

Dr. Herbert Juling
Amtliche Materialprüfungsanstalt Bremen
Paul-Feller-Str. 1, 28199 Bremen
Tel.0421 53708-50
juling@mpa-bremen.de



Entwicklung von Maßnahmen zur Verminderung von Bleikorrosion an Orgelpfeifen aus dem 17. Und 18. Jhdt.

Projektlaufzeit: 01.10.2016 – 31.09.2018 (24 Monate)

Projektpartner: Arp Schnitger Institut für Orgel und Orgelbau (ASIOO) an der Hochschule für Künste, Bremen

Kurzfassung

Orgeln spielen und spielten für die Entwicklung der Europäischen Kultur eine wichtige Rolle. Sie bilden damit einen herausragenden Gegenstand der Europäischen Denkmalpflege, sind aber keine Museumsobjekte, sondern bis heute in der aktiven Kulturpraxis der Gegenwart (Konzerte, Gottesdienste) verankert. Die historischen Instrumente stellen ein unwiederbringliches Zeugnis unserer Geschichte dar, denn sie sind eng verbunden mit ästhetischen und stilistischen Traditionen ihrer jeweiligen Entstehungszeit und spiegeln in hervorragender Weise die Handwerkskunst verschiedener Epochen wider. Mehr als 10.000 historische Instrumente existieren noch in ganz Europa. Im Nordwesten Deutschlands befindet sich die weltweit größte Ansammlung spielbarer historischer Orgelinstrumente. Diese wertvollen Instrumente mit originalen Pfeifenbeständen aus dem 16. bis 18. Jahrhundert stellen gewissermaßen das Klanggedächtnis einer Zeit dar, in der die norddeutsche Orgelkultur eine führende Rolle in Europa innehatte. Zentrale Figur ist dabei der bekannte und überaus produktive Orgelbauer Arp Schnitger (1648 – 1719) http://www.orgel-owl.de/as/ind_aska.htm.

In den letzten Jahren häufen sich Meldungen über Korrosionsschäden an diesen wertvollen Kulturgütern. Korrosive Umweltgase gefährden bzw. zerstören die Metallpfeifen, die die zentrale Grundeinheit einer Orgel bilden. Ein zentrales Problem stellen dabei klimatische Veränderungen der letzten Jahrzehnte in und außerhalb der Instrumente dar. Diese führten zu sehr hohen Luftfeuchtigkeiten nicht nur im Kirchenraum, sondern auch in den Windsystemen der Orgeln. Gleichzeitig liegen in den Instrumenten hohe Konzentrationen an Essigsäure vor, die durch den Einsatz frischen Eichenholzes bei vergangenen Restaurierungen und auch die Verwendung von modernen Acetatleimen hervorgerufen werden.

Ziel des Projektes ist die Entwicklung von Maßnahmen, sowohl die Luftfeuchtigkeit als auch die Essigsäurekonzentration in den Orgelinstrumenten durch geeignete Maßnahmen zu vermindern und den Einfluss auf die fortschreitende Korrosion der Bleipfeifen zu verifizieren. Im Projekt sind neben den Material- und Konservierungswissenschaftlern der MPA/IWT Bremen auch die Musikhochschule Bremen mit ausgewiesenen Experten für Orgel und Orgelbau des 17. Und 18. Jahrhunderts, und insbesondere vier Orgelbau-Firmen, die mit der Pflege und Restaurierung dieser bedrohten Orgelinstrumente beschäftigt und beauftragt sind. Insbesondere aus dieser Gruppe von Handwerkern kommen in den letzten Jahren Hilferufe, da dieses Problem ohne wissenschaftliche Hilfe nicht zu lösen ist.

Vorarbeiten

Das „Arp-Schnitger-Institut für Orgel und Orgelbau“ an der Hochschule für Künste Bremen betreibt derzeit eine technische Dokumentation der wichtigsten Instrumente in Norddeutschland. Dazu werden die Instrumente genau vermessen, beschrieben und die gewonnenen Messuren in eine detaillierte Datenbank eingepflegt, damit dieses bedeutende kulturelle Erbe für nachfolgende Generationen gesichert werden kann, aber auch damit historische Fertigungstechniken von höchster Qualität überliefert und künftig interessierten Orgelbauern und Restauratoren zur Verfügung gestellt werden können. Diese Aktivitäten sind Teil der von mehreren gesellschaftlichen Gruppen getragenen Bemühungen um die **Anerkennung der Schnitger-Orgeln im Nordwesten der Republik als Weltkulturerbe**.

Im Zuge dieser Dokumentation und im Zusammenhang mit der Vermessung des Pfeifenmaterials wurden an einigen Instrumenten substanzielle und beängstigende Schäden an historischen, z.T. über 400 Jahre alten Bleipfeifen („Bleifraß“) festgestellt, die um den Bestand dieses wichtigen Kulturgutes fürchten lassen. Mit anderen Worten: Durch den möglichen Verlust historischer Substanz droht ein nicht wieder gut zu machender Schaden.

Da die Ursache und die einzelnen Faktoren für diese bedrohliche Entwicklung (z.B. Umwelteinflüsse in der Umgebungsluft, Veränderungen im Heiz- oder Isolierungssystem der Gebäude, Emissionen aus neu verwendetem Holz oder Leim, allgemeine Klimaerwärmung) und deren Zusammenwirken größtenteils unbekannt sind, muss damit gerechnet werden, dass auch Instrumente, die im Moment noch keine nach außen sichtbaren Schäden aufweisen, jederzeit befallen und die Pfeifen quasi von innen „zerfressen“ werden können.

Als ein wichtiges Projekt für die grundlegenden Fragestellungen sind Arbeiten im Zuge des **EU-Projektes „Collapse“** anzusehen, in dem erste Erfahrungen zur Korrosion von Orgelpfeifen gesammelt werden konnten. Diese Erfahrungen beziehen sich jedoch auf stichprobenartige Untersuchungen einzelner Instrumente in ganz Europa, wobei die individuellen Bedingungen der einzelnen Instrumente nicht erfasst wurden.

Im Rahmen eines Projektantrages von 20 Institutionen aus ganz Europa an die **EU (Novel nanotechnology methods for protection of the European pipe organ heritage against corrosion and mould)** sollten Verfahren zur Vermeidung der Korrosion der Metallpfeifen (aus Blei, Zinn und Messing) und der Holzteile gegen den Befall von Schimmelpilzen entwickelt werden. Die Basis solcher Schutzmaßnahmen sollten neue, bzw. in Entwicklung befindliche Beschichtungstechniken (z.B. mit Graphen und Graphenoxiden, Parylen und Sol-Gel-Systemen) und auch Plasmabehandlungen sein. Solche Schutzstrategien hielten bislang noch keinen Einzug in den Bereich der Konservierung und Restaurierung, auch nicht bei anderen Kulturgütern aus Blei, Zinn, Messing oder Holz. Leider wurde dieses Projekt nicht zur Förderung angenommen.

Zurzeit läuft ein von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) und dem Bundesinstitut für Bauwesen und Raumordnung (BBR) gefördertes Projekt zur Erforschung von „**Schimmel an Orgeln in Mitteldeutschland**“, AZ 31242. Dorthin gibt es Kontakte in Form von externen Begutachtungen im Auftrag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR).

Als Vorbereitung für dieses hier beantragte Vorhaben diente ein **Pilotprojekt**, das u.a. mit maßgeblicher finanzieller Unterstützung seitens der „Metropolregion Bremen-Oldenburg“ durchgeführt werden konnte:

An zwei wichtigen Orgelinstrumenten wurden **exemplarisch** systematische Untersuchungen vorgenommen. Diese Instrumente sind aktuell in ihrer Substanz gefährdet, zugleich konnten im Rahmen der Arbeiten wichtige Erfahrungen hinsichtlich der Systematik weiterer Untersuchungen gesammelt werden:

- Belum – historische Pfeifensubstanz aus dem 16. und 17. Jahrhundert
- Mariendrebber (bei Diepholz) – 17. und 18. Jahrhundert (Berendt Hus/Christian Vater)

Diese Ergebnisse wurden mit Experten (Orgelforschern, Orgelbauern, Orgelsachverständigen der jeweiligen Landeskirchen etc.) besprochen und weitere Schritte zur Erhaltung der Substanz diskutiert.

Umweltrelevanz der Problemstellung

Aus den Ergebnissen bereits erfolgter Projekte (siehe eigenen Vorarbeiten) sind einige Grundkenntnisse über die Korrosionsmechanismen hervorgegangen. Wenn eine Pfeife beginnt zu korrodieren, entstehen an der Innenwand erste Risse und Löcher, die zu einer völligen Zerstörung der gesamten Pfeife führen. In solchen Fällen gibt es keine andere Lösung, diese historischen Pfeifen durch neue zu ersetzen, womit ein weiteres Teil des Klangerbes verloren geht. Die Metallkorrosion wird von den Besitzern der Instrumente (den jeweiligen Kirchengemeinden) und von den beauftragten Orgelbauern mit zunehmender Dramatik beobachtet. Ein Ziel dieses Projektes ist es deshalb, dem ausdrücklichen Notruf der Orgelbauer und der Verantwortlichen für die historischen Instrumente zu entsprechen und nach nachhaltigen Lösungen zu suchen. Dazu bedarf es nach wie vor grundlegender Kenntnisse über die Korrosionsvorgänge und deren Auslöser.

Lösungsstrategien, wie z.B. die Beschichtung der Orgelpfeifen mit traditionellen Methoden oder modernen Oberflächenbearbeitungen) bekämpfen nur die Symptome der Korrosion und nicht die Ursachen. Aufgrund der vorangegangenen Untersuchungen sind diese Ursachen ganz eindeutig auf die hohe Luftfeuchtigkeit (möglicherweise auch bedingt durch die globale Erwärmung) und der teilweise sehr hohen Konzentration an korrosiven Gasen, insbesondere Essigsäure, zurückzuführen. Als Quelle der Essigsäure sind hauptsächlich bei der Restaurierung verwendete frische Eichenhölzer, aber auch moderne Leime (Acetatleim, Weißleim) anzusehen, die in Unkenntnis der Problematisches verwendet wurden.

Im Rahmen dieses Vorhabens sollen daher grundlegende Zusammenhänge ermittelt werden. Diese Ergebnisse sollen dann genutzt werden, um pragmatische Lösungen zu entwickeln, die ohne außergewöhnlich hohen technischen Aufwand denkmalgerecht umgesetzt werden können. Man darf nicht vergessen, dass die hier betrachteten Orgelinstrumente z.T. 300 Jahre überstanden haben, ohne existentiellen Materialverlust zu erleiden. Erst in den letzten 20 Jahren wird über dramatische Verluste von historischem Orgelpfeifenmaterial berichtet. Und diese Berichte stammen vorwiegend von Orgelbauern, die mit der Pflege und Wartung beauftragt sind, aber z.T. hilflos dem Schadensprozess zusehen müssen.

Auf die Frage, warum insbesondere in den letzten Jahrzehnten die Korrosion so sprunghaft angestiegen ist, lassen sich folgende Gründe angeben:

1. Geändertes Nutzungsverhalten

Das Nutzungsverhalten der Kirchen hat sich in den vergangenen Jahrzehnten grundlegend verändert. Während früher wöchentliche oder gar tägliche Gottesdienste abgehalten wurden, in denen auch die Orgeln gespielt wurden, finden heute z.T. wochenlang keine Veranstaltungen in den Kirchen mehr statt. Das bedeutet, dass die Luft im Windsystem der Orgeln lange ohne Bewegungen steht und währenddessen die Essigsäure- und Feuchtigkeitskonzentration kontinuierlich ansteigt. Im Moment des ersten Spiels nach einer solchen Pause gelangt diese konzentrierte Luft in die Pfeifenkörper und startet möglicherweise die Schadreaktion.

2. Ungünstige Heizungssysteme

Die Kirchengemeinden streben danach, den immer weniger werdenden Kirchenbesuchern ein angenehmes Raumklima zu bieten und beheizen zu Gottesdiensten die Kirchen in z.T. extremer Weise. In den letzten Jahrzehnten wurden deshalb neue Heizungssysteme eingebaut, die auf Konvektionsbasis in der Lage sind, die Lufttemperatur im Kirchenraum innerhalb weniger Stunden auf eine Temperatur von 19-20 °C aufzuheizen. Aus Voruntersuchungen wissen wir, dass sich diese schnellen Temperaturschwankungen leicht verzögert, aber in gleicher Intensität im Windsystem angleichen. Möglicherweise ist darin eine Ursache für die dauerhaft hohe Luftfeuchtigkeit im geschlossenen Windsystem zu suchen.

3. Abdichtungsmaßnahmen der Raumschale

Der zunehmende Druck nach Heizkosteneinsparung hat die Gemeinden dazu bewogen, Abdichtungsmaßnahmen an Türen und Fenstern vorzunehmen, z.T. durch Einbau neuer, luftdichter Fenster. Die seit Jahrhunderten vorliegend Zwangslüftung fällt damit weg zusammen mit der regelmäßigen Luftbewegung. In der Vergangenheit stellten die einfach verglasten Fenster Kondensationsflächen für Luftfeuchtigkeit dar. Das an der Innenseite kondensierte Wasser floss in eine Auffangrinne und wurde über Lochkanäle nach außen abgeleitet. Diese Kondensationsflächen sind nicht mehr vorhanden, so dass die Kondensation an anderen kalten Flächen (z.B. an Wände und Inventar) stattfindet. In vielen Fällen ist damit auch die zunehmende Schimmelbildung begründbar.

4. Ungünstiges Lüftungsverhalten

Sowohl aus Energiespargründen, aber auch aus Personalmangel werden die Kirchenräume nur noch unzureichend belüftet. War es in vergangener Zeit üblich, dass der Küster die Kirchen regelmäßig lüftete, ist das heute nicht mehr grundsätzlich der Fall. Richtiges Lüften ist essentiell wichtig, um das Raumklima positiv zu beeinflussen. Empfehlenswert ist nicht etwa ständig offene Kippfenster, sondern Stoßlüftung mit möglichst vollständigem Austausch des Luftvolumens. Auch der Zeitpunkt des Lüftens muss sich an den Außenbedingungen orientieren. Wenn die Luftfeuchtigkeit außerhalb der Kirche unter der Luftfeuchte im Kirchenraum befindet, sollten sie Fenster geöffnet werden und niemals umgekehrt. Erfahrene Kirchenverantwortliche wussten um diese Problematik. Heute bestehen daran Zweifel. Es gibt aber kostengünstige Lösungen entweder halbautomatisch, indem durch Messsysteme günstige Bedingungen angezeigt werden, oder aber vollautomatische Lüftungsmethoden, die über Stellmotoren Fenster öffnen und schließen.

5. Unkenntnis über Essigsäureproblematik

Vor 20 Jahren waren die Gefahren von Essigsäure emittierenden Materialien noch nicht bekannt. Die mit der Wartung (und z.T. Neuaufbau) der Orgeln betrauten Orgelbauer verwendeten frisches Eichenholz, was als intensiver Essigsäure-Emitter gilt. Auch in Museen ist dieses Problem mittlerweile bekannt und sehr augenfällig. Als dauerhaft angesehene Eichenmagazine und -vitrinen führen zu erheblichen Problemen bei der Lagerung von Museumsartefakten. Blei-, Silber- und Messingbeschläge zerfallen in kürzester Zeit unter Einwirkung sehr hoher Essigsäure-Konzentrationen zu Acetat-Reaktionsprodukten. Es wurde von Essigsäurekonzentration in betroffenen Vitrinen mit mehr als 4000 ppm berichtet.

Aber nicht nur das Holzmaterial selbst gilt als Essigsäurelieferant. Die Orgelbauer verwendeten auch moderne Acetatkleber und -leime, die vor 20 Jahren dem Stand der Technik entsprachen, aber leider die Konzentration an Essigsäure im abgeschlossenen Windsystem weiter erhöhten.

6. Konstant hohe Luftfeuchtigkeit

Aus bisherigen Untersuchungen an zwei betroffenen Orgeln ist bekannt, dass im Windsystem zusätzlich eine konstant sehr hohe Luftfeuchtigkeit vorliegt. Die chemische Reaktion der Essigsäure mit dem Bleimaterial der Pfeifen kann nur bei hoher Feuchtigkeit ablaufen. Es ist fraglich, ob diese Situation auch in der länger zurückliegenden Vergangenheit in diese Weise vorgelegen hat. Die genauen Gründe dafür sind zurzeit noch nicht bekannt.

Die mit der Pflege und der Reparatur der Orgelinstrumente beauftragten Orgelbau-Firmen stehen vor einer aus ihrer Sicht unlösbaren Aufgabe. Als einzige Maßnahme, die Instrumente spielbar zu halten, werden zurzeit schadhafte Pfeifen ausgetauscht oder Teile davon ersetzt. Aber bereits nach kurzer Zeit sind erneute Schäden an denselben Pfeifen festzustellen, teilweise oberhalb der reparierten Pfeifenfüße. Den Orgelbauern fällt es zudem schwer, einen Zusammenhang zwischen spezifischen Orgeleigenschaften und den Korrosionsverläufen zu erkennen. Teilweise wird über Beobachtungen berichtet, dass direkt nebeneinander stehende Pfeifen ein gänzlich unterschiedliches Verhalten zeigen. Gleiches gilt für verschiedene Instrumente, die scheinbar gleichen Bedingungen ausgesetzt sind, wobei eine Orgel von starker Korrosion befallen ist, während eine andere keine Schäden zeigt. In den Werkstätten der beteiligten Orgelbauern werden gelegentlich Experimente durchgeführt in der Hoffnung, aus den Ergebnissen grundlegende Aussagen zu erhalten, welche Parameter den größten Einfluss auf das Korrosionsverhalten haben. Leider haben solche Aktivitäten bislang nicht zum Erfolg geführt, nicht zuletzt weil eine wissenschaftliche Beratung und Koordination nicht zur Verfügung stand. Das vorgetragene Projekt soll dahingehend Abhilfe schaffen und letztendlich allgemeingültige Empfehlungen geben, die in eigenen Veranstaltungen und Veröffentlichungen den Verantwortlichen und Ausführenden zur Verfügung gestellt werden.

Gegenstand und Ziele des Projektes

Ziel des Projektes ist es, durch gezielte Messungen an vier realen Orgelinstrumenten eine Datenbasis zu schaffen, um die oben genannten Gründe mit belastbaren Daten zu be- oder widerlegen und Möglichkeiten der positiven Beeinflussung zu erarbeiten. Das Problem der Korrosion der Orgelpfeifen kon-

zentriert sich dabei auf die mikroklimatischen Situationen im Windsystem der betroffenen Orgeln, und dabei insbesondere auf die Verminderung der Essigsäurekonzentration und der Luftfeuchtigkeit. Dazu bedarf es der genauen Kenntnis über die Konstruktion des Windsystems und der klimatischen Bedingungen inner- und außerhalb. Es sollen in Werkstattexperimenten bei den Orgelbauern in einfachen Nachbauten Versuche durchgeführt werden, die dann später an den realen Instrumenten zum Einsatz kommen und deren Wirkung überprüft werden sollen.

Das Arp-Schnitger-Institut für Orgel und Orgelbau der Hochschule für Künste Bremen erstellt ein „Kataster“ der ausgewählten Instrumente, um einen Überblick über die Schäden zu erhalten. Dazu gehören ebenfalls die Anamnese der Restaurierungsgeschichte, Umbauten und Umfeldveränderungen. Die zuständigen Orgelbauer haben dazu umfangreiche Informationen, die ausgewertet und bewertet werden müssen. Diese Arbeiten werden von einem erfahrenen Organologen des ASIOO vorgenommen in enger Zusammenarbeit mit den Orgelbauern. Informationen über die Geschichte, Baumaßnahmen, Heizung, Restaurierungsarbeiten etc. sollen zusammengestellt und analysiert werden.

Durch systematische Klimamessungen soll das Klima jeder Kirche (innen und außen) und ihrer Orgel (Mikroklima) über kritische Zeiträume gemessen werden. Aus den Erfahrungen des Vorprojektes können solche kritischen Phasen (wie z.B. Heizereignisse an Wochenenden, Wetterextreme in den Übergangszeiten, Veranstaltungen mit längerem Orgelspiel) definiert werden. Dabei sind u.a. folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Auswirkungen der Außenluft (auch der Umweltbelastung) auf das Klima in der Kirche
- Auswirkungen von Heizereignissen
- Einfluss der verwendeten Hölzer („Halbwertszeit“ der Essigsäure-Ausdünstungen, möglicher Einfluss des Proteingehalts, Schutzwirkung von neutralisierender Innenbeschichtungen der Innenwände im Windsystem)
- Einbeziehung laufender Versuche mit temporärer Änderung der Motorlaufrichtung (Saugfunktion, Beispiel Marienhafen)
- Einbeziehung positiver Beispiele, bei denen durch intelligente Lüftungssysteme Korrosions- und Schimmelbildung gestoppt werden konnte.

Durch die Auswahl der Orgelstandorte wird ein guter Querschnitt der bislang bekannten Einflussgrößen abgedeckt.

Ev.-luth. Kirchengemeinde St. Vitus in **Belum**

Die Orgel in Belum war bereits Gegenstand intensiver Untersuchungen im Vorprojekt. Über 1,5 Jahre wurden an 10 verschiedenen Messpunkten im Kirchenraum und im Instrument Klimamessungen hinsichtlich der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit durchgeführt. Zusätzlich wurde an Messsonden die Belastung des Windsystems durch Essigsäure ermittelt. Der Orgelbauer Rowan West war für die Restaurierung der Orgel im Jahre 2001 verantwortlich und hat nach eigenem Bekunden frische Eichenhölzer und auch Acetatleim verwendet. Es liegen daher gute Informationen über die Umfeldbedingungen dieser Orgel vor. Heute leidet die Orgel unter massiven Korrosionsproblemen.

Die Fa. Rowan West Orgelbau wird nach Vorgabe des Projektes Experimente der Lufttrocknung und Essigsäure-Neutralisation durchführen.

Ev.-luth. Kirchengemeinde St. Wulphardi in **Freiburg / Elbe**

Die Orgel wurde 1986 von der Orgelbauwerkstatt Führer auf den Zustand von 1791 gebracht. Sie enthält sechs Register aus dem 16. Jahrhundert, elf Register wurden von Alfred Führer rekonstruiert. Das Instrument wird von der Orgelbauwerkstatt Bartelt Immer alle zwei Jahre gewartet. Bei der letzten Wartung sind einige Bleipfeifen versuchsweise mit einer Beschichtung versehen worden. Die Klimabedingungen sind nicht bekannt und sollen im Rahmen dieses Projektes ermittelt werden. Aufgrund der Wartungsarbeiten des Orgelbauers Immer kann der Korrosionsfortschritt sehr gut verfolgt werden. Es werden bereits Durchlüftungsmaßnahmen des ortsansässigen Küsters vorgenommen und dokumentiert. Sowohl in der Orgelwerkstatt als auch im Instrument sollen weitere Versuche durchgeführt werden.

Ev.-luth. Marienkirche in **Marienhafe**

Die Pfeifen der von Georg von Holy 1713 gebauten Orgel sind weitgehend aus Blei gefertigt, deshalb ist die Marienhafer Holy-Orgel eines der Instrumente, deren Pfeifen vom sogenannten „Bleifraß“ bedroht sind. Bei einer Orgelrestaurierung im Jahre 2010 durch die Orgelbauwerkstatt Ahrend mussten 160 Pfeifenfüße erneuert werden, der klanglich relevante Teil konnte in fast allen Fällen gerettet werden. Die Windladenrahmen wurden neu gebaut, die alten Pfeifenstöcke konnten wiederverwendet werden. Auf Anraten des Orgelbauers Arend wird das Windsystem seit 2009 durch eine Apparatur mit Gewichten auf den Tasten durchgespült. Diese Maßnahmen sollen im Rahmen dieses Projektes klimatechnisch begleitet und ggffs. optimiert werden. Als Vergleichsobjekt kann hier die Orgel der Nachbargemeinde Osteel mit Korrosion an den Prinzipalpfeifen diesen, die ebenfalls von der Orgelwerkstatt Ahrend betreut wird, aber noch keine umfangreiche Restaurierung durchgeführt wurde.

Ev.-luth. Stadtkirche St. Marien in **Celle**

In den Jahren 1997 bis 1999 wurde das Orgelgehäuse als Rekonstruktion der Vater-Orgel von 1687 mit originalem Pfeifenmaterial wieder hergestellt. Die Kirche wird heute als touristisches Bauwerk stark genutzt und beheizt. Die Orgelbauwerkstatt Gebr. Hillebrand GmbH wird die Orgel in naher Zukunft restaurieren und die Schäden aufnehmen und dokumentieren. Die Messung der klimatischen Bedingungen ist eine einmalige Gelegenheit, den Schadensverlauf zu interpretieren und bei der Restaurierung entsprechende Maßnahmen zu erarbeiten. Der Orgelbauer Hillebrand hat in seiner Werkstatt bereit eigenständig Versuche zur Beurteilung von Bleikorrosion in Abhängigkeit von Essigsäuregehalt und Luftfeuchtigkeit durchgeführt. Hier wird eine wissenschaftliche Begleitung benötigt, die auch die konkrete Umsetzung am Instrument koordinieren kann.

Anhand der Untersuchungen an diesen konkreten Instrumenten und begleitender Experimente in den Werkstätten der Orgelbauer werden wichtige Erkenntnisse für die Einstellung eines optimalen Mikroklimas für Orgeln und Kirchen (inkl. weiterer in ihnen bewahrtem Kulturgütern) erwartet. Als Ergebnis

können Empfehlungen für Lüftungs- und Heizungssysteme (Mikro und Makro) gegeben werden. Es muss davon ausgegangen werden, dass jedes Instrument individuell betrachtet werden und für jedes Einzelinstrument individuelle Strategien definiert werden müssen, die zur Verminderung der Korrosionsangriffe führen. Die Einbeziehung der oben beschriebenen Orgelinstrumente ergibt einen guten Querschnitt, der modellhaft ähnlich gelagerte Problemfälle gut abdeckt.

Neben den konkreten Arbeiten bezogen auf die einzelnen Instrumente ist desweiteren geplant, ein „Frühwarnsystem“ als Beurteilungshilfe für die Orgelbauer und Revisoren zu entwickeln. Dazu gehören

1. Sensoren zur Beurteilung der Schadstoffbelastung (z.B. Glassensoren oder kalibrierte Coupons, die nach kurzer Beaufschlagung erste Hinweise auf z.B. die Essigsäurebelastung geben können). Aus dem Vorprojekt sind diese Systeme zur schnellen visuellen Beurteilung des Gefährdungspotentials erfolgreich eingesetzt worden. Es fehlt allerdings noch eine Verifizierung hinsichtlich der kritischen Schwellwerte.

Im Rahmen des Projektes sollen daher neue Methoden zur Echtzeitmessung der Essigsäurekonzentration getestet werden. Von der MFPA Stuttgart (Dr. Frick) wurde ein kapazitiver Messaufnehmer vorgeschlagen und als Prototyp für Untersuchungen im Rahmen dieses Projektes zugesagt. Damit wäre ein direkter Zusammenhang mit Temperatur und Feuchtigkeit herstellbar.

2. Entwicklung von Testverfahren zur Beurteilung der Emissionsbelastung zu verwendender Hölzer
Ein großes Problem der Orgelbauer besteht darin, dass sie bei Nutzung neuer Holzwerkstoffe für Restaurierungsmaßnahmen keine Information über deren Emission von Essigsäure haben. Um dieses zu erreichen soll ein Emissionstest zur einfachen Anwendung für Orgelbauer entwickelt werden. Bei diesem Verfahren werden Metallabschnitte (in diesem Fall also Blei) einer Schadgasatmosphäre (Essigsäure) ausgesetzt, indem sie mit einer Probe der zu untersuchenden Substanz (in diesem Fall das Holz) in einem Gefäß verschlossen und bei hoher Luftfeuchtigkeit mehrere Tage exponiert werden.