

1 (1990)

## AKTUELLE FORSCHUNGSERGEBNISSE

### Strukturuntersuchungen an imprägnierten Sandsteinen

#### Structural investigations on impregnated Sandstones

D. Honsinger, J. Neisel

#### 1 EINFÜHRUNG

Neben den konventionellen Natursteinschutztechniken durch Hydrophobierung und Steinfestigung gewinnt die Imprägnierung zur strukturellen Konsolidierung und zum Schutz von porösen Randzonen an Bedeutung. Entwicklungsprodukte in reiner Form und als Mineral-Polymer-Verbundsystem werden auf der Grundlage der Anforderungen an neue Imprägnierstoffe systematisch geprüft und nach Bewertung der komplexen Wirksamkeit einem Optimierungszyklus unterzogen. Exemplarisch werden hier Prüfverfahren und orientierende Ergebnisse vorgestellt.

#### 2 LABORUNTERSUCHUNGEN

##### 2.1 Rasterelektronenmikroskopie

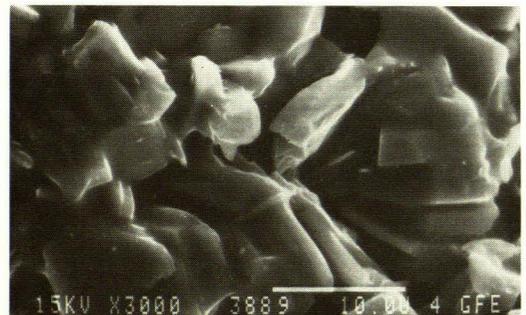
Die Visualisierung der erwünschten filmartigen Benetzung der inneren Oberfläche des mineralischen Substrates wird durch eine vergleichende Betrachtung der Kristall- und Porenraummorphologie mit bruchfrischen Sandsteinpräparaten durchgeführt. Als Hilfsmittel wird zur Detektion der wirkstoffeigenen Kohlenstoffkomponenten ein energiedispersives Analyseverfahren (Detektor mit ultradünem Aluminiumfenster) eingesetzt.

##### 2.2 Wasserdampfdiffusion

Das poröse Natursteingefüge darf nach der Behandlung mit polymeren Steinschutzstoffen in der Regel nicht als Wasserdampfsperre wirken, weil meist der Feuchteausaustausch zwischen Bauteil und Umgebungsluft wirkungsvoll erhalten bleiben muß. Die Prüfung der Wasserdampfdiffusionsstromdichte (WDD) wird an Natursteinscheiben der Geometrie 50 mm x 50 mm x 10 mm tiefenprofilabhängig durchgeführt. Die Prüfung erfolgt nach dem Feuchtbereichverfahren.

##### 2.3 Wasserdampfsorption

Die Menge der im Porenraum adsorbierten Feuchte wird durch den Verlauf der Sorptionsisotherme charakterisiert. Ziel einer Schutzstoffbehandlung ist u. a., den Sorptionswassergehalt dadurch zu reduzieren, daß feinste Porenzwickel, die keinen Einfluß auf den Feuchtetransport des Bauteils ausüben, durch die Imprägniermaßnahme vollständig mit Polymer ausgefüllt bzw. versiegelt werden. Die Prüfung der Wasserdampfsorption wird ebenfalls an Probekörpern der Geometrie 50 mm x 50 mm x 10 mm und bei einer Temperatur von 23 °C und relativen Luftfeuchten von 22 %, 43 %, 65 %, 85 % und 92 % durchgeführt.



**Bild 1:** Ebenheider Sandstein: oben vor, unten nach Polymertränkung

**Fig. 1:** Ebenheider Sandstone: before and after polymer treatment

#### 3 BEISPIELHAFTER UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

##### 3.1 Rasterelektronenmikroskopie

Im Gefüge der behandelten Natursteine kann eine regelmäßige filmartige Benetzung, i.w. dünner rd. 1 µm, der Porenwänden festgestellt werden. Eine weitgehend vollständige Ummantelung der mineralischen Komponenten bei gleichzeitiger Ausbildung mechanisch stabilisierender Korn-Korn-Verbindungen in den Zwickelbereichen charakterisiert die Benetzungseigenschaft des jeweiligen Entwicklungsproduktes. Benetzungen benachbarter Quarz- und Tonmineralphasen sind übergangslos und damit offensichtlich weitgehend unabhängig von den Mineralphasen des Substrates. Öffnungen zwischen Tonmineral-Silikatschichten werden lückenlos ausgefüllt, während Hohlräume der großen Porenkanäle vollständig erhalten bleiben. Die polymeren Mikroschichten weisen in

den betrachteten Bereichen weder Riß- noch Blasenbildungen auf, Bild 1. Auf diese Weise werden die in kurzen Perioden auftretenden und nachweislich substraterstörenden Feuchte-Trocken-Wechsel der quellfähigen Mineralphasen verhindert und lösende chemische Angriffe weitgehend reduziert.

### 3.2 Wasserdampfdiffusion

Die eingesetzten Entwicklungsprodukte reduzieren die Wasserdampfdiffusionsstromdichte um etwa den Faktor 3 bis 4, obwohl die filmartige Benetzung der Porenwänden die Offenporigkeit nur in erwünschtem Maße vermindert. Die Ergebnisse können im wesentlichen auf die gemäßigt wasserabweisende Ausstattung der eingesetzten Produkte zurückgeführt werden, die der inneren Gesteinsoberfläche eine hydrophobierende Wirkung verleihen und eine Abnahme der Baustofffeuchte bewirken. Mit abnehmender Baustofffeuchte wird der Transport von Wassermolekülen gebremst. Oberflächendiffusion und Kapillarität leisten hier nur in gemäßigter Form einen Beitrag zur Wasserdampfdiffusion. Die Resultate der Wasserdampfdiffusionsstromdichte erscheinen zwar tolerabel, sollten aber bei den zu entwickelnden Produkten durch Optimierung der hydrophoben Ausstattung noch verbessert werden.

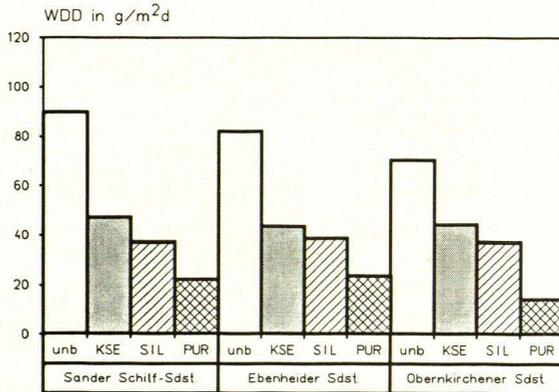


Bild 2: Wasserdampfdiffusion an Sandsteinproben

Fig. 2: Permeability to water vapour

### 3.3 Wasserdampfadsorption

Die höhere Sorptionsfeuchte des Sander Schilf-sandsteins (SS) im Vergleich zum Obernkirchener Sandstein (OK) ist auf die größere innere Oberfläche des SS, die eine große Adhäsionsoberfläche darstellt, zurückzuführen. Prinzipiell verringert sich die Adsorption der Wasserfilme bei behandelten Gesteinsoberflächen gegenüber den bruchfrischen Varietäten in nahezu allen Feuchtebereichen je nach Entwicklungsprodukt bis zu einem Faktor von rd. 2 bis 3. Der vergleichsweise hohe Wassergehalt des bruchfrischen Gefüges läßt sich durch Kapillarkondensation im Mikroporenbereich erklären. Der deutlich reduzierte Wassergehalt infolge Imprägnierung ist vermutlich durch eine Herabsetzung der inneren Oberfläche (da feine interkristalline Zwischenräume durch die Polymertränkung gefüllt bzw. versiegelt wurden) und durch Hydrophobierung der Porenwänden verursacht, Bild 3. Resultate aus den REM-Untersuchungen bestätigen diese Annahmen.

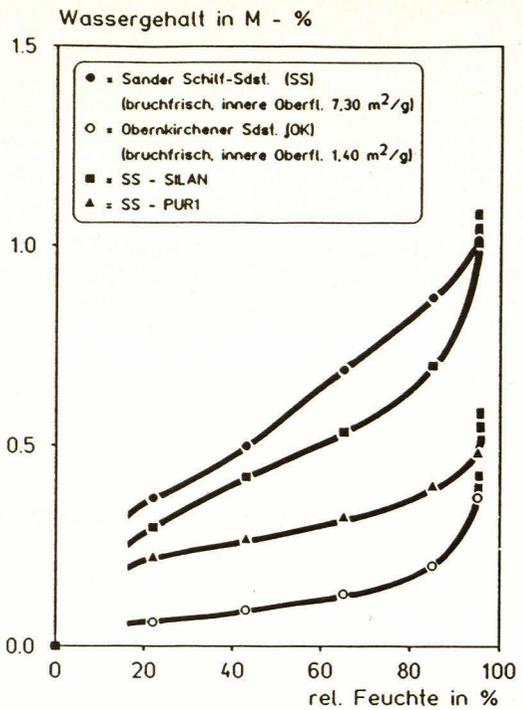


Bild 3: Sorptionsisothermen bei Sandsteinproben (23 °C)

Fig. 3: Isotherms of water vapour adsorption

## 4 SCHLUSSBETRACHTUNG

Die dargestellten Untersuchungen reflektieren lediglich einen Ausschnitt aus einem umfangreichen Arbeitsprogramm, das der Wirksamkeitsprüfung und der Entwicklung von dauerwirksamen Steinschutzstoffen dient. Exemplarisch wurden Entwicklungsprodukte und Gesteinsuntergründe ausgewählt, die einer Reihe von Prüfungen unterzogen und unter bauphysikalischen Gesichtspunkten diskutiert wurden. Es wurde gezeigt, daß visuelle Untersuchungen mittels der Rasterelektronenmikroskopie qualitativ mit den bauphysikalisch technologischen Untersuchungen korrelieren. Für eine umfassende Beurteilung der Wirksamkeit von Entwicklungsprodukten und eine folgerichtige Produktentwicklung werden über die genannten Analysen hinaus im Rahmen des unten genannten Forschungsvorhabens insbesondere Simulationsbeanspruchungen und ein Katalog anderer analytischer Verfahren, wie z. B. spektroskopische Analysen, eingesetzt.

## 5 ANMERKUNG

Die Arbeiten werden in Zusammenarbeit mit dem Gemeinschaftslabor für Elektronenmikroskopie (G.F.E.) der RWTH Aachen durchgeführt.

Forschungsförderer: Bundesminister für Forschung und Technologie (BMFT)



Herausgeber:

**Institut für Bauforschung Aachen**  
 Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule  
 Schinkelstraße 3, D-5100 Aachen  
 Tel. (02 41) 80-5100, FAX (02 41) 80-5120  
 Telex 8 32 704 thac d

**Direktoren:**  
 Prof. Dr.-Ing. H. R. Sasse  
 Prof. Dr.-Ing. P. Schießl