

# Ermittlung des Flüssigwasseranteils an Kalziumsilikatplatten bei Teilsättigung mittels NMR

Sarah Mandy NAGEL<sup>1</sup>, Christoph STRANGFELD<sup>1</sup>, Sabine KRUSCHWITZ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> BAM, Berlin

<sup>2</sup> TU Berlin

Kontakt E-Mail: sarah-mandy.nagel@bam.de

## Kurzfassung

Feuchte, insbesondere in Form von Flüssigwasser, stellt in Baustoffen ein hohes Schadenspotential dar. Um mit zerstörungsfreier Prüfung mögliche Risikostellen zu lokalisieren und Präventionsmaßnahmen zu ergreifen, sind Kenntnisse über das Porengefüge und Feuchtetransportmechanismen im Baustoff erforderlich. Eine wesentliche Problematik besteht derzeit in der Erfassung und Quantifizierung von Feuchteverteilungen bei Teilsättigung.

Wir verfolgen derzeit einen Ansatz, mittels Nuklear Magnetischer Resonanz (NMR) in Korrelation mit relativen Luftfeuchtmessungen den Flüssigwasseranteil bei Teilsättigung zu ermitteln. Mit Protonen-NMR lassen sich Relaxationszeiten von Wasserstoffprotonen in Abhängigkeit von ihrer Bindungsart und ihrer Umgebung - z. B. Porenstruktur und -größe - erfassen. Allerdings lässt sich bei Materialien mit sehr breiten Porengrößenverteilungen nicht klar differenzieren, ob kurze Relaxationszeiten durch größere teilgesättigte oder kleinere vollgesättigte Poren verursacht werden. Für die Korrelation mit der relativen Luftfeuchte im Baustoff erfolgt zunächst eine künstliche Regulierung im Klimaschrank. Durch einen neuentwickelten Ansatz von Hillerborg lassen sich dann bei jeder Luftfeuchte die adsorbierten Wasserschichtdicken und der Porensättigungsgrad für die vorhandenen Porengrößen berechnen. Mithilfe des berechneten Porensättigungsgrades lässt sich eine genauere Analyse der zeitlichen Entwicklung von Relaxationszeitenverteilungen (insbesondere bei Trocknungs- und Aufsättigungsprozessen) vornehmen. Somit sollen erstmals Aussagen zu kürzeren Relaxationszeiten bei teilgesättigten Porensystemen, die beispielsweise auch eine multimodale Porengrößenverteilung aufweisen, getroffen werden können.

In dieser Arbeit wird die Kombination aus NMR und der relativen Luftfeuchte an sehr porösen Dämmplatten aus Kalziumsilikat, die zur Wärmedämmung sowie der Entgegenwirkung von Schimmelbildung eingesetzt werden, angewendet. Untersucht werden 28 Proben à 6 Gruppen, die von unterschiedlichen Herstellern stammen bzw. unterschiedlich hergestellt wurden.



# Ermittlung des Flüssigwasseranteils an Kalziumsilikatplatten bei Teilsättigung mittels NMR

Sarah Mandy Nagel<sup>a</sup>, Christoph Strangfeld<sup>a</sup>, Sabine Kruschwitz<sup>a,b</sup>

## Motivation

### Typische Feuchteschäden im Bauwesen



Wand mit Schimmelpilzbefall<sup>1</sup>



Quellen durch Feuchte im Holzdielenboden<sup>2</sup>

→ Flüssigwasser ist schadensträchtig!

## Untersuchungsziel

### Abhängigkeit der NMR-Amplitude vom Flüssigwassergehalt

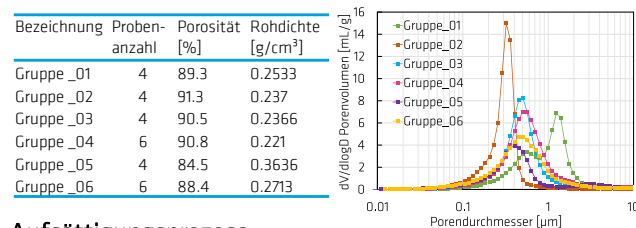
- Hauptfokus: Teilsättigung
- Untersuchungsmaterial: Kalziumsilikat als homogenes Referenzmaterial

## Probenvorbereitung und -beschreibung

### Kalziumsilikatplatten

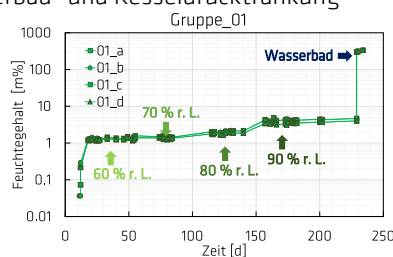
- Verwendung als Innendämmung
- alkalischer pH-Wert verhindert Schimmelbildung
- hohe Porosität vermindert Kondensatbildung

### Proben und Porengrößenverteilungen



### Aufsättigungsprozess

- Erzeugung teilgesättigter Zustände bei 23 °C und 60 %, 70 %, 80 % und 90 % r. L.
- Erzeugung vollgesättigter Zustände durch Wasserbad- und Kesseldrucktränkung



## Methoden

### Hygroskopische Wasserfilmdickenbestimmung

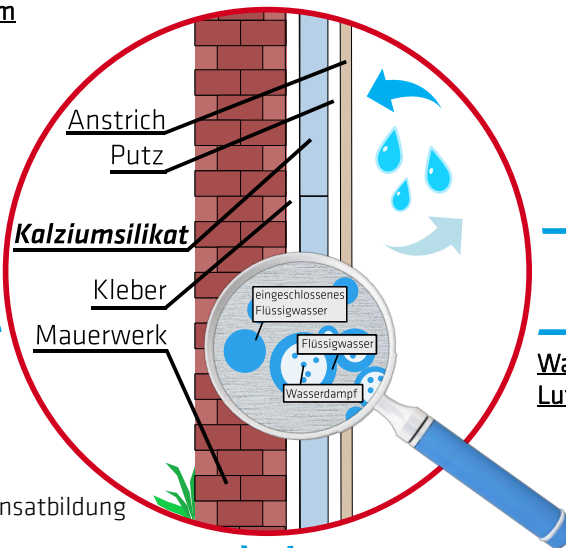
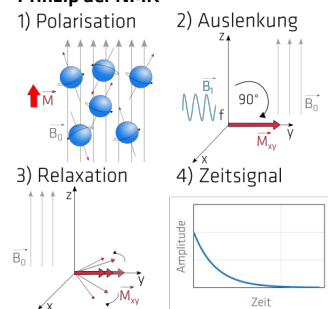
- Berechnung aus rel. Luftfeuchte-Daten (r. L.) nach Hillerborg (1985)<sup>3</sup>
- zwei Porenmodelle



### Nuklear Magnetische Resonanz (NMR)

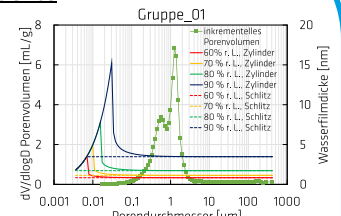
- NMR MOUSE PM25<sup>4</sup>
- Messtiefe: 18 mm
- Echos: 50 - 1500
- Scans: 160 - 1500

### Prinzip der NMR

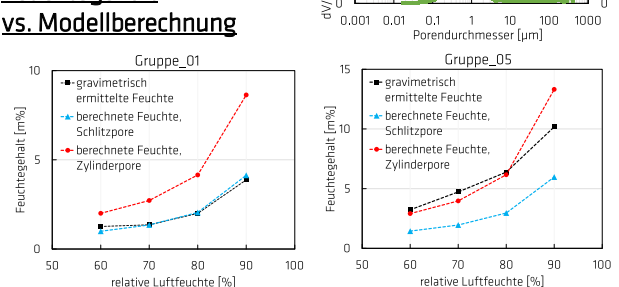


## Ergebnisse

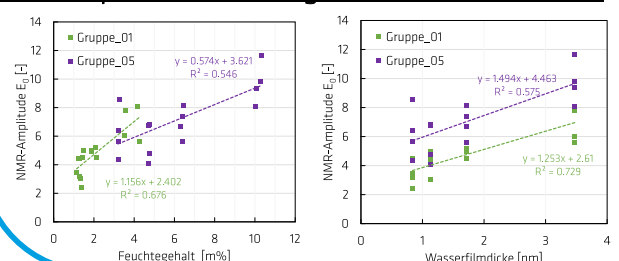
### Wasserfilmdicke vs. relative Luftfeuchte



### Feuchtegehalt vs. Modellberechnung



### NMR-Amplitude vs. Feuchtegehalt und Wasserfilmdicke



### Kontakt

<sup>a</sup> Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, 12205 Berlin,  
E-Mail: sarah-mandy.nagel@bam.de,  
christoph.strangfeld@bam.de,  
sabine.kruschwitz@bam.de

<sup>b</sup> Technische Universität Berlin, 13355 Berlin

### Verweise

<sup>1</sup> <http://www.malerbruske.de/leistungen/aussen/altbausanierung/sanierung-von-feuchteschaeden/>  
Aufruf: 21.03.2019 16:00

<sup>2</sup> <https://www.ish-institut.de/praxis/praxisfaelle-parkett/schaden-bei-landhausdielen/>  
Aufruf: 21.03.2019 16:00

<sup>3</sup> Hillerborg, A., A Modified Absorption Theory, Cement and Concrete Research Vol. 15, 1985, pp.809-816.

<sup>4</sup> NMR-Mouse one-sided NMR, <http://www.magritek.com/products/nmr-mouse/>  
Aufruf: 25.03.2019 14:00