

# Ein neuartiges Verfahren zur Bestimmung von Wärme- und Stofftransportparametern in porösen Adsorbentien mit Wasser mittels volumenmodulierter Frequency-Response-Analyse

*Eric Laurenz<sup>1,2</sup>, Gerrit Földner<sup>1</sup>, Lena Schnabel<sup>1</sup>, Gerhard Schmitz<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg, Germany*

*<sup>2</sup>TU Hamburg Harburg, Hamburg*

## **Kurzfassung**

Mit thermisch getriebenen Wärmepumpen und Kältemaschinen lassen sich in verschiedenen Anwendungsbereichen CO<sub>2</sub>-Emission und umweltschädliche Kältemittel einsparen. Ein Ansatz hierzu sind zyklisch betriebene Adsorptionswärmepumpen und -kältemaschinen. Sie nutzen den Dampfdruckunterschied zwischen einem adsorbierten Arbeitsmittel (hier Wasser) und des reinen flüssigen Arbeitsmittels. Zur Anwendung kommen dabei Adsorbentien wie Silikagele, Zeolithe oder metallorganische Gerüstverbindungen (MOF). Eine gute Kenntnis der nicht-isothermen Adsorptionsdynamik in Abhängigkeit des Betriebszustands sowie der Adsorptionsgleichgewichte und -enthalpie ist dabei eine wesentliche Voraussetzung für die gezielte Komponentenauslegung [1]. Aufgrund der speziellen Anforderungen der Anwendung (hohe Wärmestromdichte, stark nicht-isotherme Adsorption) muss dabei insbesondere zwischen Wärme- und Stofftransporteffekten unterschieden werden.

In diesem Beitrag wird ein Verfahren vorgestellt, das mittels der Frequenzantwortanalyse (FRA) [2] die Bestimmung von Wärme- und Stofftransportparametern (Wärmeleitfähigkeit, Kontaktwiderstand, effektive Diffusionskoeffizienten) sowie thermodynamischen Stoffwerte (Adsorptionsgleichgewichte und Adsorptionsenthalpie) erlaubt. Bei der FRA wird das Volumen einer Messkammer bei verschiedenen Frequenzen (0.001–5 Hz) sinusförmig angeregt und die Amplitude und Phasenverschiebung von Kammerdruck und Oberflächentemperatur der Probe ausgewertet (Abbildung 1). Das System oszilliert dabei in einem engen Bereich um den Gleichgewichtspunkt. Die Identifikation der Transportparameter erfolgt durch Modellabgleich mit analytischen Lösungen von Laplace-transformierten lokal-linearisierten Diffusions- und Wärmeleitungsmodellen im Frequenzbereich. Durch Variation der Gleichgewichtspunkte lassen sich die Transportparameter in Abhängigkeit von z.B. Temperatur und Beladung abbilden.

Es werden beispielhaft die Ergebnisse von binderbasierter Beschichtung mit dem MOF Aluminiumfumarat [3-4], einem vielversprechenden Material für die Nutzung von Abwärme zur Kühlung von Rechenzentren, vorgestellt.

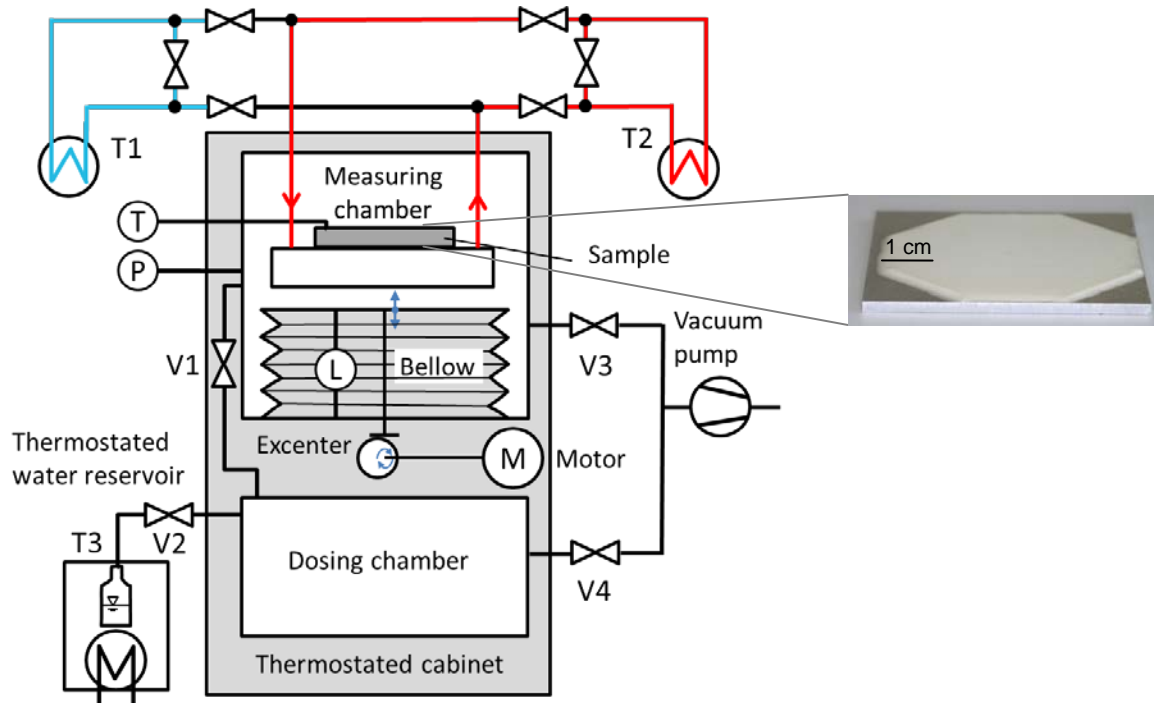


Abbildung 1: Schema der FRA Apparatur am Fraunhofer ISE und Beispiel einer untersuchten Beschichtungsprobe

## Literatur

- [1] Velte et al., *Energies*, **2017**, 10 (8), 1130
- [2] Bourdin, et al., *AIChE Journal* **1996**, 42
- [3] Jeremias et al., *RSC Adv* **2014**, 4 (46), 24073 – 24082
- [4] Kummer et al., *Ind. Eng. Chem. Res.* **2017**, 56 (29), 8393–8398