



**Diplomanden  
Dozent**

**Projektpartner  
Experte  
Themengebiet**

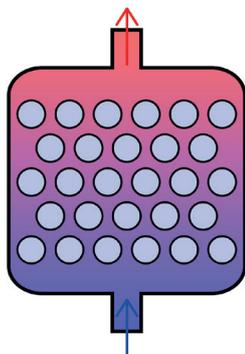
**Benjamin Fenk  
Prof. Dr. Philipp Schütz,  
Dr. Anastasia Stamatiou  
Cowa Thermal Solutions AG  
Dr. Kai Lieball  
Energien, Fluide und Prozesse**

## Numerische und experimentelle Untersuchung des Druckabfalls um Kapseln in Latentwärmespeichern

### Ausgangslage

Die steigende Wichtigkeit von erneuerbaren Energien und der hohe Bedarf an Wärme verstärken das Interesse an thermischen Energiespeichern stetig. Eine Art von Wärmespeicher sind Latentwärmespeicher mit makroverkapseltem Phasenwechselmaterial. Diese Systeme speichern grosse Mengen an Wärme durch Phasenübergang und können diese Energie bei nahezu konstanter Temperatur wieder freigeben. Neu werden diese Phasenwechselmaterialien in Kapseln in einer Festbettkonfiguration eingebaut. Während der Be- bzw. Entladung des Speichers werden die Kapseln mit einem Wärmeübertragungsfluid umströmt.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, ein geeignetes numerisches Verfahren zu finden, mit welchem der Druckabfall über verschiedene Festbettkonfigurationen bestimmt werden kann. Zur Validierung werden experimentelle Messungen durchgeführt. Zusätzlich soll der Druckabfall, mithilfe von etablierten Beziehungen (Ergun-Gleichung), analytisch berechnet werden.

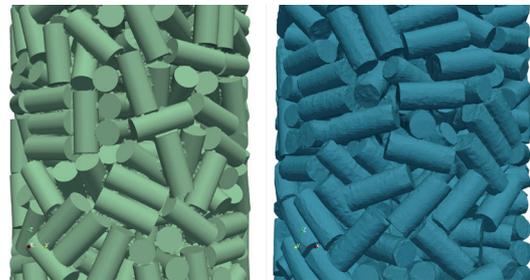


**Abb. 1:** Schema eines Latentwärmespeichers mit makroverkapseltem PCM beim Entladen. Die Farbskala (blau nach rot) gibt die Temperatur an

### Vorgehen

Auf Basis der Ergun-Gleichung wird der Druckabfall abgeschätzt und ein passender Experimentaufbau konzipiert und gebaut. Partikel mit verschiedenen Geometrien werden anschliessend ausgewählt und gefertigt. Die daraus resultierenden Festbett-Schüttungen werden mit einem industriellen Computertomographen vermessen und somit die jeweilige Struktur digitalisiert. Zudem werden ähnliche Schüttungen mit der Software Blender erstellt. Zur experimentellen Validierung werden die physischen Festbetten im Experimentaufbau mit Wasser durchströmt. Dabei wird der Druckabfall über das Festbett gemessen. Mit den digitalen Abbildern der Festbetten wird der Druckabfall numerisch berechnet. Dazu

werden drei unterschiedliche Simulationsprogramme Volume Graphics Studio Max 3.3, GeoDict (jeweils in der Stokes-Näherung) und coupledNumerics eingesetzt. Sämtliche erhaltenen Daten werden miteinander verglichen und auf ihre Plausibilität überprüft.



**Abb. 2:** Festbettausschnitt erstellt mit Blender (links) und mit CT-Scan (rechts)

### Ergebnis

Der Vergleich der Daten zeigt eine Diskrepanz zwischen den Resultaten der Ergun-Gleichung und des Experiments von bis zu 80 %. Die Resultate von VGSTUDIO und GeoDict zeigen, dass ein Stokes-Solver nicht geeignet ist. Coupled-Numerics liefert von allen numerischen Methoden die plausibelsten Resultate. Allerdings sollte die Netzgenerierung optimiert werden, um repräsentative Resultate zu erhalten.



**Abb. 3:** Simulierte Druckverteilung (coupledNumerics)