

Spitzenlastfähige Hochtemperaturspeicher

Christoph Lange, Dominik Müller, Jürgen Karl

Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik (EVT), Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Fürther Str. 244f, 90429 Nürnberg

Stand der Forschung

Thermochemische Hochtemperaturspeicher ermöglichen **sehr hohe** volumetrische sowie gravimetrische **Speicherdichten**. Das System um die reversible Reaktion $\text{CaO} + \text{CO}_2 \leftrightarrow \text{CaCO}_3$ liegt bei den Speicherdichten an der Spitze und übertrifft mit $0,6 \text{ kWh/kg}$, beziehungsweise 1340 kWh/m^3 bei 890°C [1] andere thermochemische Speicher wie Hydroxide sowie sensible und Latentwärmespeicher deutlich.

Warum ist bis jetzt keine technische Demonstration erfolgt?

Die konventionelle Methode des Be- und Entladens in Festbetten mit Gas-Wärmeübertragern lässt durch Wärmeübergangskoeffizienten von $\alpha \leq 100 \text{ W/m}^2\text{K}$ am Rohr nur geringe Wärmeströme zu [2]. Dadurch ist eine dynamische Wärmefreisetzung schwer möglich, welche jedoch in der heutigen Speicherproblematik der Energiewende durch den Anspruch an eine Flexibilisierung von Kraftwerken zwingend erforderlich ist.

Weiterhin ist bei vielen Wärmespeichern eine Anpassung des Temperaturniveaus zwischen Be- und Entladung erforderlich. Der damit einhergehende Exergieverlust ist der Wirtschaftlichkeit und Effizienz des Systems stark abträglich.

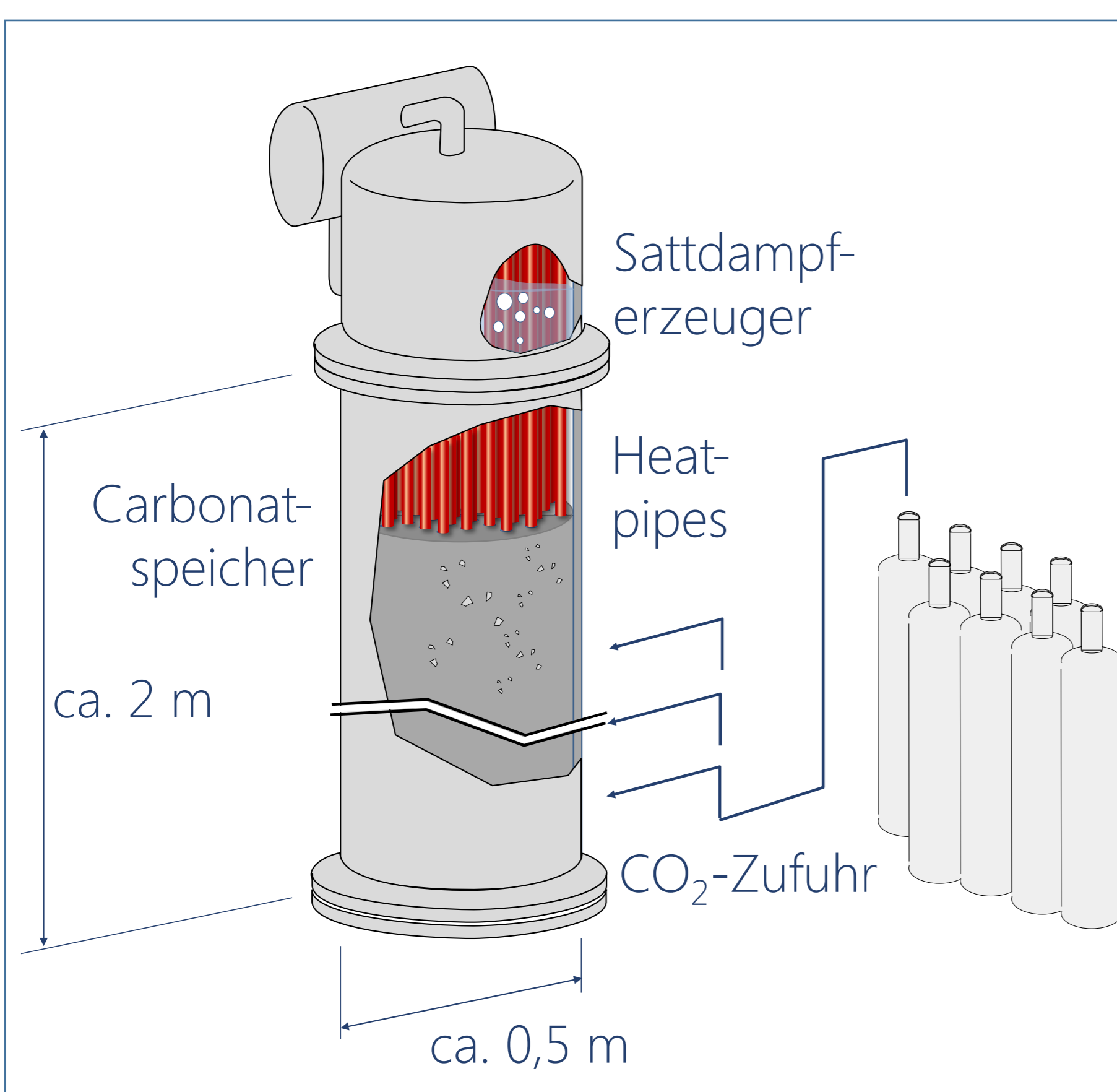


Abbildung 1: möglicher Aufbau der Pilotanlage des spitzenlastfähigen Carbonatspeichers

Innovation

Die Innovation des Speicherkonzepts an der FAU Erlangen-Nürnberg speist sich aus der bisherigen Forschungsarbeit zu Hochtemperatur-Heatpipes. Diese besitzen mit WÜK von 500 bis $1500 \text{ W/m}^2\text{K}$ **ideale Wärmeübertragungseigenschaften in Wirbelschichten** [2] und ermöglichen durch ihr isothermes Temperaturprofil eine deutlich vergrößerte Reaktionszone. Damit ist es möglich, die realisierbare Leistungsdichte und Dynamik konventioneller Systeme deutlich zu übertreffen.

Weiterhin soll der Reaktor nur durch Variation des CO_2 -Partialdruckes zwischen Be- und Entladebetrieb wechseln, sodass Karbonierung und Kalzinierung auf dem gleichen Temperaturniveau ablaufen (Abb. 2). Dadurch werden unnötige Aufheiz- und Abkühlprozesse vermieden.

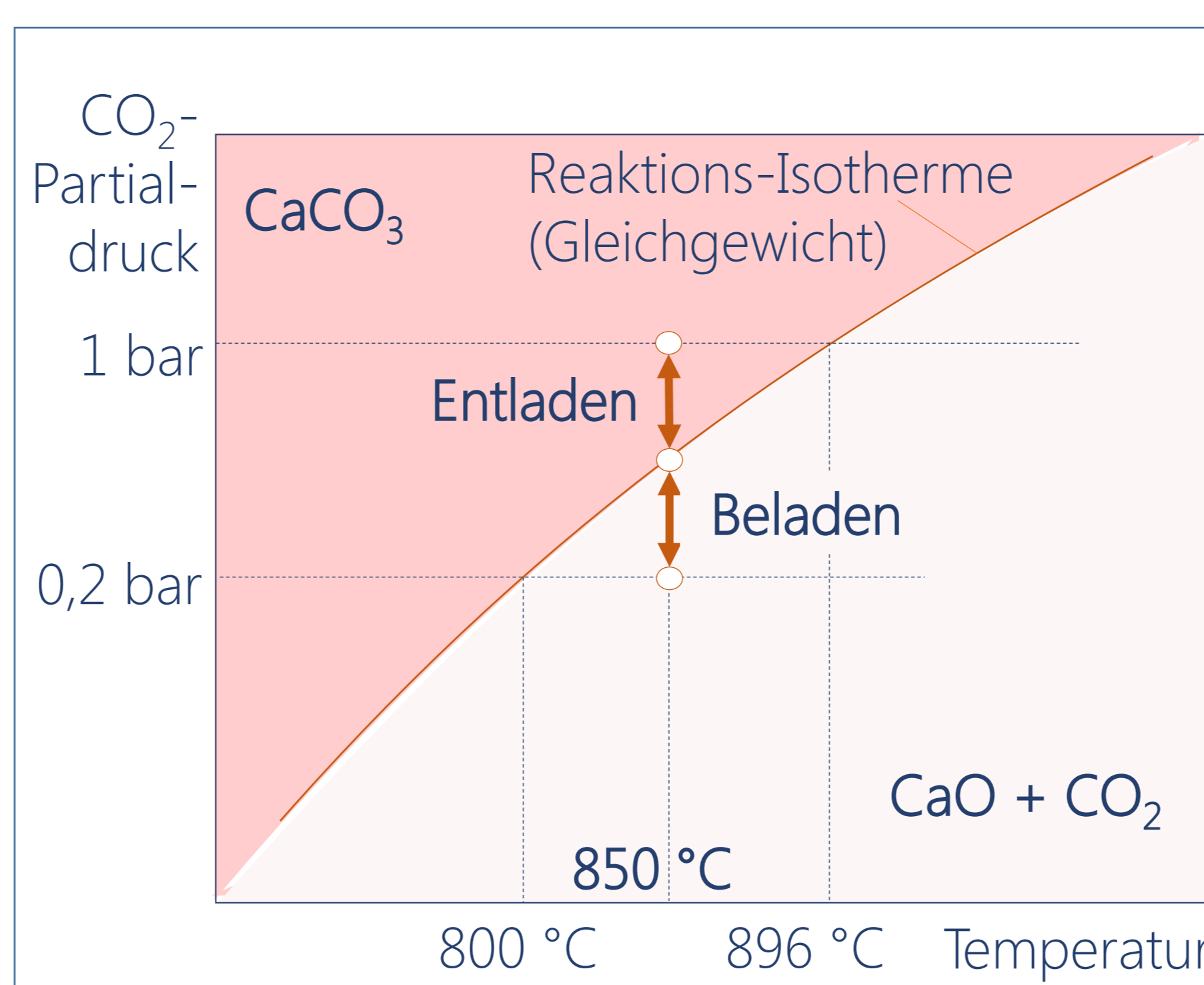


Abbildung 2: isothermes Be- und Entladen des Carbonatspeichers. Reaktionsisotherme nach [3]

Zielsetzung/Anwendung:

Ziel ist die Flexibilisierung des bestehenden Kraftwerksparks über die Ausrüstung dieser Hochtemperaturwärmespeicher mit einem integriertem Dampferzeuger. Je nach Auslegung ist die Bereitstellung von Dampf auf den verschiedensten üblichen Temperaturniveaus zur Einspeisung in bestehende Dampfnetze möglich. Am Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik soll der **Proof-of-Concept der isothermen Hochtemperatur-Speicherung** sowie eine Validierung der **hohen Leistungsdichten** bei dynamischer Wärmefreisetzung mittels Heatpipes im Carbonatbett erbracht werden.

Konzept und Methodik

Heatpipe-Dampferzeuger

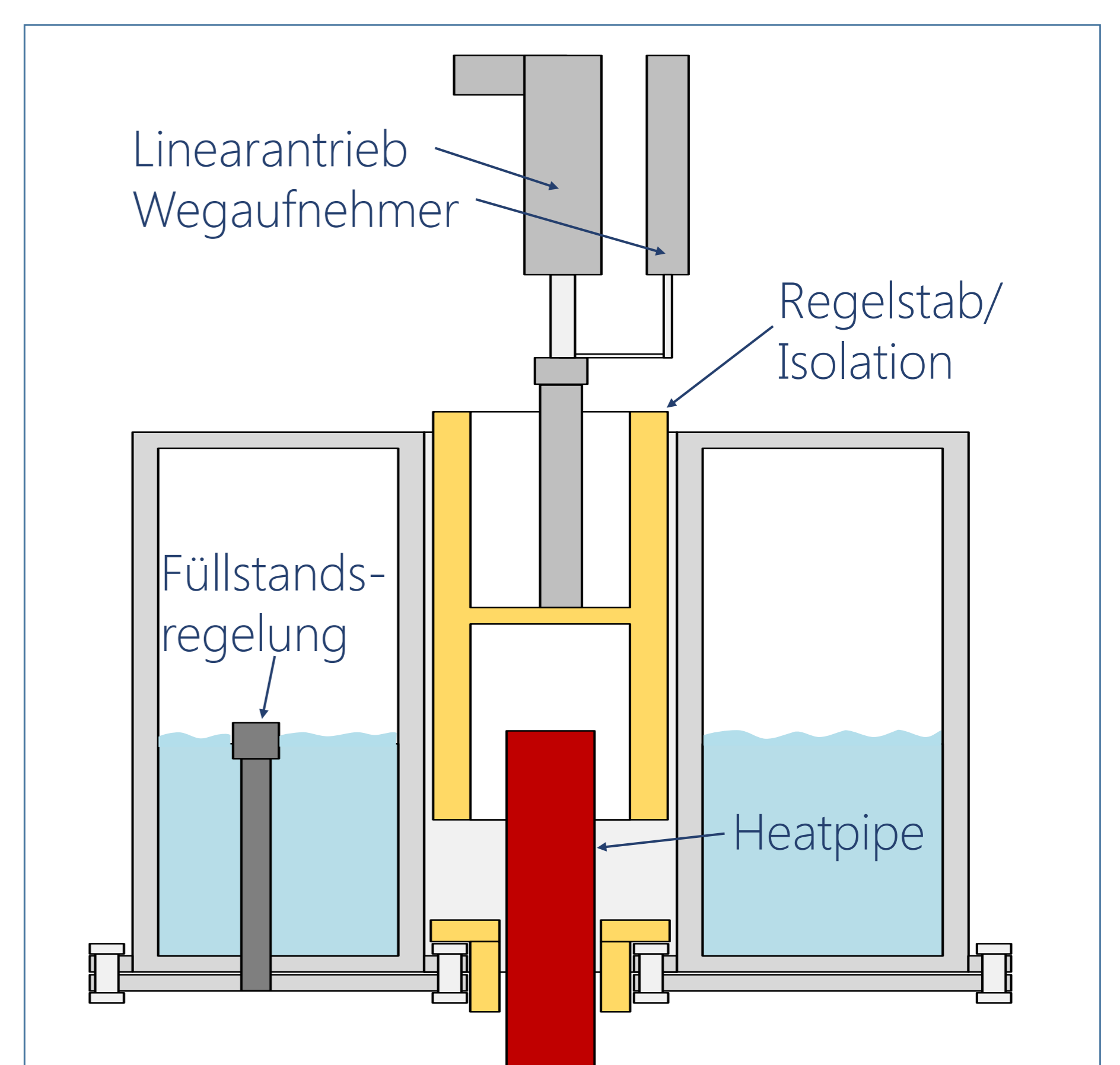


Abbildung 3: Heatpipe-Dampferzeuger Konzept

Zur Untersuchung des Konzepts der dynamischen Dampferzeugung mit Hochtemperatur-Heatpipes wurde am EVT der **Heatpipe-Dampferzeuger** (Abb. 3) aufgebaut, welcher eine verfahrbare Isolierung besitzt. Im Speicher- und Beladebetrieb wird die Heatpipe gegenüber dem Dampferzeuger isoliert. Im Entladebetrieb wird die komplette Länge der Heatpipe freigegeben und strahlt Wärme auf den Dampferzeuger ab.

Im Rahmen des Projektes soll zudem eine Gegenüberstellung der Ergebnisse von TGA-Untersuchungen und realem Versuch im Pilot sowie im Labormaßstab erfolgen. Dabei soll insbesondere das Niveau der Residualkapazität verglichen, sowie eine **Optimierung der Betriebsbedingungen für reale Anwendungsfälle** erzielt werden. Entscheidende Einflussparameter auf die Kapazität des Carbonats sind die Karbonierungsdauer, der Dampfgehalt im Fluidisierungsmedium sowie der CO_2 -Partialdruck bei der Karbonierung.

Referenzen:

- [1] Felderhoff M; Urbanczyk, R; Peil, S.: Thermochemical Heat Storage for High Temperature Applications – A Review. Green 2013; 3(2): 113 – 123 (2013)
- [2] Karl, J.; Schmitz, W.; Hein, D.: Allotherme Wirbelschichtvergasung – Möglichkeiten zur Realisierung des Wärmeeintrags in Wirbelschichten. Tagungsband 4. DGMK-Fachtagung „Energetische und stoffliche Nutzung von Ab-fällen und Biomassen“, Velen, (2000).
- [3] Stanmore, B.R., Gilot, P.: Review - Calcination and Carbonation of Limestone during Thermal Cycling for CO_2 Sequestration. Fuel Processing Technology 86 (16), 1707–1743 (2005).

