

# Anwendungsmöglichkeiten der Hochtemperatur Sand-Wärmespeicherung zur Flexibilisierung des Strommarktes

Martin HÄMMERLE<sup>1</sup>, Markus HAIDER<sup>1</sup>, Karl SCHWAIGER<sup>1</sup>

## Einleitung

Im zugehörigen Artikel wird das am IET (Institut für Energietechnik und Thermodynamik, TU-Wien) entwickelte Konzept eines aktiven Fließbett-Wärmetauschers vorgestellt. Zusätzlich werden entsprechende Anwendungsmöglichkeiten zur thermischen Energiespeicherung (TES) und zur Mindestlastabsenkung unter Anwendung dieses neuartigen Wärmetauschers präsentiert.

### Das sandTES – Konzept: ein aktiver Fließbett-Gegenstrom-Wärmetauscher zur Hochtemperatur Energiespeicherung in pulverförmigen Speichermedien

Das sandTES Konzept ermöglicht die Wärmeübertragung zwischen einem in Rohren geführten Wärmetauschermedium und einem fluidisierten pulverförmigen Speichermedium. Die Rohre liegen dabei in einem Fließbettbehälter und werden in entgegengesetzter Richtung von dem fluidisierten Speichermedium umströmt. Das aktive und damit exergetisch effizienteste Gegenstromverhalten wird durch einen Höhenunterschied zwischen dem Eintritt des Speichermediums in den Fließbettbehälter und dem Austritt des Speichermediums aus dem Fließbettbehälter gewährleistet. Der durch den Betthöhenunterschied induzierte Druckgradient veranlasst das fluidisierte Bettmaterial entgegen dem Strömungswiderstand vom höheren Eintritt in Richtung des tieferen Austritts zu fließen. Bild 1. zeigt die stark vereinfachten Hauptkomponenten einer sandTES-Anlage.

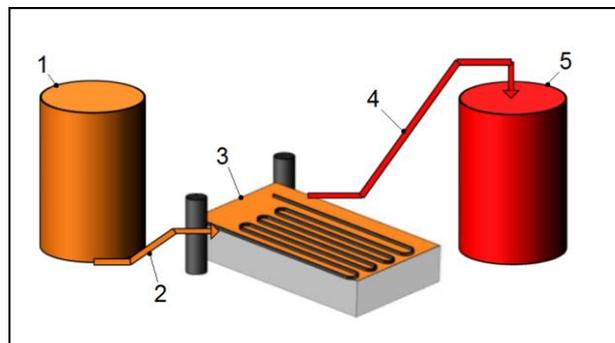


Bild 1. sandTES Hauptkomponenten

Im Ladezyklus wird das pulverförmige Speichermedium aus dem kalten Silo [1] über das Becherwerk [2] in den Fließbettbehälter [3] gefördert. Das fluidisierte Speichermedium fließt vom Eintritt zum Austritt des Fließbettbehälters und wird dabei im Gegenstrom über die Rohre erhitzt. Nach dem Austritt aus dem Fließbettbehälter wird das Speichermedium über das Becherwerk [4] in das heiße Silo [5] befördert. Der Entladezyklus unterscheidet sich vom Ladezyklus nur in der Umkehrung der Strömungsrichtungen der beiden Wärmetauschermedien.

Sand als Speichermedium zu verwenden hat mehrere Vorteile. Sand hat einen hohen Schmelzpunkt. Er ermöglicht somit Hochtemperatur Energiespeicherung in druckfreien Silos und zeichnet sich zusätzlich durch hohe Energiespeicherdichten aus. Sand ist weder Umwelt- noch Gesundheitsgefährdend und ist im Vergleich zu anderen Speichermedien auch ökonomisch von Vorteil.

<sup>1</sup> Institut für Energietechnik und Thermodynamik E302, TU-Wien, Getreidemarkt 9, A-1060 Wien, Tel.: +43 (0)1 58801 302 500, Fax: +43 (0)1 58801 302 501, sekretariat+e302@tuwien.ac.at, <http://www.iet.tuwien.ac.at>

## Anwendungsmöglichkeiten der Hochtemperatur Sand-Wärmespeicherung

### 1.) Adiabate Druckluftspeicherung ACAES (Adiabatic Compressed Air Energy Storage)

#### 1.1) Adiabate Druckluftspeicherung im Gleitdruckbetrieb

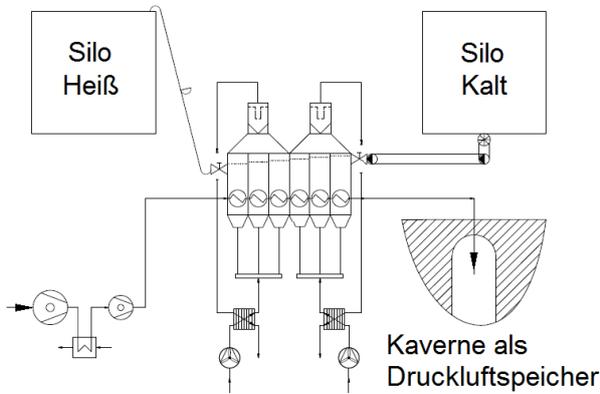


Bild 2. Ladezyklus ACAES

Der Speicherwirkungsgrad der Druckluftspeicherung wird stark erhöht indem die im Verdichterprozess anfallende Hochtemperaturwärme im Sand zwischengespeichert wird. Die Wärmeenergie wird der Druckluft im Entladezyklus wieder zugeführt, bevor die erhitzte Druckluft in der Turbine entspannt wird. Bild 2. zeigt den entsprechenden sandTES-Ladezyklus mit einer Kaverne als Druckluftspeicher. Die Kompressibilität der Luft führt bei konstantem Kavernenvolumen zum Gleitdruckbetrieb der Turbomaschinen im Lade- und Entladezyklus.

#### 1.2) Adiabate Druckluftspeicherung im Festdruckbetrieb

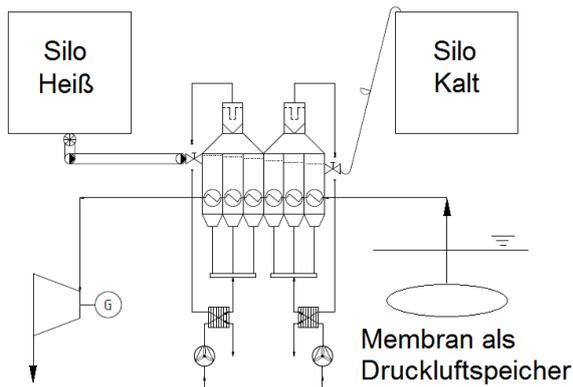


Bild 3. Entladezyklus ACAES Festdruck

Um den Gleitdruckbetrieb der Turbomaschinen zu vermeiden, kann eine elastische Membran als Druckluftspeicher unter Wasser verwendet werden. Der auf die Membran wirkende hydrostatische Druck gewährleistet einen konstanten Speicherluftdruck während den Lade- und Entladezyklen. Bild 3. zeigt den entsprechenden sandTES-Entladezyklus. Die im Sand zwischengespeicherte Wärme wird hier der Druckluft wieder zugeführt. Die resultierende hohe Temperatur der Druckluft ermöglicht den Betrieb einer Gasturbine ohne zusätzliche Brennstoffzuführung.

### 2.) Mindestlastabsenkung in kalorischen Kraftwerken

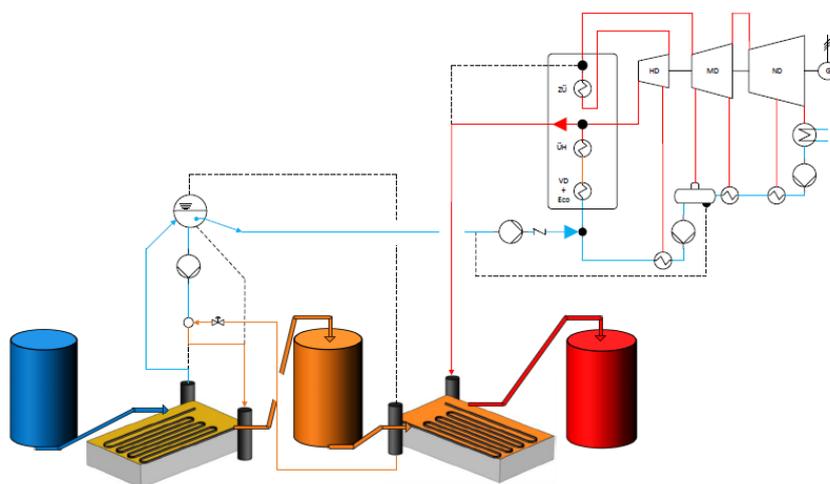


Bild 4. sandTES-Ladezyklus zur Mindestlastabsenkung

Eine weitere mögliche Anwendung des sandTES-Konzeptes ist die Mindestlastabsenkung in kalorischen Kraftwerken. Im Ladezyklus (Bild 4) wird hier ein Teil des überhitzten Dampfes aus dem Kraftwerkprozess über die sandTES Überhitzeranlage abgekühlt und in Folge über die sandTES Verdampferanlage kondensiert.

Nach der Abscheidung in der Trommel wird das Kondensat dem Kraftwerkprozess wieder zugeführt.

Im Entladezyklus wird ein Teil des Speisewassers über die sandTES Wärmetauscher verdampft, überhitzt und dem Kraftwerksprozess vor der Mitteldruckturbine wieder zugeführt.