

Modelling indoor climate and salt behaviour in historical buildings: A case study

Doctoral Thesis

Author(s):

Bionda, Davide

Publication date:

2006

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005188136>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

DISS. ETH NO. 16567

**MODELLING INDOOR CLIMATE AND SALT BEHAVIOUR IN
HISTORICAL BUILDINGS: A CASE STUDY**

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of
DOCTOR OF SCIENCES

presented by

Davide Bionda
dipl. geol. University of Zurich

born 16.09.1968
citizen of Preonzo (TI)

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Georg Mörsch, examiner
Prof. Dr. Renato Zenobi, co-examiner
Dr. Hans Simmler, co-examiner

2006

Abstract

Indoor climate is a key factor determining the development of damage inside historical buildings. Processes like salt weathering are largely controlled by the temperature and the relative humidity of the environment.

In the present work hygrothermal simulations of the indoor climate of a church were performed with a novel hygric model used in combination with the HELIOS thermal code. The applicability of these models to a real, historical building was to be tested. The combination of HELIOS with the hygric model proved to be a viable method for hygrothermal simulations in historical buildings, provided that thermal simulations are as accurate as possible. Considerations on the quality of the relevant building parameters required for modelling are provided. The applicability of indoor climate models to historical buildings provides the opportunity to use these tools to perform risk assessment and investigations of the climatic conditions over a period of many years, without having to rely on long-term in situ measurements.

The behaviour of hygroscopic salts in relation to indoor climate was investigated. The principal salt species observed in the study building were mirabilite ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), thenardite (Na_2SO_4), epsomite ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), trona ($\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) and niter (KNO_3). No other activity in response to climate fluctuations than the phase transition between mirabilite and thenardite was observed. The ECOS thermodynamic model, which predicts the behaviour of salt mixtures in relation to climate, was tested by comparing simulation results with the observations of salt species growing on plasters. Results are presented for plasters on which efflorescences of mirabilite, thenardite and epsomite were detected. Saturation indexes for the relevant soluble salt species in the pore solutions were calculated. A correlation between efflorescences on the plasters and calculated saturation indexes has been observed.

Zusammenfassung

Das Raumklima spielt eine sehr wichtige Rolle bei der Entstehung von Schäden in historischen Gebäuden. Schadensprozesse wie Salzverwitterung sind stark durch die Temperatur und die relative Feuchte der Umgebung kontrolliert.

In der vorliegenden Arbeit wurde das Raumklima einer Kirche anhand eines neuen hygrischen Modells, welches mit dem thermischen Gebäudesimulationsprogramm HELIOS kombiniert wurde, simuliert. Ziel war es, die Anwendbarkeit dieser Modelle an realen, historischen Gebäuden zu testen. Die Kombination von HELIOS mit dem hygrischen Modell erwies sich als geeignet, um Raumklimasimulationen in historischen Gebäuden durchzuführen, unter der Voraussetzung, dass die thermischen Simulationen möglichst sorgfältig durchgeführt werden. Die für die Simulation relevanten Gebäudeparameter werden dargestellt und diskutiert. Die Anwendung von Raumklimamodellen in historischen Gebäuden bietet die Möglichkeit, Risikoabschätzungen und Untersuchungen des Raumklimas während mehrjähriger Perioden durchzuführen, ohne dabei auf Langzeitmessungen in situ angewiesen zu sein.

Das Verhalten von hygroskopischen Salzen in Zusammenhang mit Raumklima wurde erforscht. Die wichtigsten, im untersuchten Gebäude beobachteten Salze waren Mirabilit ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), Thenardit (Na_2SO_4), Epsomit ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), Trona ($\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) und Nitrokalit (KNO_3). Die einzige festgestellte Salzaktivität in Zusammenhang mit den gemessenen Raumklimafluktuationen war die Phasenumwandlung zwischen Mirabilit und Thenardit. Das thermodynamische Modell ECOS, welches das Verhalten von Salzmischungen in Abhängigkeit vom Klima beschreibt, wurde getestet, indem die Ergebnisse der Simulationen mit den Beobachtungen der Salzspezies auf Verputzen verglichen wurden. Die entsprechenden Ergebnisse für Verputze mit Ausblühungen von Mirabilit, Thenardit und Epsomit werden dargestellt. Die Sättigungsindices der relevanten Salzspezies in Porenlösungen wurden berechnet. Eine Korrelation zwischen Salzausblühungen auf Verputzen und den berechneten Sättigungsindices wurde festgestellt.