

König Ludwig II und der Klimawandel Klimastabilität in historischen Gebäuden



Bild 1: Inaktiver Schimmelbefall an der Draperie im Türkischen Saal im Königshaus am Schachen
© Fraunhofer IBP

Historische Gebäude leiden unter den Folgen des Klimawandels. Die veränderten Wetterbedingungen fügen den historischen Gebäuden – innen wie außen – langfristigen und substantiellen Schaden zu. Das gilt vor allem für Baudenkmäler in Europa, die aus Karbonatgesteinen, wie Marmor oder Kalkstein erbaut wurden. Hinzu kommen weitere Belastungen, wie die immer stärkere Auslastung der Baudenkmäler durch den Tourismus. Neue Lösungen, wie das kulturelle Erbe in Deutschland besser geschützt und erhalten werden kann, sind dringend gefragt. Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP hat im Auftrag der Bayerischen Schlösserverwaltung unter anderem die Auswirkungen von Klima und Besuchern auf das Innenraumklima der Königsschlösser Ludwig II, Linderhof und des Königshauses am Schachen, untersucht und gemeinsam neue Lösungsansätze entwickelt.

Steigende Temperaturen, extreme Niederschlagsperioden oder Hitzewellen sind bereits ernste Anzeichen des Klimawandels. Die aktuelle Erhebung des zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimafragen der Vereinten Nationen (IPCC) zeigt die Folgen des Klimawandels auf allen Kontinenten: Die globale Temperatur ist um 0,8 °C gegenüber vorindustrieller Zeit gestiegen. Diese Klimaveränderungen können negative Auswirkungen auf die Bausubstanz historischer Gebäude haben und damit auch die Bedingungen in den Innenräumen verschlechtern. Zusätzlich nimmt der zunehmende Besucherstrom erheblichen Einfluss auf das Raumklima. Im Jahr 2010 zählte die Bayerische Schlösserverwaltung in ihren 45 Schlössern, Burgen und Residenzen knapp fünf Millionen Besucher. Massentourismus wirkt sich auf das Innenraumklima aus. Temperaturschwankungen oder die Zunahme der Luftfeuchtigkeit können ebenfalls deutliche Spuren an der Bausubstanz und der wertvollen, nahezu vollständig erhaltenen Ausstattung hinterlassen. Es ist daher eine ständige Aufgabe der Schlösserverwaltung, geeignete Maßnahmen zur Erhaltung der Denkmäler zu ergreifen und dabei auch neueste Erkenntnisse aus Forschung und Wissenschaft einzubeziehen.

**Fraunhofer-Institut für Bauphysik
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit**
Fraunhoferstraße 10
83626 Valley

Dipl.-Journ. Janis Eitner
Telefon +49 8024 643-203
Telefax +49 8024 643-366
e-mail: janis.eitner@ibp.fraunhofer.de

<http://www.ibp.fraunhofer.de>

hen. „Dank unserer langjährigen Kompetenzen in den Bereichen Denkmalpflege und Raumklima, können wir die Bayerische Schlösserverwaltung dabei unterstützen, die Zustände in den einzelnen Gebäuden zu analysieren, konkrete Maßnahmen zur effizienten Stabilisierung des Raumklimas entwickeln und damit dazu beitragen, die Kulturgüter langfristig für die Nachwelt erhalten“, erläutert Prof. Dr. Klaus Sedlbauer, Leiter des Fraunhofer IBP, den wissenschaftlichen Beitrag der Fraunhofer Denkmalpfleger.

In dem dreijährigen Projekt »Klimastabilität historischer Gebäude« die Wissenschaftler des Fraunhofer IBP Gelegenheit, anhand von Klimamessungen, restauratorischen Untersuchungen vor Ort und hygrothermischen Raummodellen unter anderem Schloss Linderhof und das Königshaus am Schachen zu untersuchen. Dazu wurde eigens ein spezielles Analyseverfahren entwickelt. »Gerade in Bezug auf die geplanten Maßnahmen zur Verbesserung des Raumklimas sind messtechnische Untersuchungen in Verbindung mit rechnerischer Simulation zur Beurteilung der klimarelevanten Auswirkungen ein wesentliches und Schaden vermeidendes Hilfsmittel«, erklärt Denkmalpflege-Experte Ralf Kilian vom Fraunhofer IBP die Vorgehensweise. So können auch die einzelnen Einflüsse auf das Mikroklima in einem rechnerischen Modell voneinander getrennt und die verschiedenen Maßnahmen zur Stabilisierung des Raumklimas bereits in die Planungsphase einfließen.

Das Königshaus am Schachen

Das denkmalgeschützte Königshaus liegt im Wettersteingebirge auf 1.876 m Höhe. Das Klima ist geprägt durch lange Frostperioden im Winter und schnelle Wetterwechsel im Sommer. Bereits seit Oktober 2006 führt das Fraunhofer IBP Langzeitmessungen der relativen Luftfeuchte und Lufttemperatur zum Raumklima im Schachenhaus durch. Ziel der Untersuchungen war es herauszufinden, warum das Schachenhaus und seine Innenräume trotz des rauen Klimas so bemerkenswert gut erhalten sind. Dazu wurde die Ausstattung, beispielsweise im Türkischen Saal, restauratorisch untersucht, Schäden kartiert sowie die Materialien und Kunsttechniken genauestens erfasst. Neben der Aufnahme von Messdaten kam auch die am Fraunhofer IBP entwickelte Gebäudesimul-

**Fraunhofer-Institut für Bauphysik
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit**
Fraunhoferstraße 10
83626 Valley

Dipl.-Journ. Janis Eitner
Telefon +49 8024 643-203
Telefax +49 8024 643-366
e-mail: janis.eitner@ibp.fraunhofer.de

<http://www.ibp.fraunhofer.de>



Bild 2: Messung des interzonalen Luftwechsels im Paradeschlafzimmer in Schloss Linderhof

© Fraunhofer IBP

tionssoftware WUFI® Plus zum Einsatz. Damit können sowohl die hygrothermischen Bedingungen im Raum, als auch die Wärmeverluste durch Transmission, Verdunstung und Lüftung berechnet werden. Gerade der Luftwechsel in Räumen hat enormen Einfluss auf die Stabilität des Raumklimas. Als günstig für das gute Klima im Türkischen Saal erwiesen sich einmal die Haus-in-Haus-Konstruktion, in der sich der Raum befindet, die verwendeten Materialien, mit einer hohen Feuchtepufferung, sowie eine von Beginn an konsequente Instandhaltung und die geringen Besucherzahlen (das Schachenhaus ist nur während der Wandersaison im Jahr für Besucher zugänglich).

Da das Schachenhaus weder über eine Beheizung noch eine Klimatisierung verfügt, kam man zu dem Schluss, dass das konstante Klima dort, trotz der langen und kalten Winter, für den Erhalt der Ausstattung von großem Wert ist. Folglich sind derzeit keine Eingriffe oder Veränderungen des Raumklimas erforderlich.

Schloss Linderhof

Schloss Linderhof gehört mit jährlich rund 450.000 Besuchern zu den beliebtesten Schlössern in Bayern. Im Rahmen des Forschungsprojektes »Klimastabilität historischer Gebäude« wurden detaillierte Untersuchungen zu Gebäudekonstruktion, Nutzung, Lüftung und Raumklima in Schloss Linderhof durchgeführt. Ziel war es, für das Schloss eine Risikoabschätzung bezüglich Kunstwerke und Ausstattung zu erarbeiten und ein darauf basierendes Klimakonzept zu entwickeln. Zunächst wurde eine Gebäudesimulation von Teilbereichen des Schlosses am Beispiel des Paradeschlafzimmers, durchgeführt. Um das Schloss und sein Raumklima besser zu verstehen, untersuchten und bewerteten die Forscher zuerst die wesentlichen Randbedingungen der Baukonstruktion, Nutzung durch Besucher und Belüftung. Die relative Feuchte im Schloss liegt im Jahresmittel über 70 Prozent und ist damit relativ hoch, in Wohnräumen liegt sie normalerweise bei 50. In Kombination mit hohen Temperaturen im Sommer führt dies zu Schwüle und somit mitunter zu einem verringerten Komfortempfinden der Besucher. Um eine gute Belüftung im Schloss zu erreichen werden bisher im Sommer Fenster und Türen geöffnet.

Fraunhofer-Institut für Bauphysik Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Fraunhoferstraße 10
83626 Valley

Dipl.-Journ. Janis Eitner
Telefon +49 8024 643-203
Telefax +49 8024 643-366
e-mail: janis.eitner@ibp.fraunhofer.de

<http://www.ibp.fraunhofer.de>

Im nächsten Schritt wurde anhand der Daten ein Simulationsmodell des Paradeschlafzimmers erstellt. Diese Berechnungen wurden mit den gemessenen Raumklimadaten verglichen und weiterführende Untersuchungen zum Einfluss der Besucher und des Luftwechsels durchgeführt. Daraus entstand schließlich ein fundiertes Konzept zur Verbesserung des Raumklimas. »Die Untersuchungen und Ergebnisse des Fraunhofer IBP sind ein wichtiger Beitrag zu unseren eigenen Planungen im Hinblick auf den Erhalt der Prunkräume und die Entwicklung von Restaurierungskonzepten«, erläutert Bernd Schreiber, Präsident der Bayerischen Schlösserverwaltung, die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IBP.

Nach umfangreicher wissenschaftlicher Untersuchung soll nun ein mehrstufiges Lüftungskonzept, das neue Ansätze zur präventiven Konservierung aufgreift, entwickelt werden. Die im Rahmen des Forschungsprojektes gewonnenen Erkenntnisse haben auch gezeigt, dass von einem ganzjährig absolut konstantem Klima, dass nur mit hohem technischen Einsatz zu erreichen wäre, abzuraten ist. »Heute setzt man bei der Klimatisierung von Räumen zunehmend auf Ressourcen schonende Maßnahmen und einfache Lösungen, wie z.B. Feuchte gesteuerte Temperierung und mechanische Lüftung. Vollklimaanlagen greifen meist zu sehr in die originale Bausubstanz ein und sind wegen ihres hohen Energieverbrauchs oder aus finanziellen Gründen nicht mehr zeitgemäß«, so Ralf Kilian. Die Bayerische Schlösserverwaltung bezieht die Ergebnisse der mehrjährigen Forschungsarbeit in ihre eigenen Planungen und Maßnahmen zur Erhaltung des beliebten Schlosses ein wobei es gilt, das Klima in den Innenräumen im Wesentlichen nicht verändert sondern lediglich die Spitzen zu großer Feuchte zu verringern.

**Fraunhofer-Institut für Bauphysik
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit**
Fraunhoferstraße 10
83626 Valley

Dipl.-Journ. Janis Eitner
Telefon +49 8024 643-203
Telefax +49 8024 643-366
e-mail: janis.eitner@ibp.fraunhofer.de

<http://www.ibp.fraunhofer.de>

Ansprechpartner für weitere Informationen:

Fraunhofer-Institut für Bauphysik
Dipl.-Restaurator Univ. Ralf Kilian
Tel.: +49 8024/ 643-285, Fax: +49 8024/ 643 - 366
E-Mail: ralf.kilian@ibp.fraunhofer.de