

## **Kurzfassung**

Das Ziel der Arbeit besteht darin, den Transport von Schadsalzen sowie deren Einfluss auf die in Bauwerkstoffen stattfindenden Feuchtetransportprozesse zu analysieren und zu quantifizieren. Die Einflüsse des Salzes auf Feuchtetransportprozesse werden für Befeuchtung, Trocknung und Dichtegradien charakterisiert. Ein wesentlicher Bestandteil der Charakterisierung diffusiver Ionentransportprozesse erfolgt, gestützt durch die Entwicklung von Messmethoden, zur Ermittlung von effektiven Diffusionskoeffizienten und Porenkennwerten. Bei der Modellierung von Ionendifusionsprozessen wird der Einfluss aus Porenmorphologie, Art und Konzentration der Porenlösung, Porensättigung, Temperatur sowie aus Kontaktbedingungen berücksichtigt. Für die numerische Simulation von Diffusionsprozessen in Mehrschichtsystemen und die Identifikation von Transportparametern wurde ein Programmsystem entwickelt, das zur Analyse und Optimierung von Transportprozessen und experimentellen Bedingungen eingesetzt werden kann. Die entwickelten Modelle und Methoden werden anhand zahlreicher experimenteller Untersuchungen verifiziert bzw. angewendet. Beispielhaft wurde für den Anwendungsfall Kompressenentsalzung der praktische Einsatz demonstriert. Die Effizienz dieser Verfahren konnte wesentlich gesteigert werden, da zugrundeliegende Transportmechanismen und zielführende Randbedingungen genauer spezifiziert wurden.

## **Abstract**

The objective is the analysis and description of salt transport and influences of salt on the moisture transport in building materials. The influence of salts on the moisture transport is investigated in cases of wetting, drying and density gradients. To characterise the ion transport in building materials new methods for measuring transport and pore system properties are developed. The modelling of the ion diffusion considers the influence of the pore system, the kind and concentration of the pore solution, the pore-fluid content, the temperature and the contact conditions of materials on this process. The development of the program SPID enables the simulation and parameter identification of diffusive transport processes in multi-layered systems of building materials. It supports the prediction and optimisation of transport processes and experimental investigations. The extended theoretical background resulting in new models and methods is applied successfully on practical applications. Therefore the efficiency of restoration methods can be improved.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>9</b>
1.1	Problemübersicht.....	9
1.2	Einordnung und Zielstellung der Arbeit.....	10
<b>2</b>	<b>Grundlagen des Eintrags und Transportes von Feuchte und Schadsalzen in Bauwerken bzw. Bauwerkstoffen.....</b>	<b>13</b>
2.1	Eintrag, Transport und Wirkung von Feuchte und Schadsalzen im Bauwerk .....	13
2.2	Revitalisierungsmaßnahmen feuchte- und salzbelasteter Bauteile bzw. Bauwerke .....	15
2.2.1	Schadsalzreduzierung durch Sanierputzsysteme.....	16
2.2.2	Schadsalzreduzierung durch Opferputze.....	17
2.2.3	Schadsalzreduzierung durch Kompressen .....	17
2.2.4	Elektrochemische Schadsalzreduzierung .....	18
2.3	Möglichkeiten der Vorhersage von Schädigungsprozessen bzw. Revitalisierungsmaßnahmen.....	18
<b>3</b>	<b>Charakteristische Kennwerte der Porenmorphologie von Bauwerkstoffen.....</b>	<b>19</b>
3.1	Geometrische Modellierung des Porenraumes.....	19
3.2	Messverfahren zur Charakterisierung des Porenraumes.....	19
<b>4</b>	<b>Mathematische Beschreibung des Transportes und der Speicherung von Feuchte und Salz in porösen Bauwerkstoffen.....</b>	<b>25</b>
4.1	Allgemeines .....	25
4.2	Ausgewählte Ansätze zur Modellierung und Simulation von Transport- und Speicherprozessen in porösen Bauwerkstoffen .....	29
4.2.1	Feuchte- und Wärmetransport (Kießl) .....	29
4.2.2	Feuchte- und Wärmetransport (Künzel).....	31
4.2.3	Feuchte-, Luft-, Salz- und Wärmetransport (Grunewald).....	32
4.2.4	Diskussion .....	36
<b>5</b>	<b>Modellierung und experimentelle Verfahren zur Bestimmung der Speicher- und Transportfunktionen von Feuchte und Salz .....</b>	<b>37</b>
5.1	Feuchtespeicherung .....	37
5.2	Feuchtetransport.....	37
5.2.1	Dampftransport.....	38
5.2.2	Flüssigkeitstransport.....	39
5.3	Salzspeicherung .....	43
5.4	Salzlösungstransport .....	44
5.5	Salzionentransport.....	45
5.5.1	Ionendiffusion in freier Lösung.....	46
5.5.2	Diffusion in Baustoffen bzw. Bauwerkstoffen.....	49
5.5.3	Messmethoden zur Ermittlung von Diffusionskoeffizienten.....	51
5.6	Parameteridentifikation für den Einfluss von Grenzschichten auf den Feuchte- und Salztransport .....	57
<b>6</b>	<b>Charakterisierung der verwendeten Bauwerkstoffe .....</b>	<b>59</b>
6.1	Beschreibung der verwendeten Bauwerkstoffe.....	59
6.1.1	Sandsteine.....	59