

## Zur Behebung der Klimaprobleme in Kirchen. Die Ausstattung im Fokus

Tagungsbericht zur interdisziplinären Denkmalpflege Tagung „Klimazone Kirche“  
der HAWK in Hildesheim im Januar 2019

Vom 16. bis 18. Januar 2019 veranstaltete das Hornemann Institut und die Fakultät Bauen und Erhalten der HAWK in Kooperation mit dem Verband der Restauratoren die interdisziplinäre Tagung "Klimazone Kirche. Präventive Konservierung der Ausstattung", zu der über 200 Fach-

Ausstattung befinden. Sie hoffen auf verstärkte Forschungsinitiativen, die praktische Lösungen für die besondere Situation der Kirchen und ihrer Ausstattung herausarbeiten, denn häufig werden Schäden von mehreren Ursachen hervorgerufen, die sich zum Teil gegenseitig bedingen oder sogar verstärken.



Das Tagungsplakat zeigt einen Ausschnitt aus dem Passionsretabel von St. Magdalenen, vormals in St. Michaelis, Hildesheim, um 1525, Trocknungsrisse und -fuge. Foto: HAWK (Salome Hunziker); Design: CI/CD Team der HAWK

leute aus Restaurierung, Denkmalpflege, Architektur, Ingenieurwesen und Bauphysik anreisten. Viele arbeiten für kirchliche Bauämter, die sich seit Jahren im Balanceakt zwischen Kirchennutzung, energieeffizientem Heizen und Erhalt der kulturhistorisch bedeutenden



Die Aula der HAWK in Hildesheim war mit den über 200 Tagungsgästen ausgebucht. Foto: HAWK (Barbara Hentschel), 2018

Die HAWK war für dieses Thema zwischen Bauphysik und Konservierung/ Restaurierung ein idealer Veranstalter, arbeiten an der Hochschule doch beide Fächer in einer Fakultät eng zusammen. Außerdem umfassen die HAWK-Restaurierungsstudiengänge als einzige in Europa gleich zwei Holz-Restaurierungsstudienrichtungen, nämlich „Gefaste Holzobjekte und Gemälde“ und „Möbel und Holzobjekte“, sowie eine ordentliche Professur und ein Labor für Mikrobiologie, die an einigen der vorgestellten Projekte maßgeblich beteiligt waren. Außerdem hat sich die Fakultät schon durch verschiedene Tagungen als guter Branchentreffpunkt für die Denkmalpflege profiliert.<sup>1</sup>

### Das Thema ist topaktuell

Die große Resonanz auf die ausgebuchte Tagung in den Medien zeigt, wie aktuell das Thema nicht nur in der Praxis der kirchlichen Denkmalpflege

ist: Denn neben dem Verlust von Bild- und Fassungsschichten, Trocknungsrisse und -fugen im Holz und der Verschmutzung der Objekte hat insbesondere Schimmelbefall an Kirchengeschmückerungen in jüngerer Zeit dramatisch zugenommen. Die Tagung widmete sich deshalb dem zentralen Thema der Wechselbeziehungen zwischen Raumklima und hölzerner Ausstattung in Sakralräumen. Denn sie betrifft das Problem in besonderem Maße: Ihre bauphysikalischen Gegebenheiten und raumklimatischen Beanspruchungen unterscheiden sich bekanntermaßen erheblich von solchen in permanent genutzten historischen Gebäuden, wie z. B. Museen. Deshalb sind Forschungen zur Erhaltung von hölzernem Inventar, das in anders genutzten historischen Gebäuden aufbewahrt wird, nur sehr bedingt übertragbar.<sup>2</sup>

Zudem zwingen steigende Energiekosten und Personalmangel viele Gemeinden zur Reduzierung bis hin zur Abschaltung der Beheizung der Kirchen, manchmal verbunden mit der Auslagerung der Gottesdienste in sog. Winterkirchen, was mancherorts zu ungünstigen Lüftungsverhalten in den Kirchen führt und langfristig auch zu Schädigungen an der Ausstattung.

Der Lösungsweg vergangener Zeiten, die nicht fest verankerte Ausstattung bei unzureichenden raumklimatischen Bedingungen zur Schadensprävention aus der Kirche zu bringen, stellt keine reelle Handlungsoption mehr dar, denn viele Kirchendepots sind klimatisch ebenfalls nicht geeignet oder leiden durch die zunehmenden Kirchenschließungen schon jetzt unter akuter Platznot. Eine solche Translozierung der oftmals auch in besonderem Maße identitätsstiftenden Innenausstattung liefe in der Regel auch den Interessen der Gemeinden zuwider, gäbe sie schlimmstenfalls langfristig der Vergessenheit anheim. Zudem ist sie mit heutiger denkmalpflegerischer Ethik nicht mehr zu vereinbaren.

### Die Forschung muss intensiviert werden

Es gibt überraschenderweise bislang keine Fachpublikation mit einer Zusammenfassung des aktuellen Forschungsstands zur präventiven Konservierung von Kirchengeschmückerungen, sondern weitgehend nur Einzeldokumente.<sup>3</sup> Seit einigen Jahren werden jedoch zahlreiche Bemühungen

unternommen, Standards zu entwickeln, und zwar auf regionaler<sup>4</sup>, bundesweiter<sup>5</sup> und auf EU-Ebene<sup>6</sup>. Wenn Kirchen im Fokus von Studien oder Tagungen zur Auswirkung des Raumklimas standen, ging es dabei bislang vor allem um das Bauwerk und die wandfeste Kirchengeschmückerung, also z. B. um Stein, Wandmalerei, Böden und Glas.<sup>7</sup>



Passionsretabel von St. Magdalenen, vormals in St. Michaelis, Hildesheim, Detail der Kreuzigung, um 1525, mit einem Trocknungsrisse in Folge von Klimaschwankungen.  
Foto: Salome Hunziker, 2018

Wegen dieses Forschungsdesiderats und der aktuellen konservatorischen Probleme konzentrierte sich die Tagung konsequent auf die präventive Konservierung der nicht fest eingebauten, weitgehend hölzernen Innenausstattung, also vor allem auf Altaraufsätze, Kanzeln, Skulpturen, Gemälde und Orgeln, die auf klimatische Veränderungen besonders empfindlich und verschieden reagieren. Beachtet werden muss dabei, dass Kirchenheizungen häufig nicht gleichmäßig im Raum verteilt sind und durch ungleichmäßige Konvektion die Wärme und Feuchteverteilung im Raum sehr unterschiedlich ist, und zudem Kunstwerke häufig keinem homogenen Raumklima unterliegen, sondern – zum Beispiel in Ecken oder an Außenwänden – besondere Mikroklimata zu berücksichtigen sind, und ihre verschiedenen Materialien unterschiedlich altern.

Dabei dürfen die Auswirkungen des Innen- und Außenklimas auf den Baukörper und auf die wandfeste Ausstattung nicht aus dem Blick

geraten, denn dabei handelt sich ja um große Flächen, die durch ihr eigenes Absorptionsverhalten den wichtigen Faktor der Raumfeuchte mitbestimmen.

Die Behebung der klimatisch bedingten Schäden, wie z. B. der Verlust von Bild- und Fassungsschichten, mikrobieller Befall, Wirkung bauschädlicher Salze oder Verschmutzung, standen indes nicht im Fokus dieser Tagung.

### Wissenstransfer in die Praxis als Ziel

Ziel der Tagung war es, den aktuellen Stand des Wissens über die bauphysikalischen Prozesse fachübergreifend und praxisorientiert zu vermitteln sowie konkrete Informationen über Mess- und Monitoring-Möglichkeiten zu geben, also letztlich den Kenntnisstand hinsichtlich des Gefährdungspotentials und der Strategien zu deren Vermeidung zu erweitern.

Mit diesen Zielen kamen Verantwortliche von aktuellen Forschungsprojekten und Best-Practice-Beispielen mit Grundlagenforscher/innen zusammen, u. a. dem Fraunhofer Institut für Bauphysik (Koordinator des EU-Projekts Climate for Culture, 2009 bis 2014)<sup>8</sup> und der Wissenschaftlich-Technischen Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. (WTA). Die Tagung konzentrierte sich auf deutsche Referent/inn/en. Dies lag zum einen daran, dass die naturwissenschaftlichen Grundlagenstudien des o. g. EU-Projekts Climate for Culture inzwischen vielfach verbreitet wurden<sup>9</sup> und die Keynote-Speaker die Ergebnisse einbrachten. Zum anderen bildeten die deutschen Fallbeispiele und Forschungsprojekte die verschiedenen Problemlagen sehr gut ab, so dass Beispiele aus anderen Gebieten mit ggf. extremeren Außenklimata und anderen Bautraditionen und Baumaterialien nicht weitergeführt hätten. Geachtet wurde auf eine große Spannbereite der Objekte, von der UNESCO-Welterbekirche zur Dorfkirche, auf Kirchen in verschiedenen Regionen Deutschlands, vorgestellt von Praktiker/inn/en der am meisten involvierten Fachrichtungen, dem Bauingenieurwesen und der Konservierung von Kulturgut.<sup>10</sup>

### Start mit der Praxis vor Ort

Die Tagung startete in den beiden Hildesheimer UNESCO Welterbekirchen Dom und St. Michaelis, u. a. mit den aktuellen Erkenntnissen aus dem Klimamonitoring der Ausstattung, erläutert durch die beiden Bauleiter der letzten großen Sanierungen, **Jürgen Götz** (St. Michaelis) und dem Diözesan- und Dombaumeister **Norbert Kessler** (Dom). Am Abend wurde in St. Michaelis die Objekt- und Restaurierungsgeschichte der romanischen Bilderdecke und das bildbasierte Verfahren zum Monitoring der Decke durch **Christoph Fiebiger, Christina Achhammer** und **Elke Behrens** vorgestellt.

Außerdem fand ein Workshop zu den grundlegenden Klima-Messtechniken durch die drei Herstellerfirmen **ClimaControl, Krah&Grote** und **Testo** statt, die ihre neuesten Messsysteme zur klimatischen Erfassung der Innenräume in dem (von den Ausmaßen einer Kirche ähnlichen) großen Tagungsraum anbrachten, um die Technik zu erläutern.



Bei den Workshops zur Klimamessung wurden die Teilnehmer angeleitet, Klimafühler anzubringen, oder in Kleingruppen informiert. Foto: HAWK (Alissa Lange)

### Förderung des Austausches

Zusätzlich zu den Gesprächen mit den Fachleuten der drei beteiligten Herstellerfirmen gaben sog. „kommunikative Mittagspausen“ Gelegenheit zu einem vertieften Gespräch mit einigen Referent/inn/en. Es gab drei parallele Gesprächszirkel:

- Kriterien bei der Auswertung der Klimadaten, mit Ralf Kilian und Ina Birkenbeul
- Schimmel an Kirchengestaltungen, mit Helene Dick und Thomas Löther
- Wie viel Mensch verträgt das Denkmal?, mit Erwin Stadlbauer und Michael von der Goltz.



Viel Zeit für Fachgespräche. Foto: HAWK (Alissa Lange)

### Tagungsband erscheint im Herbst 2019

Dank der Förderung des Niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur wird in der zweiten Jahreshälfte ein reich bebildertes Tagungsband erscheinen, das die Erkenntnisse langfristig der (Fach-) Öffentlichkeit erhalten und den wissenschaftlichen Austausch nachhaltig sichern soll.

### Zu den Vorträgen

Angesichts der schon jetzt enormen Nachfrage nach dem Tagungsband und der Tatsache, dass die Abstracts nur bedingt weiterhelfen, haben wir im Folgenden einige Essentials der Vorträge zusammengestellt und um weiterführende Literatur bzw. Links zu den Videoaufnahmen der Vorträge ergänzt.“ Die Komplexität der Thematik und der anzuwendenden Strategien darzustellen, bleibt dem Tagungsband vorbehalten.

In der Einführung in die Tagung machte **Angela Weyer** auf die Relevanz des Tagungsthemas aufmerksam und erläuterte die Konzeption der Tagung. Sie endete mit einem Zitat aus der Dissertation von Kristina Holl, die fachgerechtes Handeln in diesem Bereich sehr gut zusammenfasst: „Im Sinne der Präventiven Konservierung muss bei jeglicher Handlung im historischen Umfeld ganzheitlich gedacht werden. Damit ist gemeint, dass nicht nur das einzelne Objekt betrachtet werden sollte, sondern dass die unmittelbare Umgebung (Mikroklima), der Raum und das ganze Gebäude zusammenspielen. Umgekehrt führt eine kleine Änderung des Systems (z. B. der Einbau einer Temperierung) zur Veränderung der gesamten klimatischen Situation. Dies ist bestenfalls gewünscht und kontrollierbar. Dennoch sollten, um spätere Schäden auszuschließen, vor einer solchen Entscheidung sämtliche denkbaren Auswirkungen und Konsequenzen erwogen werden.“<sup>11</sup>

In den **drei Keynote Lectures** wurde der aktuelle Stand des Wissens zu den bauphysikalisch-bautechnischen Schadensmechanismen, den restauratorisch-denkmalpflegerischen Herausforderungen sowie zu sachgerechtem Klima-Monitoring erläutert:

In seinem Vortrag zur Bauphysik machte **Hans-Peter Leimer** auf den Faktor Mensch aufmerksam, da das Raumklima nicht allein vom Raum (Lufttemperatur, Temperatur der Umschließungsfläche, relative Luftfeuchte, Luftbewegung, Luftreinheit) abhängig sei, sondern auch vom Menschen (Aufenthaltsdauer, Anzahl, Kleidung, Aktivität).

Warme Luft kann viel, kalte Luft aber nur wenig Feuchtigkeit binden. Wassermoleküle lagern sich an Oberflächen von hygroskopischen Stoffen an. Aber jedes Material (Holz, Textil, Papier, Metall) besitzt unterschiedliche hygroskopische Eigenschaften. Bei Holz unterscheiden sich die Schwindmaße nach Holzart und nach Richtung (tangential, radial, longitudinal). Auch die Längenausdehnung ist bei Hölzern, Papier oder Leinwand etwas unterschiedlich, manche Werkstoffe haben gar keine. Wichtig sei, so Leimer, dass die jahreszeitliche Anpassung der

Innenfeuchten bedingt durch die Außenfeuchten saisonal gleitend erfolgen sollte, wie auch die jahreszeitliche Anpassung der Innentemperatur an die Außentemperatur (zulässig: 1 Kelvin/h).<sup>12</sup> Klimasimulationsberechnungen helfen bei der Bestimmung des thermischen und hygrischen Verhaltens von Gebäuden im Sommer und Winter und visualisieren die komplexen Zusammenhänge.

**Ralf Kilian** erläuterte in seinem Vortrag die verschiedenen klimatisch bedingten Schäden bei Malerei (auf Holz und Leinwand) durch Änderung der relativen Luftfeuchte, nach Temperatursturz und durch lokales Mikroklima. Als Schadensursachen und Risiken durch Klimawirkungen listete er auf:

- Hohe Luftfeuchte: Quellen, irreversible Deformation, Schimmel, Salze in Lösung
- Niedrige Luftfeuchte: Schrumpfen, Kristallisation von Salzen
- Niedrige Temperaturen (unterhalb der Glasübergangstemperatur): Versprödung / Risse
- Hohe Temperaturen: chemische und biologische Verfallsprozesse laufen schneller
- Schwankungen von Temperatur und Feuchte: mechanische Schäden an Materialien / Salze.

Nach DIN EN 15757 würde ein Zielklima folgendermaßen definiert: Messung des Klimas über mindestens 13 Monate, Bestimmung des Mittelwertes, Berechnung der 7. und 93. Perzentile sowie Berechnung des gleitenden Mittels. Klimavorgaben sollten nach den empfindlichsten Materialien gemacht werden. Forschungsbedarf sieht er vor allem bei den Schadensprozessen und der Definition, wo Klima wirklich kritisch werde.

**Simone Reeb** erläuterte in ihrer Keynote die Erwartungen an ein Klima-Monitoring, die sie in sieben Schritte unterteilte:

- Aufgaben-, Problemstellung (insb. Raumklima, witterungs- und nutzungsbedingte Einflüsse, Risikopotentiale)
- Konzeption (messtechnische Klimabereiche, Monitoringsystem, Messgrößen, Messgenauigkeit, Messung über mindestens 1 Jahr, Datenerfassung, Sensorpositionen)

- Messungen (von der Installation des Messnetzes über die Überwachung der Messung bis zur Archivierung und Visualisierung der Messdaten)
- Aufbereitung der Messdaten (Dokumentation, Darstellung der Daten)
- Bewertung der Messdaten unter Berücksichtigung der örtlichen Bedingungen wie Lüftungsverhalten und Heizbetrieb
- Empfehlungen (Handlungsanweisung, ggf. Steuerung der technischen Anlagen).

Die nachfolgenden **modellhaften Lösungsvorschläge** zeigten die Vielfalt der technischen und präventiv konservatorischen Möglichkeiten, die den jeweiligen Standortbedingungen Rechnung tragen. Wichtig war vor allem die Vermittlung des methodischen Vorgehens zur Prävention oder bei einem klimatisch bedingten Schadensfall. Dies beginnt bei der Einschaltung von entsprechenden Sachverständigen zur Ermittlung des Schadens und schließt qualifizierte Klimamessungen und deren Auswertungen inkl. Steuerung oder Handlungsempfehlung ein. Das Vorgehen mündet in konkrete Handlungsempfehlungen, wie z. B. zur Durchführung kontrollierter Raumlüftung, zur Anbringung von Lichtschutzfolien sowie zur Regulierung von Besucherströmen. Außerdem wurde auch die Wissensvermittlung an die Entscheidungsträger/innen vor Ort thematisiert, also der Umgang mit Küstern, Gemeindevorständen etc. durch persönliche Überzeugungsarbeit oder schriftliche Richtlinien zur Beheizung und Lüftung der Kirchen.<sup>13</sup>

Die Praxisbeispiele eröffnete ein Betroffener, der kirchliche Baudirektor **Werner Lemke**: Er gab einen Werkbericht zum Bestand der Ev.-Luth. Landeskirche Hannovers (ca. 7.900 Gebäude, errichtet zw. 1000 und 2018) und zu den aktuellen Herausforderungen zur Kulturgutsicherung bei rückläufigem Kirchensteueraufkommen, weniger Küstern und Sparen von Heizkosten durch die Gemeinden. Das Raumklima sei vielerorts aus konservatorischer Sicht problematisch, oftmals nicht hinreichend dokumentiert. Es fehlen z. T. gute Heizungssteuerungen und automatisierte Lüftungseinrichtungen. In 19 von 48 Kirchenkreisen konnten Wartungsverträge mit Restaurator/innen abgeschlossen werden.

2013 - und dann 2016 leicht überarbeitet – gab sein Amt eine Richtlinie „mit erklärendem Charakter“ für die Beheizung und Lüftung von Kirchen und Kapellen heraus<sup>14</sup> und 2016 eine speziell für den Umgang mit Schimmel in Orgeln. Seit kurzem werden auch Sondermittel für die Verbesserung des Raumklimas in Kirchen vergeben, u. a. für Heizungsanlagen oder für die Optimierung von Lüftungseinrichtungen und die Steuerung von Heizungs-/Lüftungsanlagen. Schließlich werden auch bauliche Maßnahmen ergriffen, z. B. für Trockenlegungen oder zur Verbesserung der Wasseraufnahmefähigkeit der inneren Bauteile, zur Verbesserung der Fensterlüftungen und zur Verringerung der Raumtemperatur bei Nutzung sowie körpernahe Beheizung.<sup>15</sup>

Am Fall der intensiv genutzten Friedenskirche in Potsdam-Sanssouci (1844-1848) beurteilte **Wulf Eckermann** die Wirksamkeit des Heizungsumbaus von 2009 im Verlauf der letzten zehn Jahre. 2009 kam es u. a. wegen Schäden am Inventar zum Umbau und der Erweiterung der Warmluft- und Kanalheizung aus den 1950er Jahren hin zu einem kontrollierten Beheizungs- und Lüftungsregime mit konservatorischen Grenzwerten, mit dem ein feuchtereguliertes Lüften unabhängig vom Heizbetrieb möglich ist. Die Grundtemperatur hat sich bewährt. Einige Nachrüstungen waren nötig, u. a. ein Dampfbefeuchter, lokale Heizquellen und eine Sonnenschutzfolie am Fenster nahe der Orgel.

**Marc Peez** stellte den Wechsel der Beratungstätigkeit der Rheinischen Denkmalpflege zur Raumklima-Problematik in den Kirchen während der letzten Jahrzehnte dar. Konzentrierte man sich beim Wiederaufbau in den 1950er Jahren noch weitgehend auf den Einbau von Heizungen und Schutzverglasungen, gab es schon in den späten 1960ern erste Mahnungen, deren „Wirkung im Voraus [zu] bedenken“ und Empfehlungen für „ungeheizte, zweckmäßig belüftete Nebenräume“. Richtlinien für die Beheizung von Kirchen wurden erarbeitet und später immer mehr differenziert. Angesichts des hohen Denkmalbestands und der verstärkten Zuständigkeiten von Küstern warb Peez u. a. für mehr Wartungsverträge, für eine Vereinfachung der existieren-

den Empfehlungen und für die Entwicklung neuer Kommunikationswege und -strategien in der Beratung. Die Aufzeichnung des Vortrags ist veröffentlicht.<sup>16</sup>

**Manfred Eisbein** referierte über die wichtigsten Maßnahmen zum Schutz des Altars und der Kanzel von Lucas Cranach d. J. (1515-1586) in der Schlosskapelle Augustusburg (erbaut 1568-72).<sup>17</sup> 2005 wurde festgestellt, dass der Hauptriss innerhalb von zehn Jahren um ca. 20 cm länger wurde, auf insgesamt 180 cm. Die jährlichen Schwankungen der Breite waren ca. 13-15 mm, weshalb die Tafel zu zerreißen drohte. Seit 2006 betreut das Institut für Diagnostik und Konservierung in Sachsen Anhalt und Sachsen (IDK) die Aufzeichnung des Raumklimas, der Holzfeuchte und der Breitenänderung. Die Messungen konnten belegen, dass allein das Gewicht und die daraus resultierende Reibung bei Quell- und Schwindprozessen des durch Anobienfraß geschädigten Bildträgers zum Zerreißen der Tafel führten. Zudem wurde deutlich, dass der gedünnte Bildträger nahezu unmittelbar auf Feuchteschwankungen reagierte. Vorwiegend nahm das zwar mit Wachs präparierte Holz rückseitig Feuchte auf, was verwunderte. Die Malschicht und der kompakte Firnis bildeten hingegen eine Barriere. Die starken Temperatur- und Luftfeuchteschwankungen im Jahreszyklus, verbunden mit der allgemeinen Klimaerwärmung machte eine Stabilisierung des Raumklimas erforderlich. Die Tafel wurde inzwischen gegenüber Klimaschwankungen gestärkt, u. a. durch Rissicherungen, eine Verstärkung der Tafel, eine Minimierung der Reibung sowie über eine Art rückseitige Klimakammer mit beweglichen Lamellen zur Klimapufferung. Das Raumklima konnte man mit Hilfe eines sommerlichen Wärmeschutzes durch Dämmung und Abkoppelung des Dachbereiches verbessern. Heute ist das Gebäude eher zu trocken. In naher Zukunft wird noch ein Fenster mit Zylinderglas (UV/ IR- Verbund-Monoscheibe) eingebaut. Die Video-Aufnahme des Vortrags ist veröffentlicht.<sup>18</sup>

**Erwin Stadlbauer** stellte die Zwischenergebnisse eines von 2017 bis 2019 laufenden interdisziplinären

nären DBU-Forschungsprojektes zur Celler Schlosskapelle vor, deren hochkarätige Ausstattung aus dem 16. und 19. Jahrhundert vor allem durch Übernutzung gefährdet ist. In den 1980er zählte man bis zu 75.000 Besucher pro Jahr, was dazu führte, dass die nur 1 cm starken Tafelgemälde auf die Veränderungen der relativen Luftfeuchtigkeit mit Quellen und Schwinden reagierten. Mikrobieller Befall führte zum Abbau der Bindemittel und Malschichtverlust. Seit 2009 trennt eine Glaswand die Benutzer ab und stabilisierte damit das Raumklima ein wenig. Nach einer Zustandserfassung 2014/16 kam es zu Sofortmaßnahmen in Form von Substanzsicherung, Licht- und Wärmeschutz (IR, UV) durch neue Vorhänge sowie Luftwechsel- und Klimakontrolle (z.B. Windfang im Besucher-raum).



Celler Schlosskapelle - Bestandserfassung und Zustandsbeschreibung der Tafel- und Leinwandgemälde durch Studierende der HAWK unter Leitung von Michael von der Goltz (HAWK) und Christina Achhammer (NLD). Foto: NLD (Christina Achhammer), 2014 im Rahmen des EFRE-Projektes zur Grundlagenermittlung.

Im Rahmen des nun laufenden Modellprojektes wurde u. a. der Bestand inkl. Schimmelentwicklung dokumentiert, das Klima kontrolliert, in Teilbereichen entfeuchtet, ein Querstromlüfter installiert und die Messsystematik erweitert. Durch Simulationen können Maßnahmen bestimmt werden, um die Grenzwerte in allen Bereichen einzuhalten.

Mit Andachten und Führungen erprobte man die Nutzung. Die Sollwerte sind zwar noch nicht abschließend festgelegt, aber Gruppenführungen mit 15-20 Personen für 30 Minuten erscheinen angemessen, zum einen zur Begrenzung der Feuchte und zum anderen, dass genügend Abstand zu den Kunstwerken eingehalten wird. Die Aufzeichnung des Vortrags ist veröffentlicht.<sup>19</sup>

**Andreas Weiß** sprach über seine Erfahrungen mit geregelter Lüftung und begleitenden Außenmaßnahmen in zwei mittelalterlichen Backsteinkirchen (Mellenthin auf Usedom, Bergen auf Rügen) in einer finanzarmen Gegend und extrem feuchtem Klima, wobei die Witterungsfeuchte in den letzten Jahren angestiegen sei.

In die Dorfkirche Mellenthin mit seiner bedeutenden Ausstattung aus dem 17. und 18. Jahrhundert (Altar, Gestühl, Beichtstuhl, Westempore, Kanzel und Gemälden) kommen täglich rund fünf Busreisegruppen, die häufig die Tür offen lassen. An einer offenen Fuge im Holz konnte man erkennen, dass es früher noch feuchter gewesen sein muss, möglicherweise verursacht durch ein kaputtes Fenster in der DDR-Zeit. Mit Schimmel gab es jedoch wenig Probleme.

Heizungseinbauten seien selten finanzierbar. Als Alternativen zur Verbesserung des Raumklimas verblieben die geregelte Belüftung und flankierende Maßnahmen: 2008/9 wurden dort die witterungsbedingten Klimaschwankungen begrenzt, u. a. durch Dachentwässerung, Verlegung des Eingangs, Türschließer, Optimierung der Luftführung und Einbau einer geregelten Lüftung, womit die relative Feuchte um 10% gesenkt werden konnte. Nachkontrolle, Wartung und der Wechsel der Sensoren seien alle zwei Jahre unbedingt nötig.

Die anschließenden drei Vorträge fokussierten auf den seit 20 Jahren verstärkt beobachteten Schimmelbefall in Kirchen:

**Thomas Löther** referierte die Ergebnisse eines jüngst abgeschlossenen, interdisziplinären Projekts zu den Wachstumsbedingungen von Schimmelpilzen in und an Orgeln, deren Ursachenzusammenhänge noch weitgehend unklar sind.<sup>20</sup> Gefördert wurde es von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) und dem Bundesinstitut für Bauwesen und Raumordnung (BBR).



Dorfkirche Mellenthin, Blick auf die Westempore aus dem 18. Jahrhundert. Foto: Zacke82, 2009, Wikipedia Commons, lizenziert unter: CC BY-SA 3.0. 9

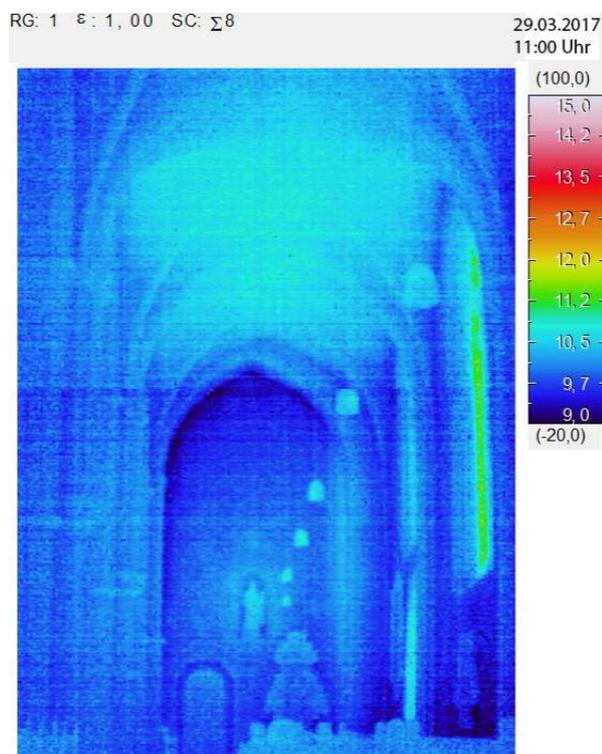
Als eine der Ursachen für den mikrobiellen Befall wird der Anstieg von Wärme und Feuchtigkeit bei geringer Zugluft angenommen. Laboranalysen des mikrobiellen Befalls und Klimauntersuchungen im Raum und in den Orgeln führten zur Abschätzung realistischer Änderungen der relativen Luftfeuchte und Temperatur, wobei mitbedacht wurde, dass es laut Deutschem Wetterdienst zukünftig wärmer und feuchter sein wird und es weniger Eis gibt. Die Senkung der Raumtemperatur hatte wenig Einfluss auf Feuchte in den Orgeln.

In einem jüngst gestarteten Folgeprojekt, gefördert von der DBU, werden u. a. folgende Eingriffsmöglichkeiten getestet: Reduktion der Oberflächenfeuchte (z. B. durch Luftbewegung, Wärmestrahlung, Temperierung), Vermeidung von Substratablagerungen sowie hemmende Beschichtungen. Die Aufzeichnung des Vortrags ist veröffentlicht.<sup>21</sup>

In der Diskussion verdeutlichte **Karin Petersen**, ordentliche Professorin für Mikrobiologie in den Restaurierungsstudiengängen der HAWK und an sechs bei der Tagung vorgestellten Best-Practice-Beispielen / -Projekten beteiligt (Braunschweig, Celle, Mellenthin, St. Achatius in Lichtenau-Atteln, Klosterkirche St. Petri in Arnsberg/Oelinghausen sowie das Orgelprojekt), dass 85% des Schimmelfalls (oft *Aspergillus glaucus*) in der Regel nicht gesundheitsschädlich sind, aber in Einzelfällen allergische Reaktionen nicht ausgeschlossen werden können. Mikroorganismen wuchsen schon bei geringer Feuchte.

**Helena Dick** stellte an zwei westfälischen Beispielen (St. Achatius in Lichtenau/Atteln, Klosterkirche St. Petri in Arnsberg/Oelinghausen) vor, wie mit Schimmelbefall erfolgreich umgegangen wurde: Nach der Diagnose folgte - die Ursachenforschung, Analysen, Untersuchungen, Klimaaufzeichnung - die fachgerechte Schimmelabnahme, Umsetzung der Maßnahmen zur Ursachenbehebung - ein Schimmel- und Klimamonitoring, Aktivitätsmessungen, Erfolgskontrolle und die - der Referentin sehr wichtige - Beratung, Aufklärung und Sensibilisierung der Verantwortlichen vor Ort. Ziel der Maßnahmen sei die dauerhafte und nachhaltige Verbesserung des Raumklimas. In St. Achatius in Lichtenau-Atteln (1712-1738) mit barockem Altar und Kanzel und eher feuchtem Raumklima wurde zur Ursachenbehebung insb. die Heizung mit neuer Regelungstechnik versehen. In der mittelalterlichen Klosterkirche St. Petri in Arnsberg/Oelinghausen wurde die Heizung mit einer Feuchtevorrangregelung ausgestattet und sowohl der barocke Hochaltar wie auch der Skulpturenzyklus an den Wänden aus dem 18. Jahrhundert konserviert.

**Marlies Dreessen** und **Jennifer Oster**, Masterstudierende der HAWK, präsentierten ihre Umfeldanalyse für zwei Gemälde, die im 19. Jahrhundert auf textilem Bildträger gemalt wurden. Sie werden auf der Empore der gotischen Katharinenkirche in Braunschweig aufbewahrt und wiesen Schimmelbefall auf. Es wurden Messungen des Klimas, der Oberflächentemperaturen an Süd- und Nordwand sowie der Luftbewegung bei verschiedenen Heizaktivitäten durchgeführt, in der Hallenkirche und auf der Empore, mit dem Ergebnis, dass die inzwischen restaurierten Gemälde nicht auf der Empore bleiben können. Die Aufnahme des Vortrags ist veröffentlicht.<sup>22</sup>



Infrarotthermografie, St. Katharinen in Braunschweig, nördliches Seitenschiff mit Blick Richtung Westen, erster Messtag, ca. 10° C, keine Heizaktivität. Foto: Marlies Dreessen, 2017

Die Tagung endete mit einem Blick in die Zukunft: **Kristina Holl** vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik forscht zu den aktuellen Möglichkeiten und Grenzen der hygrothermischen Simulation in Kunstwerken mit WUFI Pro, womit es immer besser möglich sein wird, Temperatur- und Feuchteverläufe in den einzelnen Schichten eines

Materialverbunds als Reaktion auf Klimaschwankungen darzustellen. Die Forschung basiert auf der Kombination aus In-situ-Untersuchung, Laborversuchen und hygrothermischer Simulation. Je genauer die Daten sind, desto besser kann die Interpretation sein. Probleme bereitet vor allem noch die Erfassung der Mikroklimata. Als Fallbeispiel für die Simulation diente u. a. der Hochaltar von 1630 in St. Margaretha in Roggersdorf (Lkr. Miesbach, Bayern), an dem nachvollziehbar wird, wie im Laufe von ca. fünf Jahren an intakten Oberflächen aufgrund von ungünstigen klimatischen Bedingungen Lockerungen und Substanzverlust an gefassten Holzoberflächen auftraten. Schimmel bildete sich nicht.<sup>23</sup>

Schließlich gab es noch drei kurze Beiträge zu aktuellen Projekten, die etwas außerhalb des eigentlichen Tagungsthemas lagen und deshalb separat in einem **sog. Open Space** vorgestellt wurden:

**Tina Naumović** referierte zum Schadensrisiko für die Ausstattung in ungeheizten Kirchen: In St. Bartholomä, einem Touristenmagnet am Westufer des Königssees aus dem 12. und 17. Jahrhundert, wurde 2009 auf allen Oberflächen massiver Schimmelbefall nachgewiesen, den man an den Altären und Stukkaturen abnahm. Es wurde eine „intelligente“ Lüftung umgesetzt, die das Außenklima mit seinen geringen absoluten Feuchten nutzbar macht. Außerdem wird für längere Perioden mit hoher absoluter Feuchtigkeit temporär ein Kondensationsentfeuchter eingesetzt. Jährliche ATP-/ADP Messungen erlauben Rückschlüsse auf die Wiederbesiedlung durch Schimmelkolonien. Schäden an der Ausstattung durch niedrige Temperaturen sind nicht nachgewiesen worden.

**Ruth Hauer-Buchholz** erklärte einen neuen Infrarot-Heizanstrich im Untergeschoß der Restaurierungswerkstatt des Denkmalschutzamtes in der Hamburger Speicherstadt. Es handelt sich dabei um Heizbahnen, die von Kupferbändern umrahmt sind und deren Wärmeleitfähigkeit von Kupfer und Carbonfasern herrühren. Die Erfahrungen damit sind dort sehr positiv: Das Heizsystem ist wartungsarm, bietet eine

gleichmäßige schnelle Erwärmung und eine konstante relative Luftfeuchtigkeit bei einfacher Steuerung. Es wurde auch schon in einer Kirche verbaut.

**Ekkehard Fritz** erläuterte ein relativ unbekanntes, energetisch sehr günstiges Infrarot-Folien-Heizungssystem in einem denkmalgeschützten Sandsteingebäude von 1907, das es durch seine Anwendungsmöglichkeiten an Decken, Wänden wie auch an Böden möglich machte, den bauzeitlichen Pitch Pine und Terrazzoböden sowie der Schablonendekoration an Decken auszuweichen und sie so zerstörungsfrei zu erhalten. Eine IR-Strahlungsheizquelle erwärmt zunächst sämtliche Gegenstände oder Personen im Raumumfeld und erst dann indirekt die Luft. Stromführend sind feine Silberdrähte, die mit mehreren Carbon-schichten eingebettet und ummantelt sind und gegen Elektrosmog abgeschirmt sind. Die Folie kann sich bis zu 40-50°C erwärmen und wird über IR-Dämmbahnen verlegt. In Form einer Stellwand oder kleinen Bodenplatte taugt es auch zum Wärmen eines „frierenden Restaurators in einer kalten Kirche“. Erfahrungen des Einsatzes in Kirchen liegen noch nicht vor.

Im abschließenden Schlusswort strich Angela Weyer einige Aspekte heraus:

Der **Schadensfaktor Mensch** kam darin bereits in beiden Variationen in den ersten beiden Vorträgen vor:

Hans-Peter Leimer erwähnte die Feuchte, die die Nutzer einbringen, was von Tina Naumović eindrücklich mit der Vereisung der von Touristen eingebrachten Feuchte an der Wandoberfläche in der Torbauwohnung Neuschwanstein verdeutlicht wurde. Erwin Stadlbauer brachte die Problematik mit seinem Untertitel „Wieviel Mensch verträgt das Denkmal?“ und dem Projektziel der Bestimmung der konkreten Größe und Häufigkeit von Besuchergruppen auf den Punkt.

Gleichzeitig können die Gemeinden vor Ort auch sehr zur Verbesserung beitragen, weshalb Ralf Kilian, Werner Lemke, Marc Peez und Helena Dick mit Blick auf kleiner werdende Gemeinden und sinkende Kirchensteuern auch für **gute Vermittlung** der Problematik vor Ort warben. Die Karte

der vielen Kirchen in einer kleinen Region, die Denkmäler sind, und der Hinweis von Marc Peez auf die aktuelle Belastung der weniger werdenden Küster/Mesner zeige den dringenden Bedarf nach konkreten Empfehlungen für die Gemeinden, die wohl auch vom umfangreichen sog. Mesnerheft in seiner Neubearbeitung<sup>24</sup> nicht erfüllt werden kann. Vor diesem Hintergrund scheint die Erarbeitung aktueller Empfehlungen zum Heizen und Belüften der Ev.-Landeskirche Hannovers<sup>25</sup>, zudem verbunden mit der zeitnahen Aufstockung ihres Fachpersonals zur Betreuung der Kirchen, vorbildlich.

Aber auch **Forschung** ist weiterhin nötig, z. B. zu den Schadensprozessen (inkl. Schimmel), zum Klima und unter welchen Bedingungen es wirklich kritisch für die unterschiedlich Materialverbünde der Ausstattung wird, wie z. B. Ralf Kilian ausführte. Außerdem ist die Wärmeverteilung im Raum, Thermik und Konvektion, besser zu klären. Es ist zu hoffen, dass mit Forschungen, wie denen von Kristina Holl, die hygrothermische Simulationen für Ausstattungsstücke zukünftig verfeinert werden können. Parallel dazu braucht es auch praxistaugliche Untersuchungsmethoden für die Konservatoren vor Ort in Kirchen, die nicht in interdisziplinäre Großprojekte eingebunden sind (Helena Dick). Vielleicht sind ja auch alternative Heizquellen, wie z. B. die von Ruth Hauer-Buchholz und Ekkehard Fritz vorgestellten, zukünftig hilfreich.

Mancher Diskussionsbeitrag zeigte, dass noch viel mehr wichtige Praxiserfahrungen existieren und diese auch zukünftig verstärkt **fachübergreifend** miteinander geteilt werden sollten, wie dies zu Beginn der Tagung von Simone Reeb gefordert worden war.

Hildesheim, den 6.2.2019

Angela Weyer, Hornemann Institut der HAWK

<sup>1</sup> Eine Liste der bisherigen Tagungen auf: [www.hornemann-institut.de/german/Tagungen.php](http://www.hornemann-institut.de/german/Tagungen.php).

<sup>2</sup> Stellvertretend für die vergleichsweise rege Forschung rund ums Museumsklima sei hier nur auf die 2010 gestartete Vortragsreihe „Das grüne Museum – Effizienz und Nachhaltigkeit in Museen“ der Forschungsallianz Kulturerbe hingewiesen.

<sup>3</sup> Eine der jüngsten Publikationen, die das Thema als eine der größten Herausforderungen der Forschung bezeichnet: Bylund Melin, Charlotta: *Wooden objects in historic buildings. Effects of dynamic relative humidity and temperature*, Göteborg 2017 (=Gothenburg Studies in Conservation 43), online: <http://hdl.handle.net/2077/54179>.

<sup>4</sup> \* Richtlinien für die Beheizung und Lüftung von Kirchen und Kapellen (Stand 26.11.2013), in: *Energiekosten senken – Kirchliche Kunstgüter erhalten. Dokumentation einer Pilotschulung für Küsterinnen und Küster*, hg. von der Ev.-luth. Landeskirche Hannovers, Hannover 2014, S. 23-28 (online: [www.kirchliche-dienste.de/damfiles/default/haus\\_kirchlicher\\_dienste/arbeitsfelder/kuesterinnen-und-kuester/broschuere\\_kuesterschulung\\_web--1--cd53b396944324a5835b493bbc1d9a41.pdf](http://www.kirchliche-dienste.de/damfiles/default/haus_kirchlicher_dienste/arbeitsfelder/kuesterinnen-und-kuester/broschuere_kuesterschulung_web--1--cd53b396944324a5835b493bbc1d9a41.pdf))

\* *Vorsorge, Pflege, Wartung. Empfehlungen zur Instandhaltung von Baudenkmalern und ihrer Ausstattung für Denkmaleigentümer, Verwalter, Hausmeister, Kirchenvorsteher, Kirchenpfleger, Küster und Mesner. Ein Arbeitspapier der Arbeitsgruppe Restaurierung und Materialkunde der Vereinigung der Landesdenkmalpfleger in der Bundesrepublik Deutschland*, bearb. von Michael Kühenthal, neubearb. von Christine Kelm und der Arbeitsgruppe Restaurierung und Materialkunde, 2016 (=Berichte zur Forschung und Praxis der Denkmalpflege in Deutschland 10), kostenfrei online: [www.vdl-denkmalpflege.de/fileadmin/dateien/Berichte/Arbeitsheft\\_10\\_Vorsorge\\_Pflege\\_Wartung\\_WEB.pdf](http://www.vdl-denkmalpflege.de/fileadmin/dateien/Berichte/Arbeitsheft_10_Vorsorge_Pflege_Wartung_WEB.pdf).

<sup>5</sup> Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (Hg.): *WTA Merkblatt 6-12. Klima und Klimastabilität in historischen Bauwerken I: Einführung*. Ausgabe: 07.2011/D. Weitere WTA-Merkblätter sind in Vorbereitung.

<sup>6</sup> \* *Erhaltung des kulturellen Erbes – Festlegungen für Temperatur und relative Luftfeuchte zur Begrenzung klimabedingter mechanischer Beschädigungen an organischen hygroskopischen Materialien*; Deutsche Fassung EN 15757:2010-12

\* *Erhaltung des kulturellen Erbes –Raumklima, Teil 1: Leitfäden für die Beheizung von Andachtsstätten*; Deutsche Fassung EN 15759-1:2011; Teil 2: *Lüftung für den Schutz von Gebäuden und Sammlungen des kulturellen Erbes*; Deutsche Fassung EN 15759-2:2018

<sup>7</sup> Z. B. 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. von Dörthe Jakobs und Harald Garrecht, Stuttgart 2017.

<sup>8</sup> Mit 27 Partnern aus 16 Nationen in Europa und Nordafrika war das Projekt sehr groß angelegt, mit Schwerpunkten auf naturwissenschaftlich-technische Fragen, insb. zu den die Auswirkungen der Klimaveränderungen auf das kulturelle Erbe in historischen Bauwerken in Europa und Nordafrika: [www.climateforculture.eu](http://www.climateforculture.eu).

<sup>9</sup> Abschlussstagung 9.-10. Juli 2014, München; Abschlussberichte auf der Projektwebsite. Auf Tagungen wurden Teilbereiche auch immer wieder zwischendurch und nachher, in Deutschland und international, thematisiert:

u. a. *Klima und Kulturgut: Wissen und Unwissen*, Tagung 7.-9.11.2012, Doerner Institut, München; jährlichen Climate Tagungen der REHVA - Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations.

<sup>10</sup> Wir bedanken uns hier für wichtige Ratschläge bei Paul Bellendorf (damals DBU), Ralf Kilian und Dörthe Jakobs.

<sup>11</sup> Holl, Kristina: *Der Einfluss von Klimaschwankungen auf Kunstwerke im historischen Kontext. Untersuchung des Schadensrisikos anhand von restauratorischer Zustandsbewertung, Laborversuchen und Simulation*, München 2016, S. 159. Online: <https://mediatum.ub.tum.de/1292189>.

<sup>12</sup> S. auch: Leimer, Hans-Peter; Eßmann, Frank: *Rechnerische Untersuchung des Innenklimas der Kirche St.-Blasii*, in: *Bauphysik 4/94*; Hans-Peter Leimer, Frank Eßmann: *Klimasimulationsrechnungen- Eine Möglichkeit zur Vermeidung von Bauschäden?* (=BBS Ingenieurbüro Berichte Nr. 10) online: [https://building-hysics.net/webfm\\_send/784](https://building-hysics.net/webfm_send/784)

<sup>13</sup> Z. B. \* *Vorsorge, Pflege, Wartung. Empfehlungen zur Instandhaltung von Baudenkmalern und ihrer Ausstattung für Denkmaleigentümer, Verwalter, Hausmeister, Kirchenvorsteher, Kirchenpfleger, Küster und Mesner. Ein Arbeitspapier der Arbeitsgruppe Restaurierung und Materialkunde der Vereinigung der Landesdenkmalpfleger in der Bundesrepublik Deutschland*, bearb. von Michael Kühenthal, neu-bearb. von Christine Kelm und der Arbeitsgruppe Restaurierung und Materialkunde, 2016 (=Berichte zur Forschung und Praxis der Denkmalpflege in Deutschland 10), kostenfrei online: [www.vdl-denkmalpflege.de/fileadmin/dateien/Berichte/Arbeitsheft\\_10\\_Vorsorge\\_Pflege\\_Wartung\\_WEB.pdf](http://www.vdl-denkmalpflege.de/fileadmin/dateien/Berichte/Arbeitsheft_10_Vorsorge_Pflege_Wartung_WEB.pdf)

\* *Energiekosten senken – Kirchliche Kunstgüter erhalten. Dokumentation einer Pilotschulung für Küsterinnen und Küster*, hg. von ev.-luth. Landeskirche Hannovers, Hannover 2014. Online: [www.kirchliche-dienste.de/damfiles/default/haus\\_kirchlicher\\_dienste/arbeitsfelder/kuesterinnen-und-kuester/broschuere\\_kuesterschulung\\_web--1--cd53b396944324a5835b493bbc1d9a41.pdf](http://www.kirchliche-dienste.de/damfiles/default/haus_kirchlicher_dienste/arbeitsfelder/kuesterinnen-und-kuester/broschuere_kuesterschulung_web--1--cd53b396944324a5835b493bbc1d9a41.pdf).

<sup>14</sup> Die Richtlinie im Stand vom, 26.11.2013 ist veröffentlicht, in: *Energiekosten senken – Kirchliche Kunstgüter erhalten* (s. Anm.4), S. 23-28.

<sup>15</sup> S. auch: Werner Lemke: *Richtlinien für die Beheizung und Lüftung von Kirchen und Kapellen*, in: *Energiekosten senken – Kirchliche Kunstgüter erhalten* (s. Anm. 4), S. 21-28.

<sup>16</sup> Videoaufnahme des Vortrags unter: doi: 10.5165/hawk-hhg/400.

<sup>17</sup> S. *Der Cranach-Altar in der Augustusburger Schlosskapelle, Beucha 2015* (=Arbeitsheft des Landesamts für Denkmalpflege Sachsen 24).

<sup>18</sup> Videoaufnahme des Vortrags unter: doi: 10.5165/hawk-hhg/401

<sup>19</sup> Videoaufnahme des Vortrags unter: [https://hornemann-institut.de/german/epubl\\_filme20.php](https://hornemann-institut.de/german/epubl_filme20.php).

<sup>20</sup> Abschlussbericht: [www.baufachinformation.de/ursachen-des-schimmelbefalls-an-orgeln/fb/250046](http://www.baufachinformation.de/ursachen-des-schimmelbefalls-an-orgeln/fb/250046).

<sup>21</sup> Videoaufnahme des Vortrags unter: doi: 10.5165/hawk-hhg/402.

<sup>22</sup> Videoaufnahme des Vortrags unter: doi: 10.5165/hawk-hhg/395 Weitere Infos zur Arbeit s. [www.hornemann-institut.de/german/epubl\\_hochschularbeiten2403.php](http://www.hornemann-institut.de/german/epubl_hochschularbeiten2403.php).

<sup>23</sup> S. ausführlich die Dissertation von Kristina Holl, Anm. 12.

<sup>24</sup> *Vorsorge, Pflege, Wartung*, s. Anm.4.

<sup>25</sup> S. Anm. 4.