgs“ 2013 – 2016

S.3

Teil 2: Erfassung und Bewertung des Zustandes

(Bei jeder Zustandskontrolle die Angaben überprüfen und ggf. aktualisieren)

Restaurierungspriorität / Handlungsbedarf:	(niedrig, mittel, dringend)
--	-----------------------------

Zustandskontrolle/Maßnahmen (Wechsel zum Restaurierungsmodul)

Angaben zur Erfassung / Zustandskontrolle / Konservierung / Restaurierung / weiteren Maßnahmen

Identifikation:

Maßnahme:	Folgende Begriffe verwenden: Zustandsbegutachtung, Konservierung, Restaurierung, Notisierung, Veränderung der Aufstellung, Monitoring/Wartung/Pflege, Vertiefende Untersuchung
Methode:	Freitext:

Zustand:

(Zustand nach der erfolgten Maßnahme bzw. zum Zeitpunkt der Untersuchung/ Zustandskontrolle/ Konzeptentwicklung)

(Je nach Bedarf Zeilen hinzufügen)

Teil	Zustand	Bemerkung	Geprüft von	Datum
	Folgende Auswahl: (bedeutet: keine Schäden), schadhaft oder bedenklich			

Verschmutzung

Verschmutzungsgrad	Bemerkung	Datum
(Nur eintragen, wenn Verschmutzung vorliegt. Folgende Begriffe verwenden: o, auffällig, extrem)		

Empfehlungen/ Maßnahmen

Zustandsbeschreibung:	(Freie Texteingabe - unbedingt unterscheiden zwischen Vorzustand und Endzustand)		
Konzept:	(Freie Texteingabe - hier angeben ob es sich bei den beschriebenen Maßnahmen um ein Konzept oder eine bereits durchgeführte Maßnahme handelt)		
Ausgeführt von:			
Verwendetes Material:			
Stunden geschätzt:		Kosten geschätzt:	
Stunden tatsächlich:		Kosten tatsächlich:	

Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum
DBU-Projekt „Erfassung und Monitoring umweltgeschädigter mittelalterlicher
Wandmalerei im Nordosten Brandenburgs“ 2013 – 2016

S.4

Fortschritt

Anfangsdatum:	
Status:	
Enddatum:	

Dokumentation

Titel:	
Autor:	
Inhalt:	
Jahr:	

Literatur und Quellen

- BDA (Hg., 2012). Leitfaden zu Zustandserhebung und Monitoring an Wandmalerei und Architekturoberfläche, Bundesdenkmalamt (Hg.), 2012.
- BEHRENS, E., BERLING, H., HORNSCHUH, A., NIEMEYERS, R., RECKER, B., SCHWARZ, H.-J., STADLBAUR, E. (2005): Wandmalerei-Referenzflächen-Monitoring am Beispiel der Stiftskirche Königsutter – Methoden und Erkenntnisse für die praktische Denkmalpflege. – In: Berichte zur Denkmalpflege in Niedersachsen 1/2005, S. 9-12, Hameln 2005.
- BLDAM (1998): Erforschung und Erhaltung historischer Putze und Mörtel im Hinblick auf Umweltschäden, Arbeitshefte des Brandenburgischen Landesdenkmalamtes und Archäologischen Landesmuseums Nr. 9, Worms 1998.
- BLDAM (2017): Mittelalterliche Wandmalerei in Brandenburg Band 2: Der Nordosten – Uckermark, Barnim, Oderland (Lebus), Worms

2017.

- LAUE, S., BLÄUER, C., STADLBAUER, E. (2008): Stand des Wissens und Forschungsdefizite. – In: Salzsäuren an Kulturgütern, Osnabrück, 2008, DBU-Workshop
- ICOMOS (2003): ICOMOS principles for the preservation and conservation-restoration of wallpaintings (2003), ratified by the ICOMOS 14th General Assembly in Victoria Falls, Zimbabwe, in 2003, www.icomos.org/charters/wallpaintings_e.pdf (abgerufen am 15.3.2017)
- MEINHARDT, J (2015): Das WTA-Merkblatt 3-18-14/D „Monitoring von Bauten und Denkmälern aus Naturstein“, In: Bausubstanz 3/2015, Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (WTA), S. 36-41
- SEGERS-GLOCKE, C. (Hg., 1994), Forschungsprojekt Wandmalerei-Schäden: ein Förderprojekt des Bundesministers für Forschung und Technologie – Schlussbericht zu den interdisziplinären Befunden. Arbeitshefte zur Denkmalpflege in Niedersachsen, Hameln 1994
- VDI (1987): VDI 3798 – Untersuchung und Behandlung von immissionsgeschädigten Werkstoffen, insbesondere bei kulturhistorischen Objekten, 1987, zur Zeit in Überarbeitung durch die Vereinigung deutscher Ingenieure (VDI) mit dem neuen Titel: Materielles Kulturerbe – Erfassung, Untersuchung und Erhaltung unter Berücksichtigung der Umwelteinflüsse.
- WONG, L. (2000): Questionnaire Summary: Condition Recording in the Field of Wall Painting Conservation. – In: GraDoc- Graphic Documentation Systems in Mural Painting Conservation, ICCROM Rome 2000, S. 315 -330
- WONG, L. (2003): Documentation: Objectives, Levels and the Recording Process. – In: Conserving the Painted Past: Developing Approaches to Wall Painting Conservation, London 2003.

Anmerkungen

- 1 Seegers-Glocke, 1994; Behrens et al., 2005.
- 2 VDI, 1987; ICOMOS, 2003.
- 3 vgl. auch VDI 3798: Untersuchung und Behandlung von immissionsgeschädigten Werkstoffen, insbesondere bei kulturhistorischen Objekten, 1987, zur Zeit in Überarbeitung durch die Vereinigung deutscher Ingenieure (VDI) mit dem neuen Titel: Materielles Kulturerbe – Erfassung, Untersuchung und Erhaltung unter Berücksichtigung der Umwelteinflüsse.
- 4 WONG 2000; WONG 2003.
- 5 BDA Wien 2012, S. 16f.
- 6 vgl. Beitrag 4.1. in der vorliegenden Publikation
- 7 ebenda
- 8 DBU-Modellprojekt (Az 01109/): „Erforschung und Erhaltung historischer Putze und Mörtel im Hinblick auf Umweltschäden“, Projektträger: Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum, Projektdauer: 20.04.1993 - 31.10.1999.
- 9 vgl. Beitrag 4.3 in dieser Publikation, dort die Abb. 24 und 25.
- 10 Dokumentation J. Raue (2013), Archiv BLDAM.
- 11 Vgl. Abschnitt 4.1 und 4.2 in der vorliegenden Publikation
- 12 Im Projekt wurde zunächst mit verschiedenen Kameras und Restauratoren-Tagesleuchten der Fa. Definer & Johann gearbeitet - in den letzten Fotokampagnen wurden eine Nikon-Kamera D810 und zwei KAISER Tageslicht Flächenleuchten eingesetzt.
- 13 zur ikonografischen Deutung und kunsthistorischen Einordnung siehe Katalogbeitrag zu den Wandmalereien der Nikolaikirche in Frankfurt (Oder) in BLDAM (2017)
- 14 dank eines freundlichen Hinweises von Oberarchivar Ralf-Rüdiger Targiel vom Stadtarchiv Frankfurt (Oder)
- 15 Fotografenmeister Paul Nakonz, Frankfurt (Oder); Regierungsstrasse 12, Aufnahmen wohl vor 1945

4.2. Mondsichelmadonna und Triptychon der Marienkirche Frankfurt (Oder)

4.2.1 Einleitung

Im Rahmen des hier vorgestellten DBU-Projekts „Entwicklung modellhafter Erhaltungskonzepte durch Erfassung und Monitoring anthropogen umweltgeschädigter mittelalterlicher Wandmalereien im Nordosten Brandenburgs“ spielte die Marienkirche in Frankfurt an der Oder eine zentrale Rolle, die ihr quasi auf „natürliche Weise“ zufällt. Es handelt sich bei diesem – in den letzten Tagen des Zweiten Weltkriegs schwer beschädigten – Sakralbau um eine der größten mittelalterlichen Kirchen im gesamten norddeutschen Backsteinbauggebiet und um die größte im brandenburgischen Nordosten überhaupt. Aber nicht das bauliche Ausmaß allein charakterisiert dieses Denkmal, sondern vor allem auch sein umfangreicher und vielfältiger Bestand an mittelalterlicher Architekturfarbigkeit und Wandmalerei im Inneren wie am Äußeren. Eine ausgesprochen hochrangige Ausstattung mit drei ebenso kostbaren wie großformatigen Prinzipalstücken – einer der qualitativsten spätgotischen Schnitzaltäre des Landes sowie ein Bronzeleuchter und eine Bronzetaufe des späten 14. Jahrhunderts – vervollständigen die geistliche, kunst- und kulturhistorische Bedeutung der Marienkirche; hier sind die zahlreichen Epitaphen des 16. Jahrhunderts in Tafelmalereimania noch nicht einmal mitgezählt.¹ Der schrittweise Wiederaufbau der Marienkirche begann bereits Mitte der 1980er Jahre und wurde bereits zu diesem Zeitpunkt von einem – unter den gegebenen „sozialistischen“ Vorzeichen erstaunlichen – Engagement der Stadt Frankfurt (Oder) mitgetragen.² Damals wie heute jedoch ist es vor allem eine starke bürgerschaftliche Verpflichtung, die viele Frankfurter Bürger und Institutionen zu großzügigen Spendern zugunsten der Marienkirche werden lässt.

Bauliche Sicherungen, die bereits auch schon früher einsetzen, führten 1985-87 zu einem ersten Höhepunkt des Wiederaufbaus, der Wiederherstellung der teilzerstörten Nordvorhalle (Abb. 1). Die denkmalpflegerischen Aktivitäten wurden durch das Institut für Denkmalpflege begleitet³ und von ortsansässigen Spezialisten ausgeführt. Die Ergebnisse sind, für damalige Verhältnisse, in umfangreicher Weise dokumentiert worden.⁴ Es ist bemerkenswert, dass von Anfang an, noch unter den Gegebenheiten der weitgehend ruinösen Bausubstanz, die Untersuchung und Rekonstruktion der mittelalterlichen Architekturfarbigkeit eine wichtige Rolle spielte. So wurde das neu aufgemauerte Gewölbe der Nordvorhalle mit der nach Befunden rekonstruierten bauzeitlichen Farbigkeit gefasst, wie auch, wenige Zeit später, das Gewölbe des nördlichen Chorumgangs – noch komplett unter freiem Himmel befindlich! – eine Farbfassung erhielt (Abb. 1)

Für dieses nicht alltägliche Vorgehen lassen sich gleich mehrere Begründungen heranziehen: Offensichtlich war der Wunsch, einen so weit wie möglich komplettierten, „geheilten“

Ort als Identifikationspunkt in der überwiegend kriegszerstörten, „gesichtslosen“ Stadtmittelpunkt zu schaffen, sehr stark und dies bereits zu DDR-Zeiten. So wurden die in Angriff genommenen Einzelabschnitte bereits weit, bis zur Anlage der Raumbefassung, vorangetrieben, während das Gros des Baukörpers noch in Trümmern lag. Zum anderen stellte man sich mit dieser Agenda in eine bemerkenswerte Frankfurter Tradition der Wahrnehmung, Bewahrung und Rekonstruktion mittelalterlicher Architekturfassung im Backsteinbau schon seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert, denkt man vor allem an das benachbart gegenüberliegende berühmte Rathaus.⁵ Besonders aus dem Rahmen des Üblichen fallend ist dabei die Einbeziehung der Fassaden, die im Backsteinbau sonst sehr oft pauschal als „ziegelsichtig“ und damit jeglicher Farbfassung unverdächtig betrachtet wurden. Diese lokale Tradition sollte in den kommenden zwei Jahrzehnten nach der politischen Wende eine rege Fortsetzung finden, wie im Folgenden zu zeigen sein wird.

Alle denkmalpflegerischen Arbeiten sind in ihrem zeitlichen Kontext zu bewerten, das ist schon ein Gebot historischer Redlichkeit. Heute haben wir umfangreichere Kenntnisse über die

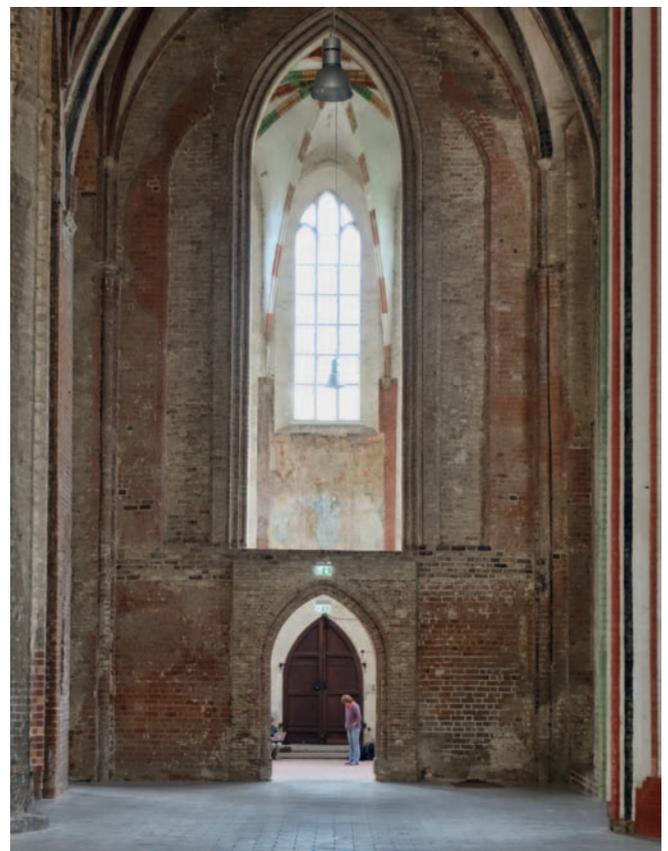


Abb. 1: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Blick aus der Vierung Richtung Norden in das Innere der Nordvorhalle mit Mondsichelmadonna, Foto: Jan Raue, 2015



Abb. 2: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Mondsichelmadonna, Salzausblühungen, Foto: Jan Raue 2016

teils negativen Auswirkungen von Materialien, die in der Bauwerkserhaltung u.a. zur Konservierung von Wandmalereien verwendet wurden, als noch vor Jahrzehnten. Die Rückbesinnung auf traditionelle Baumaterialien, wie Kalk, Lehm und ungewaschene Sande, in der Denkmalpflege ist eine Reaktion darauf – auch an der Marienkirche ist seit der zweiten Hälfte der neunziger Jahre überwiegend mit Kalk, Kalkkasein und Kalkmörtel restauriert und repariert worden⁶. Aber selbst bei industriellen Baustoffen sind heute – neben den hergebrachten, teils geringwertigen – zusätzlich auch qualitativ verbesserte Baustoffe verfügbar, denkt man z.B. an Spezialzemente, wie Sulfadur, wenn gleich diese auch gezielt auszuwählen und der höhere Preis einzukalkulieren ist. Dessen ungeachtet hatten – und haben – frühere Eingriffe am Denkmal Auswirkungen auf die Originalsubstanz, mit denen in Denkmalpflege und Restaurierung umzugehen ist. Dabei spielt die Frage, ob man es schon damals hätte besser wissen bzw. machen können, eine eher untergeordnete Rolle. So oder so bleibt für uns die Aufgabe, aus den vorgefundenen Erhaltungs- und Schadenszuständen zu lernen und die richtigen Schlussfolgerungen zu ziehen, natürlich auch, um selbst Fehler zu vermeiden. Das Monitoring, wie in diesem Band vorgestellt, ist eine der geeigneten Maßnahmen, um hierbei zu objektiven Kriterien zu gelangen. Hierzu einige Beispiele aus der Praxis der Denkmalpflege an der Marienkirche in Frankfurt (Oder).

4.2.2 Mondsichelmadonna

Der erwähnte Wiederaufbau der Nordvorhalle erfolgte 1985 mit den damals zur Verfügung stehenden Materialien und Arbeitskräften, so ist es nicht verwunderlich, dass unter den gegebenen Umständen zur baulichen Ertüchtigung u.a. reichlich von dem damals verfügbaren hochalkalihaligen Zement verwendet worden ist. Dies war vor allem am Vorgewölbe über dem Nordportal und seiner Abdeckung der Fall, wie sich zeigen sollte. Denn während bei der restauratorischen Ersterfassung, Teilfreilegung und Sicherung der Mondsichelmadonna-Wandmalerei, welche sich auf der Innenseite der Vorhalle oberhalb des Portals befindet, 1997–99⁷ keinerlei Salzausblühungen feststellbar waren, kam es 2016, im Rahmen des hier vorgestellten Monitoring-Programms, zu einem ganz anderen Befund. Salzausblühungen

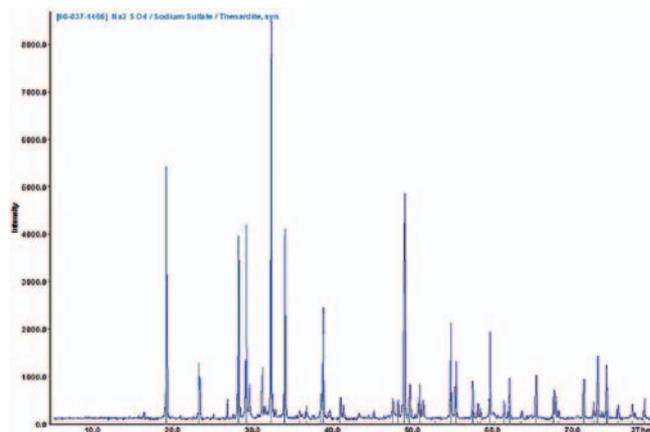


Abb. 3: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Mondsichelmadonna, Pulverdiffraktogramm der ausblühenden Salze: Natriumsulfat



Abb. 4: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Außenansicht der Nordvorhalle, Detail der Dachabdeckung, Zustand vor der Instandsetzung, Foto: Jan Raue 2015

in Größenordnungen fanden sich an vielen Stellen der Maleroberfläche, Malschichtpartikel abstoßend, konzentriert in der oberen Zone im Anschluss an das außenliegende Vorgewölbe und dessen Dachschräge (Abb. 2).

Durch pulverdiffraktometrische Untersuchungen wurde als ausblühendes Salz Natriumsulfat ermittelt. (Abb. 3). Dieses Ergebnis ist eindeutig ein Resultat der baulichen Eingriffe von Mitte der achtziger Jahre und der dabei verwendeten Zemente.

Wieso waren die Schäden 1997–99 noch nicht sichtbar, wohl aber bei der Wiederinaugenscheinahme 2016? Zehn Jahre nach dem Einbringen des Zements waren die Fugen innerhalb der Abdeckung sowie die seitlichen Anschlüsse zum Backsteinmauerwerk der Strebpfeiler noch weitgehend intakt, es konnte kaum Feuchtigkeit eindringen. Rund 30 Jahre nach der Wiederherstellung hatte sich die Situation grundlegend geändert: Die glasierten keramischen Platten der Abdeckung waren in ihrem Zementmörtelbett von Rissen umgeben, auch die seitlichen Anschlüsse hatten sich graduell geöffnet (Abb. 4).

Das auf diesen Wegen eindringende Niederschlagswasser vermochte die Salze in Lösung zu bringen und an die Oberfläche der innenliegenden Wand zu transportieren, wo sie wiederum auskristallisieren. Die Ermittlung des Wasser- und Salzgehaltes im Mauerwerk durch das BLDAM bestätigte, dass sich die Salze in unterschiedlichen Konzentrationen über den gesamten Mauerwerksquerschnitt verteilt haben. Die höchsten

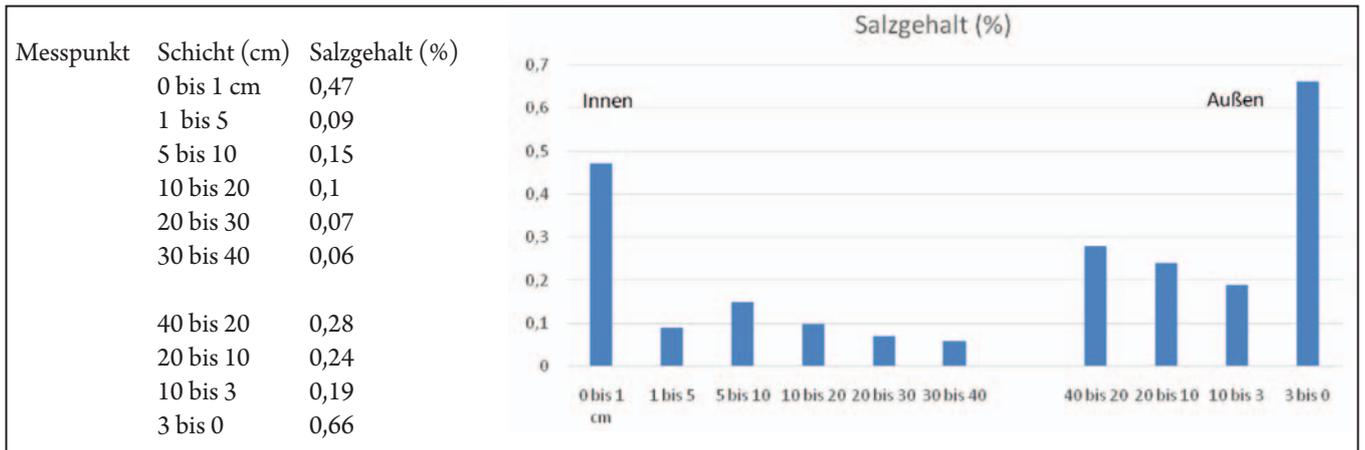


Abb. 5: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Mondsichelmadonna, Salzgehalte über den gesamten Mauerwerksquerschnitt

Salzgehalte mit ca. 0,6% liegen demzufolge in Oberflächennähe (Abb. 5). Der Schaden war seit den 1980er Jahren angelegt, er war „da“, obwohl man ihn optisch anfänglich noch nicht wahrnehmen konnte.

Aktuell bestand die Notwendigkeit, einerseits die Symptome an der Wandmalerei zu lindern, indem ausgeblühte Salze vorsichtig entfernt sowie aufgestellte Malschichtpartikel niedergelegt und wiederbefestigt wurden. Leider sind Verluste gegen-



Abb. 6: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Mondsichelmadonna, Bestands- und Schadenskartierung 1997, Kartierung Jan Raue, hier übertragen auf Foto 2016. (Bestand: horizontale Schraffuren - vorgefundene Reparaturmörtel a und b, vertikale Schraffur – backsteinsichtige Putzfehlstellen, kleinteilig-inselförmige Struktur – Hacklöcher im mittelalterlichen Putz; Maßnahmen: diagonale Schraffur: Sicherung von Putzhohllagen durch Mörtelinjektion)

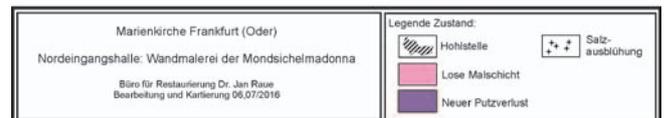


Abb. 7: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Mondsichelmadonna, Schadenskartierung 2016, Kartierung Jan Raue, Foto: Holger Herschel

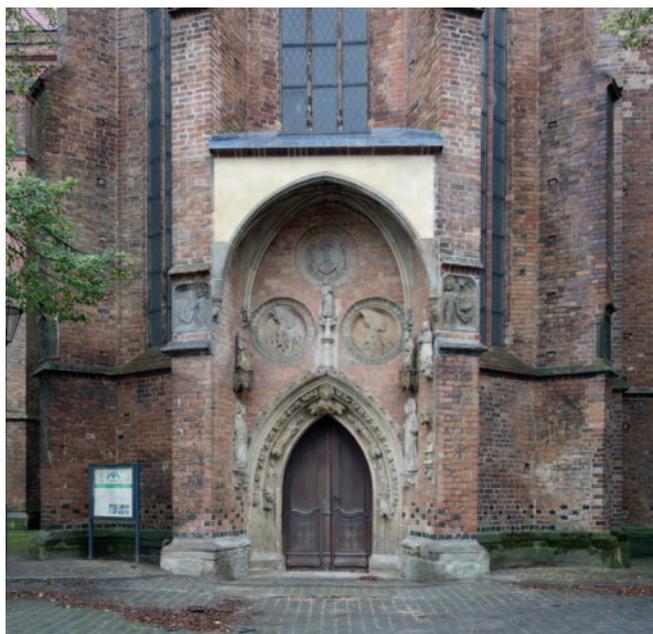


Abb. 8: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Nordportal mit neuer Bleiabdeckung, Foto: Jan Raue 2016

über der Bestandskartierung von 1997 zu verzeichnen (Abb. 6 und 7).

Ein weiterer Schritt am Kunstwerk selbst war die Entfernung der eigenen Putzergänzungen von Ende der 1990er Jahre, die wie ein Schwamm Salze aufgesogen hatten und nun als Salzspeicher innerhalb der originalen Putz- und Malereischicht wirkten. Die Fehlstellen wurden nun wieder mit unbelastetem Kalkmörtel verfüllt und die Ränder des Originals stabilisiert. Diese restauratorischen Arbeiten erscheinen vielleicht relativ niedrigschwellig und mancher wird sich fragen, warum keine „Entsalzung“ mittels Kompressen zur Ausführung kam. Der Grund ist, dass, wie die Tiefenprofile der Salzuntersuchungen zeigen, die Salzanreicherung im malereinahen Mauerwerk für eine erfolgreiche, noch dazu die Malschicht schonende Entsalzung viel zu hoch ist (vgl. Abb. 5). Das führt zur Frage des Nachschubs an gelösten Salzen und wie dieser zu minimieren ist. Hierzu legte der Architekt Christian Nülken verschiedene Vorschläge vor, die in Absprache mit Restauratoren, Denkmalpflegern und Handwerkern schließlich zu einer Bleiabdeckung des Vordaches führten. Diese Lösung war ästhetisch nicht unumstritten, da die vorhandene Abdeckung mit glasierten Platten gut zum Backsteinmaterial an der Marienkirche passte und in ähnlicher Form u.a. auch an Abdeckungen von Strebpfeiler vorliegt. Da die Metalldeckung gleichwohl die sicherste und langlebigste Möglichkeit darstellte, auftreffendes Wasser abzuleiten und von der Notwendigkeit des andernfalls erforderlichen Abtragens der gesamten Konstruktion oberhalb des Baldachins mit schwer abzuschätzenden Konsequenzen für den mittelalterlichen Bestand entthob, konnte man sich schließlich auf diese Lösung verständigen. Die Grate auf dem Bleiblech nehmen in etwa die Plattenstruktur auf und gliedern somit die Fläche in ästhetisch zufriedenstellender Form (Abb. 8).

Das fachkundige Beobachten des Malereibestands an der Mondsichelmadonna bleibt dennoch weiterhin eine dringliche



Abb. 9: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Mondsichelmadonna, Foto Monitoring, Detail der Krone der Maria und Umgebung, Foto: Mechthild Noll-Minor 2016

konservatorische Aufgabe. Das Austreten der im Mauerwerk gespeicherten Feuchtigkeit wird voraussichtlich noch mehrere Jahre in Anspruch nehmen, wobei weiterhin noch gelöste Salze zur Innenseite transportiert werden. Erst allmählich wird der Salzdruck hier abnehmen. Das Monitoring ist speziell in diesem Fall unverzichtbar, um den Schadensprozess steuern und in kürzeren Abständen eingreifen zu können (Abb. 9).

Die Wandmalerei aus der Zeit des Kaisers, böhmischen Königs und brandenburgischen Markgrafen Karl IV., die zu den hochrangigsten mittelalterlichen Kunstwerken in den brandenburgischen Kirchen überhaupt zählt, rechtfertigt jeden dieser begleitenden und konservierenden Schritte, zumal diese, gemessen an tiefgreifenden Restaurierungsmaßnahmen, sowohl vom zeitlichen, wie finanziellen Aufwand, recht überschaubar sind (Abb. 10-12).

4.2.3 Triptychon

In einem ganz ähnlichen Zusammenhang soll ein weiteres denkmalpflegerisches Problem an der Marienkirche vorgestellt werden, auch dieses eine spätmittelalterliche Wandmalerei, wenn auch etwa 140 Jahre jünger und in diesem Fall außen am Gebäude befindlich. Im Jahr 1990 sollten drei steinerne Epitaphen des späten 16. Jahrhunderts, die am Chorscheitel angebracht waren, zur Restaurierung abgenommen werden. Dabei entdeckte man hinter diesen Wandmalereien in drei Feldern einer architektonischen Rahmung aus der Erbauungszeit des Hallenumgangschores⁸ (Abb. 13 und 16).

Die drei Teilbilder zeigen von links nach rechts die Anbetung der Hl. Drei Könige, eine Volkreiche Kreuzigung sowie die Hl. Sippe. Aufgrund der Dreigliederung als Triptychon bezeichnet, ordnet man die Malereien anhand stilistischer Kriterien zeitlich in die Jahre 1510-15 ein.⁹ Unmittelbar nach der Aufdeckung setzte eine Bearbeitung der nun ungeschützt freiliegenden Malerei am Äußeren der Kirche ein, die – den Bogen zu den eingangs geäußerten Prämissen betreffend Zeitgebundenheit restauratorischen Handelns schließend – ebenfalls ein schwieriges konservatorisches Erbe hinterließ. In diesem Fall kam es



Abb. 10: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Mondsichelmadonna, Vorzustand, Aufnahme und Montage: Holger Herschel 2016



Abb. 11: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Mondsichelmadonna, Zustand nach der Konservierung, Aufnahme und Montage: Holger Herschel 2016

zu einem überdosierten Einsatz von polymeren Festigungsmitteln, im wesentlichen Acrylate, welche die Malschichtoberfläche weitgehend versiegelten und die Dampfdiffusion stark einschränkten.¹⁰ Stellenweise war die Oberfläche so intensiv getränkt worden, dass sie spiegelnd glänzte. Schon kurze Zeit darauf kam es zu Schäden, da Feuchtigkeit und mit ihr transportierte gelöste Salze aus dem – im Ruinenzustand jahrzehntelang durchfeuchteten – Mauerwerk die so intensiv verklebte Malschicht von ihrem Träger abdrückten. An vielen Stellen rollte sich nun die Malerei gummiartig vom Putz ab, letzterer begann darunter partiell abzurieseln (Abb. 14).

Im Rahmen der Sanierung der Kirche wurden 1994 umfangreiche Feuchte- und Salzuntersuchungen vorgenommen. Am Triptychon wurden in den oberen Bereichen hohe Sulfat- und Nitratgehalte (bis 1,2%) gemessen. Nachuntersuchungen 2015 ergaben, dass die Nitrats nach oben gestiegen sind. Die höchste Konzentration mit ca. 3% Gesamtsalzgehalt befindet sich heute am oberen Rand des Triptychons. Auf dem Triptychon konnte sowohl ionenchromatografisch als auch pulverdiffraktometrisch an ausblühenden Salzen nur Gips nachgewiesen werden.

Konfrontiert mit der Aufgabe, das konservatorische Erbe anzutreten, stand der Verfasser vor dem Problem, einerseits eine nachhaltige Konsolidierung der Malschicht zu erreichen, also u.a. ausreichend Klebkraft zu erzielen, andererseits jedoch nicht weitere Filmbildner einzubringen¹¹, also mit schwach invasiven Methoden und reversiblen Materialien zu arbeiten, um das bereits bestehende Dilemma der Versiegelung nicht weiter zu verstärken. Dieses ist eine in solchen Fällen typische Zwickmühle, mit der sich Restauratoren konfrontiert sehen.¹²



Abb. 12: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Mondsichelmadonna, Aufnahme im ultravioletten Licht (UV), Aufnahme und Montage: Holger Herschel 2016

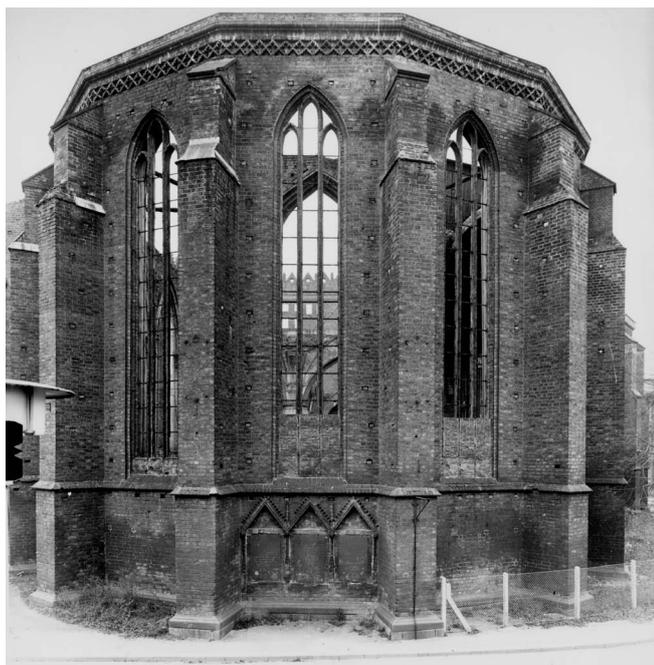


Abb. 13: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Chor der Ruine der Marienkirche von Osten, Situation vor Abnahme der drei Epitaphen, welche jahrhundertlang die dreiteilige Außenwandmalerei abdeckten, Aufnahme: Hartmetz 1985

Festigungen erfolgten in mehreren Kampagnen in größeren zeitlichen Abständen immer wieder „geduldig“ mit Zellulosederivaten, wie Tylose® MH300, in hartnäckigen Fällen des gummiartigen Aufrollens von Malschicht, in Kombination mit Störleim unter Zuhilfenahme des Heizspatels.¹³ Seit dem letzten größeren Einsatz von 2011 ist der Erhaltungszustand, wie etwa jährlich stattfindende Inspektionen belegen, als in erfreulichem Maße „relativ stabil“ einzuschätzen (Abb. 18).

Auch erwies es sich im Fall des Triptychons als erfolgreiche Strategie, nicht wild entschlossen mit aggressiven Lösungsmittelkompressen gegen die Überfestigung vorzugehen (da die dann wieder entfestigte Malschicht erneut zu fixieren gewesen wäre – vorausgesetzt, sie befände sich noch exakt an dem Ort, wo sie hingehört), sondern erst einmal die Umgebungsparameter zu untersuchen und zu optimieren.¹⁴ In Zusammenarbeit mit dem bereits genannten Architekten Christian Nülken und dem Frankfurter Stadtkonservator Ulrich Dinse entwickelte man eine Einhausung für die Außenwandmalerei, die Niederschlagsfeuchtigkeit und auch Vandalismus fernhalten, gleichzeitig jedoch so transparent sein sollte, dass Betrachter einen zufriedenstellenden Eindruck von dem spätgotischen Kunstwerk erlangen konnten (Abb. 15).

Ab 1995 ist diese Einhausung in mehreren Schritten den Umgebungsbedingungen angepasst und optimiert worden, wobei immer Vor- und Nachteile gegeneinander abgewogen und in der Konsequenz stets im Interesse des Kunstwerks entschieden wurde. So ist z.B. die ursprünglich gläserne obere Abdeckung gegen eine gedämmte Holzkonstruktion mit Blechabdeckung ausgetauscht worden – ein gradueller Verlust für die Sichtbarkeit von außen wegen der Reduzierung des Lichteinfalls, andererseits eine drastische Verminderung der vormittäg-

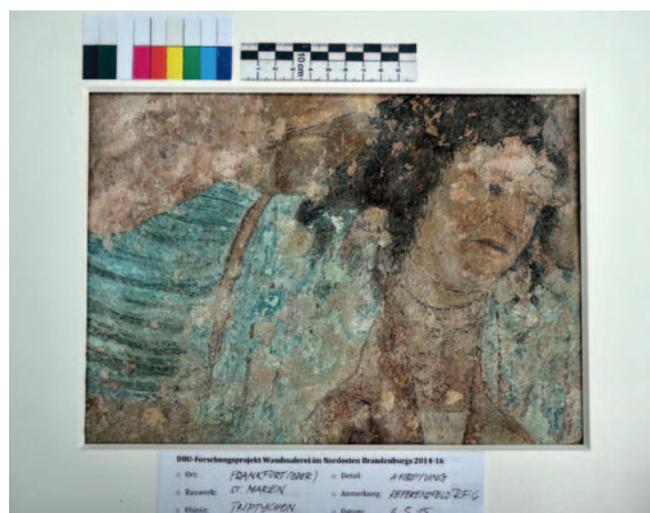


Abb. 14: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Triptychon, Foto Monitoring, Detail der Anbetung der Hl. Drei Könige, seit 1994 fortlaufend konserviert, Foto: Jan Raue 2015

lichen Aufheizung der Malschicht durch Sonneneinstrahlung. Auch das Bekleben der Vitrineninnenseite mit Infrarot-Schutzfolie erwies sich als immanant wichtige Maßnahme im Sinne der Reduzierung von kurzfristigen Temperaturschwankungen im Inneren. Ein weiteres und letztes Problem betraf den Luftaustausch und den damit verbundenen Eintrag von Staub aus dem vorbeifließenden Straßenverkehr. Auch in diesem Fall erwies sich ein schrittweises empirisches Vorgehen als hilfreich, indem Lüftungsschlitze so lange modifiziert wurden, bis ein befriedigender Kompromiss hergestellt war. Das ca. dreijährige „modellierende“ Arbeiten an der Einhausung zwischen 1995-1998 war aus meiner Sicht ein wegweisendes Vorgehen, wie solche optimierten Lösungen in der Denkmalpflege erreicht werden können, für die es in der Regel keine direkten Vorbilder gibt. Stabilisierend auf den Bestand wirkte sich weiterhin aus, dass ab 1996 das Dach des Chores, 1998 das über dem Langhaus und 2004 auch die Einwölbung des Chores wiederhergestellt waren. Das schuf den architektonischen – und bauklima-



Abb. 15: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Triptychon, geöffnete Einhausung während der Projektarbeit, Foto: Jan Raue 2015

tischen – Rahmen, in dem auch der Einbau des aus Russland rücküberführten Glasfensterbestandes 2005 möglich wurde.

Nichts ist so gut, dass man es nicht weiter verbessern könnte, das gilt erstrecht für den Erhaltungszustand einer heiklen Wandmalerei im Außenbereich. Aktuelle Klimamessungen am Triptychon liegen für den Zeitraum 15.1.2015-15.1.2016 vor, dabei erfolgte die Messung des Außenklimas, der Oberflächentemperatur der Wandmalerei und der Luft im Nahfeld (Abb. 17).¹⁵ Die überwiegend aus Glas konstruierte, jedoch nicht gänzlich vom Außenklima abgekoppelte Einhausung bestimmt die klimatischen Phänomene im Mikro- und Makrobereich ganz wesentlich – was soweit wenig überraschend ist. So sind die Lufttemperaturen im Inneren stets höher als außen, was dem Gewächshaus-effekt entspricht. Interessant ist, dass die Oberflächentemperaturen im Ist-Zustand gegenüber der der Luft im Nahbereich „deutlich gedämpft“ ausfallen¹⁶ – das war, aus meiner Erinnerung berichtet, in der Zeit vor der Aufbringung der IR-Schutzfolien ganz anders! In der Auswertung der Langzeitmessungen kommt das Ingenieurbüro nun zu der Einschätzung, dass die „konservatorisch relevanten kurzzeitigen Schwankungen weniger ausgeprägt (sind) als die der Außentemperatur“.¹⁷ Jahreszeitlich betrachtet folgt das Klima im Inneren dem Außenklima mit allen Vor- und Nachteilen – so dass z.B. trotz der prinzipiell höheren Lufttemperatur im Inneren gelegentlich auch Frost eintritt. Dies ist gewiss konservatorisch nicht optimal und sollte Gegenstand zukünftiger Überlegung für weitere mögliche Verbesserungen sein – dem wäre jedoch nur mit einer Bauteiltem-

perierung entgegenzuwirken, die entsprechende Investitionen in diese Richtung erforderte. Eigentlich muss alles getan werden, um der Bildung von Kondensationsfeuchte, d.h. der Unterschreitung des Taupunkts, auf der Maleroberfläche entgegenzuwirken. In dem Zusammenhang ist es grundsätzlich positiv, dass die Einhausung in ihrer gegenwärtig gefundenen Ausmodellierung die tageszeitlichen Schwankungen in der relativen Feuchte (rF) des Außenklimas „deutlich“ zu reduzieren vermag,¹⁸ obgleich die noch vorhandenen, wenn auch gedämpften, kurzfristigen Schwankungen nicht frei von Schadenspotenzial sind. Auf den Jahresverlauf gesehen, liegt die rF im Inneren aufgrund der höheren Lufttemperatur generell niedriger als außen. Dennoch sind im Inneren Werte der rF von über 80 % sowie von unter 30 % gemessen worden, – beides Werte, die aufgrund der durch sie in Gang gesetzten mechanischen und chemischen Mikroprozesse im Bereich der Malschichtoberfläche als negativ für die Erhaltung der Wandmalerei einzuschätzen sind. Nicht zu teilen vermag der – als Restaurator über die letzten 23 Jahre mit dem Objekt befasste – Verfasser die zusammenfassende Einschätzung, die Einhausung bewirke „eine nachhaltige Verbesserung der konservatorisch relevanten Klimabedingungen ... jedoch nicht“¹⁹. Schon die hier diskutierten Auswirkungen sind als überwiegend positiv einzuschätzen, darüber hinaus sind in die Bedingungen auch weitere Parameter zu fassen, und diese sind nicht nur Schutz vor Niederschlagswasser, sondern auch vor Beschädigungen aller Art, wie durch Vandalismus etc. Nein, die Einhausung ist eine Grundvoraussetzung für die Weiterexis-



Abb. 16: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Wandmalerei-Triptychon außen am Chorscheitel, Messbild, Aufnahme und Montage: Messbildstelle Dresden GmbH, 2017



Abb. 17: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Triptychon, Klimamessung, Foto: Jan Raue, 2016

tenz des einzigartigen Kunstwerks, daher muss man nicht diskutieren, ob sie einen Schutz bietet (das tut sie!), sondern wie man diesen Schutz gegebenenfalls weiter maximieren kann. Die vorgeschlagene klimagesteuerte Lüftung wäre sicher eine wirksame Maßnahme in diese Richtung – wobei eine aufwendigere Vorrichtung zum Ansaugen gefilterter (!) Außenluft Voraussetzung ist, andernfalls würde sich das Staubproblem im Inneren verstärken. Die ebenfalls diskutierten Veränderungen an der Verglasung werden im Bericht selbst als ambivalent dargestellt und daher hier, in Anbetracht der damit verbundenen Investitionssumme, als nicht vordringlich eingeschätzt. Nicht diskutiert wurde im Bericht die von mir oben ins Spiel gebrachte Bauteiltemperierung, etwa im Sockelbereich unter der Malerei, die als Schutz vor Kondensationsfeuchte als sehr wirksame, zukünftig weiter zu verfolgende Option erscheint.

Neben den schon genannten immer wieder – wenn auch in verlängerten Zyklen – auftretenden Ablösungen der Malerschicht sind auch die Weißschleier v.a. im oberen Drittel des Triptychons kaum zurückgegangen, sondern haben sich teilweise sogar ausgebreitet. Es handelt sich dabei um sekundäre Gipsbildungen an der Oberfläche²⁰, auch in Kombination mit Bleichlorid als Umwandlungsprodukt bleihaltiger Pigmente²¹ (z.B. Bleizinnigelb), die, zumindest bei der Gipsbildung, durch die auf die lange Sicht wärmeren und damit trockeneren klimatischen Bedingungen innerhalb der Einhausung befördert werden. Nicht jedes konservatorische Problem lässt sich durch eine – noch so optimierte – Einhausung lösen!

4.2.4 Kunsttechnologische Untersuchungen

Der Beitrag über das Monitoring an der Marienkirche wäre unvollständig ohne zumindest den Hinweis auf die umfangreichen kunsttechnologischen Untersuchungen im Rahmen des Projekts. Nicht jedes Ergebnis der RFA, REM/EDX-, Raman- oder auch lichtmikroskopischen Untersuchungen kann und wird unmittelbar Auswirkungen auf Konservierungsstrategien und Monitoring haben – dennoch ist es in dem Zusammenhang wertvoll, mehr darüber zu wissen, welche Materialien und ggf. Veränderungsprozesse vorliegen. Mit „Low-Level-Monitoring“ hat dies nichts zu tun, das ist den Projektteilnehmern bewusst,

jedoch soll ein Forschungsprojekt dieser Ausrichtung auch Pilotcharakter haben und über den Horizont des im Alltag an Untersuchungen Möglichen hinausweisen. Im folgenden ist die Sicht des Restaurators auf die naturwissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse federführend, dabei ist nur eine Auswahl von dem noch umfangreicheren Malereibestand der Marienkirche getroffen und es können wegen des Umfangs auch nicht alle Analysen berücksichtigt werden.

Die Untersuchungen an der wohl ältesten untersuchten Malerei, nach 1250, an der Ostwand des Gewölberaums unter dem Nordturm (sog. Greiffenpeilsches Erbbegräbnis) zeigte die Verwendung von Rotem Ocker mit partiellen „Höhungen“ aus leuchtendrotem Zinnober (Abb. 5b auf S. 50). Der heute grau wirkende Hintergrund war ehemals blau und besteht aus einem Kupferpigment, vermutlich Azurit. Ursprünglich befand sich die Malerei außen an der Westfassade; – sie wurde in der Folge mit der sukzessiven Erweiterung der Westteile der Kirche „überbaut“ und kam damit spätestens um 1300 unter Dach. Während die Malerei selbst auf einem aufstuckierten „Putzkissen“ ausgeführt ist, besteht die Fassung der umgebenden ziegelsichtigen Fassade aus bräunlich-rötlichem Ocker (wohl mit weiß aufgemalten Fugen) – vgl. hierzu Proben GP01-05, 2.3 Ergebnistabelle. Das gegen 1300 eingebaute Gewölbe hat in der Fassung der Gewölberippen einen bisher freigelegten Abschnitt, welcher heute moosgrün erscheint – es handelt sich um das andernorts bereits mehrfach im Projekt detektierte Vivianit, welches ursprünglich blau war – Probe Gr 1/3, 2.3 Ergebnistabelle.

Chronologisch gesehen ist die Mondsichelmadonna mit ihrem tradierten Entstehungsdatum von 1376 die nächstfolgende Malerei, welche in diesem Zusammenhang kunsttechnologisch untersucht wurde. Bei den Grün-Proben von verschiedenen Details der Bildkomposition handelt es sich unisono um ein Kupferchlorid, wohl Atacamit, vermischt mit Pflanzenschwarz. Da sich das Blau des Marienmantels unter exakt denselben Umgebungsbedingungen nicht umgewandelt hat, sollte man in Erwägung ziehen, dass auch das Atacamit primär als solches vermalte wurde – und es sich nicht um eine Sekundärbildung aus Malachit handelt. (Eine andere Frage ist, ob es den ausführenden Künstlern bewusst war, dass sie unter Umständen ein „anderes“ Pigment auf der Palette hatten, als das vielleicht üblichere und häufiger anzutreffende Malachit). Eine weitere maltechnische Besonderheit stellt der aus einer Ausmischung von Mennige und Zinnober bestehende Hintergrund der monumentalen Malerei dar, der eine starke suggestive Leuchtkraft besessen und in der Reflexion die ganze Nordeingangshalle in ein orangerotes Licht getaucht haben muss. Hinzuweisen ist auch auf die Silberauflage über Gelbem Ocker, welche die Marienkrone vor allen anderen Bilddetails auszeichnete – heute leider verschwärzt.

Das jüngste Untersuchungsobjekt mit seiner Entstehungszeit von etwa 1510-15 ist das Wandmalerei-Triptychon außen am Chorscheitel. Im Zusammenhang der betrachteten Wandmalereien an der Marienkirche entsteht der Eindruck, dass sich die Maltechnik zum Ausgang des Spätmittelalters zunehmend verkomplizieren konnte. Häufiger ist schon auf die „tafelbildar-

tige Qualität“ dieser Wandmalerei hingewiesen worden. Manche der aktuellen Untersuchungsergebnisse erscheinen jedoch so komplex – und teils verwirrend –, dass ein „Tafelbildcharakter“ als Erklärungsmuster, etwa für die sieben Schichten in der Probe Mik c.04, nicht ausreicht. Zum einen finden wir in einzelnen Proben einen „Cocktail“ teils in der Maltechnik ungewöhnlicher Elemente, wie Arsen und Wismut vor, teils existieren Schichten deren Farbigkeit sich aus der Elementanalyse gar nicht erschließt. Drittens liegen Pigmentumwandlungen vor, wie die „Bleiverarmung“ am Bleizinnigelb und viertens haben wir mit Sekundärbildungen, wie dem Bleichlorid zu „kämpfen“, das mehrere Schichten durchwandert – dies allein der Befund, und dabei die Vergipsung noch gar nicht erwähnt, an einer einzigen Probe (!), vgl. Mik c.01, 2.3 Ergebnistabelle.

Es scheint eine ältere, etwa orangefarbene „Grundierung“ einer Vorgängerfassung zu geben, so dass man annehmen kann, dass der Putz, soweit intakt, zumindest in Teilen von der Situation von um 1367, Errichtung des Hallenumgangschores, übernommen wurde – dies erklärt an einigen Proben vermutlich ein bis zwei der unteren Schichten. Der Künstler des 16. Jahrhunderts hat sich dennoch die Palette überreich „vollgepackt“ und nahezu das gesamte Spektrum des überlieferten Materialreichtums genutzt. An Rotpigmenten haben wir, neben Rotem Ocker, Zinnober und Mennige, auch in Ausmischung, dabei sozusagen die „Tradition“ an der Marienkirche über die Jahrhunderte fortführend, siehe oben. Für Blau steht Azurit, Grün hingegen ist teils nicht deutbar, teils in Richtung Grünspanweisend. Bleizinnigelb ist zweifellos vertreten, wir sind der Meinung, dass auch Bleiweiß verwendet wurde. Für welchen polychromen Effekt die Wismut-Arsen-Körner stehen, erschließt sich bisher nicht, da diese Elementkombination als Pigment nicht bekannt ist. (Man kann mutmaßen, dass diese Elemente vergesellschaftet mit bergmännisch gewonnenen Pigmenten, etwa aus dem Erzgebirge, „eingeschleppt“ worden sind). Goldauflagen sind hingegen teils auch noch mit bloßem Auge sichtbar. Der Nachweis von Silber in mehreren Proben deutet auch auf Silberauflagen, denn Silber kommt als Element in Pigmenten nicht vor; vgl. Mik c.01-04 und RF c01-14, 2.3 Ergebnistabelle. Wir müssen zugeben, dass die Maltechnik am Triptychon damit noch bei weitem nicht „ausgeforscht“ erscheint. So sind, neben den vielen genannten bestehenden „Rätseln“, auch die Fragen der Bindemittel noch nicht ansatzweise abschließend geklärt, ein Punkt, der durch die vielen in jüngerer Vergangenheit erfolgten Festigungen ohnehin erheblich erschwert wird.

Uns liegt somit kein „auf die Wand übertragenes Tafelbild“ vor, sondern eine kompliziert aufgebaute Wandmalerei der Zeit des Übergangs vom Spätmittelalter zur Renaissance. Die Komplexität der Maltechnik machte dieses Kunstwerk anfällig für vielfältige, teils kettenreaktionsartig ablaufende, konservatorisch heikle Interaktionen zwischen Pigmenten, Bindemitteln und Einflüssen von außerhalb der Malerei. In Frankfurt dank seiner jahrhundertelangen Überdeckung erhalten geblieben, steht das Triptychon daher vermutlich für eine ganze Reihe vergleichbarer, heute verloreener Wandmalereien dieser experimentierfreudigen Epoche – die glücklicherweise sichtbar gebliebene Spitze eines kunsttechnologischen Eisbergs.



Abb. 18: Frankfurt (Oder), Marienkirche, Triptychon, Vergleich der Schadenskartierungen von Jan Raue 2011 und Mechthild Noll-Minor im Rahmen des Projekts, Auswertung mit Metigo Map 2015

4.2.5 Fazit

Die beiden vorgestellten Beispiele restauratorischen und denkmalpflegerischen Handelns an der Marienkirche Frankfurt (Oder) ließen sich noch allein nur an diesem eindrucksvollen Backsteinbauwerk um einiges verlängern, sprächen wir über das Greiffenfeil'sche Erbgrabnis, die Schauwand in der Turmhalle, den Turm mit seinen Außenfassungen, das wiedererrich-

tete und nach mittelalterlichem Befund neugefasste Chorgewölbe u.v.a. Bauteile der Marienkirche. Bei all diesen einzelnen Erhaltungsmaßnahmen ist glücklicherweise nie das Große und Ganze des Bauwerks aus dem Blick geraten. Stets gab es über den langjährig ortskundigen Architekten, eine funktionierende Denkmalpflege innerhalb der Stadt, einen direkten Draht zum Landesdenkmalamt und gute Kontakte mit den Naturwissenschaftlern für die Restauratoren eine solide Basis, um ihre Entscheidungen in einem fachlich abgesicherten Rahmen und stets im Interesse des Denkmals und der mit ihm verbundenen Kunstwerke treffen zu können.

Anmerkungen

- 1 Die Ausstattung befindet sich seit der Nachkriegszeit aus Sicherheitsgründen in der benachbarten St. Gertraudenkirche.
- 2 Zu den Leistungen des anlaufenden Wiederaufbaus durch die Stadt Frankfurt (Oder) in den 1970er–80er Jahren vgl. v.a. Ralf-Rüdiger TARGIEL, Die Marienkirche in Frankfurt an der Oder. Eine Chronik in Bildern, in: Die Marienkirche zu Frankfurt (Oder). Stolz der Stadt einst und heute, Berlin 2005, v.a. S. 112-123.
- 3 Kunze, W. D., Klemm, B.: Farbuntersuchungen und Befundnahme am Nordportal St.Marien Frankfurt/Oder (heute Kunstforum), 1986, Typoskript, Archiv BLDAM.4Nülken, C., Materna, H.: Schriftwechsel zur Instandsetzung des Nordportals der St. Marienkirche Frankfurt/Oder, 1985-1986, Archiv BLDAM.
- 5 Stiehl, O.: Das Rathaus zu Frankfurt an der Oder, in: Zeitschrift für Geschichte und Architektur, Heft 5/6, IV. Jg. 1911.
- 6 So u.a. an der Westfassade und den Turmuntergeschossen bei der Konservierung und Teilrekonstruktion der mittelalterlichen Außenfassung, um 2000-2002.
- 7 Raue, J.: Marienkirche Frankfurt (Oder), Nordeingangshalle, Wandmalerei der Mondsichelmadonna. Bericht zur restauratorischen Untersuchung und Konservierung (Notsicherung), Bearbeitung 10-12/1997, Typoskript 1998 sowie: Raue, J.: Marienkirche Frankfurt (Oder), Wandmalerei der Mondsichelmadonna in der Nordkapelle. Bericht zur Konservierung der Wandmalerei, Bearbeitung 04-06/1999, Typoskript 1999, beide Archiv BLDAM.
- 8 Klemm, B. Bericht Triptychon, 1990, Archiv BLDAM.
- 9 Hierzu zuletzt Raue, J.: Farbigeit und Repräsentation. Mittelalterliche Malereien und Farbfassungen in und an der Marienkirche Frankfurt (Oder), in: Bürger, Pfarrer, Professoren. St. Marien in Frankfurt (Oder) und die Reformation in Brandenburg, Dresden 2016, S. 70-77
- 10 Vgl. Klemm, B. Restaurierungsbericht 1990 und Juraschek, H. Restaurierungsbericht 1991, Archiv BLDAM.
- 11 Vgl. Probe Mik b01, MPA Bremen, Frank Schlütter, 3.2 Ergebnistabellen in diesem Heft.
- 12 Vgl. die diesbezügliche Situation am Totentanz in der Marienkirche in Berlin-Mitte, zuletzt bei Raue, J.: Totentanz auf dünnem Eis. Untersuchungsergebnisse und Konservierungskonzept für ein gefährdetes spätmittelalterliches Kunstwerk, in: Der Berliner Totentanz. Geschichte-Restaurierung-Öffentlichkeit, Hrsg. Deiters, M., Raue, J. und Rückert, C., Berlin 2014, S. 240-253.
- 13 Entsprechende Festigungen bzw. Nachfestigungen des Putzes und der Malerschicht erfolgten 1994, 1996, 1998, 2002, 2006 und bisher zuletzt 2011.
- 14 Vgl. u.a. Raue, J.: Marienkirche Frankfurt (Oder), Wandmalerei an der Choraußenwand, Restaurierungsberichte, Typoskripte 1996 und 2011, Archiv BLDAM.
- 15 Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung Weimar GmbH, Messprotokoll Langzeitklimamessung am Triptychon, Marienkirche Frankfurt (Oder), Typoskript 2016.
- 16 a.a.O., S. 7.
- 17 a.a.O., S. 8.
- 18 Ebda.
- 19 a.a.O., S. 9.
- 20 Vgl. Probe Mik c03, MPA Bremen, Frank Schlütter, 3.2 Ergebnistabellen in diesem Heft.
- 21 Vgl. Probe Mik c01, MPA Bremen, Frank Schlütter, 3.2 Ergebnistabellen in diesem Heft.
- 22 Die Erforschung solcherlei Fragen, die u.a. mit mittelalterlichen Handelsnamen, Handelswegen sowie Preisen von Pigmenten, auch „Konjunkturen“ bestimmter Materialien, zu tun haben, erforderte ein eigenes Forschungsprojekt – es wäre ein überfälliges und hochspannendes!

4.3 Wandmalereien in der ehemaligen Franziskanerklosterkirche Angermünde

Der Baubestand und die Wandmalereien im Kirchengebäude des ehemaligen Franziskanerklosters in Angermünde werden in der Region durch mehrere Aspekte hervorgehoben: Sowohl die frühen Phasen der Ausmalung als auch die Restaurierungsgeschichte der Kirche und jüngere Erkenntnisse zu Farbumbwandlungen ließen eine vertiefende Untersuchung dieser Wandmalereien geboten scheinen, die in mehreren Beiträgen dieser Publikation bereits angesprochen wurde. Hier soll in einer zusammenfassenden Darstellung nun der Gewinn der interdisziplinären konservierungswissenschaftlichen Untersuchung gezeigt und die Konsequenzen für Monitoring und Erhaltung der Wandmalereien angedeutet werden.

Von der um die Mitte des 13. Jahrhunderts errichteten Klosterkirche – einem flachgedeckten Saal aus Feldsteinen – blieb nur die Südwand erhalten, da die südlich liegenden Konventsgebäude unmittelbar an diese Wand anschlossen. Als Baumaterial verwendete man lagenweise versetzte, für die Fassade relativ sorgfältig zugearbeitete Feldsteine. Wie das weniger sorgfältig ausgeführte Mauerwerk auf der Innenseite des Feldsteinbaus zeigt, war es von vornherein für eine Verputzung vorgesehen. Die sichtbaren Fragmente von Architekturfassungen und Wandmalereien auf der Südwand sind verschiedenen Bau- und Gestaltungsphasen zuzuordnen. Jeweils mittig zwischen den Lanzettfenstern der Südwand sind die Überreste von acht runden Bildfeldern mit Halbfiguren (Abb. 2, 3) des 13. Jahrhunderts zu sehen. Das erste erhaltene Rundbild von Osten ist in seiner Anlage besser erhalten – hier ist eine bekrönte Heilige dargestellt – möglicherweise handelt es sich um Maria mit dem Christusknaben auf dem Schoß (Abb. 2). Eine Weltgerichtsdarstellung mit Christus in der Mandorla aus dem 15. Jahrhundert überlagert das zweite der gemalten Medaillons (Abb. 4). Anfang des 20. Jahrhunderts wurde durch selektive Freilegung im linken Bildfeld auf Christus in der Mandorla und im rechten Bildfeld auf das darunter erhaltene Medaillon ein Nebeneinander ursprünglich nicht gleichzeitig sichtbarer Bilder erzeugt. Dieser Bereich wurde für ein exemplarisches Monitoring der Wandmalereien auf der Südwand der Klosterkirche ausgewählt, da er durch starke Vergipsung und Kristallisation die Malschicht gefährdet und dieser Schadprozess und die akute Gefährdung genauer untersucht werden sollte.

Am westlichen Ende der Südwand sind zwei Szenen in einer schwarzen Pinselfzeichnung des frühen 20. Jahrhunderts überliefert. Es handelt sich um eine Gefangennahme Christi (Abb. 5) und eine weitere Szene – möglicherweise eine Beweinung oder eine Grablegung vor der Darstellung einer mittelalterlichen Stadt mit Stadtmauer und Türmen. Das Verhältnis von Kopie einer mittelalterlichen Szene und Übertragung/Neuschöpfung einer Szene ist bislang nicht geklärt. Die teilweise sinnentstellten Linien und Bögen, die erst bei der gedanklichen

Ergänzung im Vergleich mit mittelalterlichen Vorlagen sinnvoll werden, weisen darauf hin, dass es sich um eine Umzeichnung von Resten einer bereits vorhandenen Darstellung handeln könnte. Reste älterer Wandmalereien konnten jedoch bislang nicht nachgewiesen werden.

Der Erweiterungsbau der Kirche setzte im späten 13. Jahrhundert mit der neuen Sakristei (Abb. 13) und dem Chorpolygon ein. Im westlichsten Joch der Sakristei ist an der Außenwand noch heute nachzuvollziehen, wie die erhaltenen, in diesem Bereich für den Erweiterungsbau abgebrochenen Feldsteinwände im Anschluss an die Backsteinwände mit einem Putz überzogen und dann durch Rotfassung und Fugenbänder Backsteinmauerwerk imitiert wurde.

Die erste Raumfassung der neuen Sakristei um 1300 wies auf dem Backsteinmauerwerk der Wände (und dem verputzten Bereich des Feldsteinmauerwerks) eine rote Farbfassung mit weißer Fugenmalerei auf. Auf dem Kreuzrippengewölbe ist eine Ausmalung des frühen 14. Jahrhunderts mit Sternen und Lilien erhalten, die eine „Himmelswiese“ auf dem Sakristeigewölbe bildeten. Während die Sterne und Lilien heute grauschwarz, grünlich und grünlichgrau erscheinen, lassen naturwissenschaftliche und maltechnische Untersuchungen¹ Rückschlüsse auf das ursprüngliche Erscheinungsbild (Abb. 17 und 18) zu.

Im darüber liegenden Armarium sind zeitgleiche Wellenblattranken in Grau- und Rottönen sowie fratzenartige und groteske Köpfe mit rotbrauner Farbe in einer lockeren Pinselfzeichnung und teilweise aufstuckierte Zwickelentwässerungen aus dem Gewölbe ausgeführt.



Abb. 1: Angermünde, Südfassade der Klosterkirche, Foto: Doris Antony

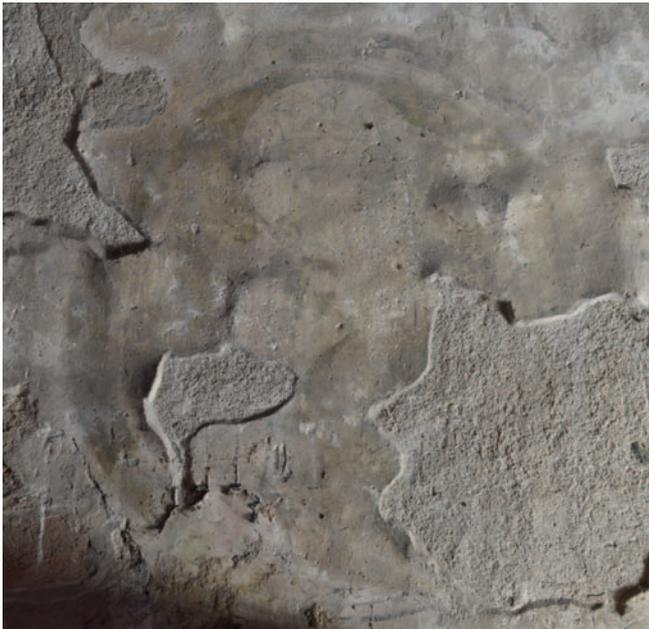


Abb. 2: Angermünde, Langhaus, Südwand, Rundbild (Tondo) mit Heiliger, Foto: Mechthild Noll-Minor, 2017



Abb. 3: Angermünde, Langhaus, Südwand, Rundbild (Tondo) mit Heiliger/m, Foto: Mechthild Noll-Minor, 2017



Abb. 4: Angermünde, Langhaus, Südwand, Weltenrichterszene des 15. Jh. und Medaillon des 13. Jh., Foto: Mechthild Noll-Minor, 2017



Abb. 5: Angermünde, Langhaus, Südwand, Szene mit Gefangennahme Christi 20. Jh.; darüber Medaillon, Wandmalerei des 13. Jh., Foto: Mechthild Noll-Minor, 2017

4.3.1 Wandmalereibereich mit Weltenrichter und Tondo

Restauratorische Bestands- und Zustandserfassung

Der Putzaufbau des 13. Jahrhunderts auf dem Feldsteinmauerwerk der Südwand ist zweischichtig, um das unregelmäßige Oberflächenrelief des Feldsteinmauerwerks auszugleichen. Schichtentrennung zwischen den beiden Putzlagen führte zur Aufwölbung der Putze (Abb. 2) und zum Verlust in einigen Bereichen. Vom bauzeitlichen Innenputz der Südwand sind dennoch etwa drei Viertel noch erhalten – der Putz wurde nicht abgenommen, sondern diente als Putzgrund für weitere Anstriche bis Anfang des 20. Jahrhundert. Ein Grund für die Erhaltung des Putzes war vermutlich die säkulare Teilnutzung der Klosterkirche seit dem 17. Jahrhundert. In den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts wurden unter Leitung von Walther Schleyer archäologische Grabungen und Rückbauten am Kirchengebäude vorgenommen und die Wandmalereien freigelegt. Er beschrieb auf der Südwand „sieben medaillonartige Bilder

und ein dreiteiliges Bild, auf welchem man Köpfe mit Heiligenscheinen erkennt“⁴². Insgesamt sind heute an der Südwand die Fragmente von acht Rundbildern ablesbar (Abb. 2, 3). Da ihre Lage Gewölbeansätze ausschließt, ist damit ein Feldsteinbau mit flacher Decke belegt. Die Mittelpunkte der Rundbilder liegen etwa 3,80 Meter über dem heutigen Fußboden, der innere Durchmesser beträgt je circa 75 Zentimeter. Diese Ausmalung blieb vermutlich sichtbar bis ins 15. Jahrhundert. Darauf weist die starke Vergipsung der ersten Malschicht auf dem bauzeitlichen Putz hin (siehe Proben Ang 1/1, Ang 1/2, Ang 2/1 und Ang 2/2 in den Ergebnistabellen der naturwissenschaftlichen Untersuchungen).

Ein Bildfeld des 15. Jahrhundert mit „Christus als Weltenrichter“ – ursprüngliches Maß des Bildfeldes ca. 1,75 x 2,45 m – überlagert das zweite erhaltene Rundbild von Osten her auf der Wandfläche östlich des siebenten Fensters der Süd- wand des Langhauses. Es befindet sich in der Nähe des Lett- ners beim ursprünglichen Zugang zur Klausur: Der thronende Christus sitzt in der mit Regenbögen hinterlegten Mandorla, die



Abb. 6: Angermünde, Langhaus, Südwand, Weltenrichter, UV-Aufnahme, Foto Henriette Theurich 2015

Rechte segnend erhoben (Abb. 4). Aus seinem Mund erwachsen Schwert und Lilie. Das gegenwärtig braungrau erscheinende Gewand Christi wurde ursprünglich unter Verwendung des Pigmentes Mennige (Orangerot) gemalt. Die Malschicht selbst ist stark reduziert und ihre Feinstruktur durch die Vergipsung ver-

Bereich	Probe	Beschreibung	Untersuchungsergebnisse und Interpretation
Weltenrichter, Christusdarstellung	Ang 1/1	Schwarze Umrahmung	Ursprüngliche Farbe wahrscheinlich ein Purpur- oder Violetton (Ausmischung aus Blei- und Kupferpigmenten) Verschwärzung vermutlich durch Tenorit + Plattnerit
	Ang 1/2	Vergrautes Grün	Ursprüngliche Farbe vermutlich Grün (evtl. Cu-Pigment + Bleizinn gelb) Cumengeit als Pigmentveränderung
	Ang 2/11	Braungrau wirkendes Gewand	Ursprüngliche Farbe vermutlich ein Rotton (Purpur?) (sicher: Bleipigment nachgewiesen) Starke Pigmentveränderungen - Bleichlorid (farblos) - vermutlich auch Plattnerit

Tabelle 1: Ergebnisse der Pigmentuntersuchungen am Weltenrichter

ändert, so dass anhand der untersuchten Proben keine weitere Aussage zur Maltechnik möglich ist. Am inneren Band der Mandorla wurden sowohl Kupfer- als auch Bleipigmente nachgewiesen – dies deutet auf einen Violetton als inneren Abschluss des „Regenbogens“ der Mandorla hin (Tabelle 1). Auch in der Aufnahme unter Anregung durch UV-Strahlung weist die Auslöschung der Fluoreszenz im Bereich des inneren Bandes auf Kupferpigmente hin (Abb. 6). Die starke Fluoreszenz in einigen Fehlstellenbereichen weist auf das verwendete Konservierungsmittel zur Malschichtkonservierung hin.

Zwei Engeln fliegen im oberen Bereich – sie sind Christus zugewandt. Im linken Bereich ist das Gewand einer stehenden Figur erkennbar – Reste einer rechts stehenden Figur sind durch Überlagerung mit dem Tondo nicht mehr identifizierbar.



Abb. 7: Angermünde, Langhaus, Angermünde, Weltenrichterszene, Lokalisierung der Messpunkte und der Probeentnahmestellen (Polarisationsmikroskopie, REM/EDX und Raman) und der Referenzflächen für das Monitoring, Henriette Theurich

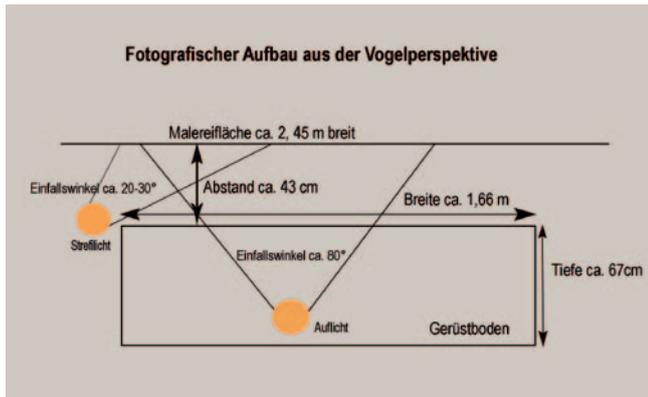


Abb. 8: Angermünde, Aufbau Fotodokumentation Referenzflächen, Henriette Theurich

Im unteren Bildteil sind geöffnete Gräber noch schemenhaft erkennbar.

Das im Durchmesser ca. 85-90 cm – d.h. etwa drei Fuß³ – breite Rundbild der romanischen Ausmalung (Abb. 3) liegt mit seinem Mittelpunkt ca. 3,80 m über dem jetzigen Fussbodenniveau. Erkennbar ist die Halbfigur eines Heiligen an den erhaltenen Fragmenten des reich gefalteten ehemals roten Gewandes und dem Ausschnitt des Nimbus vor dem grünen Hintergrund. Die Oberfläche der Malerei ist verschmutzt und von einem weißen Schleier überzogen, wobei der Schleier im Bereich des rechten Engels stärker zu erkennen ist. Der Putz ist flächendeckend von einem feinen, netzartigen Rissbild durchzogen. Das Rissbild könnte sich durch ein frühzeitiges Schwinden des Putzes gebildet haben. An den Rändern der Fehlstellenergänzung und an einigen feinen Rissen kommt es zu weißen, kristallinen Auflagen. Die Schädigung der Malschicht durch „pustel“artiges Aufwölben und als weiteres Voranschreiten der Verlust der Malschicht in „Miniaturkratern“ erstreckt sich über den gesamten gestalteten Bereich. An den Rändern der Malschichtfragmente des Untergewandes Christi kommt es zu einer leichten, peripheren Anhebung der Malschicht von ca. 1–2 mm. Die Gips-umwandlung der Kalkschichten von der Oberfläche her (siehe mikroskopische Untersuchung der Proben Ang 1/1, 1/2, 2/1 und 2/2 in Kap. 2.3, S. 37f.) lässt die Malerei zudem „glasig“ erscheinen. In einem Schadbildkatalog und in der Referenzflächendokumentation (Abb. 9, 10) wurden alle Schadbilder fotografisch erfasst und erläutert – hierauf bezieht sich auch die Kartierung zum Referenzflächenmonitoring.

Die Untersuchungen an den Wandmalereien wurden möglichst zerstörungsfrei vorgenommen. Beobachtungen am Bestand (unter Auflicht und Streiflicht, auch unter UV-Anregung) und die Auswertung der bereits in früheren Untersuchungs- und Restaurierungskampagnen gewonnenen Untersuchungsergebnisse waren Grundlage für die Auswahl von Messpunkten für die Untersuchung mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (XRF) und sehr sparsame Probenahmen für mikroskopische Untersuchungen und Ramanspektroskopie.

Die bisherigen Untersuchungsergebnisse (siehe S. 37f. in dieser Publikation) lassen auf eine flächendeckende Vergipfung unterhalb und auf der Malschicht der Weltenrichterdarstellung schließen – dies passt zu der ausgedehnten „Pustelbildung“ als



Abb. 9: Angermünde, Weltenrichterszene, Referenzfläche Nr. 10

Schadensphänomen. Die genaue Zusammensetzung und das Entstehen der vorhandenen, schädigenden Pustelbildung sollten noch genauer untersucht werden.

Grundlagen für das Monitoring – die fotografische Erfassung von Referenzflächen

Die restauratorische Zustandskontrolle und Erarbeitung von Grundlagen für ein künftiges Monitoring wurde im Rahmen einer Bachelorarbeit⁴ vorgenommen, in der auch die Frage der Messbarkeit und Quantifizierbarkeit von Schadphänomenen verfolgt wurde.

Bei der Planung des Monitorings der Schadprozesse an der Wandoberfläche wurde das Hauptaugenmerk auf den Zustand und die Quantifizierung der vorhandenen „Pustelbildung“, der Bildung von „Miniaturkratern“ durch Absprengen der Malschicht, der Rissbildung und der Fehlstellen gelegt.

Für die Auswahl der Referenzflächen wurde auf eine inhaltliche Wiedergabe aller Schadensphänomene geachtet. In einigen Bereichen treten Schadbilder vermehrt auf. Die Verteilung der Referenzflächen orientiert sich am Auftreten der Schadensphänomene. Insgesamt wurden zehn Flächen ausgewählt und für ein wiederholbares Monitoring der fotografischen Aufnahmen ein Passepartout mit dem Innenmaß 20 x 29 cm verwendet (Abb. 9). Für jede Referenzfläche wurde jeweils die rechte, untere Rahmenecke an der Wand orthogonal eingemessen.

Durch den Einsatz des Passepartouts und wegen der unebenen Oberfläche des bemalten Putzes ergaben sich besonders im Streiflicht Schlagschatten, die den Bereich der Referenzfläche im Erscheinungsbild verkleinerten, daher wurden dieselben

Monitoring			
Referenzflächenmonitoring Fotokatalog			
Blatt Nr.: 7			
<p>Ort: Angermünde Bauwerk: Franziskaner- Kloster Orientierung: Bereich Weltenrichter Langhaus SW Detail: Gewandrete Medallion Aufnahmedatum: 24. 03. 2015 Beachtenswerte Phänomene: Bildung von Pusteln und Minikratern Verlust der Malschicht Weißer Höfe um Fehlstellenergänzungen</p>			
Auflicht	Foto Bezeichnung: RF 7 AL	Streiflicht	Foto Bezeichnung: RF 7 SL
			
Informationen Foto			
Blendenwert 10 Belichtungszeit 1/100 Brennweite 55		Blendenwert 10 Belichtungszeit 1/50 Brennweite 55	
Informationen Aufnahme			
Licht Winkel <i>Auflicht</i> ca. 80° <i>Streiflicht</i> ca. 20-30° Kamera Canon EOS 500D Farbraum RGB PSD- Bearbeitung Entzerrung			

Abb. 10: Angermünde, Weltenrichterszene, Dokumentationsblatt Referenzfläche Nr. 7, Henriette Theurich



Abb. 11: Angermünde, Weltenrichterszene, Kartierung quantifizierbarer Schadbilder, bezogen auf Referenzflächen, Henriette Theurich

Bereiche auch noch einmal ohne Passepartout aufgenommen. Die Aufnahmen wurden während der Projektlaufzeit zwei Male wiederholt und dabei die Reproduzierbarkeit und Aussagekraft dieses fotografischen Monitorings ausgewertet. Die Aufnahmen wurden mit zwei verschiedenen Fotoapparaten⁵ und jeweils einer anderen Leuchte⁶ vorgenommen. Der Referenzflächenkatalog dient als Werkzeug für ein weiteres Monitoring (siehe Abb. 10).

Probleme für den fotografischen Aufbau vor Ort hinsichtlich der Wiederholbarkeit der Aufnahmen ergaben sich einerseits durch die Gerüstposition und andererseits durch das frontal einfallende Licht der Fenster neben der Malereifläche. Vom Gerüst aus konnte nicht der gesamte Malereibereich frontal erfasst werden, da der Empfangstresen vor der Wandmalerei ein unbewegliches Hindernis darstellte. So ergab sich eine perspektivische Verzerrung für einige Referenzflächen. Wegen der stark ausgeprägten Schadensbilder „Pusteln“ und „Minikrater“ wurden dieses Bereich trotzdem dokumentiert. Die Größe des Gerüstbodens ließ nicht viel Platz für einen exakten, fest installierten fotografischen Aufbau, daher sind der Standpunkt der Kamera und der Lichtquelle als ungefähre Angabe zu betrachten.

Kartierung der Schadbilder und die Frage der Quantifizierung

Für die grafische Dokumentation des Erhaltungszustandes des Wandmalereifeldes „Weltenrichter und Tondo“ wurde eine händische Kartierung und danach die digitale Umsetzung mittels MetigoMap⁷ durchgeführt. Der untersuchte Malereibereich wurde im Original mit 2,45 m in der Breite und 1,20 m in der Höhe gemessen. Die Gesamtaufnahme des entsprechenden Bereichs wurde im Maßstab 1:2,5 entzerrt als Lokalisierungs-



Abb. 12: Angermünde, Sakristei, Blick nach Westen, Foto Mechthild Noll-Minor, 2017



Abb. 13: Angermünde, Sakristei, Joch IV von Osten, Südwall, Übergang zwischen Feldstein- und Backsteinmauerwerk mit Putz und Architekturfassung des frühen 14. Jh., Foto Mechthild Noll-Minor, 2017

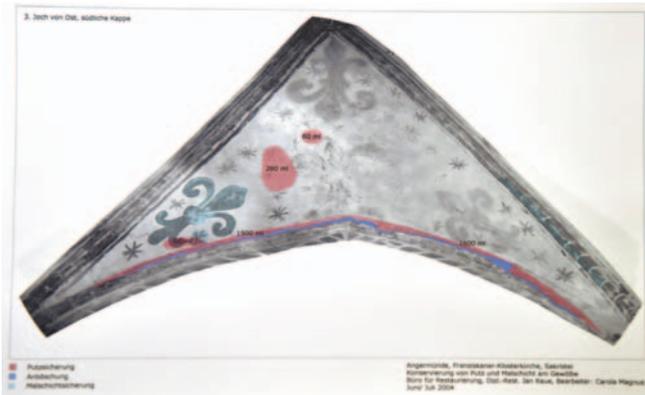


Abb. 14: Angermünde, Sakristei, Gewölbe, Joch III von Osten, südliches Gewölbeseigel, Kartierung Putz- und Malschichtkonservierung, Jan Rau 2004

plan der Referenzflächen verwendet. Für die Kartierung der zehn ausgewählten Referenzflächen wurden Aufnahmen unter Aufsicht ohne die Rahmung verwendet. Die Referenzflächen wurden ebenfalls entzerrt und in die entzerrte Gesamtaufnahme eingepasst (s. Abb. 11).

Mit der Software Metigo-Map können kartierte Phänomene nach Fläche oder nach Anzahl berechnet werden. Daher wurden Zustandskartierungen angefertigt (Abb. 12), bei denen eine Aufteilung der Schäden in „Flächenphänomene“ und „quantifizierbare Schäden“ erfolgte. Anhand flächendeckender Schadensbilder, die nicht „zählbar“ sind, ist eine Quantifizierung schwer möglich. Dazu sind weitere Untersuchungen nötig. Genaue Aussagen über eine Schadensaktivität können mit einem fotografischen Monitoring nicht getroffen werden. Zu den „Flächenphänomenen“ gehören weiße schleierartige Beläge – die sich bereichsweise deutlicher an der Oberfläche abzeichnen, aber überall vorhanden sind –, Verschmutzung, Pustelbildung und die netzartige Rissstruktur. Es kann angenommen werden, dass eine Vergipsung flächendeckend vorliegt, eine auf die gesamte Fläche übergreifende Interpretation anhand zwei analysierter Proben ist jedoch nicht möglich. Es ist gegenwärtig noch nicht klar, ob das netzartige Rissbild sich schadhaft für die Malerei weiterentwickelt.

Ein Quantifizieren der Pusteln ist anhand der Größe der ausgewählten Referenzflächen nicht möglich. Das Phänomen wurde zunächst als Flächenphänomen kartiert. Für eine genaue Angabe der Anzahl der Pusteln sollten künftig kleinere Flächen innerhalb der Referenzflächen festgelegt werden. Der Schadprozess, der zur Entwicklung der Pusteln führt, leitet schließlich nach Verlust der hochgedrückten Malschicht zum Phänomen der „punktartigen Abplatzungen“ über. Eine Zunahme dieser „Miniatürkater“ würde rückschließend eine Aussage zur bestehenden Aktivität der Pustelbildung treffen. Die Pustelbildung gehört zu den wichtigsten Schadensphänomenen der Malerei.

Zu den „quantifizierbaren“ Schäden gehören das punktartige Abplatzen der Putz- und der Malschicht, die periphere Anhebung der Malschicht und die Fehlstellenentwicklung bis auf den Putz. In der Legende der quantifizierbaren Schäden sind der prozentuale Anteil der Fläche und die Anzahl bestimmter Phänomene in Bezug zur jeweiligen Referenzfläche aufgeführt.

Anhand der entwickelten fotografischen Dokumentationsgrundlage für ein weiterführendes Monitoring und durch



Abb. 15: Angermünde, Sakristei, Gewölbe, Joch III von Osten, südliches Gewölbeseigel, VIS-Aufnahme, Mechthild Noll-Minor, 2017



Abb. 16: Angermünde, Sakristei, Gewölbe, Joch III von Osten, südliches Gewölbeseigel, UV-Aufnahme, Mechthild Noll-Minor, 2017

Aktualisierung der Kartierung der quantifizierbaren Schadbilder kann zukünftig eine Zustands- und Schadensaktivitätsbewertung stattfinden, die die Dringlichkeit einzuleitender Maßnahmen und weiterer notwendiger Untersuchungen abschätzbar macht.

4.3.2 Gewölbemalerei in der Sakristei

Restauratorische Bestands- und Zustandserfassung

Zum Verständnis des gegenwärtigen Erscheinungsbildes der Sakristei (Abb. 13) ist die Bau- und Restaurierungsgeschichte heranzuziehen: Im Zuge des Erweiterungsbaus um 1300 errichtet, zeigt die Sakristei heute noch den Übergangsbereich von Feldsteinbau zu Backsteinbau im 4. Joch von Osten und damit unterschiedliche Gründungsverhältnisse. In nachreformatorischer Zeit wurde die Klosterkirche überwiegend säkular genutzt und dies war mit starken Eingriffen in die Bausubstanz verbunden. Eine Folge davon waren statische Risse und Putzablösungen sowie -hohllagen, die während der Konservierungsmaßnahmen 2004 dokumentiert wurden (Abb. 14).⁸ Malschichtablösungen waren nur in geringem Umfang – vor allem bei den grün erscheinenden Lilien und einige schwarz verfärbten Sternchen festzustellen. Die damals vorgenommenen Putz- und Malschichtsicherungen haben den Bestand erfolgreich bewahrt – bei den Nachkontrollen im Rahmen des Monitorings während der Laufzeit des DBU-Projektes – zuletzt am 28.6.2017 – wurden keine neuen Schäden oder Verluste beobachtet (Abb. 15).

Das heute stark vergraute, verbräunte und insgesamt wenig differenzierte Erscheinungsbild der Gewölbemalerei ist die

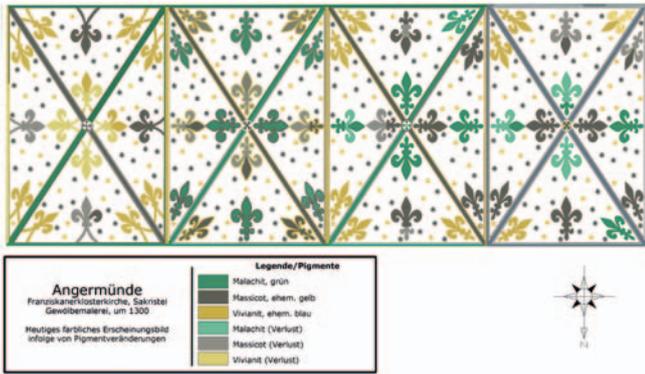


Abb. 17: Angermünde, Sakristei, Gewölbe, Messstellenplan

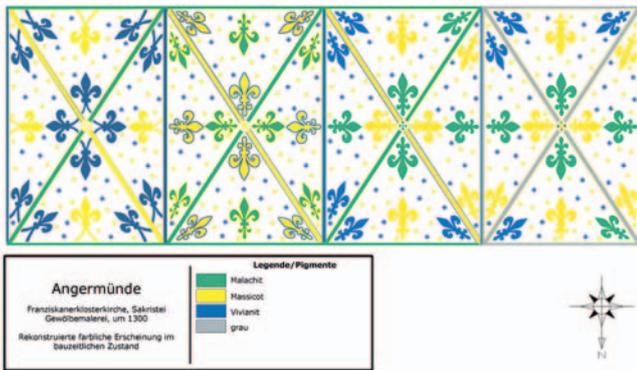


Abb. 18: Angermünde, Sakristei, Gewölbe, schematische gedankliche Rekonstruktion der Farbwerte, Jan Raue

Folge von Farbänderungen durch chemische Reaktionen und Umwandlungen der farbgebenden Pigmente (Abb. 17, 18).⁹ Die fotografische Dokumentation unter UV-Strahlung (Abb. 16) unterstützt die Lokalisierung der ursprünglichen Pigmente. Die durch mikroskopische Untersuchungen und unterstützend durch Ramanspektroskopie nachvollziehbaren Pigmentumwandlungen (Abb. 18) (siehe Proben Ang 1/7 – Ang 1/10) sind in der nachfolgenden Tabelle als Übersicht dargestellt. Zu den Pigmenten Vivianit, Vanadinit und Cumengeit sind bereits Einzeldarstellungen in den entsprechenden Beiträgen in der Publikation erfolgt.

Als Blaupigment wurde Vivianit nachgewiesen – die ursprünglich blau erscheinenden Lilien wirken jetzt bräunlich grün. Daneben sind Bleipigmente nachgewiesen, deren Gelbton sich jetzt überwiegend (von der Oberfläche ausgehend) bräunlichgrau bis schwarz verfärbt zeigt. Die mit dem Kupferpigment Malachit ausgeführten Lilien wirken im dritten Joch blass grünlich, da hier die Malschicht – möglicherweise auch durch den Versuch einer Reinigung¹⁰ – stark reduziert wurde, vielleicht auch aufgrund des stärkeren Abbaus des Bindemittels für dieses Pigment.

Die Gewölbemalerei zeigte demnach ursprünglich auf hellem Grund ausgeführte blaue und gelbe Sterne und in einem Farbwechsel von Blau, Grün und Gelb angeordnete Lilien in den Zwickelbereichen der Gewölbefelder. Eine Modulation ist in den Farbtönen der Rippen und der Lilien ablesbar: Im vierten Joch von Osten sind alle Gewölberippen grau abgesetzt, während in den übrigen Jochen ein systematischer Wechsel erkennbar ist. Die Rippen zwischen den einzelnen Jochen erschienen ursprünglich im Blauton des Pigmentes Vivianit, während die

Probe	Beschreibung	Untersuchungsergebnisse und Interpretation
Bereich Sakristei	Ang 1/3	Grünblauer Bereich Ursprünglich vermutlich Grün Blaufärbung vermutlich Pigmentumwandlung (evtl. Cumengeit)
	Ang 1/4	Lilie, Schwarze Kontur Ursprüngliche Farbe vermutlich ein Gelbton (Vanadinit oder Massicot) (Blei- und Kupferpigmente) Verschwärzung vermutlich durch Tenorit + Plattnerit, stellenweise Hinweise auf Cumengeit
	Ang 1/6	Grauviolette Lilie (Innen) Ursprüngliche Farbe vermutlich ein Gelbton (Bleipigment) Verschwärzung vermutlich durch Plattnerit, stellenweise Bleichlorid
	Ang 1/7	Lilie, graue bzw. gelbe Kontur Ursprüngliche Färbung? (vermutlich Blau) Graues Teilstück: Pigment: Vivianit Pigmentveränderung: Vergrauerung des V. Gelbliches Teilstück: Pigment: Vivianit Pigmentveränderung: Gelbfärbung des V., außerdem Bleisulfat Gelb/blaugrünes Teilstück: Pigment: Vivianit Pigmentveränderung: Gelbfärbung des V.
	Ang 1/8	Graugrüne Lilie Ursprüngliche Färbung? (vermutlich Blau) Pigment: Vivianit Pigmentveränderung: Vergrauerung des Vivianit
	Ang 1/9	Grüne Lilie, schwarzer Bereich (innen) Ursprüngliche Färbung: Grün (Cu-Pigment, heute Cu-Chlorid) Pigmentveränderung: Verschwärzung des Cu-Grün durch Tenoritbildung
	Ang 1/10	Grauer Stern Ursprüngliche Färbung? (vermutlich blau) Pigment: Vivianit Pigmentveränderung: Vergrauerung des V.
	Ang 1/11	Schwarzer Stern, stellenweise Gelb Ursprüngliche Färbung? (vermutlich ein Gelbton) Pigment: Bleipigment Pigmentveränderung: Verschwärzung vermutlich durch Plattnerit, außerdem Bleisulfat

Tabelle 2: Ergebnisse der Pigmentuntersuchungen in der Sakristei

einander kreuzenden Gewölberippen in Grün- oder Gelbton gefasst waren – jeweils mit alternierenden Begleitbändern: grüne Bänder zu gelben Rippen und gelbe Bänder zu grünen Rippen.

Eine farbliche Steigerung innerhalb der Lilien wird im 2. Joch von Osten wirksam, in dem auch der Zugang von Chor aus liegt. Hier werden die grünen und gelben Lilien durch Konturen in den alternierenden Farben hervorgehoben. Im ersten Joch von Osten schwingt der Farbenklang aus mit einem Wechsel von „nur“ blauen und gelben Lilien.



Abb. 19: Angermünde, Sakristei, Gewölbe, Joch II, , Foto Ellen Egel, 2017

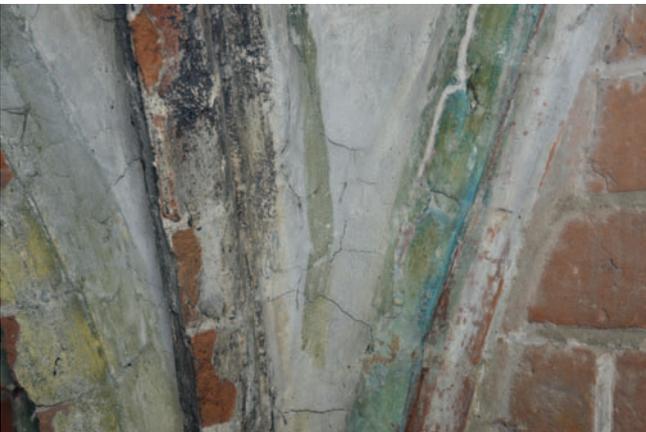


Abb. 20:: Angermünde, Sakristei, Gewölbe, Joch III, Übergang zur Südwand, Referenzfläche, Foto Ellen Egel, 2017

Grundlagen für das Monitoring

Die Gewölbemalereien in der Sakristei wurden jochweise als Übersichtsaufnahmen fotografiert¹¹, um den Gesamtbestand an mittelalterlichem Putz und Malschicht und das Erscheinungsbild durch Pigmentumwandlung zu dokumentieren (Abb. 19). Diese Aufnahmen sind ohne Aufwand mit der gleichen Ausstattung reproduzierbar, da die Kamera im Mittelpunkt des jeweiligen Jochs auf dem Fußboden positioniert war. Die Aufnahme von Referenzflächen bezog sich vorwiegend auf Bereiche, in denen die Pigmentveränderung auch mikroskopisch bzw. durch Raman-Spektroskopie untersucht worden war (Abb. 20).

Die vorhandenen Kartierungen aus dem Jahr 2004 wurden für einen Vergleich des Zustandes herangezogen, jedoch aufgrund des gegenwärtig guten Erhaltungszustandes – bezogen auf Putz- und Malschichtablösung – keine neuen Kartierungsblätter angelegt werden. Die Kartierung ist für zukünftige Zustandskontrollen mit heranzuziehen.

4.3.3 Zusammenfassung und Ausblick

Der Gesamtbestand von Wandmalereien in der Franziskanerklosterkirche Angermünde wurde im Verlauf der letzten zwanzig Jahre restauratorisch untersucht und konserviert. Im Rahmen des restauratorischen Monitorings während der Laufzeit des DBU-Projektes wurden zwei Wandmalereibereiche mit besonderen Schadensphänomenen herausgegriffen und vertiefend untersucht. Die im Verlauf der letzten zwanzig Jahre vorgenommenen konservatorischen Maßnahmen konnten als erfolgreich bewertet werden, da bei der Zustandskontrolle im Rahmen des Monitorings während der Laufzeit des DBU-Projektes keine erneuten Putzablösungen und nur ganz geringe Malschichtabhebungen im Bereich des Weltenrichters festgestellt wurden.

Die darüber hinaus untersuchten Schadprozesse in den Bereichen erforderten ein unterschiedlich differenziertes Herangehen an das Monitoring:

Im Bereich des Weltenrichters wurde eine Gefährdung der Malerei durch bereits seit langem und langsam ablaufende Prozesse der Gipsumwandlung und den daraus resultierenden Kris-

tallisationsdruck auf die Malschicht in Bereichen sogenannter „Pusteln“ beobachtet. Dieser Schadprozess lässt sich durch konservatorisches Eingreifen direkt an der Wandmalerei nicht beeinflussen, sondern erfordert weitere Untersuchung und Monitoring in kleinen Bereichen, um ggf. Maßnahmen zur Pufferung des Nahfeldklimas und damit zur Verlangsamung von Schadprozessen zu planen.

Die Pigmentumwandlungen der Gewölbmalerei in der Sakristei sind ebenfalls komplexe chemische Prozesse, deren Auslöser werktechnische Faktoren (z.B. die Überlagerung von Kupfer- und Bleipigmenten), klimatische Bedingungen (Feuchtigkeit) und anthropogene Umwelteinflüsse (Luftbelastung durch z.B. SO_2 , O_3) sind.¹² Hier besteht weiterhin Forschungsbedarf zur Dynamik der Schadprozesse.

Literatur und Quellen

- BLDAM (2009): Umweltbedingte Pigmentveränderungen an mittelalterlichen Wandmalereien, Arbeitshefte des Brandenburgisches Landesdenkmalamtes und Archäologischen Landesmuseums Nr. 24, Worms 2009.
- RAUE, J. und BURGER, H. (1993): Angermünde, Franziskanerklosterkirche, Untersuchungsbericht zur Sakristei, BLDAM, 1993, Archiv BLDAM, Sign. 2.00-18/73
- RAUE, J. (1997): Angermünde, Franziskanerklosterkirche, Untersuchungs- und Restaurierungsbericht zur Wandmalerei der Südwand, 1997, Archiv BLDAM, Sign. 2.00-18/73
- RAUE, J. (2004): Angermünde, Franziskanerklosterkirche, Sakristei und Armarium, Bericht zur restauratorischen Sicherung von mittelalterlichem Gewölbeputz, 2004, Archiv BLDAM, o. Sign.
- RAUE, J. (2010): Angermünde, Franziskanerklosterkirche, Konservierung des Putzbestands von ca. 1250 an der Südwand, 2010, Archiv BLDAM, o. Sign.
- SCHLEYER, W. (1950): Die Hochgotik im märkisch-pommerschen Ziegelbau, Dissertation Hamburg 1950 (Typoskript), Ehm-Welk-Museum Angermünde
- THEURICH, H. (2015): Franziskaner- Klosterkirche Angermünde, Erprobung eines Monitorings für die mittelalterlichen Malereifragmente im Bereich der „Weltgerichtsdarstellung“ und Erarbeitung eines Wartungskonzepts, Bachelorarbeit FH Potsdam 2015, Archiv BLDAM o. Sign.

Anmerkungen

- 1 Siehe Beiträge „Vivianit“, Cumengeit und Vanadinit in dieser Publikation.
- 2 In Unkenntnis des beschriebenen achten, noch überputzten Tondos sowie in Erwähnung der Weltgerichtsdarstellung.
- 3 Mittelalterliches Längenmaß zwischen 26,00 und 31,00 cm.
- 4 Theurich (2015).
- 5 Spiegelreflex-Digitalkamera Canon 550D (18 MP), Spiegelreflex-Vollformat-Digitalkamera D 810 (36,3 MP).
- 6 Tageslichtleuchten der Fa. Deffner und Kaiser Tageslicht-Flächenleuchte „ProVision“.
- 7 MetigoMap, Version 4.0, Software der Fa. Focus GmbH zur digitalen Schadenskartierung im maßstabsgerecht entzerrten Bild.
- 8 Raue (2004).
- 9 BLDAM (2009).
- 10 Eine Inschrift mit weißer Farbe (mit Pinsel aufgetragen) im zweiten Joch des Sakristeigewölbes weist auf bauliche Maßnahmen der 1960er Jahre hin: „W. Mi(e)schalk Maler 10/64 grünl.“
- 11 Durch die Aufnahme mit einer Vollformatkamera (Nikon D 810) mit 36,3 Megapixeln ist eine Auflösung bis zu Phänomenen von 0,3 cm erreichbar. Die Belichtung wurde mit einer Tageslicht-Flächenleuchte Typ „ProVision“ der Fa. Kaiser vorgenommen (bei gleichzeitigem Einfall von Tageslicht).
- 12 BLDAM (2009).

4.4 Außenputze und Architekturfarbigkeit von Feldsteinkirchen

4.4.1 Einleitung

Mit seinen Dorfkirchen besitzt das Land Brandenburg Denkmäler, die häufig in ihrer kunsthistorischen und architektonischen Wertigkeit unterschätzt werden, jedoch ganz entscheidend das Bild der Kulturlandschaft mitprägen (Abb. 1).

Dies gilt insbesondere für die mittelalterlichen Feldsteindorfkirchen, die in der Folge der Kolonisation und Landnahme durch deutsche Siedler im ausgehenden 12. bis zum frühen 14. Jahrhundert entstanden sind. In ihrem äußeren Erscheinungsbild heute vielfach unspektakulär und schlicht, weisen sie bei genauerer Betrachtung so manche Überraschung bezüglich ihrer Gestaltungen der Oberflächen, z.B. durch Putze, Tünchen und farbliche Differenzierungen auf. Die Gestaltungsvarianten der Putzflächen sind dabei sehr vielfältig. Putze mit einfach oder doppelt geritztem Quaderfugennetz finden sich häufig (Abb. 2), zum Teil noch mit Spuren der ursprünglichen Bemalung. Erhalten haben sich auch Reste von ornamentalen Ritzungen und Bemalungen an Giebelblenden, Portal- und Fenstereinfassungen (Abb. 3, 4) sowie in der Traufzone. Vereinzelt wurden an wichtigen Wandbereichen Putzflächen mit geritzten und farbig ausgelegten Weihekreuzen, Sonnenrädern, vereinzelt auch figurlichen Gestaltungen appliziert (vgl. Arbeitsheft 9 des Brandenburgischen Landesamtes für Denkmalpflege).

So finden sich an dem besonders sorgfältig ausgeführten, in die Mitte des 13. Jahrhunderts datierten Quaderbau der Kirche in Briest Reste von Zirkelblumenritzungen über den Portalen, Friesfragmente in der Traufzone der Chorsüdwand, sowie farbige Akzentuierungen der Fensteröffnungen. Der ebenfalls sehr regelmäßig gequaderte, wohl geringfügig später entstandene Kirchenbau in Kunow zeigt das vielleicht besterhaltene uckermärkische Bandfugennetz und eine nahezu vollstän-



Abb. 1: Dorfkirche Kummerow, Landkreis Uckermark, Ansicht vom Nordosten, Foto Bärbel Arnold, 2014

dige Ostfassadengestaltung einschließlich des bauzeitlich flächig verputzten Giebeldreiecks mit Friesresten. Interessant ist hier u.a. auch, dass sich über beiden Ornamentfriesen an Chorsüd- und Nordwand ebenfalls geritzte farbig ausgelegte barocke Friesgestaltungen erhalten haben, die offenbar mittelalterliche Vorbilder adaptierten. Die etwas jüngere, wohl im frühen 14. Jahrhundert errichtete kleine Kummerower Kirche zeigt dagegen eine vollkommen abweichende Mauerwerksstruktur. Die kaum zugerichteten Feldsteine waren bauzeitlich komplett mit Putz überzogen, der jedoch durch das geritzte Fugenbandsystem regelmäßiges Mauerwerk suggerierte. Davon blieben erhebliche Bereiche erhalten, außerdem ein mit Kalkweiß ausgelegtes Bogenfriesfragment an der Ostwand. Ebenfalls flächig verputzt war die südliche Pfeilerseite der einzigen basilikalen



Abb. 2: Dorfkirche Kunow, Landkreis Uckermark, Chorsüdfassade mit mittelalterlicher Fugengestaltung, Foto Sonia Cárdenas, 2013

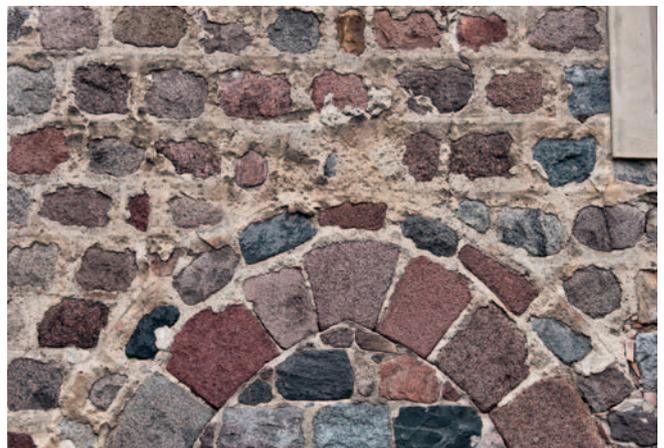


Abb. 3: Dorfkirche Briest, Landkreis Uckermark, Südportal mit mittelalterlicher Fugengestaltung, Foto Sonia Cárdenas, 2016

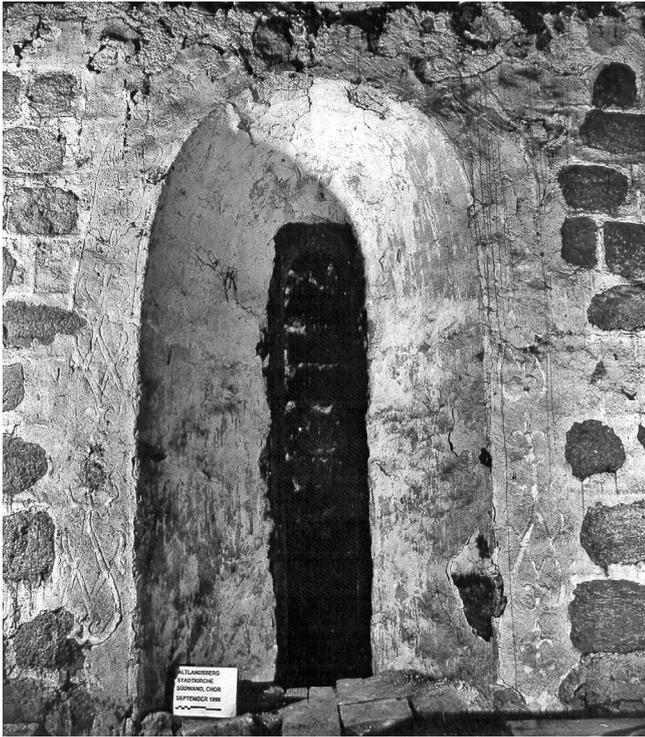


Abb. 4: Stadtpfarrkirche St. Marien, Altlandsberg, Fensterfasche mit ornamentaler Putzgestaltung, Foto Sybille Herkner 2000

Dorfkirche der Uckermark in Niederlandin (2. Hälfte des 13. Jahrhunderts). Nach dem Abbruch des Seitenschiffs erscheint dieser Putzbereich mit differenzierter Zirkelritzornamentik als Bestandteil der Südfassade der Kirche. Umgekehrt verhält es sich an der ehemaligen Choraußenwand der St. Marienkirche zu Altlandsberg, wo das Chordach über den südlichen Anbau gezogen wurde und so die schöne frühgotische Putzgraffitodekoration der ersten Hälfte des 13. Jahrhunderts an den Fens-

terrassungen und der Traufzone schützte. Die Flemisdorfer Kirche, wie so viele uckermärkische Feldsteinkirchen in der 2. Hälfte des 13. Jahrhunderts erbaut, wurde wegen der in der Uckermark sehr seltenen roten Fugenumrandung an den Portalen in das Projekt aufgenommen.

Durch vielfältige Umwelteinflüsse sowie durch Gebäudesanierungen und Instandsetzungsarbeiten an den mittelalterlichen Bauten sind die häufig immer noch als entbehrliche Verschleißschicht eingeschätzten historischen Putze und Mörtel generell im Bestand gefährdet. Wurden noch bis ins ausgehende 19. Jahrhundert schadhafte Putzstellen überwiegend ausgebessert, so dass die noch intakten alten Putze erhalten blieben, so ging man seitdem bis in die jüngere Vergangenheit bei Fassadensanierungen dazu über, die alten Putzschichten unreflektiert zu entfernen. Dabei werden Farb- und Ritzungsbefunde nicht beachtet und mittelalterliche Putze und Fugenmörtel häufig großflächig vernichtet.

In den Jahren 1994 bis 1997 wurde im Brandenburgischen Landesamt für Denkmalpflege interdisziplinär mit Partnern aus der Amtlichen Materialprüfanstalt Bremen, dem Institut für Bauingenieurwesen der TU Berlin und mit den Laboren Wandler, München und Köhler, Potsdam das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderte Projekt „Erforschung und Erhaltung historischer Putze und Mörtel im Hinblick auf Umweltschäden“ durchgeführt. Ziel des Projektes war, durch eine flächendeckende Erfassung einen Überblick über den noch vorhandenen Bestand an historischen Putzen im Land Brandenburg zu bekommen, die historischen Putze zeitlich und regional zu klassifizieren, die Schadensmechanismen aufzuklären und sinnvolle Restaurierungstechnologien zu entwickeln.

Von den ca. 1400 Kirchen im Land Brandenburg sind etwa 800 aus Feldsteinen errichtet. Von diesen weisen über die Hälfte noch mittelalterlichen Putz mit häufig guterhaltenen bauzeitli-

Landkreis	Feldsteindorfkirchen	Quaderfuge	Fries	Einfassung	Sonstige Farbbefunde	Einzelne Putzzeichnung
Brandenburg (Cottbus)	6	1	1	1	1	
Frankfurt (Potsdam)	6	1				
Barnim	45	25		7	8	2
Dahme-Spree	54	24	6	25	2	2
Elbe-Elster	69	31	2	17	7	10
Havelland	27	2	3	2	1	
Märkisch-Oderland	78	12	2	17	5	2
Oberhavel	33	17	6	10	6	
Oberspreewald-Lausitz	21	3	1	4	5	
Oder-Spree	38	7		8	9	2
Ostprignitz-Ruppin	71	39	6	24	6	2
Potsdam-Mittelmark	79	32	3	5	7	
Prignitz	52	41	3	16	5	1
Spree-Neisse	22			8	2	1
Teltow-Fläming	69	37	0	28	21	
Uckermark	132	71	11	37	7	4
Summe	802	343	44	209	92	26

Tabelle 1: Putz- und Farbdetails an mittelalterlichen Feldsteindorfkirchen im Land Brandenburg

Abb. 5: Ablösende Gipskruste mit Fassungsresten, untere Bildkante 0,9 mm, Foto Frank Schlütter, MPA Bremen 1995

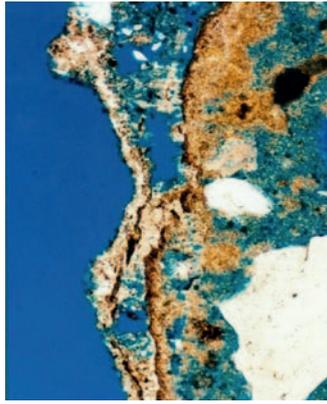
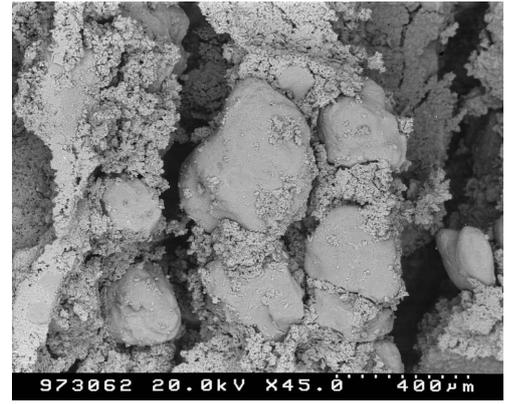


Abb. 6: Dorfkirche Flemsdorf, 13. Jh., Uckermark, an einer Fugenmörtelprobe (Bruchfläche senkrecht zur Oberfläche). Es treten interne, 1-2 mm dünne Schalen, innerhalb einer dicken cm-starken Mörtelschale auf. Am linken Bildrand ist die Mörteloberfläche mit eingewachsener Gipskruste zu erkennen, Foto Frank Schlütter, MPA Bremen 1995



chen Oberflächengestaltungen wie den charakteristischen Quaderbandfugen auf (Tabelle 1).

Auf Grundlage der flächendeckenden Bestandsaufnahme wurden Dorfkirchen mit besonders interessanten Befunden für intensive restauratorische und naturwissenschaftliche Untersuchungen ausgewählt. Die restauratorische Bestandsaufnahme beinhaltet neben den allgemeinen Daten zur Baugeschichte und Umgebungssituation die Kartierung und Dokumentation der Putzbefunde und Farbfassungen sowie Vorschläge für geeignete Beprobungsstellen für die naturwissenschaftlichen Untersuchungen (Abb. 5).

Ein Ziel dieser materialkundlichen Analysen war die Klärung der Schadensphänomene. Als wesentliche Schadensprozesse konnten die oberflächennahe Umwandlung des calcitischen Bindemittels in Gips und die Entstehung eines sekundären Rissystems mit mehrfacher Schalenbildung parallel zur Oberfläche herausgearbeitet werden (Abb. 4, 5). Diese Risse sind häufig mit Gips in unterschiedlichen Kristallisationsformen gefüllt.

Der Schädigungsgrad der Putze ist stark von den Umweltbedingungen abhängig. So dringt die Vergipsung im industriell geprägten und stark umweltbelasteten Süden Brandenburgs bis 3 mm in die Tiefe der Mörtel vor, während es im industriearmen Norden häufig nur 0,5 mm sind (Tabelle 2).

Tabelle 2: Schwefeldioxid- und Schwebstaubimmissionskonzentration in Angermünde

	SO ₂ in (µg/m ³)	Schwebstaub (µg/m ³)
Doberlug-Kirchhain 1990	33	52
Angermünde 1991	19	37
Angermünde 2016	2,5	19

Da sich die Umweltsituation im Osten Deutschlands nach der Wiedervereinigung stark verbessert hat (vgl. Tabelle 2), sollte durch erneute Untersuchungen im Rahmen des Monitoring-Projektes der Erhaltungszustand der mittelalterlichen Putze und Mörtel erneut ermittelt und mit dem Zustand der 1990er Jahre verglichen werden.

Entsprechend dem Erfassungsgebiet des aktuellen Forschungsprojektes wurden dafür die Kirchen in den Dörfern Briest, Flemsdorf, Kummerow, Kunow und Niederlandin des Landkreises Uckermark und die Stadtpfarrkirche St. Marien in Altlandsberg ausgewählt. Es handelt sich bei diesen Kirchen um als typisch angesehene Feldsteinbauten, die neben beachtlichen

Quaderfugenbandgestaltungen jeweils herausragende Befunde zu weitergehendem dekorativen Fassadenschmuck aufweisen.

Ausgehend von den restauratorischen und naturwissenschaftlichen Untersuchungsergebnissen des DBU-Projektes von 1994-97 und unter Einbeziehung von Dokumentationen der seitdem erfolgten konservatorischen Maßnahmen wurden für das aktuelle Forschungsprojekt Untersuchungsschwerpunkte und Fragestellungen formuliert, die die Grundlagen für die zu erarbeitenden Erhaltungskonzepte und das Monitoring bilden. Es galt den Bestand und den Erhaltungszustand der mittelalterlichen Außenputze im Vergleich mit den Ergebnissen der restauratorischen und naturwissenschaftlichen Untersuchungen von 1994-1997 zu bewerten und Veränderungen in einem ersten Monitoringschritt grafisch und fotografisch zu erfassen sowie Schadensphänomene, Schadfaktoren und Schadprozesse erneut zu untersuchen und zu dokumentieren.

Vorbereitend hierfür wurden die grafischen Dokumentationen – Kartierungen von 1996 und 1998 – hinsichtlich ihres Genauigkeitsgrades und der Möglichkeit, sie als Grundlage für das geplante Monitoring zu verwenden, überprüft (Abb. 7, 8, 9).

Ebenso wurde mit den zahlreichen Detailfotos verfahren. Sie wurden gesichtet und entsprechend ihrer Aussagekraft zur Auswahl von repräsentativen Referenzflächen für das Monitoring hinzugezogen.

Anhand von mikroskopischen Untersuchungen sollten die jetzigen makroskopischen Beobachtungen und Zustandsbewertungen unteretzt und mit den mikroskopischen Befunden von 1994 und 1995 verglichen werden. In einem weiteren Schritt wurde der interdisziplinäre Rahmen durch die Untersuchungen der Bauforschung und die erneute kunsthistorische Einordnung der Putze erweitert. Die gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich der bauhistorischen Einordnung der Kirchen und ihrer Bauteile flossen in die Kartierung des Putzbestandes mit ein.

4.4.2 Bestandsaufnahme und zeitliche Zuordnung

Wie eingangs bereits erläutert erfolgte in den 1990er Jahre eine erste flächendeckende, systematische Erfassung und Klassifikation der historischen Putze an den brandenburgischen Dorfkirchen. Die hierbei dokumentierten Mörtel und Putzschichten wurden durch augenscheinliche Beurteilung charakterisiert und durch Bestandskartierungen lokalisiert¹. Die jüngsten Ergebnisse der Bauforschung und der erneuten Bestandserhebung

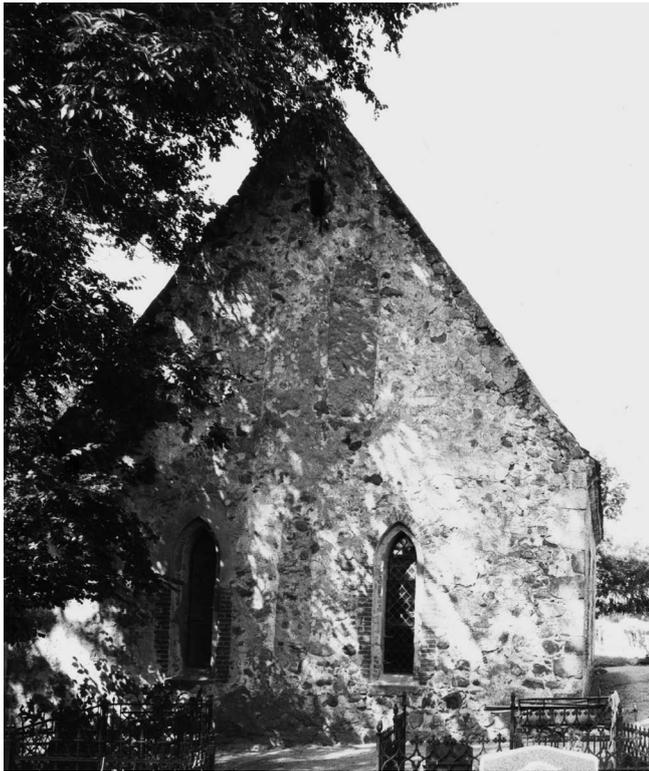


Abb. 7: Dorfkirche Kummerow, Ostfassade, Foto Andreas Rentmeister, 1996

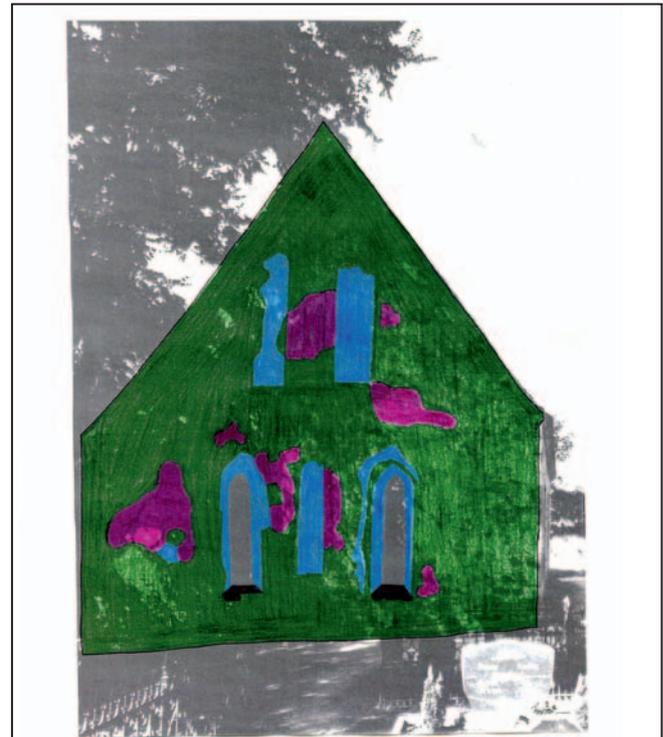


Abb. 4: Bestandskartierung Ostseite Schiff

Bestand geschlossene Putzflächen: vollfarbig		Bestand Mörtel-, Putzreste: Farbschraffur	
	Putz- und Mauermörtel 12. und 13. Jh.		Putz- und Mauermörtel 14. und 15. Jh.
	Putz- und Mauermörtel 18. Jh.		Putz- und Mauermörtel 19. Jh.
			Putz- und Mauermörtel 16. und 17. Jh.
			Putz- und Mauermörtel 20. Jh.

Abb. 8: Dorfkirche Kummerow, Bestandskartierung der Ostfassade, Kartierung Andreas Rentmeister, 1996

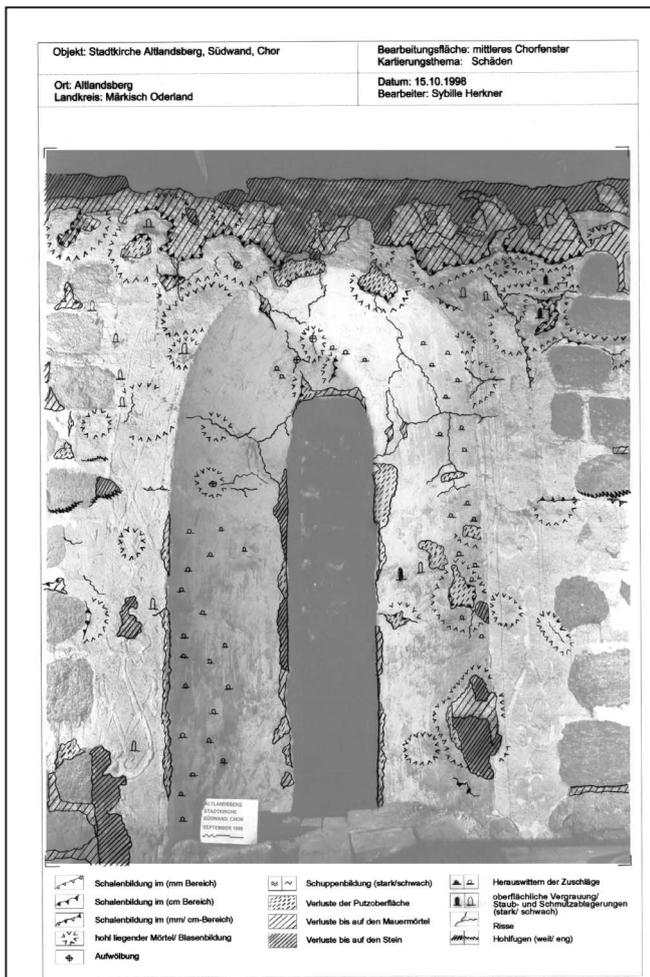


Abb. 9: Zustandskartierung Detail der Südfassade der Stadtpfarrkirche St. Marien, Altlandsberg, Kartierung Sybille Herkner 2000

fürten zu einer Konkretisierung der zeitlichen Einordnung der Bauphasen und zu einer teilweise veränderten Zuordnung der Fassadengestaltungen in die Bauphasen des Mittelalters, des Barocks oder des 19. Jahrhunderts. Um auf diese Neubewertung in der grafischen Darstellung eingehen zu können, wurde von der Symbolik der Kartierungen der 1990er Jahre abgewichen. Verwendung fand die im Rahmen des aktuellen DBU-Projektes festgelegte Kartierungssymbolik der Bauphasen, die sowohl für den Außen- als auch für den Innenraum gültig ist. Im Vergleich zu den Ergebnissen der Bewertung und Zuordnung der 1990er Jahre kam es teilweise zu deutlichen Verschiebungen der Einschätzung des Bestandes zu Gunsten der mittelalterlichen Putze, wie das Beispiel des Ostgiebels der Kirche in Kunow zeigt (Abb. 11, 13).

Die Fotografie der Ostfassade von 2017 zeigt im Vergleich zu der Aufnahme von 1996 keine signifikanten Unterschiede des Putzbestandes, so dass hier ein großflächiger Verlust barocker Überputzungen, den die Kartierungen suggerieren könnten, ausgeschlossen werden kann. Offensichtlich erschien vor 20 Jahren die Vorstellung, das Giebeldreieck könnte im 13. Jahrhundert vollflächig verputzt gewesen sein – vollkommen anders als die Außenwandflächen darunter – abwegig zu sein, zumal erhebliche Kalktünchereste der barocken Gestaltung die Beurteilung der Putzflächen tatsächlich erschwerten. Bei der jüngst erfolgten Sanierung der Choraußenhülle konnte dann vom

Abb. 10: Dorfkirche Kunow, Chor Ostfassade, Foto Andreas Rentmeister, 1996



Abb. 11: Dorfkirche Kunow, Chor Ostfassade, Bestandskartierung, Kartierung Andreas Rentmeister 1996

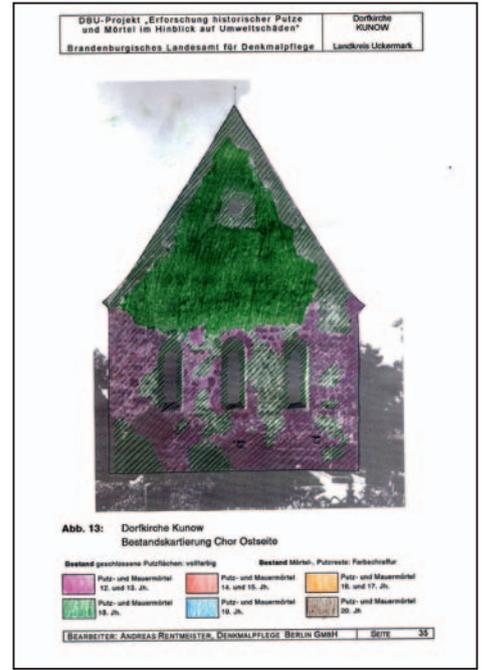
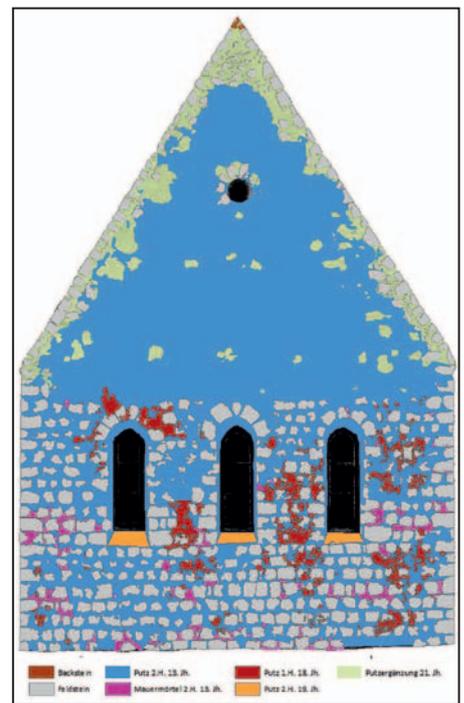


Abb. 12: Dorfkirche Kunow, Chor Ostfassade, Foto Sonia Cárdenas, 2016



Abb. 13: Dorfkirche Kunow, Bestandskartierung der Ostfassade, Kartierung Sonia Cárdenas, 2016



Gerüst aus der großartige mittelalterliche Putzbestand erkannt, dokumentiert und konserviert werden (Abb. 10, 12). Ähnliche Neubewertungen des Putzbestandes ergaben sich auch für die Kirchen in Briest, Kummerow und Niederlandin.

4.4.3 Zustandsbewertung

Im Rahmen der visuellen Bewertung des aktuellen Zustands der mittelalterlichen Putze in Briest, Flemsdorf, Kummerow, Kunow und Niederlandin wurden jeweils ähnliche Schadensprozesse und Schadensphänomene beobachtet. Es wurde festgestellt, dass die Bereiche mit mittelalterlichem Putzbestand, die bis in die jüngste Zeit durch schützende neuzeitliche Überputzungen abgedeckt waren und nun durch den Verlust dieser

Putze freiliegen, einen deutlich besseren Erhaltungszustand zeigen als andere, seit langem offenstehende Partien (Abb. 14).

Die Ausprägung der erfassten Verwitterungsformen ist stark expositionsabhängig. Besonders deutlich wird dies an den Westfassaden der Kirchen. Hier haben sich lediglich in den geschützten inneren Abstufungen der Portale Reste älterer Putzgestaltungen erhalten. Auf allen anderen Wandbereichen dagegen sind die Oberflächen vollständig durch die Witte- rung zerstört, häufig ist hier der Fugengestaltungsputz bis zum inneren Setzmörtel verloren. Nicht nur an den Westfassaden, aber dort besonders häufig festzustellen, trugen auch Brände zur Schädigung der Bausubstanz bei. Hinweise darauf sind charakteristische Aufscherbelungen der Feldsteine und die Rotfärbung des erhaltenen Mauermörtels, wie an der westlichen



Abb. 14: Dorfkirche Niederlandin, Südfassade, mittelalterliche Fugengestaltung mit darüberliegendem Putz des 19. Jahrhunderts, Foto Sonia Cárdenas, 2016

Außenwand der Kummerower Kirche gut zu sehen ist. Die stark beanspruchte Mörtelsubstanz an den Westseiten der Kirchen war naturgemäß der Anlass für besonders radikale Sanierungsmaßnahmen, die beispielsweise an der Kirche in Briest, wo der Fugenputzbestand außergewöhnlich gut ist, den nahezu vollständigen Verlust der mittelalterlichen Putze an den Westfassaden zur Folge hatten.

Ein anderes Bild zeigt sich auf den nördlichen Außenwänden. Hier ist ebenfalls eine deutliche Abwitterung der Oberflächen zu beobachten. Jedoch führte diese meist nicht zum völligen Verlust der Gestaltungen. Fugenritzungen und farbige Differenzierungen lassen sich deshalb an den Nordfassaden teilweise auch noch recht gut ablesen, letztere vor allem in den weniger exponierten Friesbereichen unterhalb der Traufen, wie z.B. an den Kirchen in Briest und Kunow (Abb. 15). Das optische Erscheinungsbild der Nordfassaden ist durch die starke biologische Besiedlung geprägt (Abb. 16, 17). Die sonnenabgewandten Wandbereiche sind deutlich kühler und trocknen nach Regenfällen langsam oder nur unvollständig ab. Das größere Angebot an Feuchtigkeit bildet zusammen mit den aufliegenden Verschmutzungen einen geeigneten Nährboden für Flechten, die in die Putzstruktur eingewachsen sind. Ihre Färbung schwankt zwischen Grün, Braun, Orange und Grau.

In den vergangenen 20 Jahren hat sich der Baumbestand auf den Friedhöfen stark verändert. Die nun sehr großen und teilweise sehr dicht an den Kirchen stehenden Bäume verschatten Teile der Ost- und Südfassaden. In diesen Bereichen wird deshalb ein schnelles Abtrocknen der Fassaden verhindert, so dass es auch hier in den verschatteten Bereichen zur verstärkten biogenen Besiedlung kommt. **Vergipsungen** der Putzoberflächen der Nordfassaden wurden nicht oder in vergleichsweise geringem Maße nachgewiesen.² Die Bildung von Putzschalen ist an



Abb. 15: Dorfkirche Kunow, Chor Ostfassade, Herauswittern der Zuschläge bei relativ abriebfester Oberfläche, Foto Sonia Cárdenas 2017



Abb. 16: Dorfkirche Kummerow, Ostfassade, biologische Besiedlung, Foto Sonia Cárdenas, 2017



Abb. 17: Dorfkirche Kunow, Chor Ostfassade, biologische Besiedlung, Foto Sonia Cárdenas, 2017

den Nordfassaden im Vergleich zu den Ost- und Südfassaden deutlich geringer ausgeprägt.

An den Ost- und den Südseiten der Kirchen hat sich der größte Bestand an mittelalterlichen Putzgestaltungen erhalten.



Abb. 18: Dorfkirche Kunow, Chor Ostfassade, Schalenbildung am barocken Putz im cm-Bereich, Foto Sonia Cárdenas, 2017



Abb. 19: Dorfkirche Kunow, Chor Ostfassade, Rissbildung im mittelalterlichen Putz, Foto Sonia Cárdenas, 2017



Abb. 20: Dorfkirche Kunow, Chor Ostfassade, Gefügestörung in der Randzone einer barocken Putzschale, Foto Sonia Cárdenas, 2017

Hier wurden relativ einheitliche Erhaltungszustände beobachtet. Die Bildung von **Putzschalen** im Millimeter- und Zentimeterbereich ist sowohl an den bauzeitlichen Fugenmörteln und flächigen Putzbereichen als auch an den Resten jüngerer Überputzungen festzustellen. Der Putz löst sich in den Randbereichen beginnend vom Untergrund ab und wölbt sich bis zu mehreren Zentimetern auf. Vorwiegend an den Ostgiebeln und den flächig verputzten Frieszonen sind in Verbindung mit der Schalenbildung **blasenförmige Aufwölbungen** der Putze auffällig (Abb. 18). Teilweise sind diese kegelförmig aufgebrochen. Infolge der fortschreitenden Verformungen der Putze kommt es im weiteren Schadensverlauf zum Verlust des Putzes. Dabei sind die meist von vornherein nicht so gut mit dem Untergrund verbundenen, meist grob körnigen und nicht so solide ausgeführten barocken Putzreste stärkeren Verformungen unterworfen.

Risse – spaltähnliche schmale Öffnungen senkrecht zur Putzoberfläche – weisen insbesondere die Flächenputze der Ostgiebel auf. Damit sind nicht zwangsläufig Strukturschäden oder Verformungen verbunden (Abb. 19). Hingegen zeigen sich

bei mikroskopischen Untersuchungen vor allem in den Randzonen der Putzschicht oberflächenparallel verlaufende Risse im Mörtelgefüge. Die an die offenen Rissflanken grenzenden Partien erscheinen aufgeblättert, die Verbindung von Kalkmatrix und Zuschlag beeinträchtigt (Abb. 20).

Als ein Sonderfall muss die Kirche in Flemsdorf betrachtet werden. Hier kam es in den letzten 20 Jahren zu einem nahezu vollständigen Verlust der mittelalterlichen Putzgestaltungen. Lediglich am Südportal der Kirche haben sich kleine Reste der rotakzentuierten Portalrahmung erhalten. Es stellte sich die Frage, warum es gerade hier, wo 1996 kein außergewöhnlich schlechter Zustand festgestellt wurde, heute eine so dramatische Reduzierung des Putzbestandes vorliegt.

Der Standort der Kirche könnte ein Hinweis auf eine mögliche Ursache sein. Im Gegensatz zu den anderen uckermärkischen Kirchen, die sich überwiegend auf leichten Anhöhen und in Dörfern ohne großen Durchgangsverkehr befinden, steht die Kirche in Flemsdorf an der ehemals stark frequentierten Bundesstraße B2 zwischen der Autobahn A11 und Schwedt. Infolge der permanenten Erschütterungen durch den seit den 1990er Jahren erheblich zugenommenen Straßenverkehr könnten sich die in ihrer Festigkeit bereits reduzierten und nur noch schwach am Untergrund haftenden Putzfragmente vollständig gelöst haben.

Im Gegensatz zu Flemsdorf ist es an den Fassaden der anderen untersuchten Kirchen aufgrund der nicht kompatiblen Kartierungen von 1996 und 2016 kaum möglich, seriös den prozentualen **Putzverlust** seit 1996 zu bestimmen. Dies liegt vor allem an der teilweise veränderten bauhistorischen Einordnung der Putzbefunde (Abb. 21). Dennoch konnten anhand von Detailaufnahmen exemplarisch einige wichtige Bereiche miteinander verglichen werden, wobei leider das Resümee – besonders am Fries in Kummerow – sehr ernüchternd ist. Die vergleichenden Abbildungen 22 und 23 für Details der Putzgestaltungen an der Kirche in Kummerow und die Abbildungen

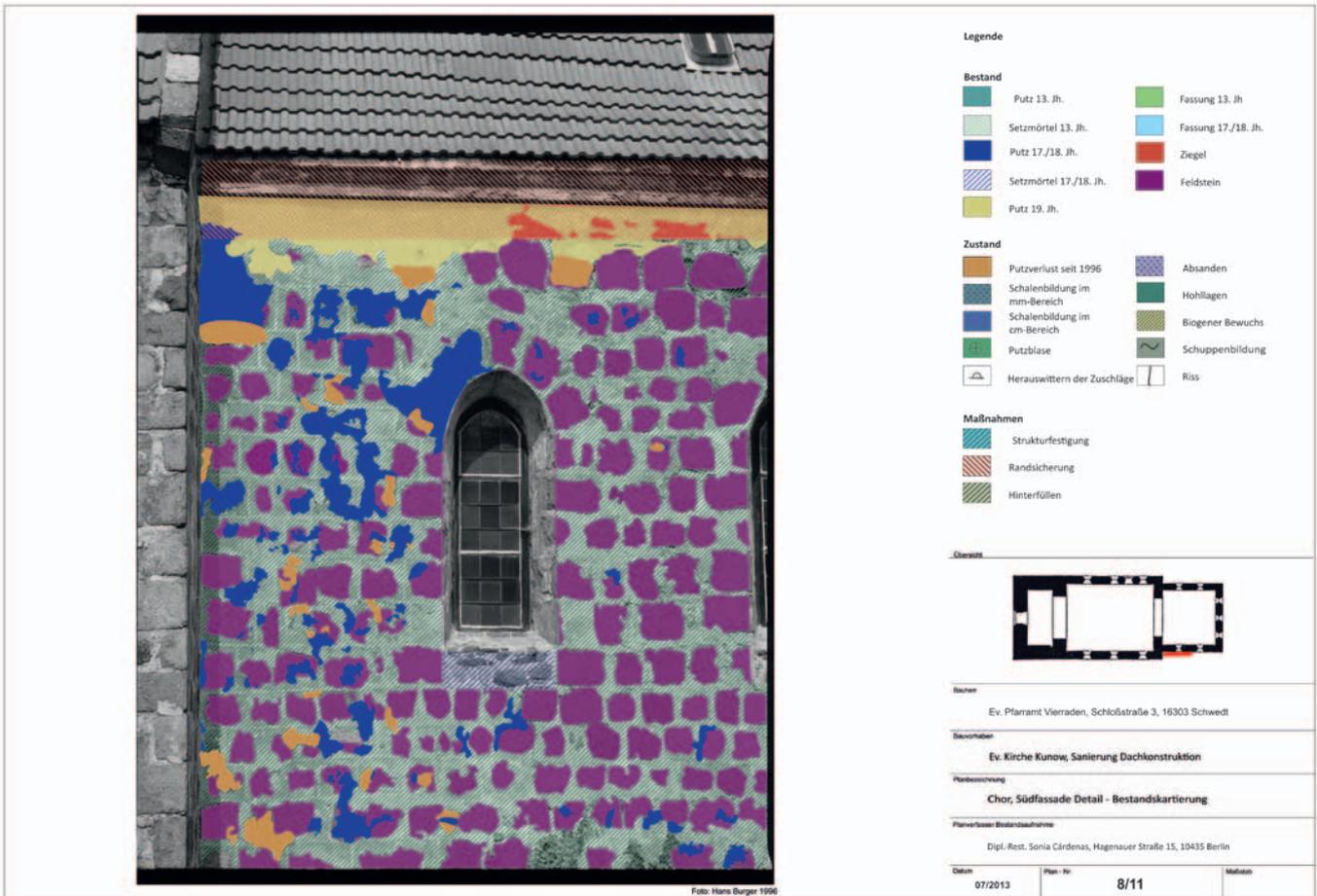


Abb. 21: Dorfkirche Kunow, Chor Detail der Südfassade, Bestandskartierung, Kartierung Sonia Cárdenas 2013 auf der Grundlage eines Detailfotos von 1996



Abb. 22: Dorfkirche Kummerow, Ostfassade, Putzritzung mit Zirkelschlägen, Zustand 1996, Foto Andreas Rentmeister, 1996

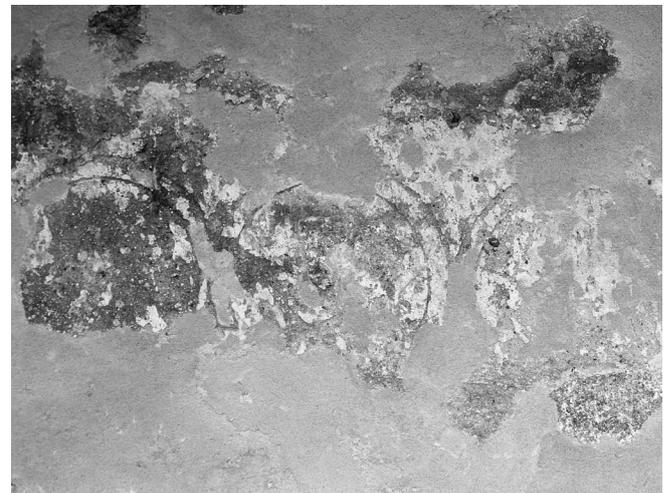


Abb. 23: Dorfkirche Kummerow, Ostfassade, Putzritzung mit Zirkelschlägen, Zustand 2017, Foto Sonia Cárdenas, 2017

24 und 25 für die Kirche Niederlandin zeigen deutlich den dramatischen Putzverlust.

Wesentlich besser stellen sich die Putzbefunde an der Südfassade des Chores der Stadtpfarrkirche St. Marien in Altlandsberg im Rahmen der Neubewertung dar. Die ehemals im Außenraum befindlichen mittelalterlichen Putzgestaltungen wurden im 18. Jahrhundert im Zuge baulicher Veränderungen überdacht. Der Dachraum wurde um 2005 saniert und die im ihrem Bestand bedrohten Befunde wurden 2009 konserviert. Während der Zustandsbewertung im Jahre 2017 konnten keine Hinweise auf eine Veränderung festgestellt werden.

4.4.4 Vergleichende mikroskopische Untersuchungen

Anhand von mikroskopischen Untersuchungen an 2014 entnommenen Putzproben sollten die aktuellen Zustandsbewertungen im Vergleich mit den 1994 und 1995 analysierten Proben überprüft bzw. untermauert werden. In der Tabelle 3 sind die Ergebnisse in der Übersicht dargestellt.



Abb. 24: Dorfkirche Niederlandin, Südfassade, Putzgestaltung mit Zirkelschlägen, Zustand 1996, Foto Hans Burger, 1996



Abb. 25: Dorfkirche Niederlandin, Südfassade, Putzgestaltung mit Zirkelschlägen, Zustand 2016, Foto Sonia Cárdenas, 2016

Tabelle 3: Nachbeprobung 2014 und Proben aus Putz- und Mörtelprojekt 1995

Kirche Briest	
2014 Monitoringprojekt	1995 Putz- und Mörtelprojekt
Bri 1/1N · Starke Schäden durch Risse · Menge und Rissweiten vergleichbar „Putz- und Mörtelprojekt (P-M-P)“	Bri 1/1 · Starke Schäden durch Risse · Zahlreiche, lange Risse (Rissweite meist 10-30 µm, teilweise bis 50 µm) · Saumporen (bis 50 µm) · Einzelne breite Risse bis 200 µm
Fazit: kein gravierender Unterschied nachweisbar (keine Zunahme der Schäden)	

Kirche Flemsdorf	
2014 Monitoringprojekt	1995 Putz- und Mörtelprojekt
Fle 1/3N · Starke Schäden durch Risse · Verstärkung der Schäden (breitere Risse, starke Entfestigung)	Fle 1/3 · Starke Schäden durch Risse · Rissweite 10-200 µm · Saumporen meist Teil des Riss-systems
Fle 1/6N · Starke Schäden durch Risse · Verstärkung der Schäden (deutlich mehr und breitere Risse, Entfestigung)	Fle 1/6 · Stellenweise Schäden durch Risse · Rissweite um 50 µm · Sehr bindemittelreicher Mörtel
Fazit: - Fle 1/3: Deutliche Zunahme der Schädigung - Fle 1/6: Zunahme der Schädigung	

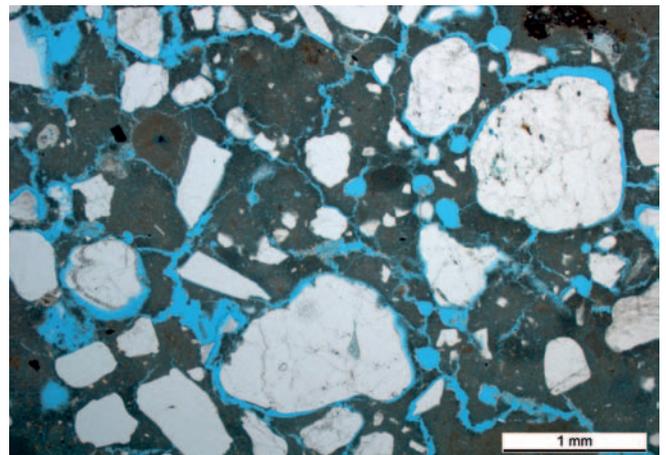


Abb. 26: Dorfkirche Briest, Probe Bri 1/1N-002

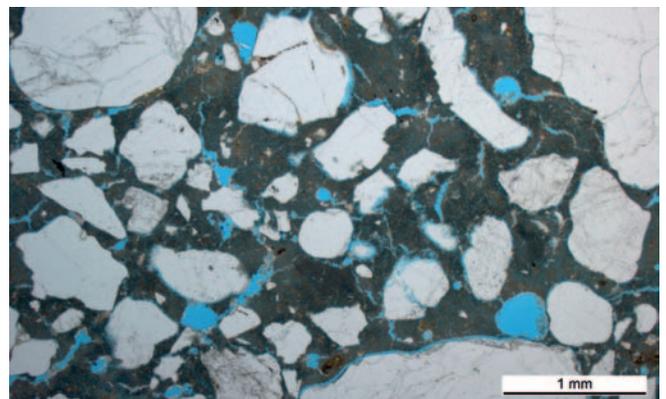


Abb. 27: Dorfkirche Briest, Probe Bri 1/1-003

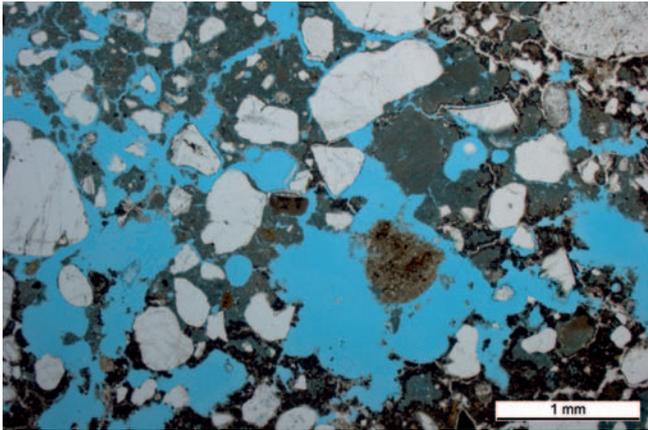


Abb. 28: Dorfkirche Flemsdorf, Probe Fle 1/3N-003

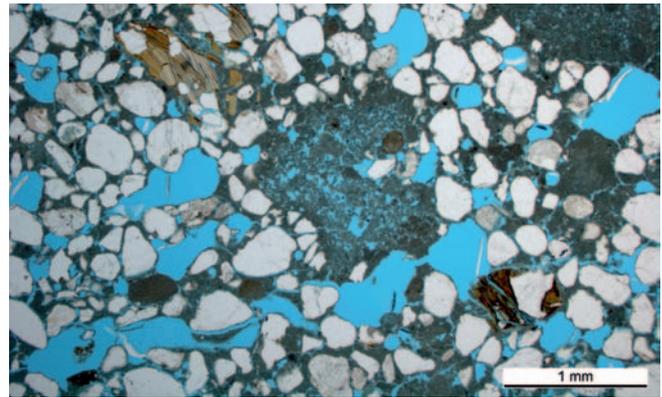


Abb. 30: Dorfkirche Kummerow, Probe Kum 1/1N-001

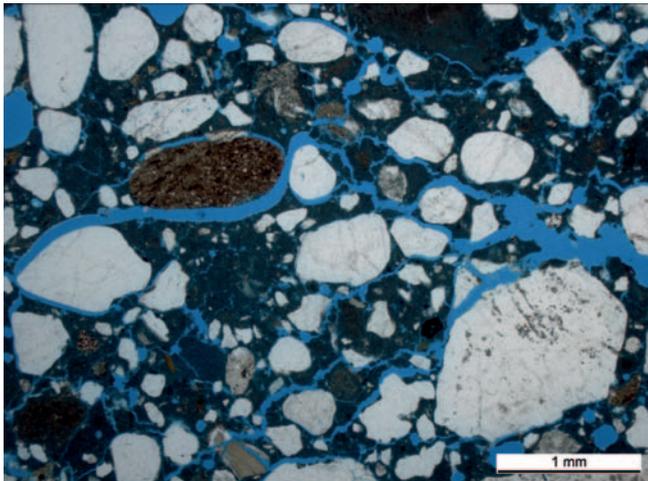


Abb. 29: Dorfkirche Flemsdorf Probe Fle 1/3-001

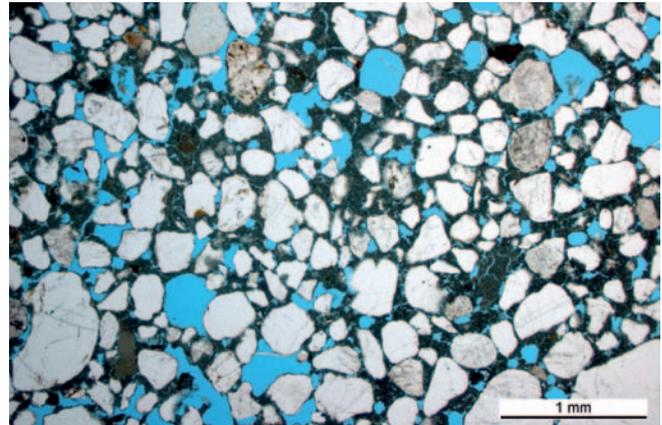


Abb. 31: Dorfkirche Kummerow, Probe Kum 1/1-003

Kirche Kummerow	
2014 Monitoringprojekt	1995 Putz- und Mörtelprojekt
Kum 1/1N	Kum 1/1
<ul style="list-style-type: none"> · Kaum Schäden · Vereinzelt Risse 	<ul style="list-style-type: none"> · Kaum Schäden · vereinzelt Risse und Saumporen (Rissweiten 10-20 µm) · zuschlagreicher (bindemittelarmer) Mörtel
Fazit: - kein gravierender Unterschied nachweisbar (keine Zunahme der Schäden) - Einschränkung: Schlechte Schliffqualität der P-M-P-Probe (Risse kaum zu beurteilen, weil blaues Harz nur im Randbereich eingedrungen ist)	

Kirche Kunow	
2014 Monitoringprojekt	1995 Putz- und Mörtelprojekt
Kun 1/1N (Südseite, Fugenmörtel)	Kun 1/1 (Südseite, Mauermörtel)
<ul style="list-style-type: none"> · Bereichsweise Schäden · Einzelne Risse (Rissweiten 10-50 µm) 	<ul style="list-style-type: none"> · Bereichsweise Schäden · Einzelne Risse (Rissweiten 10-50 µm) · Gefügeflockungen · Versinterungen · Zahlreiche Schwindrisse
Kun 2/1N	Kun 2/1 (Südseite, schlecht erhalten, Fugenmörtel)
Starke Schäden durch Risse <ul style="list-style-type: none"> · Einzelne, lange Risse (Rissweiten bis 150 µm), · Partikelabstände z.T. mehrere mm · Kein feinmaschiges Rissystem · Mörtel enthält im Unterschied zur P-M-P-Probe grobe Zuschläge (Größtkorn 4 mm) 	<ul style="list-style-type: none"> · Starke Schäden durch Risse · Rissweiten bis 250 µm · Ausgeprägtes, feinmaschiges Rissystem · Sehr starke Entfestigung
Kun 2/2N	Kun 2/2 (Ostseite, Fugenmörtel, gut erhalten)
Starke Schäden durch Risse <ul style="list-style-type: none"> · Zahlreiche lange, breite Risse (Rissweiten 100- 150 µm) · Außerdem feine Risse bis 50 µm · Häufig starke Versinterungen an den Rissflanken 	<ul style="list-style-type: none"> · Schäden durch Risse · Rissweiten meist bis 50 µm (stellenweise bis 100 µm) · Meist einzelne lange Risse

<p>Kun 2/3N Sehr starke Schäden durch Risse · Rissweiten bis · Häufig Starke Versinterungen an den Rissflanken</p>	<p>Kun 2/3 (Ostseite, Fugenmörtel, schlecht erhalten · Schäden durch Risse · Rissweiten meist bis 150 µm (stellenweise bis 400 µm) · Gefüge stärker entfestigt als 2/2 · Im Oberflächenbereich besonders stark geschädigt</p>
<p>Kun 2/5N · Schäden durch Risse · Rissweiten bis 100 µm · Einzelne lange Risse · Häufig Versinterungen an den Rissflanken</p>	<p>Kun 2/5 · Keine Vergleichsprobe</p>
<p>Kun 2/6N · Schäden durch Risse · Bereichsweise Risse (Rissweiten bis 50 µm) · Mörtel enthält im Unterschied zur P-M-P-Probe wesentlich mehr BM und grobe Zuschläge (Größtkorn 4mm)</p>	<p>Kun 2/6 · Sehr starke Schäden durch Risse · Rissweiten meist bis 150 µm (stellenweise bis 400 µm) · Gefüge stark entfestigt</p>

Fazit:

- Kun 1/1: nicht vergleichbar, da 1995 Mauermörtel und 2014 Fugenmörtel
- Kun 2/1: Proben sind nicht vergleichbar (vermutlich unterschiedliche Mörtel, beide Proben durch Risse geschädigt, aber verschiedene mikroskopische Schadensbilder)
- Kun2/2: starke Zunahme der Schäden (Zunahme der Rissanzahl, Verbreiterung der Risse, insgesamt starke Entfestigung, Versinterungen belegen häufige Durchfeuchtung des Putzes)
- Kun 2/3: starke Zunahme der Schäden (Zunahme der Rissanzahl, Verbreiterung der Risse, insgesamt sehr starke Entfestigung, Versinterungen belegen häufige Durchfeuchtung des Putzes)
- Kun 2/5: Schäden an der Probe von 2014, kein Vergleich 1995 möglich
- Kun 2/6: Proben sind nicht vergleichbar (vermutlich unterschiedliche Mörtel, Vergleichsprobe von 2014 geringer geschädigt als 1995)

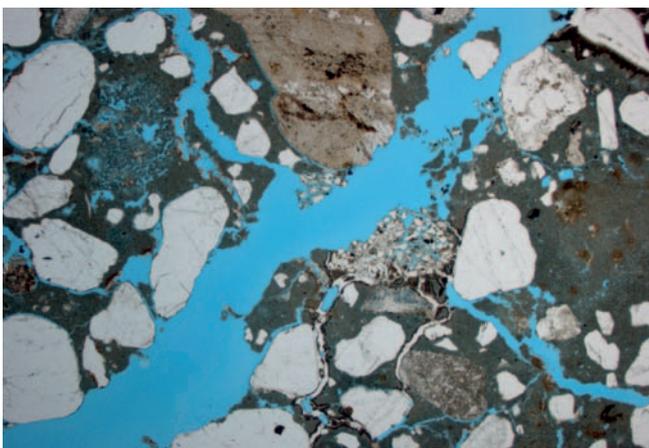


Abb. 32: Dorfkirche Kunow, Probe Kun 2/3N-006

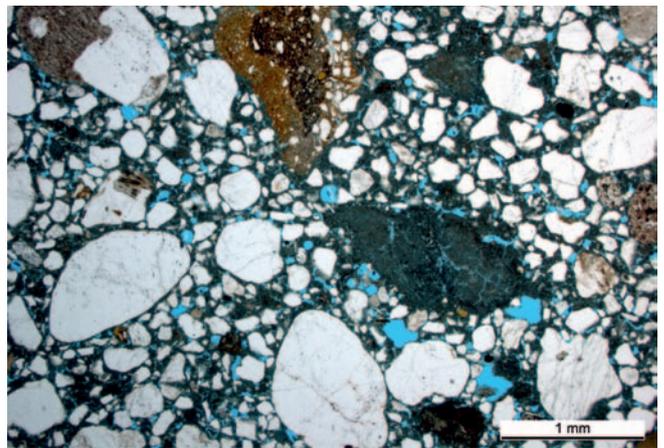


Abb. 34: Dorfkirche Niederlandin, Probe Nie 1/2N-001

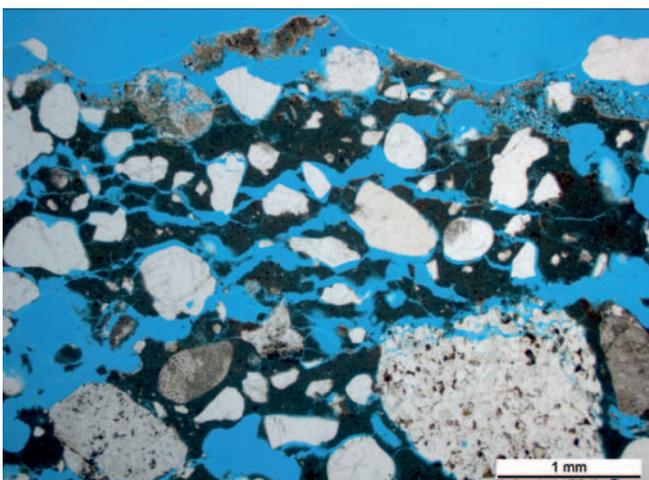


Abb. 33: Dorfkirche Kunow, Probe Kun 2/3-001

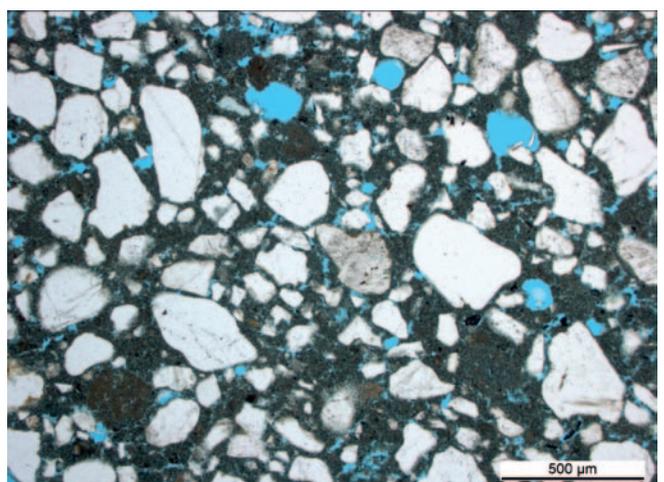


Abb. 35: Dorfkirche Niederlandin, Probe Nie 1/2-004



Abb. 36: Dorfkirche Briest, Messbildaufnahme des ausgewählten Referenzbereiches der Nordfassade, Messbildstelle GmbH, 2017



Abb. 37: Dorfkirche Kunow, Chor, Ostfassade, fortschreitende Verformung des Putzes nach der Konservierung im Jahre 2013, Foto Sonia Cárdenas, 2017

Kirche Niederlandin	
2014	1995 Putz- und Mörtelprojekt
Nie 1/2N · Keine Schäden	Nie 1/2 · Keine Schäden · Keine Risse · „Normales“ B:Z-Verhältnis
Nie 1/3N · Schäden durch Risse · Rissweiten 10-50 µm · Mörtel (Bestandteile, B:Z-Verhältnis) vergleichbar Nie 1/2	Nie 1/3 · Keine Vergleichsprobe
Fazit: - Nie 1/2: kein gravierender Unterschied nachweisbar (keine Zunahme der Schäden) - Einschränkung: Schlechte Schliifqualität der P-M-P-Probe Nie 1/2 (Risse kaum zu beurteilen, weil blaues Harz nur im Randbereich eingedrungen ist) - Nie 1/3: Deutliche Schäden an der Probe von 2014, kein Vergleich mit 1995 möglich	

4.4.5 Schadensursachen

Die Hauptschadensursachen für die Verluste an den mittelalterlichen Außenputzender Feldsteinkirchen sind thermische und hygrische Spannungen und Ausdehnungen im Putzgefüge sowie zwischen Putz und Mauerwerk. Der Einfluss von Vergipsungen der Oberflächen wurde bereits im Rahmen des Forschungsprojektes in den 1990er Jahren eingehend diskutiert und nach Auswertung der sehr intensiven naturwissenschaftlichen, insbesondere auch der mikroskopischen Untersuchungen letztlich als zweitrangig eingeschätzt. Als gravierender wurde die Wirkung von Feuchtigkeit bewertet und in diesem Zusammenhang besonders die Gefügezerstörungen durch Frost-Tauwechsel.³

Bei allen Untersuchungen ist grundsätzlich die Tatsache zu beachten, dass auf kleinstem Raum unterschiedliche Schadensphänomene auftreten. So können zwei unmittelbar nebeneinander entnommene Putzproben sehr unterschiedliche Erhaltungszustände aufweisen.

4.4.6 Monitoring und Kartierung

Die erneuten Bestands- und Zustandsbewertungen bilden zusammen mit den Ergebnissen des DBU-Projektes von 1994-97 die Grundlage für die präventiven Maßnahmen der Wartung und Pflege der mittelalterlichen Putze.

Die Ziele und Aufgaben des Monitorings wurden in diesem Band bereits durch Mechthild Noll-Minor erläutert.⁴ Daher soll an dieser Stelle auf die technischen Grundlagen und Voraussetzungen eingegangen werden. Für die im Monitoring notwendige Bestandserhebung konnte weitestgehend auf die Daten der 1990er Jahre zurückgegriffen werden. Die Erfassung des Bestandes erfolgte auf 13x18 cm großen Abzügen von Schwarz /Weiß Kleinbildnegativen. Bei den Untersuchungen im Jahre 2016 zeigte sich schnell, dass der damalige Stand der Technik und der gewählte Abbildungsmaßstab den heutigen Anforderungen nicht mehr entsprechen. Eine Quantifizierung der Schäden war anhand der Fassadenfotos nicht möglich. Da dies jedoch eines der Hauptanliegen des Monitorings ist, wurde die Messbildstelle GmbH mit der Erstellung von entzerrten und montierten Messbildern für die Kirchen in Briest und Kunow beauftragt. Für die Abbildung der Fassaden wurde der Maßstab 1:50 bei 400 dpi gewählt. Dies entspricht einer Punktauflösung am Objekt von ca. 3 mm. Für das Monitoring wurden zusätzlich Referenzflächen mit besonderer Gestaltung bzw. einem besonders hohen Bestand an erhaltener Gestaltung (Fugen mit Ritzung und Kalkhöhungen) ausgewählt. Ein wichtiges Kriterium für die Wahl der Referenzflächen war neben dem Bestand, der Gestaltung sowie der Signifikanz und der Repräsentativität der beobachteten Phänomene eine möglichst einfache Kontrolle des Erhaltungszustandes und der Schadensdynamik ohne großen technischen Aufwand, also z.B. ohne das Stellen einer Rüstung.⁵ Für die Abbildung der Referenzflächen wurde der Maßstab 1:10 bei 400 dpi gewählt. Dies entspricht einer Punktauflösung am Objekt von ca. 0,6 mm (Abb. 36). Die neue Qualität der Kartierungsgrundlagen ermöglichte eine detailgetreuere Kartierung des Putzbestandes und in den Bereichen der Referenzflächen eine detaillierte Zustandskartierung. Für die Kirchen in Kummerow, Flemsdorf und Niederlandin wurden durch die Bearbeiterin hochauflösende Fotos angefertigt, die als Erfassungsgrundlage dienen. Diese bilden nun die Grundlage für das weitere Monitoring.

Die zeitlichen Intervalle für die Zustandskontrolle und zur Bewertung der Schadensdynamik müssen in Abhängigkeit von dem am jeweiligen Objekt vorhandenen Bedingungen festgelegt werden. So zeigten sich bei der Überprüfung der Fassaden der Kunower Kirche bereits nach vier Jahren erneut Veränderungen des Erhaltungszustandes (Abb. 37). Im Fall der Kirche in Niederlandin kam es nach den Notsicherungsmaßnahmen im Jahre 2003 innerhalb der folgenden 14 Jahre nicht nur zu einer weiteren Verformung, sondern auch zu partiellen Verlusten des Putzes (Abb. 24, 25, 38). Dieser Zeitraum war offensichtlich viel zu lang. Sinnvoll erscheint daher ein Monitoring in einem Abstand von fünf Jahren.

Erste Veränderung können erfasst und die Schadensdynamik abgeschätzt werden. In Abhängigkeit von den Ergebnissen des Monitorings sollten bestandserhaltende Interventionen

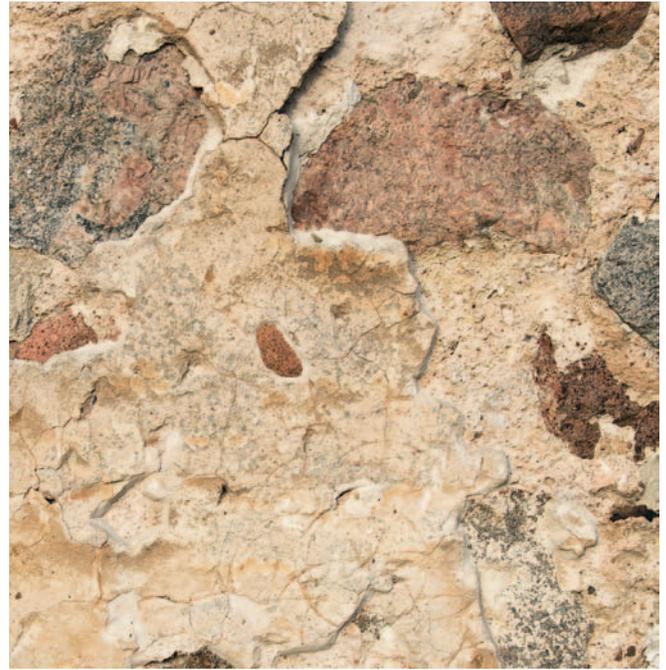


Abb. 38: Dorfkirche Niederlandin, Südfassade, fortschreitende Verformung des Putzes nach der Konservierung im Jahre 2003, Foto Sonia Cárdenas 2017

men erfordern, ist eine regelmäßige Kontrolle des Erhaltungszustandes der Putze nötig.

in Form von kleineren Konservierungsmaßnahmen in einem Abstand von 10 Jahren eingeplant werden.

Entsprechend den im Forschungsprojekt formulierten Kategorien wurde der Erhaltungszustand der mittelalterlichen Putze bewertet. Dabei wurde zwischen drei Kategorien unterschieden⁶:

Zustand: unauffällig, keine dringenden Maßnahmen
Zustand: Schadprozesse machen häufigere Kontrolle und kleinere Konservierungsmaßnahmen erforderlich
Zustand: dringende Notsicherung und Konservierungsmaßnahmen

Die Putzgestaltungen an den Fassaden der Kirchen in Kummerow und Kunow wurden jeweils nach restauratorischen Notsicherungen kürzlich im Rahmen von umfassenden Hüllensanierungen der Kirchen konserviert. Die Ergebnisse der Untersuchungen der Schadprozesse machen jedoch deutlich, dass häufige Kontrollen und kleinere Konservierungsmaßnahmen erforderlich sind, die ressourcenschonende Präventivmaßnahmen darstellen. Dagegen waren die Fassaden der Kirchen in Niederlandin und Briest bisher noch nie – abgesehen von der provisorischen Notsicherung der Zirkelritzungen in Niederlandin – Gegenstand restauratorischer Bearbeitung, die wichtigen Putzbefunde bedürfen dringend einer Notsicherung und anschließender Konservierungsmaßnahmen. Für den an der Südfassade erhaltenen Rest mittelalterlicher Portalrahmung der Flemsdorfer Kirche wird ebenfalls eine angemessene Beobachtung und Konservierung empfohlen. Auch wenn die Befunde in der Stadtpfarrkirche in Altlandsberg nach der Konservierung und der Verbesserung der Rahmenbedingungen als schadensunauffällig bewertet wurden und keine dringenden Maßnah-

Literatur und Quellen

HANS-HERMANN NEUMANN, NILS KUNZE, TADEUS PACHE, FRANK SCHLÜTTER, HERBERT JULING: Mikroskopische Untersuchungen an historischen Kalkmörteln von Feldsteinkirchen in Brandenburg, in: Mittelalterliche Putze und Mörtel im Land Brandenburg, Arbeitshefte des Brandenburgisches Landesdenkmalamtes und Archäologischen Landesmuseums Nr. 9, Potsdam 1998, S. 69.

SYBILLE HERKNER: Mittelalterliche Kalkmörtel der Kirche St. Marien zu Altlandberg, Möglichkeiten naturwissenschaftlicher Untersuchungen im Hinblick auf die Überprüfung und Eignung handelsüblicher und traditioneller Festigungs- und Injektionsmaterialien, Diplomarbeit im Studienfach Restaurierung an der Fachhochschule Potsdam, Potsdam 2000, Typoskript.

Leitfaden – Zustandserhebung und Monitoring an Wandmalerei und Architekturoberfläche; Hrsg.: BDA Bundesdenkmalamt, Wien 2012, S. 15.

ANDREAS RENTMEISTER: Dokumentation zum Projekt „Erforschung historischer Putze und Mörtel in Hinblick auf Umweltschäden“ Dorfkirche Briest, Berlin 1996, Typoskript.

Andreas Rentmeister, Dokumentation zum Projekt „Erforschung historischer Putze und Mörtel in Hinblick auf Umweltschäden“ Dorfkirche Flemsdorf, Berlin 1996, Typoskript.

ANDREAS RENTMEISTER: Dokumentation zum Projekt „Erforschung historischer Putze und Mörtel in Hinblick auf Umweltschäden“ Dorfkirche Kummerow, Berlin 1996, Typoskript.

ANDREAS RENTMEISTER: Dokumentation zum Projekt „Erforschung historischer Putze und Mörtel in Hinblick auf Umweltschäden“ Dorfkirche Kunow, Berlin 1996, Typoskript.

ANDREAS RENTMEISTER: Dokumentation zum Projekt „Erforschung historischer Putze und Mörtel in Hinblick auf Umweltschäden“ Dorfkirche Niederlandin, Berlin 1996, Typoskript.

Anmerkungen

- 1 Publikation 1998, Dokumentationen Rentmeister.
- 2 Hans-Hermann Neumann, Nils Kunze, Tadeus Pache, Frank Schlütter und Herbert Juling, 1998.
- 3 Hans-Hermann Neumann, Nils Kunze, Tadeus Pache, Frank Schlütter und Herbert Juling, 1998.
- 4 Mechthild Noll-Minor; Erfassen, Erforschen und Monitoring – ein interdisziplinäres Projekt zur Erhaltung der mittelalterlichen Wandmalereien im Nordosten von Brandenburg, Beitrag 1 in diesem Heft
- 5 Bundesdenkmalamt Wien 2012.
- 6 Vergleiche dazu Mechthild Noll-Minor in dieser Publikation.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Projektes „Entwicklung modellhafter Erhaltungskonzepte durch Erfassung und Monitoring anthropogen umweltgeschädigter mittelalterlicher Wandmalereien im Nordosten Brandenburgs“ wurden an 50 Kirchen mittelalterliche Wandmalereien erfasst. An neun von ihnen konnten Restaurierungsmaßnahmen, die vor ca. 15 Jahren stattfanden, bewertet werden. Zusätzlich wurden die im ebenfalls von der DBU von 1994 bis 1997 geförderten Projekt „Erforschung und Erhaltung historischer Putze und Mörtel im Hinblick auf Umweltschäden“ untersuchten Architekturfassungen an fünf Dorfkirchen in der Uckermark und der Stadtpfarrkirche St. Marien in Altlandsberg erneut restauratorisch und naturwissenschaftlich auf ihren Erhaltungszustand bewertet.

Die Projektarbeit begann mit einer restauratorischen Erfassung der mittelalterlichen Wandmalereien. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf ein möglichst einfaches Monitoringssystem gelegt. Besonders auffällige Stellen wurden eingemessen, eine berührungslose Rahmung angelegt und mit hochauflösenden Makroaufnahmen fotografiert. Es wurde auch darauf geachtet, dass diese Stellen möglichst ohne Rüstung zugänglich sind.

Die naturwissenschaftliche Erfassung war eine interdisziplinäre Zusammenarbeit von Chemikern, Mineralogen, Kristallographen und Physikern. Begonnen wurde mit orientierenden Voruntersuchungen mittels pRFA. Besonders interessante Befunde wurden beprobt und im Labor licht- und rasterelektronenmikroskopisch und mittels Ramanspektroskopie analysiert. Neben häufig verwendeten Pigmenten wie roter und gelber Ocker, Pflanzenschwarz, Mennige, Bleizinn gelb, Azurit und grünen Kupferpigmenten konnten auch eher seltene Pigmente wie Vivianit und Vanadinit nachgewiesen werden.

Ebenso konnten die schon im DBU geförderten Projekt „Umweltbedingte Pigmentveränderungen der gotischen Ausmalungen in der Burg Ziesar und der Marienkirche Herzberg – Entwicklung eines Konzeptes zur nachhaltigen Konservierung“ (2005–2009) nachgewiesenen Pigmentveränderungen auch an den hier untersuchten Malereien festgestellt werden. Dazu zählen die Verschwärzung von Mennige und Bleizinn gelb zu Plattnerit, die Verschwärzung von grünen Kupferpigmenten zu Tenorit und das Verblässen von Bleipigmenten zu Laurionit.

Im Rahmen der Bestandserfassung im Monitoring-Projekt konnten weitere Pigmentveränderungen nachgewiesen werden. Am ursprünglich blauen Pigment Vivianit konnten Farbveränderungen zu Gelb, Graugrün, Graublau, Grau und Olivgrün festgestellt werden. Die Ursachen ließen sich mit den eingesetzten analytischen Verfahren im Rahmen des Projektes nicht ermitteln. Hier besteht also noch dringender Forschungsbedarf.

Das Mineral Cumengeit $[\text{Pb}_{21}\text{Cu}_{20}(\text{OH})_{40}\text{Cl}_{42}\cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ konnte als Ursache bläulicher bis türkisblauer, ursprünglich vermutlich grüner Fassungen, am Triptychon der St. Marienkirche Frankfurt (Oder) und der Christusdarstellung an der Südwand in der ehemaligen Franziskanerklosterkirche Angermünde nachgewiesen werden. Damit konnten auch die schon in den Gewölbemalereien der Marienkirche Herzberg aufgetretene, aber damals nicht interpretierbare Verblauung von grünen Kupferpigmenten geklärt werden. Die im Pigmentveränderungsprojekt ermittelte Cu – Pb – Cl – Phase konnte nun als Cumengeit interpretiert werden.

Beim Vorliegen entsprechender Schadensbilder wurden die Feuchte- und Salzbelastungen im Mauerwerk ermittelt. An einigen Wandmalereien, deren Gefährdung durch entsprechende Schadprozesse ablesbar ist, konnten Klimamessungen durchgeführt werden. Dabei zeigten sich z.B. hinter der Schutzverglasung des Triptychons der St. Marienkirche Frankfurt (Oder) erhebliche Feuchtigkeitsschwankungen und Taupunktunterschreitungen. Erforderlich ist nun eine Abwägung möglicher Veränderungen an der Schutzverglasung und deren Auswirkung auf die Malerei.

Eine Bewertung von Restaurierungsmaßnahmen und eine Einschätzung des Schadensfortschrittes (Monitoring) konnte u.a. an den Wandmalereien der St. Marienkirche Frankfurt (Oder), der St. Marienkirche Bernau, dem Kloster Chorin und der ehemaligen Franziskanerklosterkirche Angermünde vorgenommen werden. Die Notwendigkeit einer regelmäßigen Überprüfung des Zustandes von Wandmalereien im Rahmen eines Low-Level-Monitorings wird am Beispiel der Mondsichelmadonna in der Nordvorhalle der St. Marienkirche Frankfurt (Oder) besonders deutlich: Im Laufe von 30 Jahren haben sich die Salze aus den bei der Sanierung des Vordaches verwendeten Zementmörteln herausgelöst und zu massiven Schäden an der Malschicht geführt. Bei der Restaurierung vor ca. 20 Jahren waren diese Schäden noch nicht erkennbar und ohne die Erkenntnisse aus der Zustandskontrolle im Rahmen des Monitorings und die daraufhin veranlasste Konservierung wären große Verluste der Malschicht durch Salzaktivität zu verzeichnen gewesen.

An fünf bereits in einem früheren DBU-Projekt (BLDAM 1998) untersuchten Kirchen mit mittelalterlichen Putzritzungen, Fugengestaltungen und Architekturfassung konnte im Rahmen des Monitoring-Projektes der heutige Zustand mit dem vor 20 Jahren verglichen werden. Dabei wurde festgestellt, dass sich der Erhaltungszustand der Putze zum Teil deutlich verschlechtert hat. An der Dorfkirche Flemsdorf ist auf der Ostseite ein Totalverlust des mittelalterlichen Putzes zu verzeichnen. Auch an den Kirchen in Kummerow, Kunow, Niederlandin

und Briest weisen die Putzgefüge wesentlich mehr und größere Risse als 1996 auf. Hier besteht ein dringender Handlungsbedarf. Künftige Inspektionen der Außengestaltungen im Rahmen eines Low-level-Monitorings sollten daher in einem zeitlichen Abstand von höchstens fünf Jahren vorgenommen werden, Sicherungs- und Pflegemaßnahmen sind voraussichtlich jeweils nach zehn bis fünfzehn Jahren erforderlich.

Um einen Überblick über Bestand und Zustand der Wandmalereien nicht nur in den Denkmalbehörden, sondern auch in den für die Gebäude verantwortlichen Institutionen zu bekommen und für das Management des angestrebten flächenhaften Monitorings wurde der bestehenden Kunstgutdatenbank der Evangelischen Kirche Berlin-Brandenburg-schlesische Oberlausitz ein Restaurierungsmodul, in dem die Dringlichkeit und die Art der erforderlichen Maßnahmen festgelegt werden, zugefügt. Die Kategorisierung der Zustände in „unauffällig“, „schadhaft“ und „bedrohlich“ ermöglicht eine grobe Festlegung der Monitoringintervalle und des Handlungsbedarfes.

Mit einer handlungsorientierten Datenbank ist künftig eine angepasste Budgetplanung für Inspektions- und Pflegemaßnahmen und Veranlassung zum Handeln durch Priorisierung der erforderlichen konservatorischen Maßnahmen möglich.

Zur Umsetzung dieses dringenden Handlungsbedarfes hat sich die Zusammenarbeit mit der Evangelischen Kirche Berlin-Brandenburg-schlesische Oberlausitz (EKBO) bewährt, die mit der Schaffung der Stelle einer Kunstgutreferentin für eine Kontinuität bei der Erfassung und Erhaltung von Kunstgut in den Kirchen gesorgt hat. Schon im Rahmen des Projektes konnten einige Wandmalereien und Architekturfassungen, wie die Mondsichelmadonna in der St. Marienkirche Frankfurt (Oder), die Wandmalereien in der Dorfkirche Biegen und die Architekturfassung an der Dorfkirche Kummerow restauriert werden.

Die modellhafte Inspektion und Einrichtung eines Low-level-Monitorings über eine ganze Region im Rahmen des Projektes hat veranschaulicht, dass für die Erhaltung des Kulturerbes an mittelalterlicher Wandmalerei und Architekturfassung ein gemeinsames methodisches Vorgehen nach folgender Grundstruktur erforderlich ist: Die interdisziplinäre Erforschung und Erfassung des Bestands und des Zustandes mit der Analyse der Schadprozesse dient als Grundlage für ein strukturiertes und kontinuierliches Low-Level-Monitoringprogramm mit regelmäßigen Inspektionen und Zustandskontrollen im Management von Kirchen und anderen denkmalgeschützten Gebäuden, um Schäden und Verluste der ursprünglichen Substanz erkennen bzw. ihnen frühzeitig vorbeugen zu können. Nur so sind langfristig wiederkehrende kostspielige und tief eingreifende Restaurierungen zu vermeiden.

Das Projekt wurde gefördert durch die Deutsche Bundestiftung Umwelt (DBU) – wir danken dem Fördermittelgeber und allen Mitwirkenden am Projekt:

KOOPERATIONSPARTNER:

Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum (BLDAM)

Evangelische Kirche Berlin, Brandenburg, schlesische Oberlausitz (EKBO)

Universität Potsdam, Institut für Erd- und Umweltwissenschaften (Uni Potsdam)

Fachhochschule Potsdam, Fachbereich Architektur und Städtebau, Studiengang Restaurierung (FH Potsdam)

Material- und Prüfanstalt Bremen (MPA)

FACHBEIRAT: Prof. DI Mag. Wolfgang Baatz, Prof. Dr. Rainer Drewello, Prof. Dr. Erwin Stadlbaur, Dipl. Rest. Torsten Arnold

RESTAURATOREN: Dr. Ute Joksch, Dr. Jan Raue, Sonia Cárdenas, Hans Burger (BLDAM), Mechthild Noll-Minor (BLDAM), Kerstin Frischke

KUNSTHISTORIKER: Dr. Maria Deiters (CVMA), Dr. Cornelia Amann (CVMA), Barbara Rimpel, Prof. Dr. Claudia Rückert (EKBO)

BAUFORSCHER: Dirk Schumann, Stefanie Wagner (BLDAM)

NATURWISSENSCHAFTLER: Dr. Frank Schlütter (MPA Bremen), Prof. Dr. Steffen Laue (FH Potsdam), Dr. Martin Ziemann (Uni Potsdam), Dr. Bärbel Arnold (BLDAM), Ellen Egel (BLDAM)

STUDENTEN: Julica Ebeling, Eliza Seifert, Henriette Theurich, Laura Blumenberg, Linda Knobba, Alicia Pasternak (FH Potsdam)

6. Zur Erfassung mittelalterlicher Wandmalerei in der Altmark / Sachsen-Anhalt

6.1 Einleitung

Durch Umbauten und Renovierungen dezimiert, daher meist fragmentarisch vorhanden, zeitgenössischen Moden der Raumgestaltung und Restaurierung unterworfen, unmittelbar klimatischen Extremsituationen ausgesetzt und nicht zuletzt in ihrem kunsthistorischen und liturgischen Wert unterschätzt, war und ist Wandmalerei eine besonders gefährdete Kunstgattung.

In Sachsen-Anhalt haben sich in ca. 170 Gebäuden – zumeist Kirchen – 280 mittelalterliche Wandmalereien aus der Zeit des 12. bis 16. Jahrhunderts erhalten, davon allein 70 Kirchen mit mittelalterlichen Wandmalereidarstellungen in der Region Altmark. Die Wandbilder umfassen eine große Bandbreite an Bildthemen und künstlerischen Qualitäten. Die Darstellungen reichen dabei von thematisch komplexen und maltechnisch äußerst anspruchsvollen Werken bis hin zu sehr einfachen, fast ungenau skizzenhaften Zeichnungen, deren uns heute rätselhaft erscheinende Bedeutung vermutlich im Volksglauben verankert ist und die bisher weder kunsthistorisch, kulturell noch liturgisch erschlossen sind.

Erst in den letzten Jahren wurde in einigen Bundesländern mit der flächendeckenden und interdisziplinären Aufarbeitung des Bestandes begonnen und diese Arbeit mit einer Publikation abgeschlossen¹. Für Sachsen-Anhalt mit seinem außergewöhnlich dichten Bestand mittelalterlicher Wandmalerei, die zudem den starken Überarbeitungen im Zeitgeschmack – wie wir sie andernorts vom Ende des 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts kennen – weitgehend entgangen ist, steht diese Erhebung noch aus. Zwar gab es seit 1998 von Seiten des damaligen Landesamtes für Denkmalpflege, vor allen initiiert vom damaligen Leiter der Restaurierungswerkstatt Dr. Thomas Danzl und der Kunsthistorikerin Frau Dr. Elisabeth Rüber-Schütte das Bestreben einer flächendeckenden Erfassung der Wandmalerei im gesamten Bundesland Sachsen-Anhalt unter kunsthistorischen, restauratorischen und materialkundlichen Aspekten. Jedoch war diese Bestandsaufnahme aus personellen und zeitlichen Gründen nur im Rahmen von Bereisungen quasi „en passant“ möglich. Ausnahmen bildeten Untersuchungen und Bearbeitungen mittelalterlicher Wandmalereioberflächen im Rahmen von Seminar- und Diplomarbeiten, später Masterarbeiten in

Kooperation mit den Restaurierungsstudiengängen der Hochschulausbildung², sowie hoch geförderte Projekte, die seit jeher im Fokus der Forschung standen, wie z.B. die romanische Wandmalerei der Dorfkirche Axien oder die Gewölbemalereien in der Krypta der Stiftskirche Quedlinburg. Ausgehend von diesen Erfahrungen wurden Vorgehensweise und Standards zur interdisziplinären Erfassung des Wandmalereibestandes formuliert, die vor allem auch eine Zustands- und Schadensanalyse enthalten sollte, um für die praktische Denkmalpflege planbare Interventionsstrategien zu eröffnen³. Diese Vorarbeiten sind u.a. die Grundlage des aktuellen Erfassungprojektes. Aus organisatorischen und fachlichen Gründen erfolgt die Wandmalereierfassung in Sachsen-Anhalt in Teilprojekten nach Regionen, beginnend mit der Altmark.

Eine erste Übersicht und Einführung zur kunsthistorischen Einordnung und Ikonografie, dem materiellen Bestand der altmärkischen Wandmalereien und ihrer Restaurierungsgeschichte wurde anlässlich der Tagung „Die Altmark von 1300-1600“ in Stendal im Jahre 2008 veröffentlicht⁴. Ein Großteil der Malereien ist jedoch nach wie vor unpubliziert.



Abb. 1: Orte mit mittelalterlicher Wandmalerei in der Altmark, Stand Januar 2017. Zeichnung: Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, Bettina Weber.



Abb. 2: Darstellung einer Eule, teilweise geritzt, in der Dorfkirche von Kraatz. Foto: Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, Torsten Arnold.



Abb. 3: Darstellung des Jüngsten Gerichts in der St. Jakobikirche in Stendal mit deutlichen Bezügen zu Dürers „Kleiner Passion“ von 1511, Zustand nach Restaurierung 2016. Foto: Marie Heyer.



Abb. 4: Spätmittelalterliche Bilderwände in der Dorfkirche von Bombeck. Foto: Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, Torsten Arnold.

6.2 Erfassung mittelalterlicher Wandmalerei in der Altmark

Seit 2011 erfolgt die systematische restauratorische Erfassung mittelalterlicher Wandmalerei in der Altmark durch das Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt (LDA), zunächst unter anderem als Teil eines Volontariates, zuletzt innerhalb einer anderthalbjährigen Projektstelle⁵. Die jeweilige Untersuchung vor Ort bestand in der Regel aus einer eintägigen Schnellerfassung im Zweierteam, bei der die Wandmalereien und Kirchen fotografiert⁶ und die Ergebnisse anhand eines Erfassungsbogens schriftlich dokumentiert wurden. Im Zentrum der Erfassung standen die Beschreibung der Male-
reien und ihrer Maltechnik sowie die Bewertung von Erhaltungsumfang, Authentizität und Zustand. Einen weiteren Schwerpunkt bildete die restauratorische Befunderhebung im Außenbereich, besonders im Hinblick auf erhaltene mittelalterliche Putz- und Fugengestaltungen. Außerdem fanden die Umgebungsbedingungen der Malereien Berücksichtigung in

Form einer kurzen Aufnahme von Bauformen, Ausstattung und Bauzustand. Einen wichtigen Teil der Erfassung stellte außerdem die Archivrecherche zur Restaurierungsgeschichte der Wandmalereien im Archiv des LDA dar. Bei einzelnen Objekten (insgesamt vier Kirchen) konnte auf vorhandene umfangreiche Recherchen und Untersuchungen zurückgegriffen werden, die im Rahmen von Diplom- oder Masterarbeiten bzw. Hochschulpraktika entstanden waren⁷. Andererseits lieferte die Einbindung von studentischen Praktikanten in die Erfassungsarbeit jüngst die Anregung für zwei sich in Arbeit befindliche kunsthistorische Abschlussarbeiten über altmärkische Wandmalereien und Kirchen.

6.3 Wandmalereidatenbank

Die restauratorische Schnellerfassung ist inzwischen nahezu abgeschlossen. Das bisherige Ergebnis besteht im gewonnenen Überblick über Bestand und Zustand der mittelalterlichen Wandmalereien in der Altmark und stellt die Grundlage für



Abb. 5: Darstellung von Christophorus und Butterhexe in der Dorfkirche von Wistedt. Foto: Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, Torsten Arnold.

ihre weitere Erforschung dar. Die gesammelten Informationen wurden in eine neu geschaffene Wandmalereidatenbank eingepflegt. Die Datenbank vereint sowohl kunsthistorische als auch restauratorische Aspekte (z.B. Datierung, Ikonographie, Lokalisation, Erhaltungsumfang, Authentizität, Maltechnik, Restaurierungsgeschichte) und dient zur Erfassung, Systematisierung und Recherche (Such- und Filterfunktionen). Zur Unterstüt-

zung bei der Planung notwendiger Konservierungsmaßnahmen stehen vier Kategorien zur Verfügung (akuter, kurz-, mittel-, langfristiger Handlungsbedarf). Außerdem bildet die vorhandene fotografische Dokumentation der Malereien eine Grundlage bei der zukünftigen Beurteilung von Zustand und Handlungsbedarf.

6.4 Zu Bestand und Zustand der Wandmalereien

Zum jetzigen Zeitpunkt sind 70 Denkmale bekannt, in denen sich eine oder mehrere mittelalterliche Wandmalereien zumindest teilweise sichtbar erhalten haben. Hinzu kommen zehn Gebäude mit mittelalterlichen Wandmalereien, die dokumentiert, aber überdeckt sind (vgl. Abb. 1). Zum größten Teil handelt es sich um sakrale Gebäude, überwiegend Dorfkirchen (50 Denkmale) sowie einige Stadt- und Klosterkirchen oder Hospitalkapellen (17 Denkmale). Der Erhaltungsumfang der Wandmalereien ist sehr unterschiedlich und reicht vom kleinen Fragment bis hin zur nahezu komplett ausgemalten Kirche. Ebenso weit gefächert ist die künstlerische Bandbreite, die sowohl „Graffiti“ rätselhafter Bedeutung (vgl. Abb. 2) als auch figurenreiche Bildkompositionen bemerkenswerter künstlerischer Qualität umfasst (vgl. Abb. 3). Die überkommenen Malereien sind ganz überwiegend im Spätmittelalter, ab der Mitte des 15. Jahrhunderts entstanden. Eine überschaubare Gruppe an Wandgemälden lässt sich stilistisch in die Romanik und damit in die Zeit umfassenden Kirchenneubaus in der Altmark von der Mitte des



Abb. 6: Vermutlich moralisierende Szenen in der Dorfkirche von Hohenlangenbeck, unüberarbeitet. Foto: Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, Torsten Arnold.



Abb. 7: Maiestas Domini-Darstellung in der Dorfkirche von Uchtdorf. Foto: Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, Torsten Arnold.



Abb. 8: Im Jahre 1947 von Fritz Mannewitz restaurierter Innenraum der Dorfkirche von Hohenlangenbeck. Foto: Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, Torsten Arnold.

12. bis zur Mitte des 13. Jahrhunderts einordnen. Eine systematische kunsthistorische Untersuchung steht bisher noch aus. Den bereits beschriebenen ikonografischen Schwerpunkten der spätmittelalterlichen Wandmalereien⁸ – Passion Christi in Form von Bilderwänden, Darstellungen des Weltgerichts und des Heiligen Christophorus sowie Tabernakelfiguren – lässt sich das Thema der „Butterhexe“ und das der moralisierenden Darstellungen hinzufügen, die bisher noch nicht näher zu deuten waren. Letztere zeigen als Teil der Bilderwände vermutlich Szenen vom Wettstreit zwischen Gut und Böse (vgl. Abb. 4–6). Innerhalb der Gruppe romanischer Malereien dominieren Maiestas Domini-Darstellungen (vgl. Abb. 7).

Die Restaurierungsgeschichte der altmärkischen Wandmalerei ist stark geprägt durch das Wirken von Fritz Mannewitz. Nach bisherigem Kenntnisstand war er in seiner fast 30jährigen Tätigkeit in der Altmark an der Freilegung und teilweise damit verbundenen Wiederherstellung von wohl 15 mittelalterlichen Wandmalereien beteiligt, die seitdem seine Handschrift tragen. Einige seiner Maßnahmen, die oft mit einer Neugestaltung des gesamten Kirchenraumes einhergingen, weisen heute einen eigenen Denkmalwert auf (vgl. Abb. 8). Anlass für die in der Altmark zahlreich anzutreffenden Überarbeitungen mittelalterlicher Wandmalerei gab die oft unzureichende Ablesbarkeit der freigelegten Darstellungen durch Verlust empfindlicher Partien der zumeist a secco oder in Mischtechnik hergestellten Malereien infolge von Abnutzung, Übertünchung und Freilegung. Infolgedessen kann der heutige stark gedünnte, auf stabile Malschichten reduzierte Bestand als überwiegend stabil bezeichnet werden. Analog zur restaurierungsgeschichtlichen Entwicklung in Sachsen-Anhalt, wurden auch in der Altmark bei Festigungsmaßnahmen in der Vergangenheit Kunstharze verwendet. Abgesehen von optischen Beeinträchtigungen wie Vergilbung und Glanzstellen weisen die meisten der Objekte aufgrund günstiger Umgebungsbedingungen glücklicherweise bisher keine unmittelbare Schadensdynamik auf (vgl. Abb. 9). Ausgehend vom Alterungsverhalten der teilweise über 40 Jahre alten Überzüge (überwiegend PVAc) ist hier jedoch mit potentiellen Gefährdungen der Malschicht zu rechnen⁹. Dringender Handlungsbedarf wurde zudem bei sieben Objekten festgestellt. So



Abb. 9: Darstellung Johannes des Tüfers in der Dorfkirche von Buch, die im Jahre 1968 mit Kunstharz gefestigt wurde. Foto: Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, Torsten Arnold.

ist es zum Beispiel in Güssefeld, nach über zehnjähriger Bewitterung des Kirchenraumes infolge Turmeinsturzes in den 1980er Jahren zu Schäden am Malereibestand durch massive Salzbelastungen gekommen (vgl. Abb. 10). Die Wandmalerei kann dieses Jahr durch eine Finanzierung über Haushaltsmittel des LDA notgesichert werden. Dramatisch ist die Situation im offen ste-



Abb. 10: Maiestas Domini-Darstellung in der Dorfkirche von Güssefeld.
Foto: Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt,
Torsten Arnold.

henden Kirchenschiff der Nikolaikirche Gardelegen (Kriegszerstörung). Hier wurde im Rahmen einer Notsicherung 2008 von Studentinnen ein Interimsschutzdach für die Fragmente einer Christophorusdarstellung installiert, die über 60 Jahre frei bewittert stand. Eine „kühne“ Konstruktion, die ihren Zweck gerade noch erfüllt. Im Rahmen einer Nutzungsplanung für das Kirchenschiff ist eine fest installierte Verdachung vorgesehen (vgl. Abb. 11).

6.5 Das geplante Wandmalereiprojekt

Zur erforderlichen interdisziplinären Erforschung der mittelalterlichen Wandmalereien in der Altmark ist in Kooperation der Kirchenkreise Salzwedel und Stendal mit dem LDA ein LEADER/CLLD-Projekt geplant (LEADER: Liaison entre actions de développement de l'économie rurale; CLLD: community-led local development). Der Fördermittelantrag ist in Vorbereitung. Innerhalb des zweijährigen Projektes sollen kunst- und bauhistorische, vertiefende restauratorische sowie archäometrische Untersuchungen durchgeführt werden, die in einem Wandmalereikatalog sowie in Zusammenfassungen der Erkenntnisse münden sollen. Aufgrund des begrenzten finanziellen Rahmens kann innerhalb des Projektes kein umfassender Corpusband erschaffen werden. Der geplante Wandmalereikatalog und die Zusammenfassungen der Ergebnisse sollen vielmehr die Grundlage für weitere Forschungen bilden. Eine spätere Veröffentlichung durch das LDA zur wissenschaftlichen Erschließung der Wandmalereien ist vorgesehen. Der zweite Schwerpunkt des Projektes liegt auf einer breiten Öffentlichkeitsarbeit, um die Menschen in den Gemeinden und in der Region für die Bedeutung der Wandmalereien zu sensibilisieren. Durch Erläuterungen vor Ort, eine kleine Wanderausstellung, ein Heft bzw. Flyer, einen Workshop und weitere Akti-



Abb. 11: Gardelegen St. Nikolai, Interimsdach für Fragmente der Christophorusdarstellung. Foto: Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, Torsten Arnold.

onen sollen die Gemeindemitglieder als Nutzer der Kirchen sowie regionale Akteure erreicht und eingebunden werden. In Zeiten geringer werdender Mittel und personeller Kapazitäten spielen informierte und interessierte Nutzer bei der Erhaltung der Wandmalereien eine immer wichtigere Rolle.

Anmerkungen

- 1 Mittelalterliche Wandmalerei in Brandenburg, Band 1 (2010); Bildwelten – Weltbilder, Romanische Wandmalerei in Westfalen (2016).
- 2 Unter Betreuung des LDA entstanden 35 Hochschularbeiten des Studienganges Restaurierung verschiedener Hochschulen zu mittelalterlichen Wandmaleroberflächen.
- 3 Thomas Danzl und Elisabeth Rüber-Schütte: Zur Erfassung, Inspektion und Erhaltung mittelalterlicher Wandmalerei in Sachsen-Anhalt, in: Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt (Hrsg.): Denkmalpflege in Sachsen-Anhalt, 13. Jg. (2005), Heft 2, S. 105-128.
- 4 Torsten Arnold und Elisabeth Rüber-Schütte: Anmerkungen zur sakralen Wandmalerei in der Altmark, in: Fajt, Jiří/Franzen, Wilfried/Knüvener, Peter (Hrsg.): Die Altmark von 1300 bis 1600. Eine Kulturregion im Spannungsfeld von Magdeburg, Lübeck und Berlin, Berlin 2011, S. 478-492.
- 5 Volontariat/Projektstelle. Dipl.-Restauratorin Corinna Scherf.
- 6 Fotografische Erfassung mit digitaler und analoger (Diapositiv) Kleinbildkamera.
- 7 Anna Maria Nazimek, Katja Urbach: Probleme der Verwendung von Kunstharzen bei der Konservierung/Restaurierung von Wandmalerei. Die Wandmalereien des 14. Jahrhunderts im Chor der St. Marienkirche in Salzwedel – ein frühes Beispiel. Unveröffentlichte Master-Thesis, Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, Fachhochschule Hildesheim/Holzminde/Göttingen, Studiengang Konservierung und Restaurierung, 2009. – Margarete Klaue: Die mittelalterlichen Wandmalereien der Dorfkirche Hohenlangenbeck. Bestands- und Zustandserfassung, Entwicklung eines Konservierungs- und Restaurierungskonzeptes. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Fachhochschule Potsdam, Studiengang Restaurierung, 2008. – Annegret Klauke, Christin Schwarze: Die Wandmalereien in der St. Nicolaikirche in Gardelegen, Sachsen/Anhalt. Notsicherung im Rahmen der Befundicherung. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, Fachhochschule Hildesheim/Holzminde/Göttingen, Studiengang Konservierung und Restaurierung, 2006. – Marie Heyer: Die Wandmalerei „Jüngstes Gericht“ in der St. Jakobikirche zu Stendal. Untersuchung, Dokumentation sowie Erstellung eines Konservierungs- und Restaurierungskonzeptes. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Hochschule für Bildende Künste Dresden, Fachrichtung Kunsttechnologie, Konservierung und Restaurierung von Kunst- und Kulturgut, 2010.
- 8 Vgl. Anm. 4.
- 9 Kunstharzfestigungen bzw. Überzüge u. a. in den Kirchen Erleben (1959), Dankensen (1965-71), Hagen, Schernikau (1973), Buch (1968), Salzwedel, St. Marien, Tabernakelfiguren (1969, 1978).

7. Zwei Projekte zur Erforschung und Erhaltung mittelalterlicher Wandmalerei in Österreich

Die wissenschaftliche Erforschung, flächendeckende Erfassung und Dokumentation von mittelalterlichen Wandmalereien sowie die Erarbeitung von langfristigen Erhaltungsstrategien bilden seit einigen Jahren einen Schwerpunkt der Abteilung für Konservierung und Restaurierung des Bundesdenkmalamtes. Geprägt ist die Vorgehensweise von einem breiten wissenschaftlichen und interdisziplinären Diskurs mit anderen Fachdisziplinen. Der Schwerpunkt eines Monitoring für Wandmalerei in Österreich liegt in der systematischen Erfassung und Untersuchung des jeweiligen Objektes. Die Einschätzung und Beurteilung von Malereizuständen sowie von möglichen Schadens- und Risikoquellen stehen hierbei im Mittelpunkt. Dadurch sollen notwendige Handlungsanschlüsse erkannt und definiert werden. Im Rahmen einer solchen Erhebung erfolgen Zustandsvergleiche mit erfassbaren älteren Befunden und es werden reproduzierbare Referenzdaten für spätere Nachkontrollen erarbeitet. Das Monitoring basiert auf dem Ansatz, Phänomene und Messwerte in regelmäßigen Abständen mit den in der Grundlagenthebung erfassten Referenzen zu vergleichen. Ein frühzeitiges Handeln soll letztlich zu einer Minimierung von Schäden führen.¹

7.1 Das Projekt „Zustandserhebung und Monitoring an mittelalterlichen Wandmalereien“

Dem Untersuchungsprojekt gingen die Erarbeitung eines Leitfadens mit dem Titel „Zustandserhebung und Monitoring an Wandmalerei und Architekturoberfläche“ sowie eine mehrjährige Pilotphase voraus, in der versucht wurde, die Vorgaben in die restauratorische Praxis umzusetzen.² Der Leitfaden unterteilt sich in zwei Intensitätsstufen und besitzt eine bestimmte Systematik, die aus Bausteinen aufgebaut ist. Die Bausteine entsprechen einzelnen Arbeitspaketen einer konservatorisch-restauratorischen Untersuchung und bestehen in ihrer inhaltlichen Struktur aus Grundsätzen, Regeln und Verweisen. Auf Stufe 1 wird das Ziel verfolgt, sachdienliche Informationen zum Objekt in Hinblick auf den überlieferten Bestand und Zustand in einem relativ kurzen Zeitaufwand übersichtsweise zu erfassen. Aus den Erkenntnissen dieser ersten Stufe leitet sich je nach den Ergebnissen die weitere Vorgehensweise auf Stufe 2 ab, in der vertiefende Untersuchungen notwendig werden bzw. dringende konservatorische Maßnahmen zu setzen sind.³

Die flächendeckende Umsetzung des Projektes in die Praxis wurde in Zusammenarbeit mit freischaffenden Restauratoren und Restauratorinnen in einem Pilotprojekt entwickelt.⁴ Begonnen wurde im Bundesland Kärnten, das über einen reichen Bestand an Wandmalereien verfügt. In geschätzten 500 Kirchengebäuden befinden sich in der Regel mehrere mittelalterliche Wandbilder. Die Kriterien für die Auswahl der Objekte bestanden in der vorliegenden Schadensdynamik und

der Bedeutung der Wandmalereien sowie auch in der topografischen Lage innerhalb eines handhabbaren Aktionsradius. Aufgrund verschiedener Bildgattungen, wie Einzelbilder, Bilderzyklen oder ganze Wandmalereiausstattungen, handelte es sich um unterschiedlich große zu untersuchende Wandflächen. Um die Anzahl der zu untersuchenden Wandbilder in der eher knapp bemessenen Zeit auch umsetzen zu können, bedurfte es einer guten Organisation. Die praktischen Herausforderungen, die sich erst im Laufe des Projektes zeigten, waren beispielsweise eine befahrbare Zufahrt zu den Kirchen, das Vorhandensein von Strom sowie die Möglichkeit, ein fahrbares Gerüst aufzustellen. Neben den allgemeinen organisatorischen Vorbereitungen wurde ein besonderes Augenmerk auf die Recherche der Berichte zu früheren Restaurierungen und zu älteren Fotoaufnahmen der Wandbilder gelegt. Gemäß der ersten Intensitätsstufe des Leitfadens erfolgte eine allgemeine Beschreibung des Bauwerks sowie die Untersuchung hinsichtlich Bestand und Zustand. Die Ergebnisse wurden anschließend in einem Untersuchungsbericht dargestellt, dessen inhaltliche Struktur jenem des Leitfadens entsprach. Von jedem einzelnen Wandbild wurde anhand eines Ampelsystems der Dringlichkeitsgrad für Notsicherungsmaßnahmen in einem Prioritätenblatt festgestellt. Folgende Unterteilungen wurden dabei vorgenommen: Rot – unmittelbare Gefahr an Substanzverlust, Orange – dringender Handlungsbedarf, Gelb – mäßiger Handlungsbedarf und Grün – kein Handlungsbedarf. Wenn also ein Wandbild entweder mit Rot oder Orange eingestuft wurde, bedeutete dies, dass hier aus konservatorischer Sicht ein dringender Handlungsbedarf bestand. Die notwendigen Maßnahmen wurden in dem Prioritätenblatt zusätzlich aufgelistet und eine ungefähre Schätzung des zeitlichen Arbeitsaufwandes angegeben. Wenn das Schadensbild durch die rein visuelle restauratorische Untersuchung weitestgehend abgeklärt werden konnte und der zeitliche Arbeitsaufwand überschaubar war, wurden die Notsicherungsmaßnahmen bereits im Rahmen der Untersuchung durchgeführt.

Auf der Basis des Pilotprojektes konnten in den Jahren 2014 bis 2016 in Kärnten insgesamt mehr als 140 mittelalterliche Wandbilder in 38 sakralen Objekten (Kirchen, Karner, Friedhofsportale) untersucht werden, wobei im Durchschnitt pro Gebäude mit ca. 10 Arbeitsstunden kalkuliert wurde. Ein dringender Handlungsbedarf mit geschätzten 1.500 Arbeitsstunden bestand an 46 Wandmalereien (13 rot und 33 orange), die übrigen befanden sich in einem konservatorisch stabilen Zustand. Der Stundenaufwand für konservatorische Maßnahmen pro Objekt lag dabei zwischen 4 und 290 Arbeitsstunden. Die Angabe des ungefähren Zeitaufwandes erfolgte deshalb, damit die Restauratoren bei einer späteren Ausschreibung der restauratorischen Notsicherungsarbeiten nicht jedes einzelne Objekt selbst aufsuchen müssen. Bei der großen Objek-



Abb. 1: Alttestamentarische Szenen an der Nordwand der Vorhalle im Gurker Dom. Aufnahme um 1944.

tanzahl würde dies nämlich bereits für die Anbotlegung einen beträchtlichen Zeitaufwand bedeuten. Im Zuge der Diskussion um die notwendigen konservatorischen Maßnahmen entstand bei manchen Objekten der Wunsch von Seiten der Kirchengenehmiger und Pfarren, auch weiterführende ästhetische Verbesserungsmaßnahmen durchzuführen. In ausgewählten Fällen, wie beispielsweise am Wandmalereizyklus der Nordwand in der Pfarrkirche St. Peter in Holz, erfolgten nach der Zustandserhebung 2014 und nach den konservatorischen Notwendigkeitsmaßnahmen 2015 schließlich im darauffolgenden Jahr noch weitere Reinigungs- und Retuschemaßnahmen.⁵ Es kann insgesamt wohl als ein positives Ergebnis interpretiert werden, dass von den 140 bisher untersuchten Wandbildern in Kärnten mehr als zwei Drittel in einem konservatorisch stabilen Zustand sind. Die Herausforderung besteht jedoch zunehmend darin, die als akut gefährdet eingestuft Wandbilder konservatorisch zu versorgen.⁶

Die Wandmalerei zählt zu den am meisten gefährdeten Kunstgattungen in der Denkmalpflege. Ihre ehemals intensive Farbgebung ist aufgrund ihrer wechselhaften Geschichte in der Folge von Übermalungen, unsachgemäßen Freilegungen oder Entrestaurierungen häufig nur mehr fragmentarisch oder reduziert erhalten. Im Rahmen des Projektes stellte die Beurteilung von Schadensentwicklungen ein wichtiges Kriterium in der restauratorischen Einschätzung des Erhaltungszustandes dar.

Anhand von Fotografien können frühere Zustände der Wandbilder überprüft und damit in einen zeitlichen Kontext mit dem Istzustand gestellt werden. Das Beispiel der gotischen Wandmalereien in der Vorhalle des Gurker Doms in Kärnten zeigt, wie essentiell der Vergleich mit älteren Fotos für denkmalpflegerische Entscheidungen sein kann. Der bedeutende Wandmalereizyklus aus der Zeit um 1340 wurde im Rahmen des sogenannten „Führerauftrags Farbfotografie“ um 1944 fotografisch dokumentiert. Eine Farbfotografie von einer mittelalterlichen Wandmalerei stellte zu dieser Zeit eher eine Seltenheit dar. Im Vergleich des damaligen Zustands mit dem heutigen konnte ein eindeutiger Verlust von Malereisubstanz festgestellt werden (Abb. 1). Aufsteigende Feuchtigkeit im Mauerwerk in Ver-



Abb. 2: Darstellung von 3 Aposteln, Apsis der FK St. Helena am Wieserberg. Aufnahme Lala Aufsberg, vor 1942.

bindung mit Salzen, ein in den Sommermonaten früher fast immer offen stehendes Eingangstor und die damit einhergehenden Klimabelastungen stellten die Schadensursachen dar. Aufgrund mehrjähriger Klimamessungen konnten Tagesgänge mit Schwankungen von bis zu 60% der relativen Luftfeuchtigkeit und 10°C der Raumtemperatur dokumentiert werden.⁷ Die zu hohen Klimaschwankungen und die seit den 1940er Jahren



Abb. 3: Darstellung von 3 Aposteln, Apsis der FK St. Helena am Wieserberg. Aufnahme von Irene Dworak 2016.



Abb. 4: Detail aus der Georgslegende an der Nordwand der FK Hl. Georg in Gerlamoos. Aufnahme 2016.

erheblichen Substanzverluste an den Wandmalereien waren zusätzliche Argumente dafür, dass sich die Pfarre sowie die Diözese dazu entschieden, eine neue Zugangssituation für die täglichen Besucher zu schaffen. Das Eingangstor in der Vorhalle wird jetzt nur mehr bei größeren kirchlichen Anlässen geöffnet und ist die meiste Zeit geschlossen, was zu einer erheblichen Verbesserung der klimatischen Bedingungen führte.

Kleinbilddias in Farbe wurden im Denkmalamt bereits seit den 1940er Jahren erstellt. Aufgrund der hohen Kosten für die Entwicklung sowie für Abbildungen in Publikationen wurden die meisten Fotos jedoch in Schwarz-Weiß angefertigt. Hinsichtlich der erhaltenen Farbigkeit an den Wandbildern können diese Fotos aufgrund ihrer unterschiedlichen Grauwertabstufungen oder verschiedenen Kontrast- und Helligkeitsnuancen nur bedingt für einen Vergleich herangezogen werden. In anderen Fällen können diese Schwarz-Weiß-Fotos dennoch hilfreich sein, wie das Beispiel der frühgotischen Wandmalereiausstattung um 1293 aus der Fialkirche St. Helena am Wieserberg in Kärnten zeigt. Die Kirche befindet sich auf einer im Wald liegenden Anhöhe auf 889 m Seehöhe. An den Malereien konnte ein massiver Anstieg des Schadenshorizontes im Sockelbereich aufgrund einer von Salzen und aufsteigender Feuchtigkeit induzierten Schadensdynamik nachgewiesen werden (Abb. 2 und 3). Anhand von den seit 1942 in unterschiedlichen Zeitabständen aufgenommenen Schwarz-Weiß-Fotos konnte der Schadensverlauf in Form einer immer stärker werdenden Versinterung im Sockelbereich sowie einer Zunahme an Salzbe-

lägen und Mikroorganismen an der Wandmaleroberfläche belegt werden. Diese Erkenntnisse und die Ergebnisse aus der Zustandserhebung führten in diesem Fall zu einem erweiterten Monitoringprogramm auf Stufe 2.⁸ Ein Jahr lang wurden im Innen- und Außenbereich die relative Luftfeuchtigkeit und die Temperatur gemessen sowie in zeitlichen Abständen sowohl die Oberflächenfeuchtigkeit als auch die zuvor angelegten Referenzflächen kontrolliert. Materialwissenschaftliche Analysen ergänzten diese Untersuchungen. Anhand der Ergebnisse und der erhobenen Messdaten konnte ein erheblicher Malereiverlust diagnostiziert und die Pfarre sowie die Diözese von wichtigen baulichen und restauratorischen Maßnahmen überzeugt werden. Aufgrund ihrer geographisch abgelegenen Lage und der schlechten Erreichbarkeit der Kirche stellte dieses Beispiel aus organisatorischen Gründen eine besondere Herausforderung dar.

Ein Fokus wird im Projekt auf die Auswahl von repräsentativen Referenzflächen gelegt. Die Festlegung erfolgt dabei nach der Signifikanz und Repräsentativität der vorhandenen Phänomene am Objekt. Die Kriterien sollten für den weiteren Erhaltungszustand relevant sein und bei einer späteren Nachkontrolle neuerlich erhoben werden können. Eine gute Erreichbarkeit der Referenzflächen ist daher ein wichtiger Faktor. 2014 erfolgte am gotischen Wandmalereizyklus in der Kärntner Fialkirche Hl. Georg in Gerlamoos eine Zustandserhebung⁹ (Abb. 4). Aufgrund von Sitzbänken konnte kein fahrbares Gerüst aufgestellt werden und damit nicht die ganze Wandmalereifläche

im Detail untersucht werden. Da der Wandmalereizyklus eine ganze Facette an werktechnischen Besonderheiten aufwies und eines der künstlerisch bedeutendsten mittelalterlichen Kunstwerke in Österreich darstellt, wurden in diesem Fall in der Folge eine vertiefende Untersuchung sowie konservatorische Pflegemaßnahmen durchgeführt. Zusätzlich wurden hochauflösende digitale Orthofotos mit einer Mittelformatkamera in einer Bildauflösung von 400 dpi im Maßstab 1:5 angefertigt, die als Referenzaufnahmen für spätere Nachkontrollen dienen sollen. Diese hochauflösende Gesamtaufnahme stellt jedoch eine Ausnahme dar, da die Fotos der Referenzflächen in der Regel von den Restauratoren selber gemacht werden.

Mit dem Projekt „Zustandserhebung und Monitoring an mittelalterlichen Wandmalereien“ wird die Strategie einer aktiven Bestandspflege verfolgt, die zur langfristigen Erhaltung des Kulturgutes beiträgt und im besten Fall die Mehrkosten einer umfangreichen restauratorischen Intervention einsparen sollte. Der Fokus liegt auf der Feststellung und Dokumentation des (Ist-)Zustandes und möglicher Schadensprozesse sowie auf der konservatorischen Versorgung der Wandbilder.

7.2 Pilotprojekt „Corpus der mittelalterlichen Wandmalerei_NEU“

Ein langjähriges Forschungsdesiderat wurde 2016 in Form eines Pilotprojektes wieder aufgegriffen. Sowohl in der breiten Öffentlichkeit als auch in kunstwissenschaftlichen Fachkreisen findet die mittelalterliche Wandmalerei trotz ihrer monumentalen Erscheinung oft wenig Beachtung. Im Rahmen seiner Kernaufgaben der Inventarisierung und präventiven Konservierung hat das Bundesdenkmalamt beschlossen, sich der wissenschaftlichen Erforschung und Dokumentation mit dem Projekt „Corpus der mittelalterlichen Wandmalerei_NEU“ eingehender zu widmen. In Österreich wurden bisher in den Bundesländern Wien/Niederösterreich (1983) und Steiermark (2002) Corpusbände zur mittelalterlichen Wandmalerei erarbeitet und publiziert.¹⁰ Kärnten schien sich als nächstes Bundesland in besonderem Maße anzubieten, da es einen ungewöhnlich reichen Bestand aufweist und entwicklungsgeschichtlich aufgrund der ehemals zentralen Lage an einer wichtigen Schnittstelle europäischer Wanderbewegungen zu den Nachbarländern Slowenien und Italien liegt. Eine Kirche in Kärnten besitzt meist mehrere mittelalterliche Ausstattungsphasen. Das Konzept legt ein Augenmerk auf die Kontextualisierung der malerischen Ausstattung mit Architektur und Raum und gewährleistet damit eine gesteigerte Einbeziehung der Bauforschung. Die kunst- und stilgeschichtliche sowie die ikonographische Bearbeitung soll auf die wesentlichsten Angaben fokussiert werden, die auf Charakterisierung, Einordnung und in der Folge auf Bewertung abgestellt sind. Durch die Verknüpfung mit dem Projekt der „Zustandserhebung und Monitoring an mittelalterlichen Wandmalereien“ sollen gezielte Angaben zu Werk- und Materialtechnik gewonnen werden und eine Zustandsaufnahme der Wandmalereien als Grundlage für neue Erhaltungsstrategien entstehen. Damit ist das „Corpus der mittelalterlichen Wandmalereien NEU“ wesentlich durch Interdisziplinarität und

Methodenpluralität von verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen gekennzeichnet, die darüber hinaus einen Synergieeffekt zwischen Inventarisierung und Erhaltungsstrategien bewirken soll. Aufgenommen in das Projekt werden sakrale und profane Wandmalereien vom 12. bis zur Mitte des 16. Jahrhunderts. Dabei sind der kunst- und kulturgeschichtliche Stellenwert, die werktechnischen Eigenschaften sowie der überlieferte Zustand relevante Aufnahmekriterien. Mit dem politischen Bezirk Hermagor wurde 2016 ein Pilotprojekt gestartet, in welchem 23 Kirchengebäude mit ungefähr 40 mittelalterlichen Wandmalereien dokumentiert sind. In Anbetracht des Gesamtprojektes wurden die Objekte des Bezirkes Hermagor zur wissenschaftlichen Bearbeitung in zwei Kategorien unterteilt. Kategorie A umfasst dabei jene Objekte, an denen die Baugeschichte der Kirchengebäude im Kontext zur wandgebundenen Malerei, ihrer Architekturfarbigkeit und überlieferten Innenausstattung untersucht sowie die Wandbilder kunsthistorisch und restauratorisch erforscht werden. In der Kategorie B werden die Objekte nur in einer kurzen kunstwissenschaftlichen Form bearbeitet. Damit soll eine erstmalige ganzheitliche Erfassung des umfangreichen Bestandes konzipiert werden. Fragen der Logistik, Organisation und Finanzierung stellen in diesem Zusammenhang eine besondere Herausforderung dar. Das laufende Projekt der Zustandserhebung und Monitoring wurde 2016 in das Corpusprojekt integriert. Der Untersuchung von Werktechnik und Bestand wurde dabei ein noch größeres Augenmerk verliehen.

Die Erforschung und Dokumentation von mittelalterlichen Wandbildern sowie die Erarbeitung von Erhaltungsstrategien bilden damit die Kernthemen der beiden hier vorgestellten Projekte, womit eine lange Tradition in der österreichischen Denkmalpflege fortgesetzt wird.

Literatur und Quellen

- BUNDESDENKMALAMT (Hg.) 2012
Leitfaden zu Zustandserhebung und Monitoring an Wandmalerei und Architekturoberfläche, Bundesdenkmalamt (Hg.), 2012.
- LANC 1983
ELGA LANC: Corpus der mittelalterlichen Wandmalereien Österreichs, Wien und Niederösterreich I, Wien 1983.
- LANC 2002
ELGA LANC: Corpus der mittelalterlichen Wandmalereien Österreichs, Steiermark II (Text- und Tafelband), Wien 2002.
- SAGMEISTER/VOITHOFER 2016
ALEXANDER SAGMEISTER, JOSEF VOITHOFER: Projekt Monitoring und Zustandserhebung an mittelalterlichen Wandmalereien in Kärnten – Filialkirche St. Helena am Wieserberg, GZ: BDA-60570.obj/0002-Arsenal/2016, Archiv der Abteilung für Konservierung und Restaurierung des Bundesdenkmalamtes, 2016.
- SAGMEISTER/VOITHOFER 2014
ALEXANDER SAGMEISTER, JOSEF VOITHOFER: Projekt Monitoring und Zustandserhebung an mittelalterlichen Wandmalereien in Kärnten – Filialkirche Heiliger Georg, GZ BDA-00061/sb/2014/0014-allg, Archiv der Abteilung für Konservierung und Restaurierung des Bundesdenkmalamtes, 2014.
- SANTNER 2014
MARKUS SANTNER: Ein Rückblick auf das Fachgespräch zur Wandmalerei-restaurierung in St. Georgen ob Judenburg vom 15. bis 16. September 2011. Monitoring und Dokumentation – Nachvollziehbarkeit durch Standards, in: Österreichische Zeitschrift für Kunst und Denkmalpflege LXVIII, 1/2, 2014, S. 40-45.
- SANTNER u. a. 2014
MARKUS SANTNER, RENÁTA BURSZÁN, JÖRG RIEDEL, WOLFGANG BAATZ: Die gotischen Wandmalereien in der Vorhalle des Gurker Doms. Technologie, Schäden und Klima, in: Österreichische Zeitschrift für Kunst und Denkmalpflege LXVIII, 1/2, 2014, S. 60-75.
- SANTNER 2017
MARKUS SANTNER: Zustandserhebung und Monitoring an mittelalterlichen Wandmalereien in Österreich. Leitfaden und Umsetzung in die restauratorische Praxis, in: Mathias Pfeil (Hg.), Inhalte-Projekte-Dokumentationen (Schriftenreihe des Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege 17), München 2017, S. 237-248.

Abbildungsnachweis

- Abb. 1, 2 : Fotoarchiv Hofburg, Bundesdenkmalamt.
Abb. 3, 4: Autor.

Anmerkungen

- 1 Bundesdenkmalamt (Hg.) 2012 und Santner 2017, S. 237-248.
- 2 Siehe dazu Santner 2017, S. 237-248, Santner 2014 und Santner u.a. 2014. Der Leitfaden wurde in einer interdisziplinären Arbeitsgruppe erarbeitet, die aus folgenden Personen bestand: Katja Sterflinger und Erich Mursch-Radlgruber: Universität für Bodenkultur; Wolfgang Baatz und Beate Sipek: Akademie der bildenden Künste; Johannes Weber: Universität für angewandte Kunst; Bernd Euler-Rolle und Markus Santner: Bundesdenkmalamt.
- 3 Die einzelnen Bausteine bestehen aus: Schadensdokumentation, Fotodokumentation, Feuchtemessung, Klimamessung, Probenentnahme und Kartierung.
- 4 Beteiligt waren insbesondere die beiden Restauratoren: Mag. Josef Voithofer und Mag. Alexandra Sagmeister.
- 5 Siehe dazu Santner 2017, S. 237-248.
- 6 Die Umsetzung des Projektes erfolgt in enger Kooperation mit dem Bauamt der Diözese Gurk und der Abteilung für Kärnten (BDA).
- 7 Santner u.a. 2014.
- 8 Siehe dazu Sagmeister/Voithofer 2016.
- 9 Siehe dazu Sagmeister/Voithofer 2014.
- 10 Siehe dazu LANC 1983 und LANC 2002. Restaurierung von Wandmalerei. Die Wandmalereien des 14. Jahrhunderts im Chor der St. Marienkirche in Salzwedel – ein frühes Beispiel. Unveröffentlichte Master-Thesis, Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, Fachhochschule Hildesheim/Holzminde/Göttingen, Studiengang Konservierung und Restaurierung, 2009. – Margarete Klauke: Die mittelalterlichen Wandmalereien der Dorfkirche Hohenlangenbeck. Bestands- und Zustandserfassung, Entwicklung eines Konservierungs- und Restaurierungskonzeptes. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Fachhochschule Potsdam, Studiengang Restaurierung, 2008. – Annegret Klauke/ Christin Schwarze: Die Wandmalereien in der St. Nicolaikirche in Gardelegen, Sachsen/Anhalt. Notsicherung im Rahmen der Befundicherung. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, Fachhochschule Hildesheim/Holzminde/Göttingen, Studiengang Konservierung und Restaurierung, 2006. – Marie Heyer: Die Wandmalerei „Jüngstes Gericht“ in der St. Jakobikirche zu Stendal. Untersuchung, Dokumentation sowie Erstellung eines Konservierungs- und Restaurierungskonzeptes. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Hochschule für Bildende Künste Dresden, Fachrichtung Kunsttechnologie, Konservierung und Restaurierung von Kunst- und Kulturgut, 2010.
- 8 vgl. Anmerkung 4.
- 9 Kunstharzfestigungen bzw. Überzüge u.a. in den Kirche Erleben (1959), Dankensen (1965-71), Hagen, Schernikau (1973), Buch 1968, Salzwedel, St. Marien-Tabernakelfiguren (1969;1978).

8. Erfassung, Visualisierungs- und Analysesystem zur Dokumentation mittelalterlicher Wandmalereien in Belgien: Projekte am Königlichen Institut für das Kulturerbe (Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium – Institut royal du Patrimoine artistique, KIK-IRPA, Brüssel)

Das Königliche Institut für das Kulturerbe (KIK-IRPA, Brüssel) führte zwischen 2009 und 2014 ein (internes) interdisziplinäres Forschungsprojekt zur Erfassung mittelalterlicher Wandmalereien in Belgien durch. Der erste Teil dieses Artikels befasst sich mit der Erfassung und Anlage einer systematischen digitalen Dokumentation der Objekte, während im Teil 2 dieses Beitrages die ausgewählte Methode zur graphischen Darstellung der Wandmalereien vorgestellt wird.

8.1 Erfassung und Dokumentation mittelalterlicher Wandmalereien am KIK-IRPA

Das Königliche Institut für das Kulturerbe in Brüssel ist eine wissenschaftliche föderale Institution, dessen Aufgabe die Inventarisierung, Erforschung und Konservierung des Kunst- und Kulturgutes in Belgien ist.¹ Es kann auf eine fast siebzigjährige Tätigkeit zurückblicken und ist weltweit als renommiertes Forschungsinstitut bekannt. Es besteht aus drei Abteilungen: Dokumentation, Labor und Konservierung-Restaurierung. Letztere ist in mehrere „Ateliers“ aufgeteilt, wie Malerei, Wandmalerei, Bildhauerei (Stein und Holz), Glas, Metall, Papier und Textilien. Für alle Materialien stehen somit Fachkräfte zur Verfügung, deren Wissen, Zusammenarbeit und Erfahrung auf die wesentlichen Kunstgattungen ausgerichtet sind. In jüngster Zeit wurden mehrere Projekte zur Erfassung von verschiedenen Objektgattungen² gefördert, darunter auch die mittelalterlichen Wandmalereien.

Der Bestand an Wandmalereien des Mittelalters wurde in den letzten Jahrzehnten bereits mehrfach unter verschiedenen Aspekten untersucht. Anna Bergmans erfasste den Bestand in Bezug auf die Rezeption der mittelalterlichen Wandmalereien im 19. Jahrhundert und legte in diesem Zusammenhang ein Inventar als Katalogteil an.³ Für die Region Flandern besteht eine Studie, die diesen Teil Belgiens gründlich erforschte.⁴ Dennoch hatte man trotz Publikationen (hauptsächlich Artikel) oder Universitätsstudien keinen genauen Überblick über den Bestand an mittelalterlicher Wandmalerei in Belgien, da dieser sich auch ständig durch Neuaufdeckungen verändert. Auf diese Lücke wiesen Anna Bergmans und Walter Schudel mehrmals hin.⁵ Erstere als erfahrene Kunsthistorikerin, Professorin und Mitarbeiterin am Denkmalpflegeamt in Leuven und Brüssel, zweiter als kompetenter Restaurator, der lange Jahre am KIK-IRPA tätig war und dort das Wandmalerei-Atelier von 1992 bis 2008 leitete.

8.2 Systematische Aktualisierung der Dokumentation im Forschungsprojekt 2009-2014

In der Übergangszeit zur Wiederbesetzung der Leitung dieses Ateliers wurde 2009 ein Projekt zur Erfassung der Wandmalerei gestartet. Ein weitläufiges Inventar sollte den Wandmalereibestand in Belgien zwischen 1300 und 1550 erfassen.⁶ Dazu wurden drei Spezialisten im Bereich Wandmalerei engagiert, eine Kunsthistorikerin und zwei diplomierte Restauratorinnen.⁷

Dieses Team arbeitete hauptsächlich gemeinsam vor Ort. Im Vorfeld wurde alle bereits vorliegenden Dokumentationsunterlagen, das Archiv- und Bildmaterial, im Institut selbst auffindig gemacht und erschlossen.⁸ Seit Beginn der 1950er Jahre wurden im „Wandmalerei-Atelier“ die Wandmalereibestände dokumentiert, sei es durch Berichte, Notizen, Korrespondenz, Laboranalysen, Zeichnungen oder Fotografien. Letztere sind besonders wertvolle Dokumente, da sie oft Wandmalereien betreffen, die heute in einem viel schlechteren Erhaltungszustand sind oder gar zerstört wurden. Dazu gehören auch abgetragene Wandmalereien oder Fragmente. Ab den 1970er Jahren wurden die Wandmalereien zwar ausführlicher und oft vor Ort dokumentiert, doch erst ab den 1990er Jahren beinhalten die Dossiers detaillierte Berichte, Analysen und technische Befunde, die besonders den Erhaltungszustand beschreiben.⁹

Die erste Phase des Projektes bestand daher in einer Inventarisierung der existierenden Dokumentationen im Institut einschließlich aller Fotografien und des Labormaterials aus einer Periode, die sich über ca. 60 Jahre erstreckt. Ebenfalls wurden alle bestehenden Publikationen zu den Wandmalereien aufgelistet. Dies ergab einen neuen aktualisierten Forschungsstand zu allen noch erhaltenen Wandmalereien, aber auch einen Überblick über die zerstörten, die jedoch auf irgendeine Weise dokumentiert sind. In mehr als 270 Denkmälern die sich auf über 130 Gemeinden verteilen, konnten somit Wandmalereien aus der Zeit von 1300 bis 1550 nachgewiesen werden.¹⁰

Die bestehenden Dossiers im Institut wurden aufgefrischt und neue Akten wurden angelegt.

Natürlich war es unumgänglich, eine größere Anzahl der insgesamt 270 erfassten Orte aufzusuchen, um den Bestand anhand der gefundenen Dokumentation zu überprüfen. Zu den Auswahlkriterien zur Erkundung der Gebäude gehörten:

- Unbekannte, unveröffentlichte, bedrohte Bestände
- Besonders interessante Bestände für die Kunstgeschichte
- Aktuelle Baustellen oder Vorstudien

- Immobilienprojekte
- Überprüfung eines speziellen Hinweises.

Nach dieser zeitaufwendigen Erfassung und einer Bewertung der Schäden und der daraus resultierenden Dringlichkeit der Maßnahmen, sollten die besonders bedrohten Wandmalereien die Priorität darstellen.

listische Angaben wurden von kunsthistorischer Seite gründlich bearbeitet. Die Darstellung der materialtechnischen Gegebenheiten und die genaue Untersuchung des Erhaltungszustandes kamen den Restauratorinnen zu. Sie erstellten jeweils auch ein Protokoll zu den auszuführenden Arbeiten (oft dringend notwendig), um den Erhalt des Bestandes zu sichern.

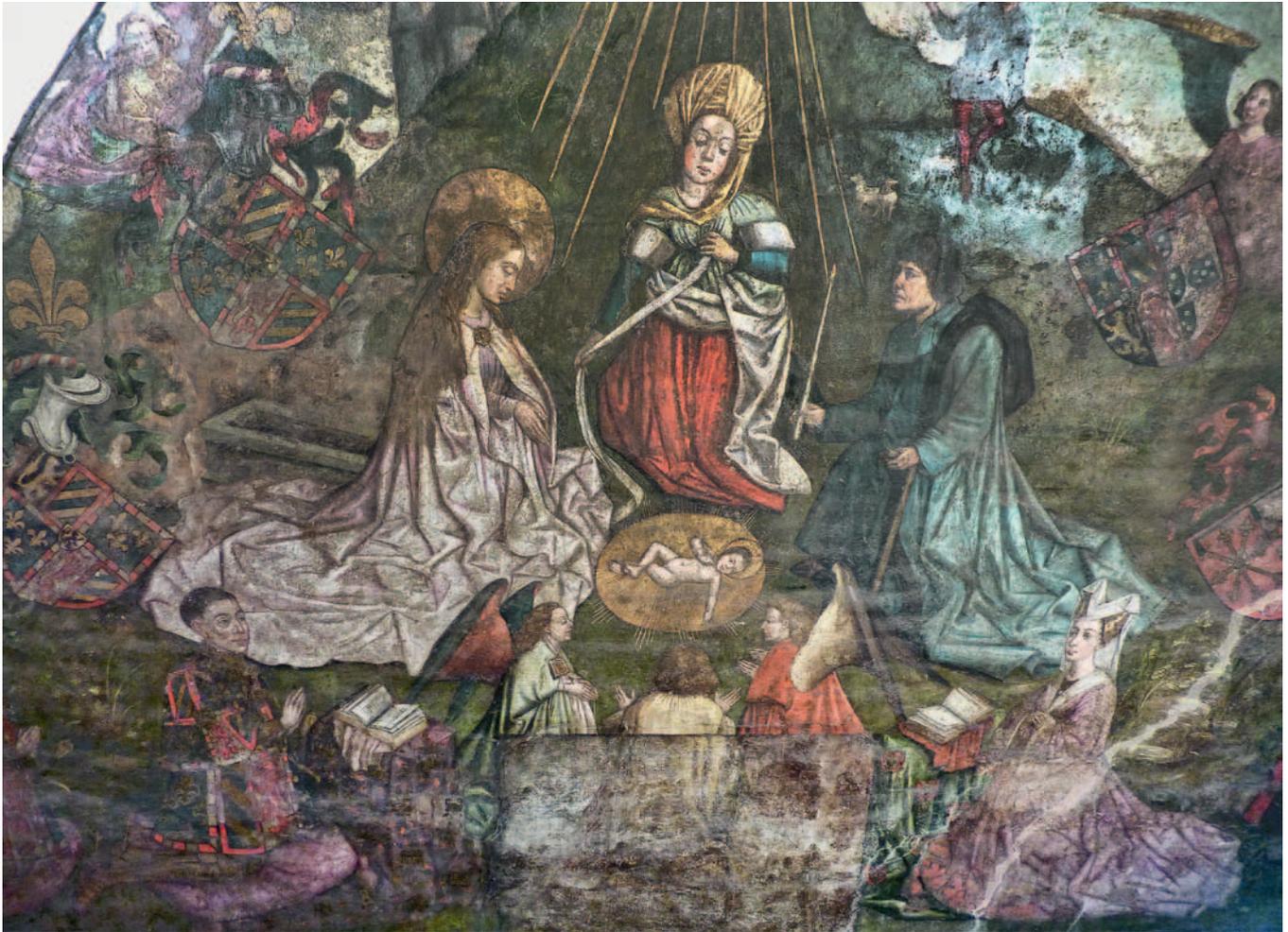


Abb. 1: Gent, ehemalige große Fleischerhalle, Geburt Christi, 1448 (nach Inschrift), Teilansicht (Foto I. Hans-Collas, 2011).

Gewisse Bestände wurden neu fotografiert, um die schwarz-weißen Aufnahmen durch digitale Farbfotos zu vervollständigen.¹¹ Alle diese Fotos sind nun über Internet zugänglich.¹²

Den Wandmalereien, deren Erhaltungszustand als kritisch bewertet wurde und den Beständen, die nicht oder unzureichend dokumentiert waren, kam besondere Aufmerksamkeit zu. Insgesamt konnten 45 Gebäude begutachtet werden und eine Auswahl von 15 Objekten, die genau untersucht, bearbeitet und neu dokumentiert wurden, wurde getroffen. Ein Formular zur einheitlichen Dokumentation der Objekte in Textform wurde entwickelt, welches die Voraussetzung für eine spätere Übernahme in eine Datenbank bietet. In einem Word-Dokument wurden alle Felder systematisch ausgefüllt: administrative Angaben, Literaturhinweise (auch unveröffentlichte), grafische und fotografische Dokumentation. Die jüngere Geschichte der Wandmalereien wurde erläutert (Aufdeckung, Freilegung, Restaurierung, etc.). Die ausführliche Beschreibung jedes Wandbildes, dessen ikonographische Besonderheiten sowie sti-

In allen Gebäuden konnte der Bestand dank eines mobilen Gerüsts aus nächster Nähe untersucht werden.

Das interdisziplinäre Team arbeitete vor Ort auch mit Fotografen sowie in gewissen Fällen mit den Vertretern der Region, der Gemeinde, dem kirchlichen Bauausschuss (der „Kirchenfabrik“ in Belgien) sowie gegebenenfalls mit den Eigentümern des Gebäudes zusammen. Zur allgemeinen Information wurde der komplette Bericht an diese Vertreter gesendet. Für jedes der 15 analysierten Objekte gibt es nun einen systematischen Erfassungsbericht und spezifische konservatorische Hinweise, die einen stabilen Zustand der Wandmalereien gewährleisten sollten.



Abb. 2: Vieuxville, ehemalige Kirche Sankt-Peter-und-Paul, durch Feuchtigkeit und Salze gefährdete Wandmalereien des 16. Jh. (um 1520-1540), Zustand 2009 (© KIK-IRPA, Brüssel, X033035, 2009).

8.3 Herausforderungen und Auswirkungen des Projektes für die Erhaltung der Wandmalereien

Es können mehrere Fallbeispiele angeführt werden, die die Arbeit vor Ort relevant erläutern. Kurz erwähnen kann man die Kirche in Gelbressée, wo das Team auf bisher unerforschte Wandmalereien im Dachstuhlbereich stieß. In der Kollegiatkirche von Nivelles konnte festgestellt werden, dass die Malschicht äußerst gefährdet ist und einer dringenden Festigung bedarf. In der Kapelle von Piétrain-Herbais bedrohen große Feuchtigkeitsprobleme den Bestand. Auch konnten die Besitzer des Schlosses in Montzen auf die dringend notwendigen Konservierungsarbeiten hingewiesen werden. Der Zustand der prächtigen Wandmalerei in der ehemaligen Großen Fleischerhalle (Groot Vleeshuis) in Gent ist ebenfalls bedenklich. Dieses monumentale Wandbild der Geburt Christi entstand laut Inschrift (übermalt) 1448 und wurde dem Genter Maler Nabur Martins zugeschrieben (Abb. 1). Es nimmt Bezug auf Modelle von Robert Campin und lässt sich in den Kreis der flämischen Buchmaler, im besonderen Jean Le Tavernier, einordnen. Die Malerei ist von herausragender Qualität und zudem ein historisches Zeugnis aus der Zeit der Herzöge von Burgund: Sie zeigt Philipp den



Abb. 3: Anthisnes, ehemalige Sankt-Maximin-Kirche, Wandmalereien im Kirchenschiff, 2.-3. Viertel des 16. Jh., Zustand 2010 (© KIK-IRPA, Brüssel, X040551, 2010).



Abb. 4: Anthisnes, ehemalige Sankt-Maximin-Kirche, Seitenschiff, heute fast völlig zerstörte Wandmalerei, 2.-3. Viertel des 16. Jh., hl. Ägidius, hl. Kornelius und Heilige, Zustand 1986 (© KIK-IRPA, Brüssel, M187875).

Guten mit seiner Gemahlin Isabella von Portugal und ihren Sohn Karl sowie Adolf von Kleve. Für ihren Erhalt sind allerdings bauliche Instandsetzungen am Gebäude selbst sowie die Zustandskontrolle und die Festigung der Malschicht nötig. Die Halle ist ein oft besuchter Ort und die heutige Präsentation der Wandmalerei ist kaum zufriedenstellend.

Aufwendiger waren die Bestandanalysen von Anthisnes und Vieuxville, wo der schlechte Erhaltungszustand eine längere Betrachtung erforderte. In der romanischen Kapelle von Vieuxville (Gemeinde Ferrières) entstand um 1520–1540 ein Wandmalereizyklus, der heute extrem unter Salzschäden leidet (Abb. 2). Mit Spezialisten der Laborabteilung des KIK-IRPA wurde nach Mitteln für die Überwachung und nach Lösungen für das Problem gesucht. Außerdem, wird mit den Vertretern der Gemeinde, dem heutigen Besitzer der Kapelle und den für die Region zuständigen Architekten diskutiert, wie die kleine Kapelle inmitten eines Friedhofs besser unterhalten und wie sie genutzt werden kann.



Abb. 5: Grabmalerei aus dem ehemaligen Minoriten Kloster in Tournai, Abrahams Schoss, 14. Jh., schlechter Erhaltungszustand der Malschicht, Salze und Mikroorganismen (© KIK-IRPA, Brüssel, X059315, 2012).

Der Bestand der ehemaligen Sankt-Maximin-Kirche in Anthisnes, auch aus dem 16. Jahrhundert, ist akut gefährdet (Abb. 3). Bereits seit 1890 wurde sie nicht mehr als Kirche genutzt. Die 1979 freigelegten Wandmalereien leiden seit vielen Jahren schon unter dem schlecht unterhaltenen Gebäude, das mittlerweile ohne Dach und Fenster eher einer Ruine gleicht. 1986 erstellte das KIK-IRPA eine Fotodokumentation, die 2010 gänzlich erneuert wurde. In der Zeitspanne sind an einigen Stellen Träger und Malschichten abgefallen (Abb. 4).

Auch hier wurde das IRPA-Team befragt, um für das Gebäude eine neue Funktion zu finden und die Vorschläge seitens des Architekten und der möglichen Investoren zu bewerten: Nutzung als öffentlicher Ort für Ausstellungen oder Konzerte bis hin zum Restaurant. Leider wurde bis heute in beiden Fällen, Vieuxville und Anthisnes, keine konkrete Lösung gefunden, sei es durch Fehlen an Initiative seitens der Gemeinde oder wegen mangelndem Budget.

Einer spezifischen Gattung der Wandmalerei – die Grabmalereien – kam ein besonderes Interesse zu. Vor allem in Flandern sind gemauerte Gräber aus dem 14. und 15. Jahrhundert erhalten, deren Innenwände vollständig ausgemalt sind. Die meisten wurden bei archäologischen Ausgrabungen entdeckt, so wie in Tournai, die zwischen 1997 und 1999 an der Grabungsstätte des ehemaligen Minoriten Klosters (quai Taille-Pierre 30) aufgefunden wurden (Abb. 5). Die Untersuchung des KIK-IRPA-Teams verlief in Zusammenarbeit mit der archäologischen Abteilung der Wallonischen Region. Diese hatte die Gräber bereits von Tournai nach Mons in ein eigens dafür geschaffenes Depot gebracht. Schon zum Zeitpunkt der Ausgrabungen und dem



Abb. 6: Ponthoz, Sankt-Hubertus-Kapelle, Gewölbemalereien, Teilansicht, um 1460 (© KIK-IRPA, Brüssel, X063154, 2013).

Abtransport war das KIK-IRPA damit beauftragt, den Zustand der Malereien zu überprüfen. 2012 konnte das Team eine genaue Kontrolle der vier Gräber durchführen und stellte den Konservierungsbedarf an Putz und Malschicht fest, und empfahl Vorgehensweisen für deren Reinigung und die Integration der Fehlstellen. Ferner ist noch zu klären, in welcher Weise diese Gräber der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden können.

Diese Beispiele zeigen die Vielfalt an Situationen und Ergebnissen. Das Inventarisierungsprojekt verfolgte von 2009 bis Beginn 2014 kontinuierlich das Ziel, auf prekäre Situationen hinzuweisen und durch Empfehlungen den Erhaltungszustand der ausgewählten Objekte zu verbessern. Zur allgemeinen Information wurde der komplette Bericht an die zuständigen Kirchenverwaltungen Gemeinden, die Regionalverwaltung und gegebenenfalls auch Privatbesitzer gesendet.

Die wesentlichen Resultate des am KIK-IRPA durchgeführten Projekts zur Erfassung der mittelalterlichen Wandmalerei Belgiens bestehen aus einem aktualisierten Forschungsstand, einer erneuerten Dokumentation und einem Überblick über die zu betreuenden Malereien im Land. Dank der nun vorliegenden Befunddokumentation und der neuen Untersuchungen vor Ort liegt für jedes Objekt ein präziser Bericht zum Erhaltungszustand und anstehenden Maßnahmen vor. In manchen Fällen konnte auf die negative Entwicklung der Schäden hingewiesen werden, die eine dringende Intervention verlangen. Das Institut wirkt auch als Berater und Vermittler zwischen den zuständigen Instanzen. Seine Fachkräfte stehen allen Personen und Institutionen der Denkmalpflege für Analysen und Expertisen zur Verfügung.

8.4 Erfassung und Untersuchung der Wandmalereien von Bois und Ponthoz

Das Projekt kam auch einer besonders interessanten Studie zugute, die den außergewöhnlichen Wandmalereibeständen von Bois und Ponthoz (Region Wallonie, Provinz Lüttich) gewidmet ist. Walter Schudel hatte sich bereits mehrere Jahre vorher mit ihnen beschäftigt und besonders in Ponthoz innovative zerstörungsfreie Analysen durchgeführt, die vor allem die Pigmentveränderungen, hauptsächlich die Verschwärzungen und die Maltechnik untersuchen sollten. Ab 2009 wurden konkret Historiker, Bauforscher, Kunsthistoriker, Restauratoren und Chemiker zu Rate gezogen, die beide Orte ausgiebig erforschten. Die Spezialisten tauschten regelmäßig ihre Ergebnisse aus, um sie später ausführlich in einer weit angelegten Publikation zu veröffentlichen.¹³ Diese stellt die erste wissenschaftliche und pluridisziplinäre Monographie für die Wandmalerei in Belgien dar.

Die Kapelle in Ponthoz zählt zu den bedeutendsten Objekten Belgiens. Ihre Wandmalereien sind seit Ende des 19. Jahrhunderts zwar bekannt, wurden aber kaum genau erforscht (Abb. 6). Einmalig ist, dass sie nie übertüncht oder restauriert wurden. Die schwer erreichbare, im Privatbesitz befindliche Kapelle, ist kaum bekannt und blieb größtenteils unerforscht. Die neue interdisziplinäre Studie konnte sich ausgiebig mit ihr befassen. Zum einen legte eine dendrochronologische



Abb. 7: XRF Messungen in der Kapelle von Ponthoz (Foto I. Hans-Colas, 2009).

Datierung den Bau in eine genaue Zeitspanne von 1457–1458. Man kann sicher davon ausgehen, dass die Wandmalereien, die das Gewölbe gänzlich schmücken, kurz danach um 1460 entstanden. Durch die vorhandenen Wappen ist der Auftraggeber bekannt. Es handelt sich um den Lütticher Kanoniker Wautier von Corswarem († 1470), einen begüterten und gelehrten Geistlichen hohen Ranges. Vieles wies darauf hin – sowohl die Wahl der Bildthemen als auch die Ausführung und die Malabfolge – dass er ein außergewöhnliches Bildprogramm ausführen ließ. Eine Verkündigung an Maria durch den Engel Gabriel mit den Propheten Isaias und David (2 Gewölbefelder) ist umgeben von zwölf weiteren Propheten (6 Gewölbefelder). Alle Figuren halten Spruchbänder mit lateinischen Inschriften, die das Thema der Inkarnation Jesu ausgiebig erläutern. Sie sind umgeben von üppigem Rankenwerk mit Früchten, die als Granatäpfel gedeutet werden konnten. Für die Früchte wurden Zinnapplikationen ausgeführt. Dank der *in situ* analysierten Pigmente und Materialien durch Röntgenfluoreszenzanalysen (XRF)¹⁴ konnte die Rolle dieser Metallaufgaben und der Bedeutungsinhalt der Malereien neu beleuchtet werden (Abb. 7). Dies erlaubte ungeahnte Rückschlüsse zum gesamten Bildprogramm. Zudem wies die qualitätsvolle Malweise, die sich in der Anordnung der Bilder, der präzisen Ausführung und der ausdrucksstarken Inkarnate zeigt, auf einen besonders talentierten Maler hin.

Bereits in den 1970er Jahren wurde darauf hingewiesen, dass die Malereien von Ponthoz stilistisch mit der Ausmalung in der romanischen Sankt-Lambertus-Kirche von Bois, einem kleinen Dorf nur wenige Kilometer von Ponthoz entfernt, verwandt sein dürften (Abb. 8). Die Wandmalereien im Chorraum wurden zwischen 1908 und 1912 vom Maler Georges De Geetere freigelegt und größtenteils restauriert, das heißt übermalt. In den 1960er Jahren und zu Beginn der 1970er Jahre wurden unter Leitung des KIK-IRPA diese Übermalungen zum Teil entfernt und die Malereien des Kirchenschiffs freigelegt und restauriert.



Abb. 8: Bois, Sankt-Lambertus-Pfarrkirche, Innenansicht (© KIK-IRPA, Brüssel, X042608, 2009).

Ab 2010 befasste Estelle De Groot sich mit den Malereien des Chorraums und erstellte eine Schadenskartierung anhand der Software *metigoMAP*®. Der als zufriedenstellend geglaubte Zustand der Wandmalereien entpuppte sich eher als beunruhigend (siehe Abschnitt 6 dieses Artikels).

Im Vergleich zu Ponthoz haben die Malereien von Bois sehr gelitten; sie sind verblasst und weisen Fehlstellen auf -zum Teil sind sie auch noch übermalt. Eine stilkritische Untersuchung war notwendig. Trotz des unterschiedlichen Erhaltungszustandes kann man Bois und Ponthoz miteinander vergleichen, sowohl was die Maltechnik als auch den Stil betrifft, ja sogar das Bildprogramm, welches hier wahrscheinlich vom Herrn von Bois initiiert wurde. Der Vergleich der Wandmalereien in beiden Kirchen bestätigte die verblüffende Ähnlichkeit in der Ausführung, so dass man auf denselben Künstler oder zumindest auf dasselbe Atelier schließen konnte und den Maler als den „Meister von Ponthoz“ benennen konnte. Die identischen Nimben, Gesichtsformen und -modellierungen, Hände, Figurenkanon, Ranken- und Blumenmotive usw. bezeugen, dass der Maler an beiden Orten tätig war (Abb. 9a und b). Aber es war schwierig ihn kunsthistorisch einzuordnen, da es an direkten Vergleichsbeispielen in Belgien selbst und in den Randgebieten mangelte. Doch dank der Recherchen in der Buchmalerei konnte ein weiterer Schritt gewagt werden. Die enge Verwandtschaft mit einer in Köln um die Jahrhundertmitte entstandenen Handschrift



Abb. 9: Vergleich der Wandmalereien von Ponthoz und Bois: identische Gesichtsformen und Modellierung, Verschwärzungen (Lippen). 9a Prophet in Ponthoz, 9b König der Anbetung der Magier in Bois (© KIK-IRPA, Brüssel, X040986, 2010; X042619, 2009).

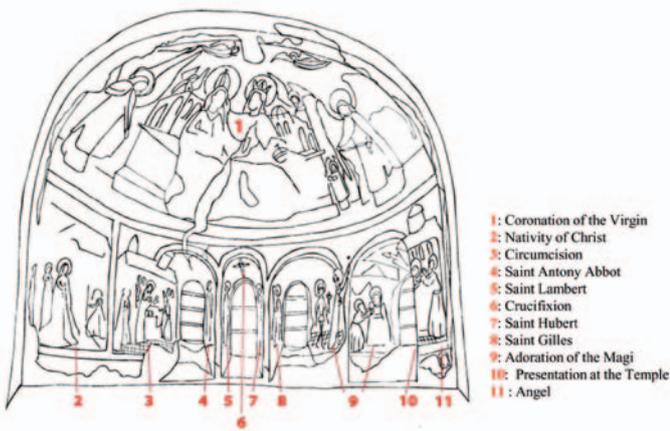


Fig. 10: Bois, Saint Lambert's Church, pictorial program of the choir, schematic line drawing (Foto E. De Grootte).

führte zu neuen Vermutungen. Die erstaunliche Übereinstimmung der Malweise, der Figuren allgemein, aber auch der Inkarnate und vielen Details mehr, war ausschlaggebend dafür, diese Miniaturen auch dem sogenannten Meister von Ponthoz zuzuschreiben. Dieser war somit als Buch- und Wandmaler tätig sowohl im Kölner wie im Lütticher Raum. Beide Städte waren miteinander verknüpft, da das Bistum Lüttich zur Erzdiözese Köln gehörte. Zudem hatte Corswarem in Köln studiert. Ein neues Beispiel polyvalenter Künstler im 15. Jahrhundert und deren Wandertätigkeit wurde somit gefunden.

Aus den zahlreichen Ergebnissen der wissenschaftlichen Untersuchung der Wandmalereien von Bois und Ponthoz gelangte das Forscherteam zu bedeutenden Erkenntnissen über Materialien, Technik, Ausführung, aber auch über Bildprogramm, Auftraggeber und Künstlerpraktiken im Mittelalter. Durch die angewandte Methode und die stimulierende Zusammenarbeit kam es zu erfolgreichen Resultaten, die ein völlig neues Licht auf zwei bisher unerforschte Wandmalereibestände werfen.

Das Königliche Institut für das Kulturerbe (Brüssel) erfüllt somit seine Aufgabe als Inventarisierungs- und Forschungsorgan Belgiens und darüber hinaus.

8.5 Graphic documentation of mural paintings

The last 20 years, and especially since the ICCROM meeting of 1999,¹⁵ graphic documentation of art works and architecture during conservation and research has gradually evolved into a central topic for discussion. At the ICCROM meeting, graphic documentation has been described as essential for maintenance and control of the state of conservation of works of art. It should be considered as a scientific tool, its main objective being to better register the information about an object. The information obtained should subsequently be processed and rendered accessible for any further analyses, and eventually the data must be converted into clear presentations.¹⁶

Nevertheless, the use of sophisticated technologies for graphic documentation is still received with mixed feelings.

Although their benefits are widely accepted, they are still considered expensive due to the initial cost of the software and time-consuming in terms of the required training. These prejudices still limit the use of digital graphic documentation systems, even at our institute.

Heritage management technologies derive their developments from different sectors like film, medical applications, space and the military field. Our current-day digital world and its easy accessibility of information and knowledge have rendered technology updates and in-service training as part of daily routine. Due to the fact that the preservation of murals is obviously related to the architecture they adorn, the generally more advanced documentation practices used by modern facilities for the conservation of the national built heritage must also be taken into account.

We gained experience in digital graphic documentation in 2013 during our study of the murals in the church of St Lambert of Bois, the goal of which was to survey the murals' problems and needs. We looked into an adequate system to simplify documentation of the murals in order to make the whole process more feasible. While this task was carried out at the institute, all problems posed by the work *in situ* were taken into account. Budgetary restrictions, however, limited the range of graphic documentation functionalities at our disposal. The results of our study were presented to our colleagues from the other conserva-

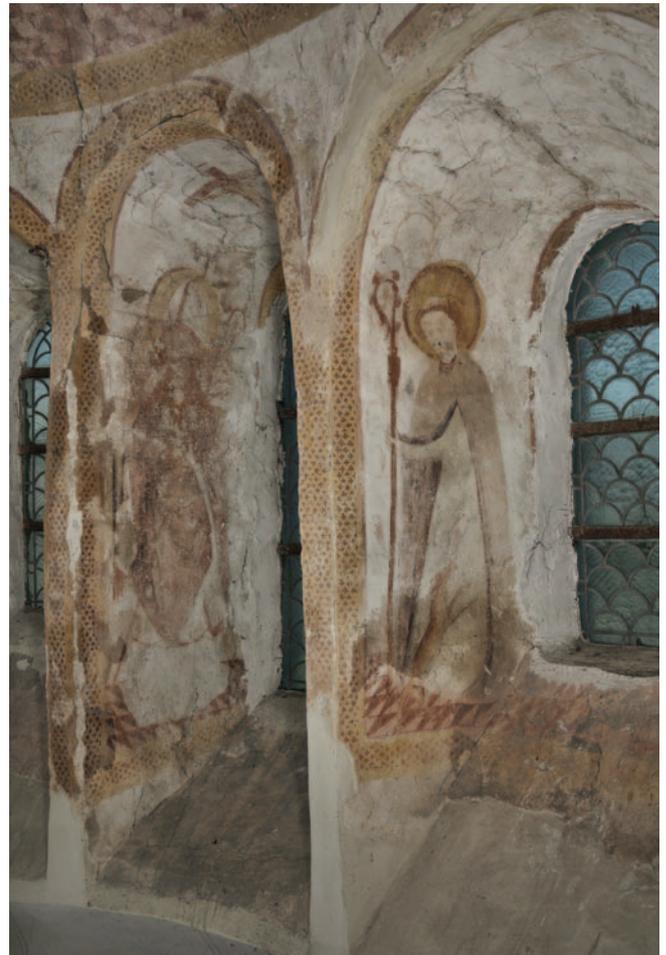


Fig. 11: Bois, Saint Lambert's Church, choir. Distorsion of the image due to perspective (© KIK-IRPA, Brussels, X042629, 2009).



Fig. 12: Bois, Saint Lambert's Church, choir. Work on site by Estelle De Groote (Foto I. Hans-Collas, 2012).



Fig. 13: Bois, Saint Lambert's Church, choir. Work on site by Estelle De Groote (Foto I. Hans-Collas, 2012).

tion studios to share experiences and strive towards a common use within our institute.

8.6 Mapping of Bois

The wall paintings of the church of St Lambert of Bois were selected as a case study for digital graphic documentation because of their damaged state of conservation as well as the difficulty they pose for on-site documentation. Photo surveys of the murals are effectively hampered by the surrounding architecture that limits accessibility (Fig. 8 and 11).

The entire interior of the church was originally painted with figurative murals. A selection of publications as well as the restoration file provided important data for a better understanding of the murals' current state of conservation. Throughout time and due to extensive restoration campaigns, much of the original materials have been neglected and the paintings were in a bad state of conservation. Regular checks for their maintenance are now mandatory.

In the context of the inventory, a full condition report of the murals has been written, but no drawings or digital graphic documentation were included. Instead the inventory sheet refers to the restoration file and its series of annotated monochrome and color photos that document the Bois murals at different times from 1907 onwards. Some pictures even show different stages of a restoration treatment. As such these photos provide important information for better understanding of the murals' material history. All information regarding the history and context of the Bois murals was taken from the inventory and was visually translated into digital mappings (Fig. 10, 12–13).

In order to comply with a general protocol for documenting the wall paintings at Bois both in a descriptive and a visual manner, the inventory sheet was adapted to suit the protocol proposed by Francesca Piqué.¹⁷

Within the vast range of techniques and possibilities, a selection had to be made that complied with the specificities of this project. Software programs with high accuracy are also generally more expensive in purchase. We needed a system that was able to register the information directly in a digital way, thereby minimizing the risk of loss of information. We invited Gunnar Siedler from the company Fokus GmbH Leipzig to give a presentation of their metigo[®]MAP software.¹⁸ After working with this software, it turned out to answer to several of our expectations (Fig. 14–16).

Some glances into the procedure:

Due to perspective distortion, the photo was skewed and had to be rectified for the mapping. In this case, a parallel rectification was chosen since straight and horizontal lines could be determined (Fig. 14). Of course it must be taken into account that this rectification doesn't solve curvatures of the surface such as a vault. To avoid a false assessment of the total area, additional calculations with other means must be undertaken.

The metigo[®]MAP software offers a vast range of colors and symbols to illustrate the deterioration, select the different zones and make a legend that can easily be imported into new projects and adapted.

The finished metigo[®]MAP documents were exported and stored as TIFF files. The software offers the ability to export different layers individually. Both for export and printing, it is important to know the destination of the documents. Depend-

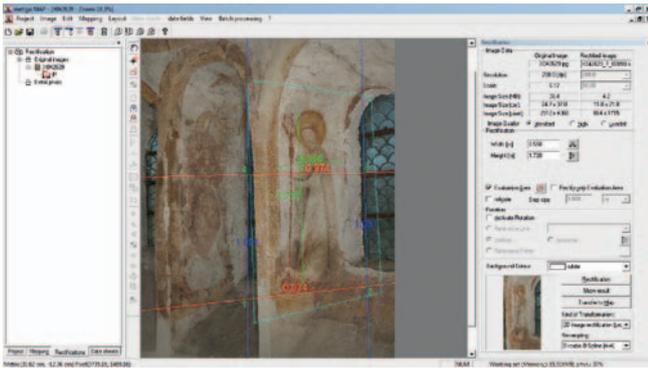


Fig. 14: Rectification can be applied in different ways depending on the image. This screenshot shows the rectification of the image of Saint Gilles. In this situation, a parallel rectification was chosen because straight and horizontal lines can be determined. Due to the perspective distortion, the original image is skewed and needs a rectification. The green vertical and horizontal lines each indicate a green number that corresponds to the actual dimensions (55 cm wide at 172 cm high). The light blue frame shows the desired selection zone in which will be worked.

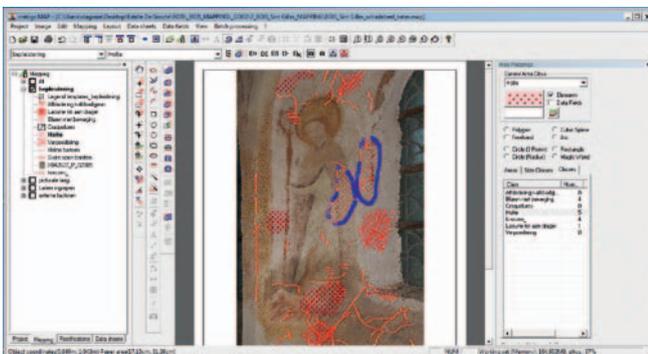


Fig. 15: The program offers a large choice of tools that makes selecting different zones easy. Each tool (polygons, rectangles, circles, loose hand, etc.) has a different feature and allows to select zones in different shapes. It is also possible to combine the shapes for the same selection.

ing on their quality, they can be exported and saved in a size and scale of choice, but often and especially for printing, the documents are reduced to the default paper sizes of A4 or A3.

Nevertheless, these documents can be stored in formats suited for archiving, which makes them reliable sources that can be referred to in the future.

8.7 Conclusion of the digital documentation

In general, we can assert that the direct digital measurement of damage has a lot of advantages:

- It works fast and any errors can be corrected immediately,
- It is more accurate due to its high resolution,
- It produces more homogeneous results because it is easier to work with in a consistent way (e.g. using the same legend templates for different projects),
- It remains flexible because the information can be adapted at any time,
- It provides instant visualization.

These different characteristics correspond to the initial objectives of graphic documentation, including accuracy and efficiency. While the price of a more efficient and user friendly

software is inevitably higher, our experiences with on-site measuring have taught us that efficiency can also make a big difference in the accuracy of the documents.

Of course it requires some time and effort to get accustomed to new software, moreover because many programs offer a range of services and capabilities that need to be filtered into specific applications for technical drawings. Knowledge is important, but its application is even more essential. An important asset, in this case, is the interest and the desire to open to new technologies and to invest in the training required to operate them.

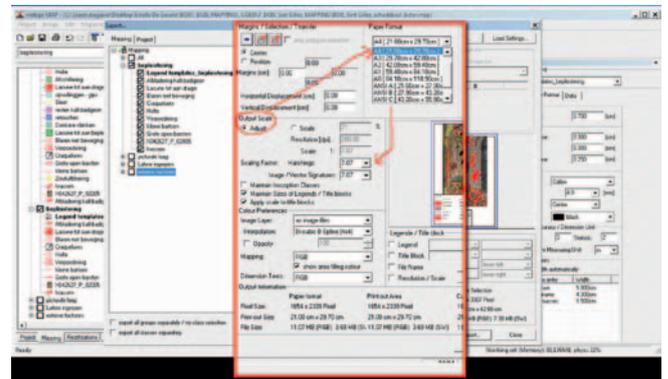


Fig. 16: All finished metigo[®]MAP documents were exported and stored under TIFF formats. The software offers the ability to export different layers individually. Both for export and printing, it is important to know the destination of the documents. The best quality and size of the document is indicated when entering the scale, but as often and especially for printing, the documents are reduced to the default print sizes of A4 or A3. This detail of the export options shows how the scale can be adjusted to the size.

Anmerkungen

- 1 Zur Geschichte, den Fachbereichen und Aufgaben des Instituts, siehe Webseite des KIK-IRPA (Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium, Institut royal du Patrimoine artistique, Royal Institute for Cultural Heritage; Jubelpark 1, B-1000 Brüssel) unter <http://www.kikirpa.be>
- 2 Darunter: Tapeten und Barockaltäre der südlichen Niederlande (siehe Online Inventare unter <http://www.kikirpa.be/EN/6/69/Documentation+en+ligne.htm?>).
- 3 Veröffentlichte Doktorarbeit: BERGMANS Anna, *Middeleeuwse muurschilderingen in de 19de eeuw. Studie en inventaris van middeleeuwse muurschilderingen in Belgische kerken*, Leuven, Universitaire Pers Leuven, KADOC, 1998; Inventar: S. 293-337.
- 4 BUYLE Marjan, BERGMANS Anna, *Middeleeuwse muurschilderingen in Vlaanderen*, Brussel, Bestuur Monumenten en Landschappen, 1994 (M & L cahier 2).
- 5 BERGMANS Anna, „Un inventaire des peintures murales médiévales d'églises en Belgique: état de la question“, in *Centre International d'Art Mural, La peinture murale de la fin du Moyen Âge: enquêtes régionales*, Tagungsband des 9. internationalen Seminars, Saint-Savin, 10.-12. März 1999, Saint-Savin (*Cahier du C.I.A.M.*, 5), 2000, S. 45-152.
BERGMANS Anna, SCHUDEL Walter, „La peinture murale en Belgique. Quel avenir pour la recherche et la restauration,“ in HANS-COLLAS Ilona (éd.), *Peintures murales. Quel avenir pour la conservation et la recherche?*, Tagungsband des internationalen Kolloquiums, Toul, 3.-5. Oktober 2002, Vendôme, Éditions du Cherche-Lune, 2007, S. 191-198.
- 6 Titel des Projektes: „Les peintures murales conservées en Belgique (1300–1550). Étude et recensement de la documentation de l'IRPA, nouvelle approche avec documentation numérique et fiches d'état sanitaire en vue d'un classement pour un plan d'intervention par priorité et approche d'histoire de l'art“. Projektträger: Myriam Serck-Dewaide, Direktorin des KIK-IRPA (bis 2011), dann Pierre-Yves Kairis (bis zum Projektende im Januar 2014).
- 7 Ilona Hans-Collas, promovierte Kunsthistorikerin (Universität Lüttich, Poitiers, Straßburg), seit 1987 im Bereich Wandmalereien tätig, hauptsächlich in Belgien und Frankreich; Marie-Hélène Ghisdal und Linda Van Dijk, diplomierte Restauratorinnen, ebenfalls mit langjähriger Erfahrung in der Wandmalerei Belgiens, aller Epochen. Tätigkeit als Teilzeitverträge.
- 8 Alle Akten des KIK-IRPA haben eine Dossiernummer und sind systematisch unter Ort, Gebäude, Intervention geordnet.
- 9 Leiter des Wandmalerei-Ateliers war Michel Savko (1956–1988) und Walter Schudel (1992–2008). Jetzige Leiterin (seit 2011) ist Estelle De Groote, diplomierte Restauratorin (Ausbildung Hochschule Artesis, Antwerpen).
- 10 Bestände in religiösen und profanen Bauten. Einige Datierungen sind ungewiss.
- 11 24 Wandmalereibestände wurden fotografiert und insgesamt fast 2000 Digitalfotos in die Fotothek eingespeichert.
- 12 Datenbank des Instituts unter <http://balat.kikirpa.be>.
- 13 HANS-COLLAS Ilona (unter Leitung von), BERGMANS Anna, COOMANS Thomas, DE GROOTE Estelle, MARCHANDISE Alain, MASSON Christophe, SCHUDEL Walter, VAN BOS Marina, mit der Beteiligung von WOUTERS Helena, *D'une même main. Peintures murales du XV^e siècle dans la principauté de Liège. Regards croisés sur la chapelle du château de Ponthoz et l'église de Bois*, Bruxelles: Institut royal du Patrimoine artistique (Série *Scientia Artis*, Band 11), 2016, 431 S. (Zusammenfassung und Inhaltsverzeichnis: <http://www.kikirpa.be/EN/116/366/Scientia+Artis.htm>).
- 14 Durchgeführt durch Marina Van Bos und Helena Wouters (Labor, KIK-IRPA). Seit den 1990er Jahren befasst sich das Institut mit dieser Art zerstörungsfreier Analyse von Farbpigmenten (Wandmalerei und Buchmalerei). In Bois und Ponthoz wurden die Analysen mit dem mobilen Artax μ -XRF Spektrometer (Bruker) ausgeführt. Es wurde von Probenahmen abgesehen.
- 15 Research Seminar, GraDoc/Graphic Documentation Systems in Mural Painting Conservation, Rome 16-20 November 1999.
- 16 LEITNER Heinz, „Visions and realities in computer-aided documentation for a private conservator: documentation is never done!“, in SCHMID Werner (ed.), *GraDoc. Graphic Documentation Systems in Mural Painting Conservation*, Rome, ICCROM, 2000, p. 107.
- 17 PIQUÉ Francesca, „A protocol for graphic documentation“, in SCHMID Werner (ed.), *GraDoc. Graphic Documentation Systems in Mural Painting Conservation*, Rome, ICCROM, 2000, p. 36.
- 18 Fokus GmbH Leipzig, metigo[®]MAP: <http://www.fokus-gmbh-leipzig.de/>

Autorenverzeichnis

Dr. Bärbel Arnold, Hans Burger, Thomas Drachenberg, Mechtild Noll-Minor
Brandenburgisches Landesamt für Denkmalpflege und Archäologisches Landesmuseum, Wünsdorfer Platz 4-5,
D – 15806 Zossen (OT Wünsdorf)
poststelle@bldam-brandenburg.de

Paul Bellendorf
Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Referat Umwelt und Kulturgüter, An der Bornau 2, D – 49090 Osnabrück
p.bellendorf@dbu.de

Ute Joksch
Hochlandstr. 55, D – 12589 Berlin
utejoksch@hotmail.com

Dr. Jan Raue
Büro für Restaurierung, Großbeerenstr. 88, D – 10963 Berlin
mail@polychromie.de

Prof. Dr. Steffen Laue
FH Potsdam, Studiengang Restaurierung, Pappelallee 8 – 9,
D – 14469 Potsdam
st.laue@fh-potsdam.de

Dr. Frank Schlütter
MPA Bremen, Paul – Feller - Straße 1, D – 28199 Bremen
schluetter@mpa-bremen.de

Dr. Martin Ziemann
Universität Potsdam, Institut für Geowissenschaften,
Karl – Liebknecht – Straße 24, Haus 27, D – 14476 Potsdam
martin.ziemann@geo.uni-potsdam.de

Sonia Cárdenas
Hagenauer Straße 15, D – 10435 Berlin
sonca@gmx.net

Torsten Arnold,
Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen – Anhalt, Richard – Wagner – Straße 9, D – 06114 Halle (Saale)
tarnold@lda.stk.sachsen-anhalt.de

Corinna Scherf
Wielandstr. 13, D – 06114 Halle (Saale)
corinnascherf@gmx.net

Dr. Markus Santner
Bundesdenkmalamt Österreich, Abteilung für Konservierung und Restaurierung, Arsenal, Objekt 15, Tor 4, A – 1030 Wien
Markus.Santner@bda.gv.at

Dr. Ilona Hans-Collas
13 avenue Gutenberg, F – 92800 Puteaux
ilona.hans-collas@laposte.net

Estelle van Grootte
Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium – Institut royal du Patrimoine artistique (KIK-IRPA), Parc du Cinquante-naire 1, B – 1000 Brüssel
estelle.degrootte@kikirpa.be