

Technisches Verfahren zur Vermeidung der biogenen Schadstoffbelastung in Kirchenorgeln

Technical Approach to Avoid Biogenic Pollution in Church Organs

Projektleiterin
Project leader:
Katharina Plaschkies

Projektbearbeiter
Persons in-charge:
Philipp Flade

Fördermittelgeber
Co-funded by:
BMW I (IGF)

Projektpartner
Project partner:
Universität Stuttgart,
Institut für Gebäude-
energetik, Thermotechnik
und Energiespeicherung
(IGTE);
Institut für Diagnostik
und Konservierung an
Denkmälern in Sachsen und
Sachsen-Anhalt e. V. (IDK)

AUSGANGSSITUATION

Seit Jahren wird an Kirchenorgeln ein zunehmender Schimmelpilzbefall beobachtet. Ursachen sind ungünstige Raumklimabedingungen in den Kirchen mit zeitweise hohen Materialfeuchten in Kombination mit anfälligen Materialien und Staubablagerungen. Schimmelpilze können von der Material- und technischen Schädigung des Instrumentes bis zur Unbrauchbarkeit führen. Zudem ist eine gesundheitliche Gefährdung nicht auszuschließen. Trotz weitgehend bekannter Ursachen stehen bislang keine universell anwendbaren Präventionsmaßnahmen zur Verfügung, die in Bezug auf Denkmalschutz, Ökologie und Wirtschaftlichkeit vertretbar sind. Aufgrund der Sensibilität der Orgelmaterialien Holz und Leder sind herkömmliche Verfahren zur Senkung der Luftfeuchte nur eingeschränkt anwendbar.

ZIELSTELLUNG

Das Ziel war die Beurteilung ausgewählter Verfahren zur Schimmelpilzprävention in Orgeln anhand theoretischer Betrachtungen, rechnergestützter Simulation sowie labor-technischer und praktischer Untersuchungen. Technische Maßnahmen wurden unter Berücksichtigung der Wirksamkeit, der praktischen Anwendbarkeit, des Arbeits- und Gesundheitsschutzes sowie von wirtschaftlichen Aspekten bewertet.

INITIAL SITUATION

For years, an increasing mould infestation has been observed in church organs. The causes are unfavourable room climate conditions in the churches with occasionally high material moistures in combination with susceptible materials and dust deposits. Mould can lead to material and technical damage of the instrument and even render it unusable. In addition, a health hazard cannot be ruled out. Despite largely known causes, there are no universally applicable preventive measures available that are justifiable in terms of monument protection, ecology and cost-effectiveness. Due to the sensitivity of the organ materials wood and leather, conventional methods for reducing humidity are only of limited use.

OBJECTIVE

The aim was to evaluate selected methods for mould prevention in organs on the basis of theoretical considerations, computer-aided simulation as well as laboratory and practical investigations. Technical measures were evaluated with regard to effectiveness, practical applicability, occupational health, safety, and economic aspects.

VORGEHENSWEISE

Als Referenzobjekte wurden vier Kirchen im Dresdner Raum und in Ostsachsen, deren Orgeln einen Schimmelpilzbefall in unterschiedlicher Ausprägung aufwiesen, ausgewählt. Im Zeitraum Mai 2016 bis Dezember 2018 erfolgten durch das IDK Klimamessungen in verschiedenen Orgelbereichen, um Rückschlüsse auf kleinklimatische Bedingungen in der Orgel in Abgrenzung zum Kirchenraum zu ziehen. Die Daten flossen in ein vom IGTE mit ANSYS erstelltes numerisches Simulationsmodell ein, in dem Orgelbauteile als strömungstechnische Einzelmodelle abgebildet und mathematisch diskretisiert wurden. Die Rechenetze der Einzelmodelle wurden unter Verwendung der Klimadaten optimiert und Netzunabhängigkeitsstudien durchgeführt. Durch Kopplung der einzelnen Bauteilnetze wurde ein Gesamtmodell des pneumatischen Systems der Orgel erzeugt und überprüft.

Am IHD erfolgten die konventionelle und molekularbiologische Pilzdiagnostik sowie Untersuchungen zu Ansprüchen und Sensitivität der dominierenden Pilzarten gegenüber UV-Strahlung und Luftbewegung. Feuchtetechnische Eigenschaften von Holz wie Wasseraktivität und Holzfeuchte wurden in Zusammenhang mit der materialspezifischen Schimmelpilzanfälligkeit gebracht. In den Referenzobjekten wurden die Wirkung von Absorbervliesen zur Pufferung von Feuchtespitzen, eines kombinierten Luftreinigers zur Senkung der Sporen- und Staubkonzentration sowie einer speziellen Belüftungsanlage zur besseren Durchlüftung und Entfeuchtung erprobt.

APPROACH

Four churches in the Dresden area and in Eastern Saxony were selected as reference objects, whose organs exhibited a mould infestation in different forms. Between May 2016 and December 2018, the IDK carried out climate measurements in various organ areas in order to draw conclusions about the microclimatic conditions in the organ and its demarcation from the church interior. The data flowed into a numerical simulation model created by IGTE with ANSYS, in which organ components were mapped as individual fluidic models and discretised mathematically. The computational networks of the individual models were optimised using the climate data and network-independence studies were carried out. By coupling the individual component networks, an overall model of the pneumatic system of the organ was generated and tested.

At the IHD, conventional and molecular-biological fungal diagnostics were performed as well as investigations on the demands and sensitivity of the dominant fungal species to UV radiation and air movement. Moisture-related characteristics of wood such as water activity and wood moisture were brought in connection with the material-specific mould susceptibility.

In the reference objects, the effect of absorber fleeces for buffering moisture peaks, a combined air cleaner for reducing the spore and dust concentration and a special ventilation system for better ventilation and dehumidification were tested.

ERGEBNISSE

Bei den Messungen wurden keine klimatischen Bedingungen ermittelt, die das Auftreten von Schimmelpilzbefall begründen würden. So lag die relative Luftfeuchte an den Oberflächen nur in den Wintermonaten zeitweise deutlich oberhalb von 75 % bei meist niedrigen Temperaturen von < 10 °C, während sie in den Sommermonaten 60 % nur selten überstieg. Allerdings fiel der extrem trockene Sommer 2018 in den Untersuchungszeitraum. Prinzipiell können Schimmelpilze ab einer relativen Luftfeuchte von 75 % wachsen, wobei diese Bedingung über viele Wochen erfüllt sein muss. Das war in keinem der untersuchten Bereiche der Fall. Erstmals wurden im Modell Luftströme in Orgelbauteilen visualisiert und Einflüsse der Umgebungsbedingungen genau abgebildet. Die Simulationsrechnungen ließen sowohl in den Einzelmodellen als auch im Gesamtmodell des pneumatischen Systems Zonen mit erhöhtem Befallsrisiko erkennen (Abb. 1). Als dominierende Pilzarten wurden in den Referenzobjekten Vertreter der *Aspergillus-glaucus*-Gruppe identifiziert, die eine relativ geringe Empfindlichkeit gegenüber UV-Strahlung und Luftbewegung zeigten. So blieben Luftgeschwindigkeiten von bis zu 1,7 m/s ohne erkennbaren Einfluss. Im Vergleich dazu lagen die gemessenen Luftgeschwindigkeiten im Bereich zwischen 0,04 und 0,2 m/s mit Spitzen von bis zu 1,9 m/s. Der starke Oberflächenbefall in der Orgel führte nicht zu einer hohen Sporenbelastung der Luft. An typischen Hölzern im Orgelbau (Fichte, Kiefer, Eiche und Birne) mit und ohne Beschichtungen waren unter denselben Klimabedingungen trotz unterschiedlicher Holzfeuchte und Anfälligkeit für Schimmel-

RESULTS

During the measurements no climatic conditions were determined, which would justify the occurrence of mould infestation. So, the relative humidity was at the surfaces only in the winter months at times clearly above 75 % at usually low temperatures of < 10 °C, while it only rarely exceeded 60 % in the summer months. However, the extremely dry summer of 2018 was part of the study period. In principle, mould can grow from a relative humidity of 75 %, whereby this condition must be maintained over many weeks. This was not the case in any of the areas investigated.

For the first time, air flows in organ components were visualized in the model, and influences of the environmental conditions were precisely mapped. The simulation calculations showed zones of increased risk of infestation in the individual models as well as in the overall model of the pneumatic system (Fig. 1).

Representatives of the *Aspergillus-glaucus* group were identified as dominant fungal species in the reference objects, which showed a relatively low sensitivity to UV radiation and air movement. Thus, air velocities of up to 1.7 m/s remained without detectable influence. In comparison, the measured air velocities at the organs were in the range between 0.04 and 0.2 m/s with peaks of up to 1.9 m/s. The heavy surface infestation in the organ did not lead to high spore concentration in the air. On typical woods in the organ construction (spruce, pine, oak and pear) with and without coatings, only marginal differences of the surface moisture (water activity) were measurable under the same

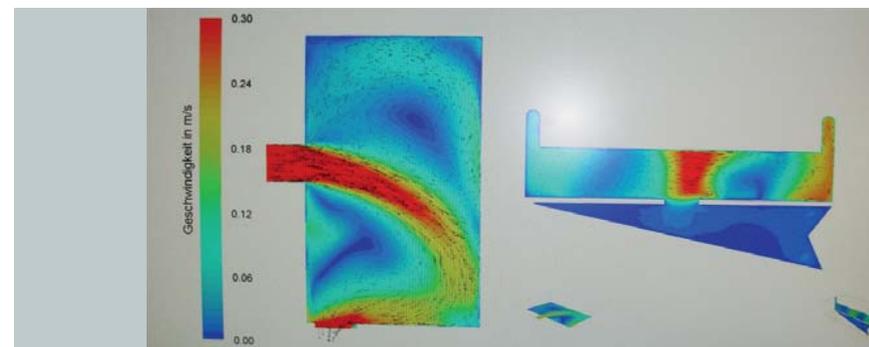


Abb. 1: Modell eines Balges mit visualisierten Luftströmungen: 20 °C Zuluft- und Oberflächentemperatur (M. Hartnagel, IGTE)

Fig. 1: Model of a bellows with visualised air flows: 20 °C supply air and surface temperature: 20 °C (M. Hartnagel, IGTE)

pilze nur marginale Unterschiede der Oberflächenfeuchte (Wasseraktivität) messbar. Das zeigt, dass die Oberflächenfeuchte maßgeblich vom Umgebungsklima und weniger vom Material beeinflusst wird. Die Erprobung eines kombinierten Luftreinigers aus Filtersystem, UV-Strahler und Ionisator zeigte Tendenzen einer staub- und mikroorganismenreduzierenden Wirkung, während die Anwendung von Absorbervliesen sich nicht nennenswert auf das Klima auswirkte.

climate conditions, despite different wood moisture and susceptibility to mould. This shows that surface moisture is significantly influenced by the ambient climate and less by the material. The testing of a combined air purifier consisting of a filter system, a UV emitter and an ionizer showed tendencies of a dust and microorganism-reducing effect, while the application of absorber fleeces did not affect the climate notably.

ZUSAMMENFASSUNG

In mikrobiologischen und praxisnahen Versuchsreihen wurden Möglichkeiten und Grenzen von präventiven technischen Maßnahmen erfolgreich aufgezeigt. In weiterer Forschung soll das Wissen verallgemeinert und erweitert werden, um eine breite Anwendung der Lösungsansätze zu ermöglichen.

SUMMARY

The possibilities and limits of preventive technical measures were successfully demonstrated in microbiological and practical test series. In further research, the knowledge is to be generalised and expanded in order to enable a broad application of the solution approaches.