

Wärmespeicherung durch offene Sorptionssysteme

Dr. Henner Kerskes

**Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)
Forschungs- und Testzentrum für Solaranlagen (TZS)**

**Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 6, 70550 Stuttgart
Email: kerskes@itw.uni-stuttgart.de
Internet: www.itw.uni-stuttgart.de**

Inhalt

- Mechanismus der offenen adsorptiven Wärmespeicherung
- Vorstellung zweier Konzeptvarianten zur offenen Adsorption
am Beispiel der Projekte SolSpaces und EnerChem
- Ausblick

Funktionsprinzip Sorptionsspeicher

Nutzung des Prinzips der Adsorption zur Wärmespeicherung

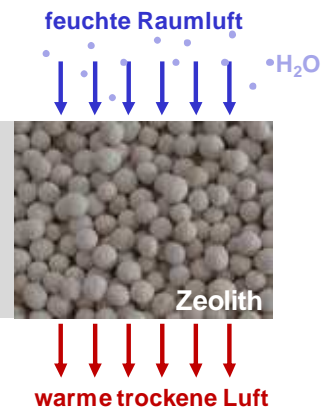
- Adsorbens: Zeolith (Festbett aus Kugeln)
- Adsorptiv: Wasserdampf (aus der Raumluft)

Adsorption:

trockener Zeolith + Wasser → feuchter Zeolith + Wärmefreisetzung

Desorption:

feuchter Zeolith + Wärmezufuhr → trockener Zeolith + Wasser



Vorteile des Sorptionsspeichers

- Speicherung (nahezu) verlustfrei
- hohe Energiespeicherdichte → etwa 3 mal größer als bei Warmwasserspeicher (~175 kWh/m³)

Funktionsprinzip Sorptionsspeicher

Nutzung des Prinzips der Adsorption zur Wärmespeicherung

- Adsorbens: Zeolith (Festbett aus Kugeln)
- Adsorptiv: Wasserdampf (aus der Raumluft)

Adsorption:

trockener Zeolith + Wasser → feuchter Zeolith + Wärmefreisetzung

Desorption:

feuchter Zeolith + Wärmezufuhr → trockener Zeolith + Wasser



Vorteile des Sorptionsspeichers

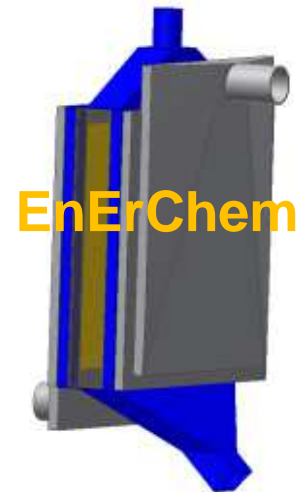
- Speicherung (nahezu) verlustfrei
- hohe Energiespeicherdichte → etwa 3 mal größer als bei Warmwasserspeicher (~175 kWh/m³)

Offene Prozessführung - Speicherkonzepte



SolSpaces

Internes Reaktordesign:
Material-Bevorratung ist gleichzeitig Reaktionsort



EnErChem

Externes Reaktordesign:
Trennung zwischen Material-Bevorratung und Reaktionszone

Offene Prozessführung – internes Reaktordesign



SolSpaces

Entwicklung einer vollständig solaren Wärmeversorgung für energieeffiziente Kompaktgebäude



Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)
Forschungs- und Testzentrum für Solaranlagen (TZS)
Universität Stuttgart



Offene Prozessführung – internes Reaktordesign

Ausgangssituation:

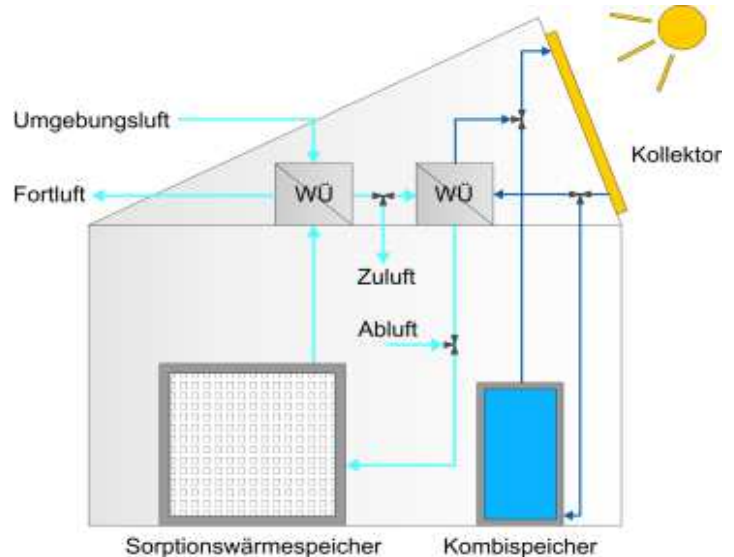
modernes Gebäude mit solarer Kombianlage

kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung

Langzeitwärmespeicher

Luftfeuchte der Gebäudeabluft dient als adsorptive Wärmequelle

Regeneration des Speichers im Sommer durch Überschusswärme der Solaranlage



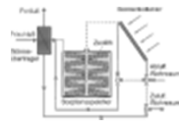
Forschungsgebäude

- Gebäude vom Typ „Flying Spaces“ der Firma SchwörerHaus KG
- Gebäude vollständig vorgefertigt
- Wohnfläche 43 m²
- hoher Dämmstandard
- großes Oberflächen- zu Volumenverhältnis
- vergleichsweise hoher spezifischer Heizwärmebedarf
- Heizungskonzept auf größere Gebäude mit ähnlichem Wärmebedarf übertragbar

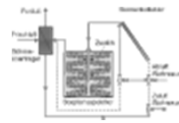


Solares Heizungssystem mit Sorptionsspeicher

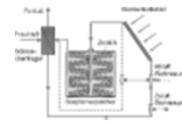
Heizen mit Kollektor



Heizen mit Sorptionsspeicher

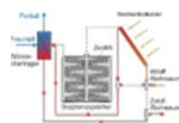


Regeneration des Speichers

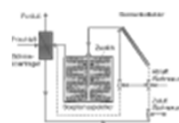


Solares Heizungssystem mit Sorptionsspeicher

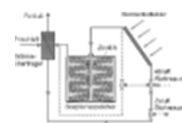
Heizen mit Kollektor



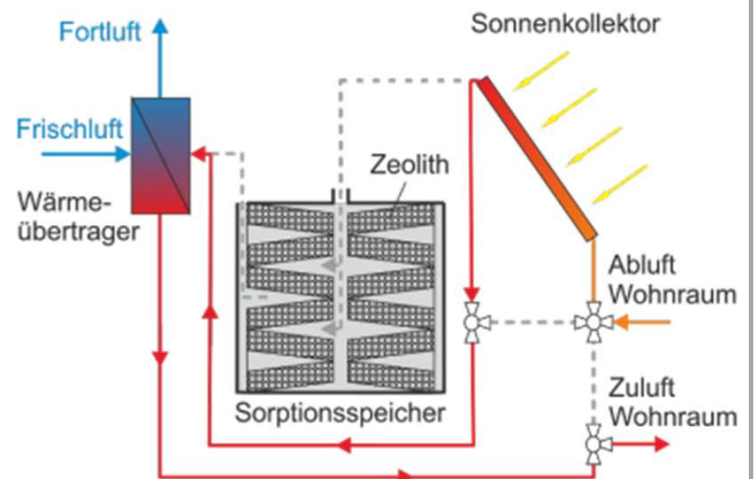
Heizen mit Sorptionsspeicher



Regeneration des Speichers

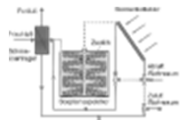


- Erwärmung der Raumabluft durch den Sonnenkollektor
- Übertragung der Wärme an die Frischluft im Wärmeübertrager
- Beheizung des Gebäudes mit erwärmter Frischluft

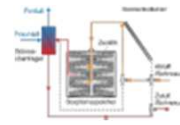


Solares Heizungssystem mit Sorptionsspeicher

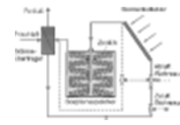
Heizen mit Kollektor



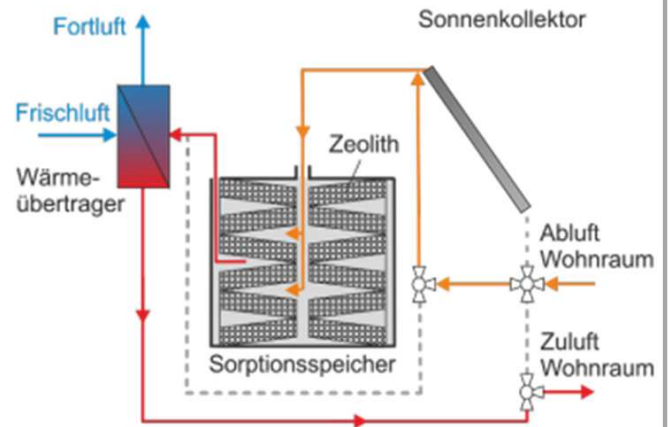
Heizen mit Sorptionsspeicher



Regeneration des Speichers

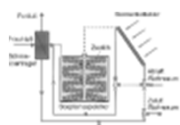


- Durchströmung des Sorptionsspeichers mit feuchter Raumabluft
- Adsorption der Luftfeuchtigkeit setzt Wärme frei
- Übertragung der Wärme an die Frischluft im Wärmeübertrager
- Beheizung des Gebäudes mit erwärmter Frischluft

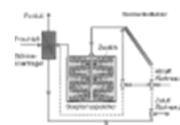


Solares Heizungssystem mit Sorptionsspeicher

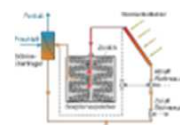
Heizen mit Kollektor



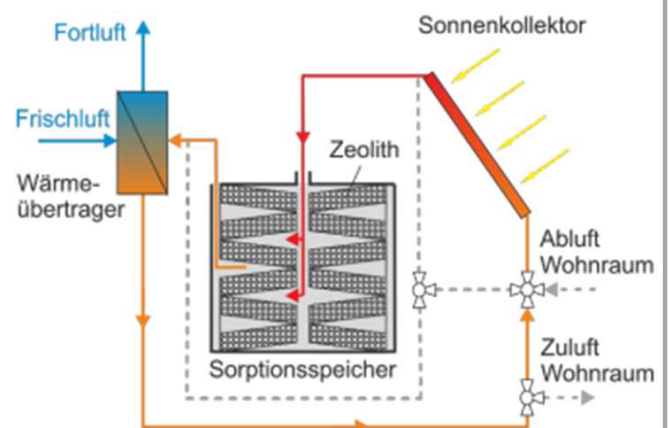
Heizen mit Sorptionsspeicher



Regeneration des Speichers



- Erhitzung der Frischluft im Sonnenkollektor
- Durchströmung des Speichers mit heißer Luft
- Desorption des Wasserdampfs und Austrag aus dem Speicher mit dem Luftstrom
- getrocknetes Speichermaterial wieder für Gebäudebeheizung verfügbar



Offene Prozessführung – externer Reaktor und Materialtransport

EnErChem Entwicklung und Erprobung eines chemisch-sorptiven Langzeitwärmespeichers für die Gebäudebeheizung

- optimierte, hocheffizienten und kostengünstigen Sorptionsmaterialien
- Umsetzung und Erprobung in einer Demonstrationsanlage



UNIVERSITÄT LEIPZIG

Inst. für technische Chemie ITC

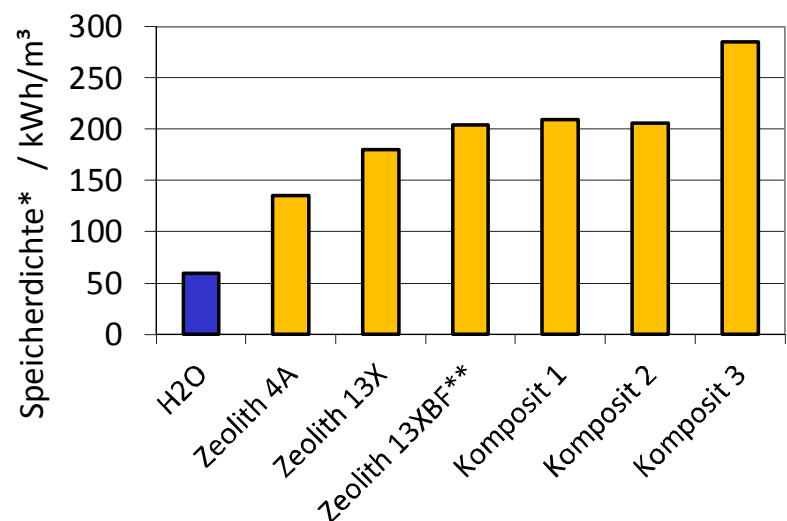
Entwicklung von Speichermaterialien

kommerziell verfügbare Adsorbentien

- Silikagele
- Zeolith Typ 4A, 13X, NaY
 - neue Entwicklungen:
 - binderfreie Zeolithe (BF)
 - höhere Adsorptionskapazität
 - schnelle Kinetik

Materialien in der Entwicklung

- Kompositmaterialien
 - Salze eingebracht in aktive oder passive Trägerstrukturen
 - Salz + Zeolith, Salz + Träger
 - verbesserte Speicherkapazität, preiswert

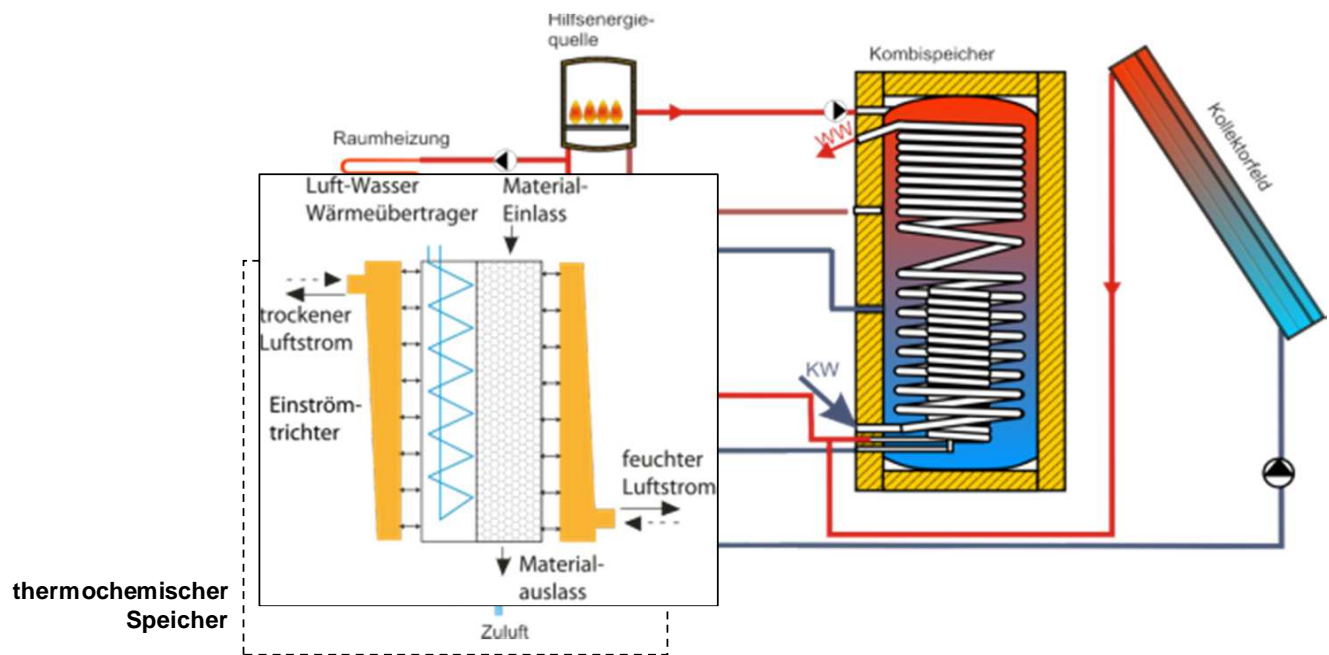


*Desorption: 140 °C, $p_{\text{H}_2\text{O}} < 1$ mbar, 2500 g/h: 5 h

Adsorption: 30 °C, $p_{\text{H}_2\text{O}} = 20$ mbar, 1000 g/h: 9 h

**BF: bindemittelfrei hergestellte Zeolithe

Offene Prozessführung – externer Reaktor und Materialtransport



Offene Prozessführung – externer Reaktor und Materialtransport

Anforderungen an das Reaktordesign:

- Großer Strömungsquerschnitt für den Luftstrom:
→ Reduzierung des Druckverlusts
- Schwerkraftgetriebener Materialtransport durch den Reaktor:
→ Minimierung des energetischen u. technischen Aufwands
- Kompakte Konstruktion und geringe Distanzen zwischen Wärmequelle und Wärmesenke:
→ Minimierung der Wärmeverluste
- Robuste und effiziente Prozessführung:
→ Optimale Nutzung der Speicherkapazitäten des Materials



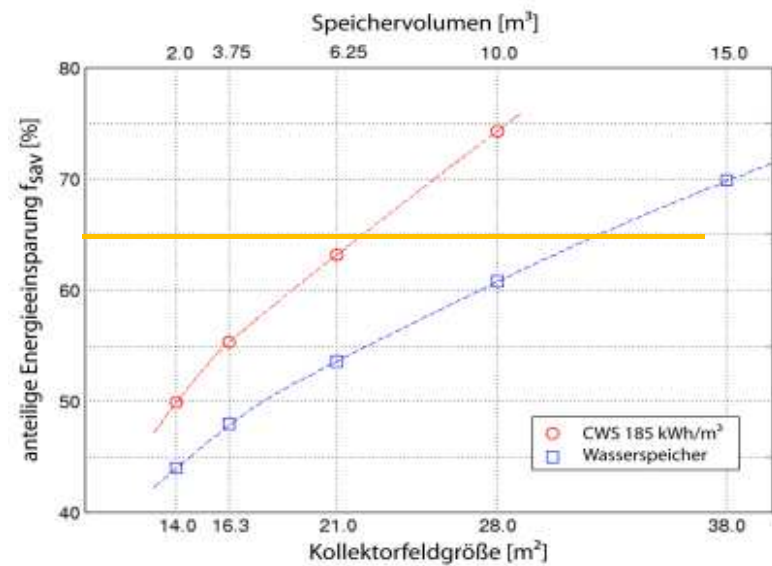
Thermische Leistungsfähigkeit

Simulationsstudie:

- hohe solare Deckungsanteile erzielbar
 - bei moderater Kollektorfläche und moderatem Speichervolumen
- deutliche Vorteile gegenüber Warmwasserspeichern
- weitere Steigerung durch verbesserte Speichermaterialien

Wichtig: Kosten senken

- Speichermaterial
- System



Referenzgebäude

Standort Würzburg, beheizte Wohnfläche 128 m²

Dachausrichtung: Süd, 45° Neigung, CPC-Vakuumröhrenkollektoren

Gesamtenergiebedarf: 9570 kWh/a (bei 85% Kesselnutzungsgrad)

Zusammenfassung

- Für Wärmespeicher mit offenen Sorptionssystemen sind unterschiedliche Prozessführungen entwickelt worden
- Prozessführung mit internem und externem Reaktordesign wurden vorgestellt
- beide Konzepte wurden im Labormaßstab experimentell erprobt
- beide zeigen hohe thermische Leistungsfähigkeit und spezifische Vorteile

Materialentwicklung

- Einhergehend mit Speicherentwicklung findet Materialentwicklung statt
- zahlreiche nationale und internationale Aktivitäten
- bereits gute Fortschritte bezüglich Speicherkapazität und Kinetik

Weitere notwendige Entwicklungsschritte

Wichtig

- begonnene Entwicklungen weiter vorantreiben

nächsten Schritte

- Systeme im real Maßstab demonstrieren
- neue Speichermaterialien entwickeln
- Performance und Robustheit weiter steigern



Kosten senken

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Henner Kerskes
Universität Stuttgart
kerskes@itw.uni-stuttgart.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

