

UNESCO-Weltkulturerbe Reichenau – Interdisziplinarität als Schlüssel zu einer nachhaltigen Denkmalpflege

Die Wandmalereien in der Kirche St. Georg

Ein interdisziplinäres Team aus Denkmalpflege, Konservierungs-, Natur- und Ingenieurwissenschaften hat sich in einem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Projekt über zwei Jahre mit den Gefährdungspotenzialen für die bedeutenden Wandmalereien aus dem 10. Jahrhundert in St. Georg von Reichenau-Oberzell beschäftigt. Welchen Gefahren sind die Oberflächen durch Klimaschwankungen ausgesetzt? Was ist zu tun, wenn sowohl Salze als auch Schimmel den Bestand gefährden, wie in der Krypta von St. Georg? Lassen sich die Ursachen für Staub und Schmutzpartikel auf den Wandmalereien tatsächlich aufspüren? Welche Rolle spielt die Besucherintensität bei einer Welterbestätte? Hauptbestandteil des Forschungsprojekts war ein Klima-Monitoring und eine darauf basierende, kontrollierte Konditionierung der Raumklimaverhältnisse in Krypta und Mittelschiff als ein Beitrag zum langfristigen Erhalt der Wandmalereien. Das Projekt fand im März 2017 mit einer Fachtagung auf der Reichenau seinen Abschluss. Dazu erschien ein umfassendes Arbeitsheft des Landesamts für Denkmalpflege, in dem die wesentlichen Ergebnisse der Forschungen zusammengefasst sind.

Dörthe Jakobs

St. Georg auf der Insel Reichenau war bereits mehrfach Gegenstand von Beiträgen im Nachrichtenblatt der Landesdenkmalpflege. Der im Kern karolingische Kirchenbau birgt in seinem Inneren bedeutende Wandmalereien aus dem 10. Jahrhundert mit Wunderszenen aus dem Leben Jesu (Abb. 1; 2). Diese haben eine sehr wechselvolle Geschichte hinter sich, die im Laufe der letzten Jahrzehnte auch zunehmend konservatorische Probleme mit sich brachte. Die Wandmalereien entstanden im letzten Drittel des 10. Jahrhunderts. 400 Jahre später erfolgte im Zusammenhang mit dem Bau eines Lettners eine komplette Übermalung unter Beibehaltung des Bildprogramms. Ausschlaggebend war eine dem neuen Zeitgeschmack angepasste Gestaltung. Mehrere Überfassungen der Wandmalereien und neue Raumgestaltungen sind ab dem 16. Jahrhundert nachzuweisen. Auf die Wiederentdeckung und Freilegung der mittelalterlichen Malereien ab 1879 folgte eine Teilübermalung 1881/82. Zwischen 1906 und 1908 und nochmals 1921/22 fanden restauratorische Maßnahmen statt. Dabei wurden verschiedenste organische Materialien in den Bestand eingebracht, teils um Festigungen der Malschicht durch-

zuführen, teils um die Lesbarkeit der Wandmalereien mittels lasurartiger Übermalungen zu erhöhen.

Ein Pilotprojekt der Landesdenkmalpflege befasste sich von 1982 bis 1990 mit den Wandmalereien und ihrer Konservierung. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse fanden in einer umfassenden Dokumentation zu Bestand, Zustand und Schäden Niederschlag und dienen seither als fortschreibbare Grundlage bei jeder Auseinandersetzung mit dem Objekt. Damit waren beste Voraussetzungen für das von 2015 bis 2017 von der DBU geförderte Forschungsvorhaben gegeben.

Klimaprobleme und deren Folgen

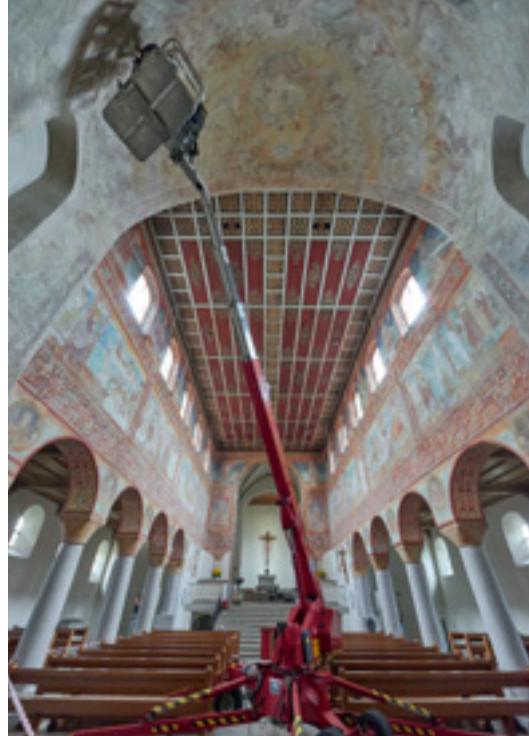
Seit Abschluss der Konservierung der Wandmalereien fanden regelmäßig Wartungen und Kontrollen statt, um auf Veränderungen am Malereibestand kurzfristig reagieren zu können. Bereits zum Zeitpunkt der Konservierungsmaßnahmen in den 1980er Jahren wurde das lokale Auftreten von dunklen Schimmelsporen beobachtet und dokumentiert. Dabei ist davon auszugehen, dass es sich nicht um ein neu aufgetretenes Phänomen han-



1 Blick auf St. Georg von Südosten bei Tagungsbeginn im März 2017.



2 Hebebühne in der Westapsis von St. Georg während einer Projektwoche im Oktober 2015.



delte, sondern dass der Befall über viele Jahre mehr oder weniger „aktiv“ war und je nach Klimasituation im Raum reagiert hat. Das starke Anwachsen des dunklen Sporenbefalls in den Jahren bis 2003 machte erneut einen Eingriff zur Abnahme des Schimmels auf der Nordwand erforderlich. Das Innenraumklima von St. Georg konnte in der Folgezeit durch flankierende Maßnahmen zwar verbessert werden (vgl. Nachrichtenblatt 3/2014), eine langfristige und vollständige Problemlösung gelang jedoch nicht.

Das DBU-Forschungsprojekt bot nun die Möglichkeit, das bereits bestehende Klima-Monitoring auszubauen und Grundlagen für eine an den verschiedenen Materialien und Schadensbildern orientierte, kontrollierte Klimakonditionierung auf den Weg zu bringen.

Auftakt zur Tagung

Die Präsentation der Untersuchungsergebnisse fand im März 2017 im Rahmen einer Fachtagung auf der Insel Reichenau in einer Tagungsstätte un-

mittelbar am See statt (Abb. 3) und stieß auf überregionales Interesse. Aufgrund der großen Nachfrage – nicht alle Anmeldungen konnten berücksichtigt werden – planen die Veranstalter nun eine konzentrierte Wiederholung der Tagung an der Universität Stuttgart am 5. Oktober 2017. Weiterhin sollen die Inhalte des Forschungsprojekts in mehreren Vorträgen auf der Insel sowohl für die Touristenführer in St. Georg als auch für interessierte Bürger präsentiert werden.

Pater Stephan Vorwerk OSB eröffnete die Tagung mit einem Grußwort und verwies auf die spirituellen Aspekte der Wandmalereien. Die Klosterinsel Reichenau sei als historische Stätte Erbe und Auftrag zugleich, vor allem aber ein Ort für ein lebendiges Miteinander. Bürgermeister Wolfgang Zoll unterstrich die Bedeutung derartiger Projekte für die Klosterinsel Reichenau. Gesicherte Erkenntnisse müssen vermittelt werden, um zukünftig als Grundlage unseres Handelns zu dienen. Frau Bettina Sutter-Peters, Baudirektorin am Erzbischöflichen Bauamt in Konstanz, betonte, wie wichtig die Zusammenarbeit der verschiedenen Akteure für alle Aspekte der Erhaltung sei.

3 Paul Bellendorf von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (Projektförderer) und Harald Garrecht, Direktor der Materialprüfungsanstalt der Universität Stuttgart (Projektpartner), während einer Tagungspause.



Was verbindet Umwelt- und Kulturgüterschutz?

Paul Bellendorf, Leiter des Referats Umwelt und Kulturgüter bei der DBU, beschäftigte die Frage „Wie lässt sich ein Vorhaben zum Erhalt der Wandmalereien in St. Georg in den Förderkanon einer Umweltstiftung einordnen?“. Die DBU wurde am 18. Juli 1990 mit einem Gesetz des Deutschen Bundestags als rechtsfähige Stiftung des bürgerlichen Rechts mit Sitz in Osnabrück gegründet. Das Stiftungsvermögen in Höhe von rund 2,5 Mio. DM stammte aus der Privatisierung der bundeseigenen Salzgitter AG. Zu den Aufgaben der DBU zählt ge-

mäß Stiftungsgesetz unter anderem die „Bewahrung und Sicherung national wertvoller Kulturgüter im Hinblick auf schädliche Umwelteinflüsse (Modellvorhaben)“. Denn nicht nur die Umwelt wird durch den Menschen negativ beeinflusst, sondern auch das (national wertvolle) Kulturgut ist durch anthropogene Einflüsse in seinem Bestand bedroht.

Seit 2016 definieren neue Leitlinien die Arbeit der DBU. Die neuen Themen basieren auf den wissenschaftlichen Erkenntnissen zu den Planetaren Grenzen sowie auf den Zielen der UNO zu nachhaltiger Entwicklung. Beide haben auch für den Kulturgüterschutz eine nicht unerhebliche Bedeutung und müssen daher bei allen Aktivitäten auf dem Gebiet des Kulturerbeerhalts berücksichtigt beziehungsweise entsprechend mitbedacht werden.

In den letzten Jahren hat sich ein eigenes, von der EU gefördertes Forschungsprojekt (Climate for Culture) mit den Folgen des Klimawandels und der Zunahme von Wetterextremereignissen befasst. Diese bedrohen nicht nur frei bewitterte Kunst- und Kulturgüter wie Gartendenkmale, sondern haben auch Auswirkungen auf das Klima in Innenräumen und betreffen somit auch den Erhalt von Wandmalereien. Es ist daher unerlässlich, dass in Zukunft sowohl bestehende als auch neue Konzepte der Konservierung und Restaurierung diese Herausforderungen berücksichtigen.

Von der DBU im Bereich des Kulturgüterschutzes geförderte Projekte zeichneten sich schon immer durch ein hohes Maß an Interdisziplinarität aus. Hier forschen Restauratoren und Denkmalpfleger gemeinsam mit Chemikern, Geologen, Bauphysikern, Archäologen oder Kunsthistorikern. Mit diesem Ansatz wurden auch schon in der Vergangenheit mehrere Projekte zum Erhalt von national bedeutenden Wandmalereien unterstützt. Allen Projekten ist gemein, dass die jeweiligen Objekte durch anthropogene Umwelteinflüsse in ihrem Bestand gefährdet waren und innovative Methoden, Verfahren oder Produkte modellhaft für eine langfristige Erhaltung entwickelt wurden.

Denkmalpflege und Wissenschaft

Claus Wolf, Präsident des Landesamts für Denkmalpflege, und Harald Garrecht, Direktor der Materialprüfungsanstalt (MPA) der Universität Stuttgart, betonten die Bedeutung von Forschungsprojekten für Denkmalpflege und Wissenschaft. Grundlagenforschung ist originäre Aufgabe der Denkmalpflege, aber nie als Selbstzweck, sondern immer als Handlungsleitfaden für die Akteure am Objekt. Dabei spielt die interdisziplinäre Herangehensweise eine große Rolle für das Verständnis von komplexen Zusammenhängen und Verfalls-



mechanismen. Bei der Erforschung dieser Zusammenhänge ist die Denkmalpflege immer auch auf die Unterstützung von Forschungsprojekten durch Drittmittel angewiesen. Für die Wissenschaft bot das Projekt die Möglichkeit, innovative Verfahren und Methoden der Materialcharakterisierung und der Zustandsanalyse am Bauwerk zu testen.

Susann Seyfert vom Landesamt für Denkmalpflege konnte in ihrem Beitrag vermitteln, dass Denkmalpflege im UNESCO-Welterbe nicht nur die hochrangigen Kulturdenkmale umfasst, sondern sich weitaus komplexer gestaltet als auf den ersten Blick erkennbar. Neben den Gebäuden veranschaulichen auch landwirtschaftliche Traditionen wie Gemüse- und Weinanbau oder Fischzucht die Geschichte der Klosterinsel (Abb. 6). In den kommenden vier Jahren wird dank einer eigens hierfür eingerichteten Stelle am Landesamt für Denkmalpflege ein Welterbemanagementplan erarbeitet. Dieser stellt ein integriertes Planungs- und Handlungskonzept zur Festlegung der Ziele und Maßnahmen dar, mit denen der Schutz, die Pflege, die Nutzung und die Entwicklung von Welterbestätten verwirklicht werden sollen.

Eine Einführung zur Vorgeschichte des DBU-Projekts war Gegenstand eines Beitrags der Autorin selbst. Erst das Wissen um die wechselvolle Geschichte von St. Georg und seiner Ausstattung ermöglicht es, die Komplexität der Problemstellung zu erfassen.

Unter dem Titel „Projektziele und offene Fragen“ setzte sich Harald Garrecht mit der Motivation für den Antrag und dessen Zielsetzung, der Entwicklung und Umsetzung einer präventiven Klimastabilisierung, auseinander. Diese dient dazu, biogenes Wachstum auf den Wandmalereien und Schäden durch physikalische und chemische Prozesse zu vermeiden. Hierzu müssen zunächst alle

4 Padua, Scrovegni-Kapelle, Wandmalerei von Giotto: Darbringung im Tempel mit plastisch ausgebildeten Nimben von Maria, Jesusknaube und Simeon.



5 Padua, Scrovegni-Kapelle: Abnahme von lose aufliegendem Staub während einer Wartung und Kontrolle der Wandmalereien.

objektspezifischen Einflüsse auf die Wandmalereien erfasst werden. Erst auf der Basis dieser Daten kann ein Klimakorridor für die einzelnen Raumteile vorgegeben werden.

Blick über den Tellerrand: Giotto in Padua

Den Projektteilnehmern war es ein Anliegen, die Präsentation der Forschungsergebnisse jeweils mit dem Blick über den Tellerrand hinaus zu verknüpfen. Daher bildete in jedem Themenblock ein Beitrag aus einer anderen Institution oder einem anderen Land den Auftakt. Francesca Capanna, Vizedirektorin des 1939 gegründeten Zentralinstituts für Restaurierung in Rom (heute ISCR, Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro), berichtete über die Erfahrungen in der von Giotto ausgemalten Scrovegni-Kapelle – 15 Jahre nach Einführung einer Klimasteuerung und Besucherlenkung. Die Besucher werden hier über einen klimatisierten Anbau in die Kapelle geführt. Das Außenklima wurde komplett vom Innenraumklima der Kapelle abgekoppelt. Die Steuerung des Klimas in der Kapelle orientiert sich an verschiedenen Parametern wie relativer Feuchte, Temperatur und Größe beziehungsweise Einfluss der Besuchergruppen. Erst nach einer etwa ein Jahr dauernden Überwachung des Klimas folgte die Restaurierung

6 Neben den Gebäuden veranschaulichen auch landwirtschaftliche Traditionen wie Gemüse- und Weinanbau oder Fischzucht die Geschichte der Klosterinsel Reichenau.

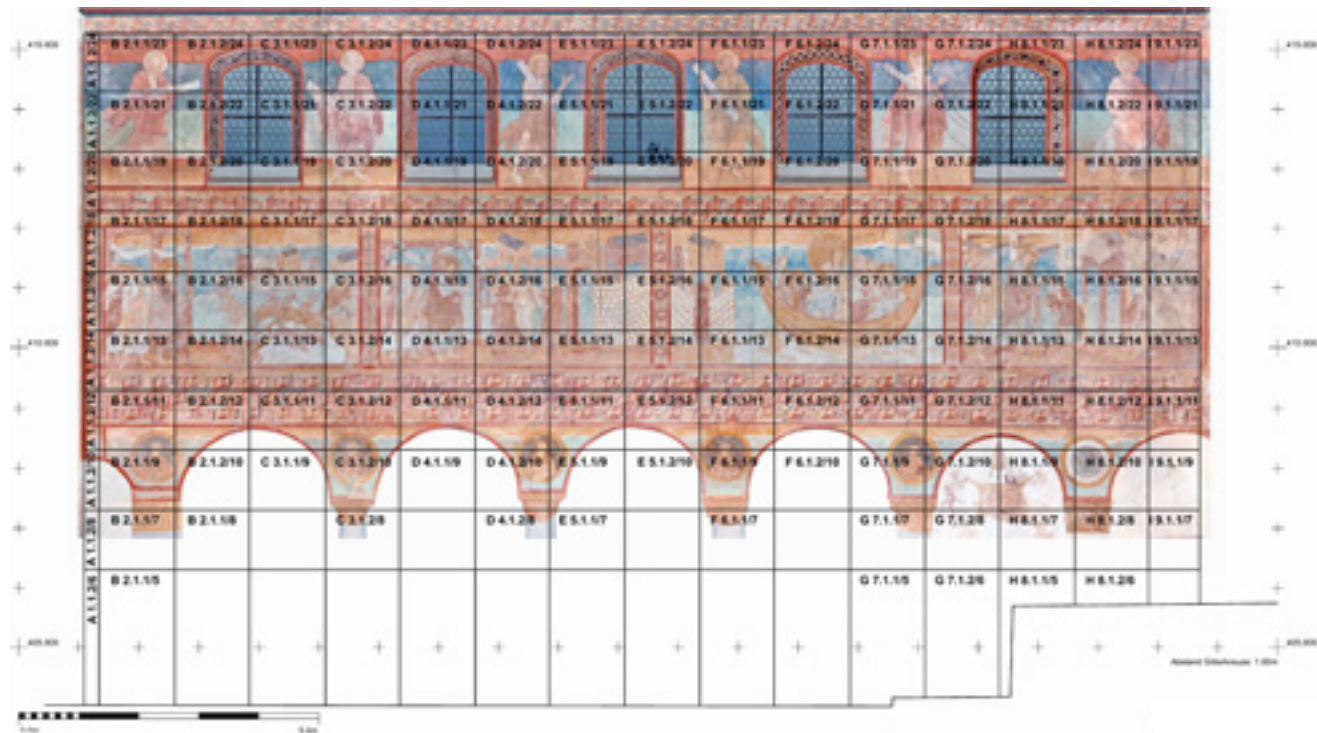


der Wandmalereien 2001/02. Die seitdem jährlich stattfindenden Wartungen beinhalten unter anderem die Abnahme von Staub im Bereich stark verschmutzter Partien der Wandmalereien (Abb. 4; 5) wie beispielsweise auf den plastisch ausgebildeten Nimben. So erfolgreich dieses Modell für Padua zu sein scheint, für St. Georg käme es in dieser Form nicht in Frage, da hier die Nutzung als Kirche auch zukünftig im Vordergrund stehen wird, während in der Scrovegni-Kapelle in Padua bereits seit Jahrzehnten nur in sehr seltenen Fällen liturgische Feiern stattfinden, ihre Nutzung also überwiegend museal ist.

Der Sprung zum Thema St. Georg gelang auf beeindruckende Weise mit der Abendveranstaltung in der Kirche selbst. Caroline Schärli vom Kunsthistorischen Seminar der Universität Basel führte die Tagungsteilnehmer in die Ikonografie der Wandmalereien ein. Anschließend brachten Roland Uhl an der Orgel und Ines Happel-Lung mit ihrer Stimme und der Flöte die Wände „zum Klingen“ und tauchten den Raum in eine ganz außergewöhnliche Stimmung.

Präsentation der Ergebnisse: Dokumentation

Im ersten Themenblock des nachfolgenden Tages präsentierte die Autorin die Dokumentation der 1980er Jahre, die in ihrer Systematik und Methodik für die damalige Zeit einzigartig war und somit Maßstäbe für zukünftige Auseinandersetzungen mit St. Georg, aber auch mit anderen Objekten festschrieb. Das digitale Zeitalter hatte noch keinen Eingang in den Alltag der Restauratoren gefunden, die Berichte wurden maschinenschriftlich verfasst, die Fotografie war analog und die Kartierungen wurden von den Folieneintragungen auf den Fotografien mittels Pantografen auf die Pläne im Maßstab 1:25 übertragen. Möglichkeiten und Grenzen der digitalen Technologie zeigte Gisbert Sacher (fokus GmbH Leipzig) auf, der als Teilnehmer am DBU-Projekt auch die Neuaufnahme der Wandmalereien und die Abwicklung der Nord- und Südwand im Maßstab 1:5 bei 300 dpi im Auf- und Streiflicht durchgeführt hat (Abb. 7; 8). Dabei ergibt sich für einen Bildpunkt eine Größe von 0,4 mm am Objekt. Diese Auflösung erlaubt das digitale Arbeiten bis zu einem Maßstab von 1:2 am Computerbildschirm ohne sichtbare Pixel. Peter Fornaro von der Universität Basel (Digital Humanities Lab) fesselte mit Einsichten zum Durchbruch der Digitalfotografie und der Revolutionierung der 3-D-Technologie, an dem seiner Meinung nach der Film „Avatar“ nicht ganz unbeteiligt war. Digitale Bilder übertreffen heute die Qualität analoger Aufnahmen in allen Belangen. Mit den neuen Möglichkeiten der Computational Photography



können dreidimensionale Oberflächen aus Fotografien berechnet und unterschiedliche Materialeigenschaften sichtbar gemacht werden. All dies hat die Welt der Dokumentation nachhaltig verändert. Die Zusammenarbeit der DBU-Projektpartner mit dem Digital Humanities Lab ermöglichte es, die Wandmalereien von St. Georg in ein laufendes Forschungsprojekt der Universität Basel einzubinden und verschiedene fotografische Verfahren zu testen (Abb. 9). Besonders zu nennen sind hier das Reflectance Transformation Imaging (RTI) und das Polynomial Texture Mapping (PTM). Wie die im Rahmen eines solchen Forschungsprojekts anfallenden Datenmengen verarbeitet und verfügbar gehalten werden, beleuchtete Judit Zöldföldi von der MPA Stuttgart. Sie hat gemeinsam mit einem ungarischen Kollegen eine Datenbank entwickelt, die ein systematisches und nachhaltiges Management der materialwissenschaftlichen Daten ermöglicht.

Material

Über die Möglichkeiten optischer Untersuchungsverfahren und materialwissenschaftlicher Analysen und welche Erkenntnisse sich für Restauratoren daraus gewinnen lassen, referierte Werner Koch von der Fachhochschule in Potsdam. Spannende Ergebnisse konnten die Projektbeteiligten Anna Schönemann (Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin) und Boaz Paz (Paz-Laboratorien für Archäometrie Bad Kreuznach) vorstellen. Dabei standen nicht nur zerstörungsfreie Untersuchungsverfahren zur Pigmentbestimmung im Fokus, sondern auch neue Erkenntnisse für die



Kunstwissenschaft. So konnte in der Krypta von St. Georg erstmals ein Pigment nachgewiesen werden, das sich aufgrund äußerer Einflüsse optisch derart verändert hat, dass es nicht mehr als brillant gelbe Farbe wahrzunehmen ist, sondern nur noch als ein hellgrauer Grundton.

Eine sorgfältige Analyse der im Mauerwerk und in den Säulen der Krypta vorhandenen leicht löslichen und bauschädlichen Salze (Abb. 11) war Voraussetzung für eine vom Verhalten dieser Materialien abhängige Klimasteuerung. Judit Zöldföldi widmete sich dieser Problematik. Ergänzend zur üblichen Laboranalytik kamen in St. Georg mehrere zerstörungsfreie in-situ-Methoden zum Einsatz, die es erlaubten, möglichst viele Informationen zu den Materialeigenschaften und den unterschiedlichsten Salzen zu erhalten.

Mikrobiologie und gefräßige Staubläuse

Einen eigenen Themenblock bildeten die Ausführungen zur Mikrobiologie. Cornelia Gehrman-Janßen, Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst, Fakultät Bauen und Erhalten,

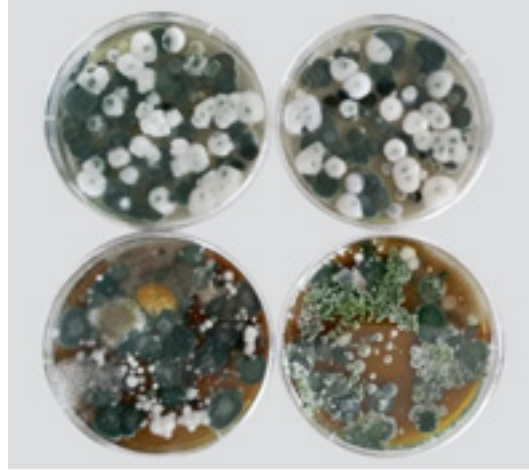
7 Im Rahmen des DBU-Projekts erstellter neuer Bildplan der Nordwand mit Übertragung der Bereichseinteilung aus der fotogrammetrischen Dokumentation des Landesdenkmalamts aus den 1980er Jahren.

8 Ausschnitt aus einem im Rahmen des DBU-Projekts erstellten neuen Bildplan der Nordwand im Streiflicht. Deutlich sichtbar die Mörtelgrenzen, die durch den Auftrag von verschiedenen Gerüstebenen aus entstehen.

9 Beispiel für die Sichtbarmachung von Rissen und Kellenspuren in den Wandmalereien (links) durch eine besondere Technik der Digitalfotografie (RTI und PTM).



10 Schimmelpilz-Isolate aus der Luftkeimmessung in St. Georg.



11 Salzausblühungen an der Ostwand der Krypta im April 2015.

12 Staubablagerungen auf den Wandmalereien von St. Georg, hier Detail unterhalb der Bildszene der Heilung des Bildgeborenen.



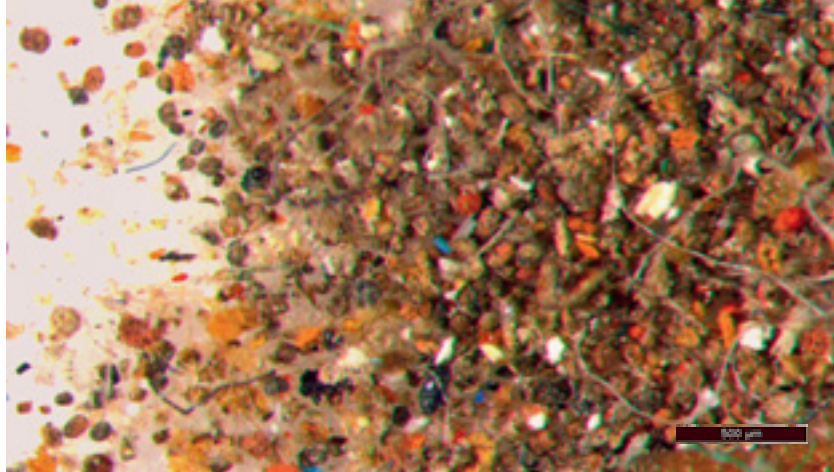
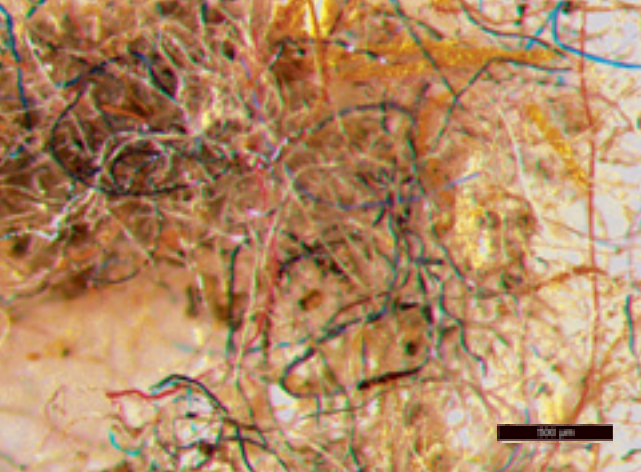
aus Hildesheim nahm sich der Gefährdung von Wandmalereien durch mikrobiellen Befall an. Sie referierte über die Möglichkeiten der Prävention und der Abtötung von Schimmel. Der konkreten Schimmelproblematik in St. Georg widmete sich die Mikrobiologin Stefanie Scheerer (Stuttgart). Dies beinhaltete sowohl die Auswertung der Untersuchungen seit den 1980er Jahren als auch eine umfassende Bestandsaufnahme sowohl der luftgetragenen mikrobiellen Belastung als auch der Oberflächenbesiedlung im Kirchenschiff und in der Krypta (Abb. 10). Im Zuge des DBU-Projekts konnten zudem Reinigungsverfahren zur Abnahme des mikrobiellen Befalls in der Krypta getestet werden. Erfreulichstes Ergebnis war die Feststellung, dass die mikrobielle Belastung in der Krypta seit Einrichtung der im DBU-Vorhaben entwickelten und umgesetzten Klimasteuerung rückläufig ist.

Welche Erkenntnisse lassen sich aus den zunehmenden Staubablagerungen (Abb. 12) auf den Wandmalereien gewinnen? Diese Frage stand bei den Untersuchungen der Materialprüfungsanstalt Stuttgart durch Jürgen Frick und Manuela Reichert sowie durch die Universität Darmstadt (Dirk Scheuven, Jean Michel Zapf) im Fokus. Aus der sehr komplexen Bewertung nur so viel: Auch die auf

den Wandmalereien liegenden Stäube sind unterschiedlich stark mit Salzen und Mikrobiologie belastet. Inwieweit von ihnen eine Gefährdung für die Malereien ausgeht, hängt maßgeblich von den klimatischen Rahmenbedingungen ab. Die Besucherfrequenz konnte im Rahmen des Forschungsprojekts nicht nur anhand der Aktionspläne der Tourist-Information abgelesen werden, sondern schlägt sich in den deutlich sichtbaren Messergebnissen zur Staubentwicklung nieder. Sichtbare Bestandteile der Stäube sind farbige Fasern (Abb. 13), die vermutlich von den Kleidungsstücken der Besucher stammen. Interessanterweise konnten auch verschiedenfarbige Pigmentpellets in den Stäuben angetroffen werden, bei denen es sich nach Analyse des Rathgen-Forschungslabors in Berlin um so genannte Kotpellets von Kleinsttieren, vermutlich von Staubläusen, handelt. Diese scheinen sich, so die bisherigen Erkenntnisse, von den Bindemitteln der Malerei des 19. Jahrhunderts zu ernähren und den nicht verdaulichen Teil, nämlich das anorganische Pulver, das als Farbmittel verwendet wurde, auszuschcheiden (Abb. 14). Dass die Tierchen das Bindemittel des 19. Jahrhunderts dem des Mittelalters vorziehen, erbrachten die Pigmentanalysen der Kotpellets, in denen die Farbmittel der jüngeren Ausmalungsphase nachgewiesen werden konnten. Stephan Weinbruch und Dirk Scheuven von der TU Darmstadt zeigten auf, zu welch spannenden Ergebnissen die Analyse einzelner Partikel kommen kann. Partikuläre Verunreinigungen können zahlreiche negative Auswirkungen auf Kunstwerke haben. Ihre Quellen zu bestimmen ist ein eigener Forschungszweig. Eine besondere Bedeutung hat dabei das Aufwirbeln von Stäuben durch Besucher.

Klima

Den letzten Themenblock bildeten verschiedene Betrachtungen zum Thema Klima. Elka Neycheva vom Institut für Werkstoffe im Bauwesen der Universität Stuttgart hat die Klimamessungen der letzten 30 Jahre von St. Georg ausgewertet, um Gefährdungspotenziale und mögliche Schädigungsprozesse analysieren und bewerten zu können. Wesentliche Erkenntnisse daraus sind ein stetiger



Anstieg der relativen Luftfeuchte im Raum seit Einrichtung der elektrisch gesteuerten Lüftungsflügel im Jahr 2004 bei gleichzeitiger Abnahme der Raumtemperatur. Große Unterschiede zeigen sich auch im Nahfeld der Wandmalereien (Nordwand gegenüber Südwand) sowie zeitweise eine massive Erwärmung der Maleroberflächen im Bereich der Sonneneinstrahlung um 8 bis 12 Kelvin (Abb. 15). Für die Bewertung einer Gefährdung der Wandmalereien entwickelte Elka Neycheva ein objektspezifisches Bewertungstool.

Welche Folgen die lokale Erwärmung einer secco-Wandmalerei für das Sorptionsverhalten und somit für Formveränderungen haben kann, zeigte Simone Reeb in ihrem Gemeinschaftsbeitrag mit Harald Garrecht, Christian Renner und Dana Ullmann vom IWB in Stuttgart anhand von Labortests auf. Dies über die Installation eines Mikroskops in Bildern erfassen zu können war leider nicht möglich, da die Schwingungen des Glockengeläuts zu starken Störungen führten.

Abschließend präsentierte Harald Garrecht das im Rahmen des DBU-Projekts weiterentwickelte und nunmehr in Betrieb befindliche Klimamesssystem (Abb. 16). Dieses ermöglicht eine sofortige Bewertung der klimabedingten Beanspruchung der Wandmalereien und erlaubt, Maßnahmen abzuleiten, die zur Raumluftverbesserung führen. Zur

Klimasteuerung werden in St. Georg der Luftwechsel über den kontrollierten Betrieb der Fenster wie auch die Wärmezufuhr genutzt. Sobald mit einer Außenluftzufuhr das Raum- und Nahfeldklima verbessert werden kann, initiiert das rechnergestützte System das Öffnen der Fenster. Verschlechtern sich die Klimaverhältnisse durch den Luftwechsel, werden die Fenster geschlossen. In der kalten Jahreszeit lässt sich das Nahfeldklima durch einen Luftwechsel nur begrenzt verbessern. In diesen Phasen kann der Kirche und der Krypta bei Bedarf kontrolliert Wärme zugeführt werden. Dadurch sinkt die relative Feuchte im Nahfeld der Wandmalereien so weit ab, dass der Gefährdung durch biogenes Wachstum, durch Salzphasenwechsel oder durch Formänderungen wirksam begegnet werden kann. Die kontrollierte Wärmezufuhr wird in der Krypta mit im Raum aufgestellten elektrischen Rippenheizrohren umgesetzt. In der Kirche wird die vorhandene Sitzbankheizung genutzt, um bei Bedarf die Nahfeldfeuchte an den Wandmalereien kontrolliert abzusenken. Grundsätzlich wird dabei die Wärmezufuhr aus Kostengründen auf das zwingend erforderliche Maß zur Abwendung von Schäden, beispielsweise zur Verhinderung von Kondensatbildung, begrenzt.

Den letzten Block der Tagung bildeten vier Themenführungen in St. Georg, die mit der Besichti-

13 Bunte Fasern aus der Staubprobe von Abb. 12.

14 Fasern und bunte Partikel aus der Staubprobe von Abb. 12. Bei den bunten Partikeln handelt es sich um Kotpellets von Kleinsttieren.

15 Sonnenwanderung auf der Nordwand von St. Georg im März 2016.

16 Monitoring zur Klimastabilisierung in der Kirche: Die einzelnen Fühler in den Bildszenen zeigen die jeweiligen Klimawerte (Temperatur, Oberflächentemperatur, relative Feuchte und Taupunkt) an, nach denen die Steuerung von Lüftung und Temperierung erfolgt.



17 Abschluss der Tagung in der Kirche St. Georg nach Führungen in verschiedenen Gruppen.

Glossar

Pantograf

Das Gerät wird auch als Storchenschnabel bezeichnet. Mechanisches Präzisionsinstrument zum Übertragen von Zeichnungen sowohl im gleichen Maßstab als auch in größerem oder kleinerem Maßstab.

Planetare Grenzen

Mit planetaren Grenzen werden die 2009 von einem 28-köpfigen Wissenschaftlerteam identifizierten Prozesse und ökologischen Grenzen beschrieben, welche das Leben auf der Erde bedrohen: Klimawandel, Verlust an Biodiversität, Eintrag von Stickstoff und Phosphor in die Biosphäre, Landnutzungsänderung, Versauerung der Ozeane, Süßwassernutzung, Abbau der stratosphärischen Ozonschicht, atmosphärische Aerosole und Eintrag neuer Stoffe wie Chemikalien, radioaktive Materialien, Nanomaterialien und Mikroplastik.

Reflectance Transformation Imaging (RTI)

Computergestützte Methode zum Fotografieren. Von einem Objekt werden mehrere Fotos mit gleicher Kameraeinstellung und variablen Beleuchtungspositionen gemacht und anschließend zu einer Polynomial Texture Map (PTM) zusammengerechnet. Im digitalen Ergebnis kann man durch Veränderung der Lichtposition das Objekt im Aufricht und allen Schräglichtvarianten sichtbar machen und mehr Informationen erhalten als bei gewöhnlichen Auf- und Streiflichtaufnahmen.



gung von Krypta und Michaelskapelle auch Stoff für Diskussionen in kleineren Gruppen ermöglichen (Abb. 17).

Fazit

Das Forschungsprojekt hatte zum Ziel, das Klima bedarfsgerecht zu konditionieren und auf ein für die Wandmalereien gefährdungsfreies Niveau zu bringen. Zahlreiche neue Erkenntnisse ergaben sich aus den unterschiedlichen Materialuntersuchungen sowie der Auswertung der seit über 30 Jahren dauernden Klimamessungen. In vielen Bereichen ist ein enormer Wissenszuwachs entstanden. Belegt werden konnte, dass die Staubablagerungen auf der Wandmalerei ein hohes Gefährdungspotenzial mit sich bringen und die Anzahl der Besucher wiederum großen Einfluss auf das Verwirbeln von Staub im Raum hat. Gleichzeitig ließ sich nachweisen, dass die 2003 durch Zwangsschließung der Türen als Klimaschleuse eingerichtete Vorhalle ihren Zweck erfüllt, indem sie einen zu schnellen Luftwechsel im Raum verhindert und das Aufwirbeln von Staub durch Zugluft bei offenstehenden Türen verringert. Dass man mit den jetzt getätigten Untersuchungen im Rahmen des DBU-Projekts nicht die Hände in den Schoß legen kann, haben die Untersuchungen ebenfalls erbracht. Im Juli 2017 fand eine einwöchige Kampagne der Projektteilnehmer statt, in der die Untersuchungen im Hinblick auf die neuen Erkenntnisse fortgesetzt wurden und eine Evaluierung der Klimasteuerung erfolgte. Dies beinhaltete unter anderem eine Überprüfung der Aktivität des mikrobiellen Befalls auf den Wandmalereien. Gegenstand der Kampagne war aber auch eine Zusammenstellung sämtlicher Handlungsanweisungen, die aus den Forschungsergebnissen resultieren. In Abstimmung mit allen Beteiligten wird auf dieser Basis ein Maßnahmenkatalog für 2018 entwickelt, von dem die dringlichsten Anforderungen umgesetzt werden sollen (wie beispielsweise ein erneuter Austausch der neuzeitlichen Sockelputze in der Krypta, die Anbringung eines UV/IR-Schutzes an

den großen Fensterflächen des Mittelschiffes und vieles mehr).

Nur ein sorgfältiger Umgang mit dem uns anvertrauten Welterbe vermag seinen langfristigen Erhalt zu sichern. Dazu gehört neben der Besucherlenkung in den Sommermonaten auch die weitere Erforschung dieses einzigartigen und hochkomplexen Kulturdenkmals mit den bedeutendsten frühmittelalterlichen Wandmalereien nördlich der Alpen.

Literatur

UNESCO-Weltkulturerbe Reichenau. Die Wandmalereien in der Kirche St. Georg. Interdisziplinarität als Schlüssel zu einer nachhaltigen Denkmalpflege. Tagungsband des DBU-Abschlusskolloquiums 22.–24. März 2017, hg. v. Dörthe Jakobs und Harald Garrecht (Arbeitsheft 33, Regierungspräsidium Stuttgart, Landesamt für Denkmalpflege), Stuttgart 2017 (mit weiterführender Literatur zu den einzelnen Forschungsschwerpunkten).

Vgl. auch Denkmalpflege in Baden-Württemberg. Nachrichtenblatt der Landesdenkmalpflege (Heft 1/2001; Heft 3/2003; Heft 1/2004; Heft 3/2014).

Praktischer Hinweis

5. Oktober 2017: Universität Stuttgart, Vaihingen: eintägige Veranstaltung zum DBU-Projekt mit Präsentationen der Ergebnisse.

23. Oktober 2017: Insel Reichenau: öffentlicher Vortrag zum DBU-Forschungsprojekt; 17 bis 19 Uhr Zusammenfassung der Ergebnisse.

Veranstaltungsdetails unter:
www.denkmalpflege-bw.de
www.mpa.uni-stuttgart.de

Dr. Dörthe Jakobs
Landesamt für Denkmalpflege
im Regierungspräsidium Stuttgart
Dienstszitz Esslingen