

Hochdynamisches Recycling von Abwärme

Abwärme von 150-400 °C verlustlos, kompakt und hocheffizient speichern

Der Energieverbrauch der Industrie betrug vor wenigen Jahren 26 % des gesamten Endenergieaufkommens in der EU, die Abwärme in der Industrie, die genutzt werden könnte, 918 TWh pro Jahr, was 29 % ihres Energieverbrauchs entsprach.* Häufig fällt diese Abwärme im Bereich zwischen 150° und 400° Celsius an.

Durch Zwischenspeicherung und Nutzung dieser Wärme auf geringerem Temperaturniveau könnte ein großer Teil sinnvoll verwendet werden und damit zur Senkung des Gesamtenergieverbrauches und des CO₂-Footprints beitragen.

Dafür gibt es ein neuartiges Modul der TU Wien. Es besteht aus einem Wärmetauscher, feinem Granulat aus kostengünstigem Festmaterial sowie einem industriellen Reaktionsgas.

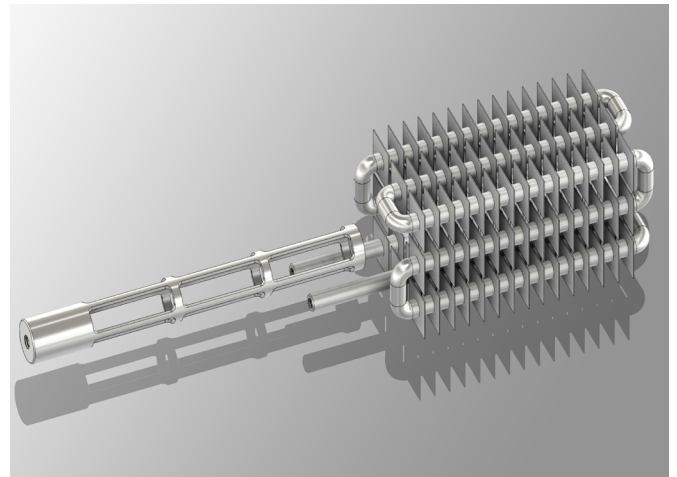
Das Modul kann an den Bedarf konkreter Industriesparten und -betriebe angepasst werden. Die Basis dafür liefern herausragende Ergebnisse mit Prototypen im Labormaßstab.

Ziel

Ziel der Forschungsgruppen um Prof. Peter Weinberger am Institut für angewandte Synthesechemie und Prof. Andreas Werner am Institut für Energietechnik und Thermodynamik war ein Speichersystem, das möglichst verlustfrei tausende Lade- und Entladezyklen übersteht, technisch einfach handhabbar, kompakt und kostengünstig ist. Idealerweise sollte es rasch reagieren sowie die Abwärme auf unterschiedlichen Temperaturniveaus aufnehmen und Wärme auf verschiedenen, einstellbaren Temperaturniveaus abgeben können, um auch Kaskaden-Nutzung zu ermöglichen, die besonders hohe Verwertungsraten für Abfallwärme ermöglichen.

Lösung

Die Forscher an der TU Wien untersuchten dafür Materialien näher, die, die thermo-chemische Reaktionen erwarten lassen – wie sie etwa bei „Löschen“ von Kalk mit Wasser auftreten, die spontan zu Wärmeentwicklung



Innenstruktur des Moduls der TU Wien mit Lanzenhalterung für Reaktionsgas – ergibt gemeinsam mit feinem Granulat einen hochdynamischen Wärmespeicher

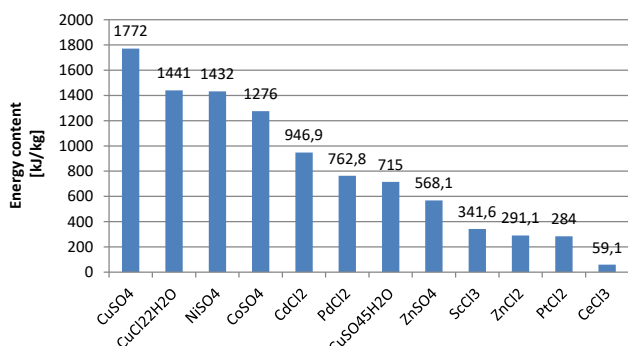
führt. Diese ermöglichen kompakte Systeme zur langen verlustfreien Lagerung und mit hoher Energiedichte, die auf Feststoffen basieren. Die Feststoffe können mit Hilfe spezieller Strukturierung und räumlichen Anordnung in ihrer Reaktionskinetik gezielt beeinflusst werden. In Grundlagenforschung wurden etwa 5.000 chemische Reaktionen identifiziert, die Wärme in Feststoffen speichern können. Hinsichtlich Speicherdichte, Reaktionsgeschwindigkeit, Zyklenbeständigkeit, technischer Handhabung und Kosten der Einsatzstoffe verblieben ein Dutzend vielversprechende Stoffpaarungen.

Ergebnis

Mit 1,8 MJ/kg zeigt Kupfersulfat (CuSO₄), das mit geringen Mengen an Ammoniak (NH₃) gänzlich reversibel reagiert, die höchste Wärmespeicherdichte. Das CuSO₄ wird auf eine poröse und chemisch inerte Trägersubstanz aufgebracht und zur Wärmefreisetzung mit NH₃ in Kontakt gebracht.

Zur Regeneration wird das Ammoniakat durch Abwärme beheizt, wodurch das NH₃ wieder vom Feststoff gelöst wird. Eine einfache Vorrichtung, welche wie eine Vakuumpumpe wirkt, fördert den Ammoniak in eine Vorratskammer, wo er für den nächsten Zyklus bereitgehalten wird.

* Bianchi, G., Panayiotou, G.P., Aresti, L. et al. Estimating the waste heat recovery in the European Union Industry. *Energ. Ecol. Environ.* 4, 211–221 (2019). (Springer Verlag) <https://doi.org/10.1007/s40974-019-00132-7>



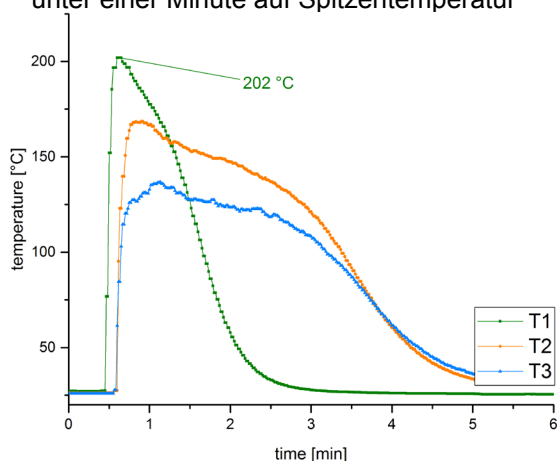
Massebezogene Speicherdichte
verschiedener Metallammoniate

Das System ist hochdynamisch und gibt bereits wenige Sekunden nach Auftreffen des Ammoniaks auf den Feststoff die Wärme auf höchstem Temperaturniveau ab, das auf bis über 300 °C liegen kann. Dieses Temperaturniveau kann, ebenso wie jenes für die Wärmeaufnahme, durch die Strukturierung und Geometrie des Trägermaterials sowie die gewählte Technik der Wärmeübertragung gezielt beeinflusst werden.

Dadurch kann die Funktion des Speichermoduls an gewünschte Kaskaden-Nutzungen angepasst werden.

Ihre Vorteile

- erster hochdynamischer Speicher zur Nutzung von Abwärmeniveaus zwischen 150 °C und 400 °C
- verlustlose Speicherung mit hoher Energiedichte von 1,8 MJ/kg
- hochdynamische Wärmeabgabe – unter einer Minute auf Spitzentemperatur



Typische Temperaturverläufe
bei der Reaktion von CuSO₄ mit NH₃ –
abhängig von Geometrie des Wärmespeichers

- liefert Wärme auf hohem Temperaturniveau von bis zu über 300 °C
- hohe Zyklenbeständigkeit
- einstellbare Temperaturprofile für Wärmeaufnahme und -abgabe
- einzigartige und kostengünstige Materialien
- auch als Langzeitspeicher geeignet – über mehrere Monate

An der TU Wien steht an zwei Fakultäten eine einzigartige Kombination von Verfahren zur exakten Bestimmung der Speicherkapazität, für Materialanalytik und von Synthesetechniken einerseits sowie aktueller Verfahrens- und Produktionstechnik andererseits zur Verfügung. Dies erlaubt die effiziente Adaptierung des Basismodules auf gewünschte Anwendungen der Industrie sowie die Dimensionierung optimierter hochdynamischer Wärmespeicher aus einer Hand.

Anwendungen

- Wärmerecycling für die produzierende Industrie verschiedenster Sparten – von Grundstoffindustrie bis Nahrungsmittel – sowie für regionale Wärmenetze
- Speicherung von Solarthermie für spätere Nutzung für Elektrizitätsproduktion oder Wärmeversorgung
- Vermeidung von Kaltstarts bei Verbrennungsmotoren in Baumaschinen, Zugmaschinen, Schifffahrt – durch hocheffiziente Vorwärmung von Katalysator und Öl

Kontakt

Prof. Dr. Andreas Werner
TU Wien – Forschungsbereich Thermodynamik
und Wärmetechnik
www.iet.tuwien.ac.at
+43 1 58801 302314
andreas.werner@tuwien.ac.at, foma@tuwien.ac.at