

Virtuelle Experimente für Kunstobjekte – VirtEx

Virtual experiments for wooden artwork – VirtEx

Projektleiter
(Teilvorhaben IHD)
Project leader
(sub-project IHD):
Dr. Wolfram Scheiding

Projektbearbeiter
Persons in charge:
Prof. Björn Weiß,
Philipp Flade,
Jens Gecks,
Ute Bogatzki,
Benjamin Grohmann

Fördermittelgeber
Co-funded by:
SMWK

Projektpartner
Project partners:
TU Dresden,
Institut für Statik und
Dynamik der Tragwerke
(ISD);
Hochschule für Bildende
Künste Dresden (HfBK)

AUSGANGSSITUATION UND ZIELSTELLUNG

Die Reaktion von Holz auf Klimaveränderungen (Verformungen, Risse) können bei Kunstgut zu irreversiblen Schäden führen. Diese Vorgänge erfolgen meist über lange Zeiträume, bleiben häufig unbemerkt und sind mit konventionellen empirischen Methoden schwer abschätzbar. Die numerische Simulation mit der Finite-Elemente-Methode (FEM) erschien geeignet, Berechnungsmodelle für Holzobjekte zu erstellen und Veränderungen vorherzusagen. Ziel war es, diese Methode weiterzuentwickeln und für Kunstwerke anwendbar zu machen, um Aussagen zu Schadensszenarien zu erhalten und rechtzeitig vor Schadenseintritt reagieren zu können.

VORGEHENSWEISE

Als richtungsweisendes Modell für Kunstgut aus Holz dienten Ikonen, die mit einer Dicke von mehreren Zentimetern zwischen dünneren Tafelbildern und Skulpturen stehen. Mit der Russisch-Orthodoxen Gedächtniskirche des Hl. Alexej in Leipzig existiert ein einzigartiges Denkmal der russisch-deutschen Geschichte. Deren Ikonenwand (Abb. 1) wurde wiederholt restauriert, wobei nur die gravierendsten Schäden behoben wurden. Die restauratorischen und konservatorischen Fragestellungen stehen stellvertretend für ähnliche Objekte. Jenseits technischer Aspekte hatte die Zusammenarbeit mit russischen Fachkollegen besonderen Symbolcharakter, gerade in Zeiten scheinbar unüberbrückbarer politischer Positionen. Die Kirchenvertreter waren bereit, temporär eine Ikone herauszulösen (Abb. 2) und für

INITIAL SITUATION AND OBJECTIVE

The reaction of wood to climatic changes (deformation, cracking) may result in irreversible damage to art objects. These processes often occur over long periods, usually remain unnoticed and can hardly be estimated by conventional empirical methods. Numerical simulation adopting the Finite Element Method (FEM) appeared suitable to generate calculation methods for wooden objects and to forecast changes. The aim was to further develop this method and make it applicable to pieces of art in order to obtain knowledge on damage scenarios to be able to act early before damage occurs.

APPROACH

Icons of several centimetres in thickness stand between thinner panel paintings and sculptures, served as a trend-indicating model for art objects made of wood. The Russian Orthodox Memorial Church of St. Alexei in Leipzig is a unique monument of Russian-German history. Its iconostasis (Fig. 1) has been repeatedly restored, but only the most serious damage was repaired. The restoration and preservation issues are representative for similar artefacts. Apart from technical aspects, the collaboration with Russian expert colleagues had a special symbolic character, particularly in times of seemingly unbridgeable political positions. The church representatives were prepared to temporarily remove an icon (Fig. 2) and make it available for the project. Parallel to that, painting-panel copies were created by the ANDREY RUBLEV Museum und the SURIKOV Institute of the Moscow University



Abb. 1: Ikonostase (Ikonenwand) der Russisch-Orthodoxen Gedächtniskirche in Leipzig ca. 18 m hoch

Fig. 1: Iconostasis at the Russian-Orthodox Memorial Church in Leipzig, approx. 18 m high

das Projekt zur Verfügung zu stellen. Parallel wurden Maltafel-Kopien durch das ANDREJ-RUBLJOV-Museum und das SURIKOV-Institut der Moskauer Hochschule für Malerei, Bildhauerei und Architektur geschaffen (mit originalgetreuem Bild und mit flächigem, mindestens monochromem Malschichtenaufbau ohne Bild).

An Ikonen vor Ort und an Kopien in Klimakammern wurden Klima und Materialfeuchten gemessen und Dimensionsveränderungen mittels hochauflösender 3D-Scans ermittelt (TU Dresden, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung). Das Klima-Monitoring übernahm das Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e. V.). Die Daten dienen der konservatorischen Dokumentation und zur Validierung der experimentellen und FEM-Methoden. Die Erarbeitung bzw. Anpassung der FEM für die Strukturanalyse von Kunstwerken sowie der restaurierungs- und konservierungswissenschaftliche Teil erfolgte durch das Institut für Statik und Dynamik der Trägerwerke der TU Dresden (ISD), dem auch die Federführung und Koordination des Projektes oblagen. Wissenschaftlich begleitet



Abb. 2: Ikone „Abendmahl“, N. S. Emeljanov, 1912 (Foto: ISD)

Fig. 2: The Icon “Last Supper” by N. S. Emeljanov, 1912 (Image by ISD)

of Painting, Sculpture and Architecture (with an image true to the original and with a two-dimensional, at least monochrome layered painting without an image).

The climate and material moistures were measured on icons on site and on copies in climate chambers and dimensional changes determined by way of high-resolution 3D scans (TU Dresden, Institute for Photogrammetry and Remote Sensing). The Institute for Diagnostics and Conservation of Monuments in Saxony and Saxony-Anhalt, non-profit) performed the climate monitoring. The data served to document conservation and to validate the experimental and finite element methods. The Institute for Structural Analysis, which took the lead management role and responsibility for the coordination of the project, also elaborated and adapted the FEM for the structural analysis of works of art as well as the restoration and conservation science part. The project was scientifically supported, among others, by the Saxony State Office for the Preservation of Monuments.

wurde das Projekt u. a. durch das Landesamt für Denkmalpflege Sachsen.

Mit dem Projekt VirtEx knüpfte das IHD an bisherige Aktivitäten im Bereich Restaurierung und Denkmalpflege an. In dessen Teilvorhaben wurden umfangreiche holzkundliche Untersuchungen an Original, Kopien und Vergleichsmaterial durchgeführt, das Holz makro- und mikrostrukturell charakterisiert und Ausgleichfeuchten und Verformungen in Abhängigkeit von Klima und Jahrringlage bestimmt. Weiterhin wurden hygromechanische Materialeigenschaften unter Berücksichtigung der anatomischen Schnittrichtungen ermittelt; die ermittelten Daten wurden an ISD übergeben und dort in das FEM-Modell implementiert. Untersucht wurden Rohdichte, Ausgleichsfeuchte, differenzielle Quellung/Schwindung, Diffusionswiderstand, Wasseraufnahme, Zug- und Druckfestigkeit, Zug- und Druck-E-Moduli, Querkontraktion/-dehnung sowie Schwindreißen. Dies erfolgte jeweils in vier Normalklimaten und für alle drei anatomischen Richtungen.

ERGEBNISSE

Die holzanatomischen Untersuchungen ergaben, dass die Ikone aus Winterlinde (*Tilia cordata*) gefertigt wurde. Die am IHD für das FEM-Modell ermittelten Kennwerte werden hier nicht im Detail aufgeführt; vielmehr wird auf den abschließenden Bericht sowie entsprechende Publikationen unter Federführung des ISD verwiesen. Die FEM-Analysen lieferten u. a. Klimakorridore und Wahrscheinlichkeitsräume, in denen mit Schädigungen zu rechnen ist. Abschließend wurden die praktische Eignung der entwickelten Werkzeuge bewertet und Vorschläge zu restauratorischen und konservatorischen Maßnahmen zur Schadensprävention abgeleitet. Detaillierte Informationen zum Projekt finden sich in den Publikationen von Herm et al. (2021), Kaliske et al. (2021), Tietze (2021) sowie auf der nachfolgend genannten Website der TU Dresden.

With its VirtEx project, the IHD continues previous efforts in the field of restoration and monumental preservation. In its sub-project, comprehensive wood research was carried out on the original, copies and reference material, the wood was characterised macro-structurally and micro-structurally, and compensatory moisture content and deformations were determined as a function of climate and annual ring position. In addition, hygromechanical material properties were determined considering the anatomical cutting directions; the established data were transferred to the ISD and implemented in the FEM model there. The density, equilibrium moisture content, differential swelling/shrinkage, diffusion resistance, water absorption, tensile and compressive strength, tensile and compressive MOE, transverse contraction/expansion and shrinkage cracking were investigated. This was done in each of four normal climates and for all three anatomical directions.

RESULTS

The wood-anatomical investigations revealed that the icon had been made from small-leaved linden (*Tilia cordata*). The characteristic values established at the IHD for the FEM model are not presented in detail here; rather reference is made to the final report as well as relevant publications under the auspices of the ISD. The FEM analyses yielded, among other things, climate corridors and probability spaces where damage is likely. Conclusively, the practical usefulness of the developed tools was evaluated and suggestions deduced regarding restoration and preservation measures for preventing damage. More detailed information on the project can be found in publications by Herm et al. (2021), Kaliske et al. (2021), Tietze (2021) as well as at the website of the TU Dresden mentioned below.

AUSBLICK

Eine Fortsetzung der Arbeiten erfolgt im Rahmen des DFG-Projekts „Modellierung und Charakterisierung des Strukturverhaltens historischer Kulturgüter aus Holz unter hygro-mechanischer Beanspruchung“ durch das Institut für Statik und Dynamik der Tragwerke der TU Dresden (ISD).

LITERATUR

Herm, C.; Tietze, O.; Belik, Z.; Konopka, D.; Trufanova, O.; Fuhrmann, A.; Weiß, B.; Kaden, J.; Kaliske, M.: The Icon Last Supper of the Iconostasis of the Russian Memorial Church in Leipzig: Technological Investigation as Basis for the Modelling and the Numerical Simulation of Historical Works of Art, *Studies in Conservation* (2021) 1–18. <https://doi.org/10.1080/00393630.2021.1940021>
<https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/sdt/forschung/2016/historische-holztafelbilder-und-ikonen>

Kaliske, M.; Tietze, O.; Konopka, D.; Herm, C. (eds.): *Virt Ex – Virtual Experiments for Wooden Artwork*, Technische Universität Dresden, 2021

Tietze, O. (2021): *Holztechnische Aspekte bei der Restaurierung der Ikonen der Ikonostase der Russischen Gedächtniskirche Leipzig*. 5. Holzanatomisches Kolloquium Dresden 09./10.09.2021 (Tagungsband)

OUTLOOK

The works are being continued within the scope of the DFG project “Modelling and characterisation of the structural behaviour of historical works of art exposed to hygro-mechanical stress” by the Institute for Structural Analysis (ISD) at the TU Dresden.

LITERATURE

Herm, C.; Tietze, O.; Belik, Z.; Konopka, D.; Trufanova, O.; Fuhrmann, A.; Weiß, B.; Kaden, J.; Kaliske, M.: The Icon Last Supper of the Iconostasis of the Russian Memorial Church in Leipzig: Technological Investigation as Basis for the Modelling and the Numerical Simulation of Historical Works of Art, *Studies in Conservation* (2021) 1–18. <https://doi.org/10.1080/00393630.2021.1940021>
<https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/sdt/forschung/2016/historische-holztafelbilder-und-ikonen>

Kaliske, M.; Tietze, O.; Konopka, D.; Herm, C. (eds.): *Virt Ex – Virtual Experiments for Wooden Artwork*, Technische Universität Dresden, 2021

Tietze, O. (2021): *Holztechnische Aspekte bei der Restaurierung der Ikonen der Ikonostase der Russischen Gedächtniskirche Leipzig*. 5. Holzanatomisches Kolloquium Dresden 09./10.09.2021 (Tagungsband)