

## Feststoff-Sorptionsprozess für industrielle-WSP



## Solartechnik

entwickeln • messen • prüfen • simulieren • schulen • beraten

**Bernhard Zettl**

Contact: [zettl.bernhard@asic.at](mailto:zettl.bernhard@asic.at)

## Inhalt

- Ad-Sorptionsverhalten (Flow-TCS)
- De-Sorptionsverhalten (Dual-Desorption)
- Industrielle Anwendungen- (Beispiele und Konzepte)

## Projekt FLOW-TCS

**Ziel der Entwicklung: Verfahrenskonzept für kompakte und verlustlose Solar-Wärmespeicher**

- bewegter Reaktionsraum für gute Effizienz und Steuerbarkeit
- Verwendung eines granulares thermo-chemischen Speichermaterials auf Basis kostengünstiger Rohstoffe (natürliche Zeolithe, Salze)
- Modellbildung durch thermo-physikalische Methoden und Simulationsverfahren.



FFG

23. Okt. 2014

BMVIT-Tagung „Kompakte Thermische Speicher“

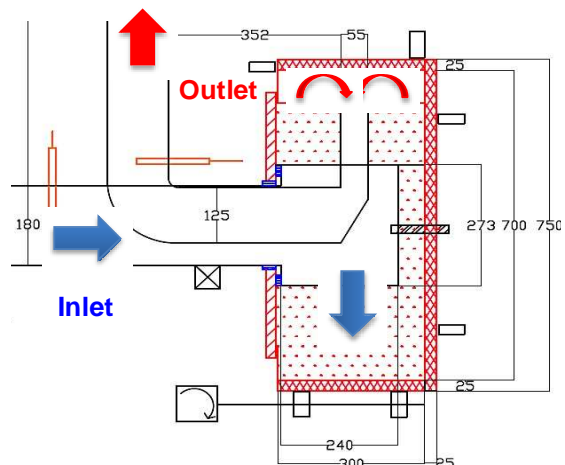
3

## Wärmetrommel Aufbau



Offene Sorption:

- Luft dient als Feuchte und Wärme-Transportmedium,
- Volumen-Strom 140 m<sup>3</sup>/h,
- Druckabfall ca. 800 Pa
- El. Antrieb 120W



23. Okt. 2014

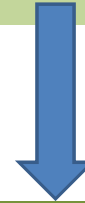
BMVIT-Tagung „Kompakte Thermische Speicher“

4

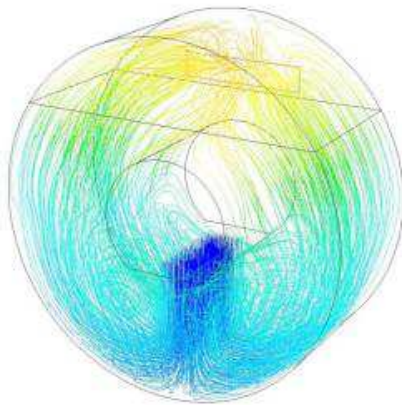
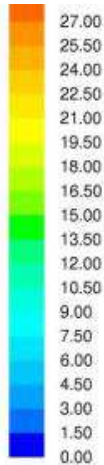
- homogene Durchströmung,
- geringe Ventilatorleistung
- geringe Wärmekapazität
- gute Steuerbarkeit



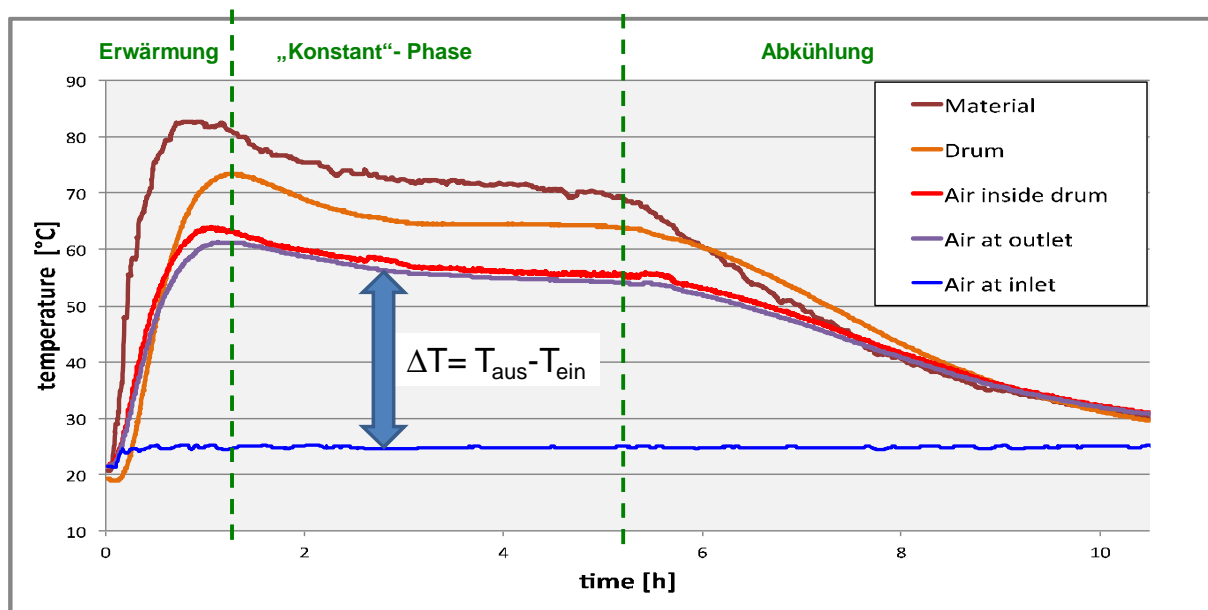
Verwendung von salzprägnierten Materialien ist möglich, da eine Über-Hydratation vermeidbar ist



- Kostengünstige Speichermaterialien mit moderaten Desorptions-Temperaturen,
- Leichte Transportierbarkeit des Schüttgutes

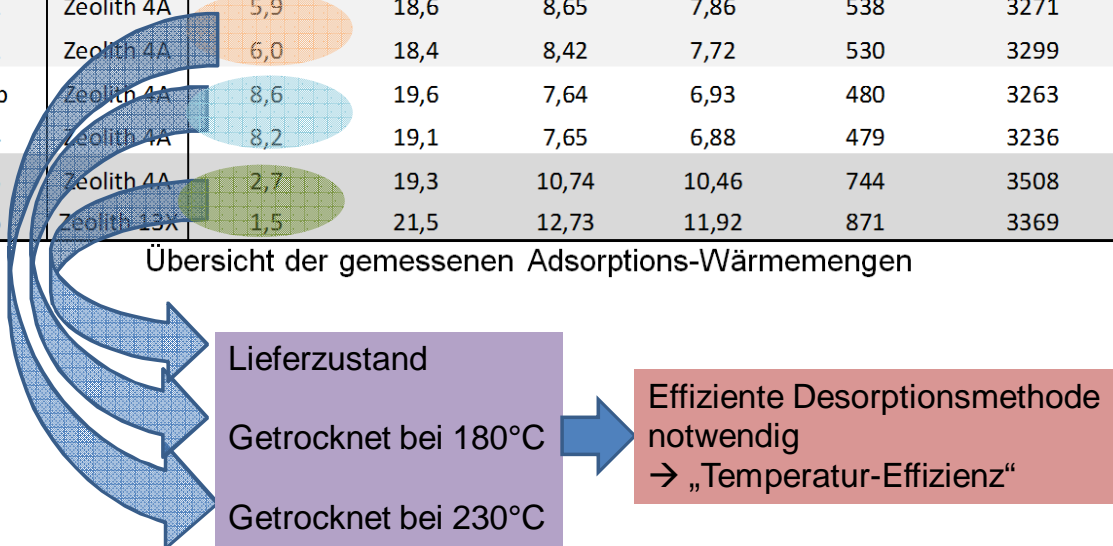


70kg Zeolith 4A (ca. 2% H<sub>2</sub>O), Luftstrom 140 m<sup>3</sup>/h, x<sub>ein</sub>=16 g/kg

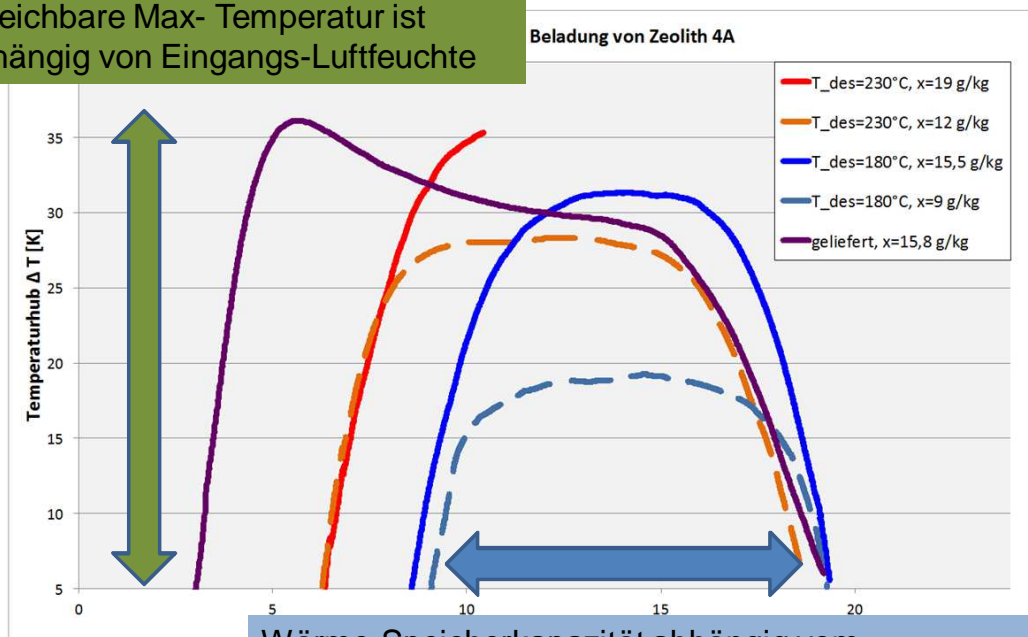


Batch #	Material	C-Start	C-Ende	$\Delta m$ -Wasser	H	h-Adsorbens	h-Adsorbat
		[% Wasser]	[% Wasser]	[kg]	[kWh]	[kJ/kg]	[kJ/kg Wasser]
1	Zeolith 4A	5,9	18,6	8,65	7,86	538	3271
2	Zeolith 4A	6,0	18,4	8,42	7,72	530	3299
3b	Zeolith 4A	8,6	19,6	7,64	6,93	480	3263
4	Zeolith 4A	8,2	19,1	7,65	6,88	479	3236
5	Zeolith 4A	2,7	19,3	10,74	10,46	744	3508
6	Zeolith 13X	1,5	21,5	12,73	11,92	871	3369

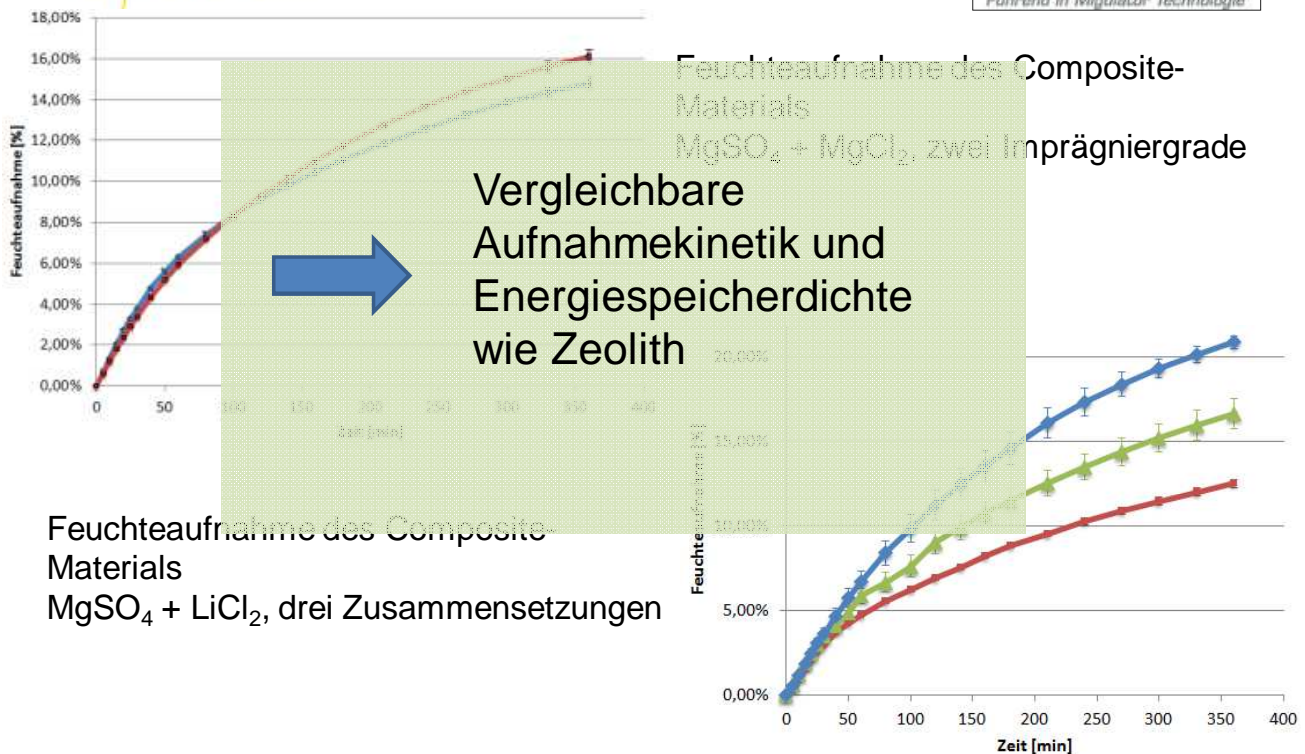
Übersicht der gemessenen Adsorptions-Wärmemengen



Erreichbare Max- Temperatur ist abhängig von Eingangs-Luftfeuchte



Wärme-Speicherkapazität abhängig vom Desorptionsgrad und maximaler Aufnahmefähigkeit



Desorption → Regeneration des Materials  
(= Speicher laden)

1. Sensible Wärme (erhitzen, abkühlen)
2. Latente Wärme (verdunsten, kondensieren)
3. Bindungsenergie

Werte (typ.) pro kg (trocken) Zeolith:  
T<sub>des</sub>=200°C, 20% rev. Wasseranteil

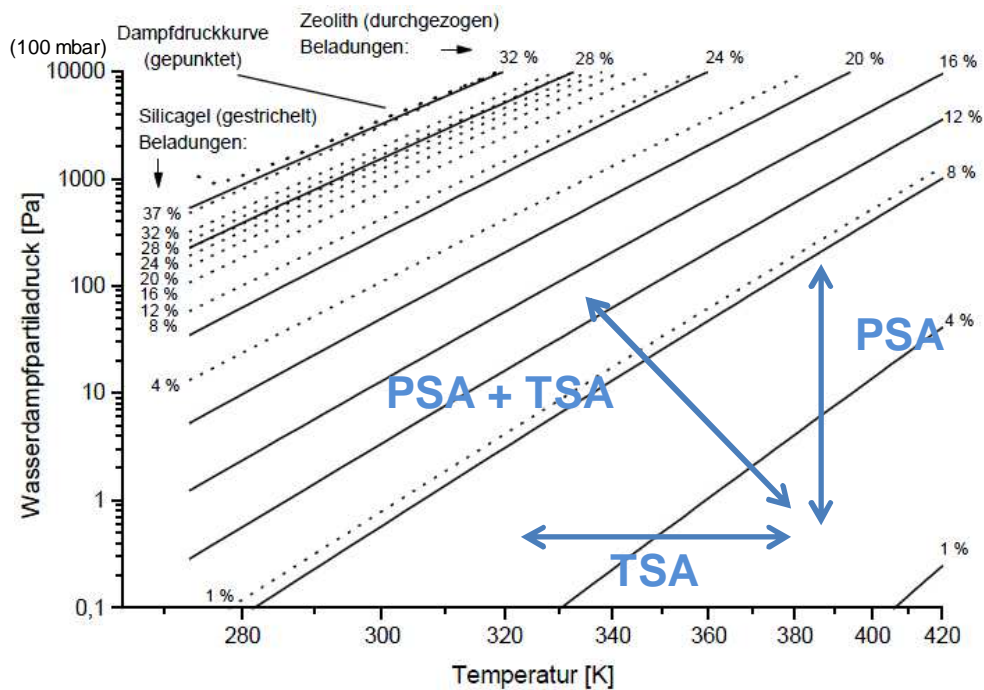
$$Q_{\text{sens}} = 144 \text{ kJ}_{(\text{ZEO})} + 150 \text{ kJ}_{(\text{H}_2\text{O})}$$

$$Q_{\text{latent}} = 452 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{bind}} = 700 \text{ kJ}$$



- TSA  
temperature  
shift  
adsorption
- PSA  
pressure  
shift  
adsorption



Isosteren von Silicagel und Zeolith im Temperaturbereich bis 150°C

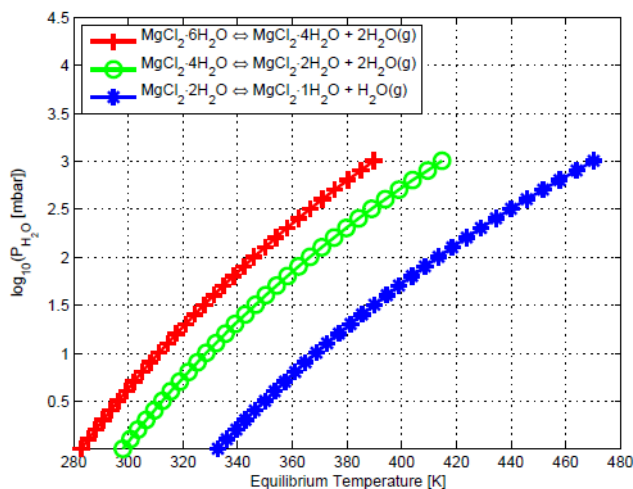


Figure 6.10: Equilibrium  $H_2O$  pressures for the dehydration reactions of the  $MgCl_2$  hydrates

Quelle: Iype-Diss, 2014

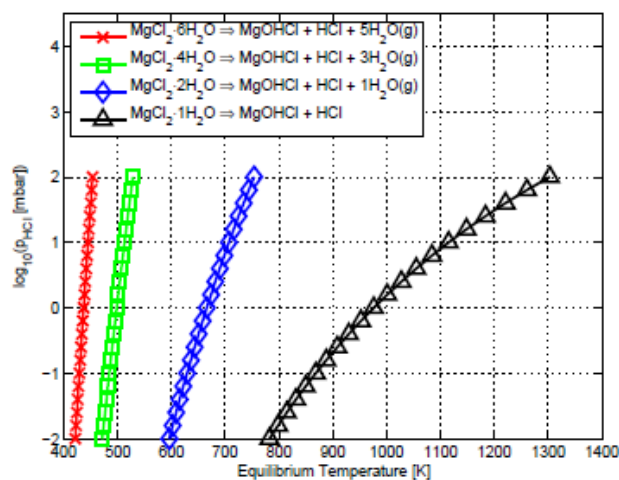
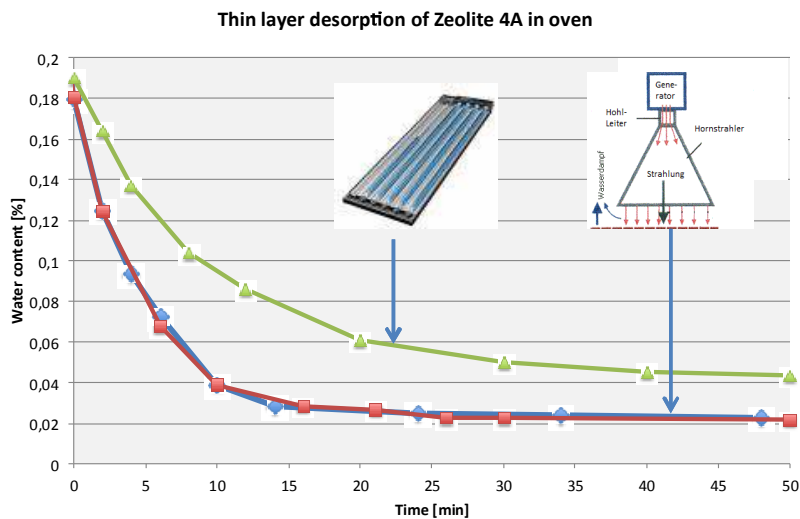


Figure 6.12: Equilibrium  $HCl$  pressures for the hydrolysis reactions of the  $MgCl_2$  hydrates.  $p_{H_2O} = 23.3$  mbar

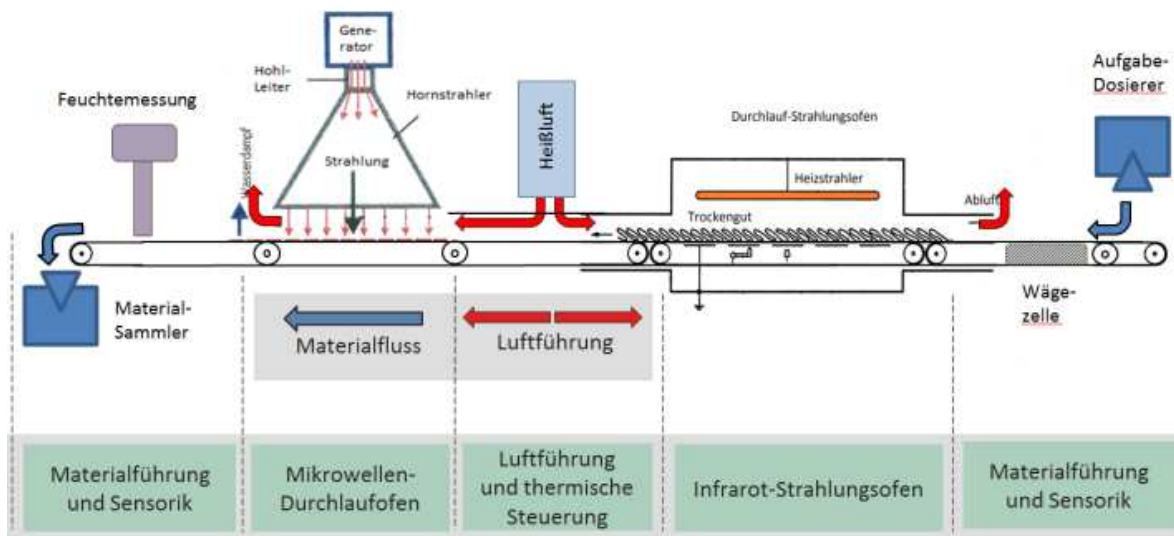


Trocknung von 1 Lage Granulat (1,6 – 2,5 mm)

Rahmenbedingungen:  $T=23^{\circ}\text{C}$ ,  $TP=10^{\circ}\text{C}$  →  $X = 19\%$  zu Beginn



- Kombinierte, thermische und elektrische getriebene Desorption
- Aufbau eines Demonstrators zur Konzeptentwicklung



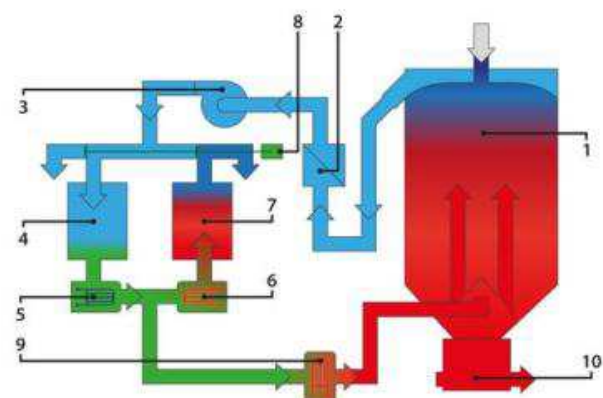
## Warum industrielle Wärme speichern?

- Stromerzeugung aus Abwärme  $<350^{\circ}\text{C}$  ist teuer und wird komplizierter wenn der Abgasstrom hohe Beladungen (Staub, korrosive Gase) aufweist.
- Vor allem in der Grundstoffindustrie und der Metallurgie werden viele Batchprozesse verwendet, welche durch Speicherung der Prozessabwärme, diese für das Anfahren der nächsten Charge benötigen würden.
  - Erster Speicher dieser Art waren sensible Speicher: Winderhitzer oder Cowper bei Hochöfen
- Falls Abwärme nicht lokal nutzbar  $\rightarrow$  Transport



## Materialtrocknung

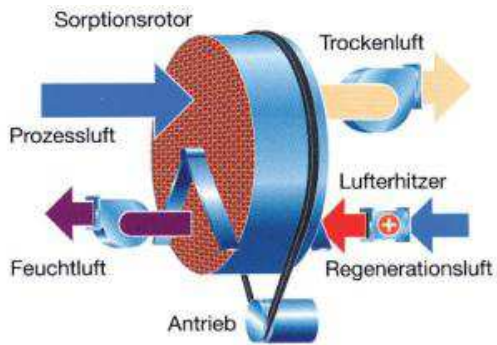
- Für anspruchsvolle Trockenprozesse
- Bis  $-60^{\circ}\text{C}$  Taupunkt



1. Kunststoffgranulat
2. Feinfilter
3. Gebläse
4. Trockenmittelpatrone 1 (in Prozess)
5. Regenerationsheizung 1
6. Regenerationsheizung 2
7. Trockenmittelpatrone 2 (in Regeneration)
8. Umschaltventil
9. Vorluftheizung
10. Absaugkasten



- Trocknen von Lebensmitteln bei geringen Temperaturen (5°C...10°C) in Reiferäumen



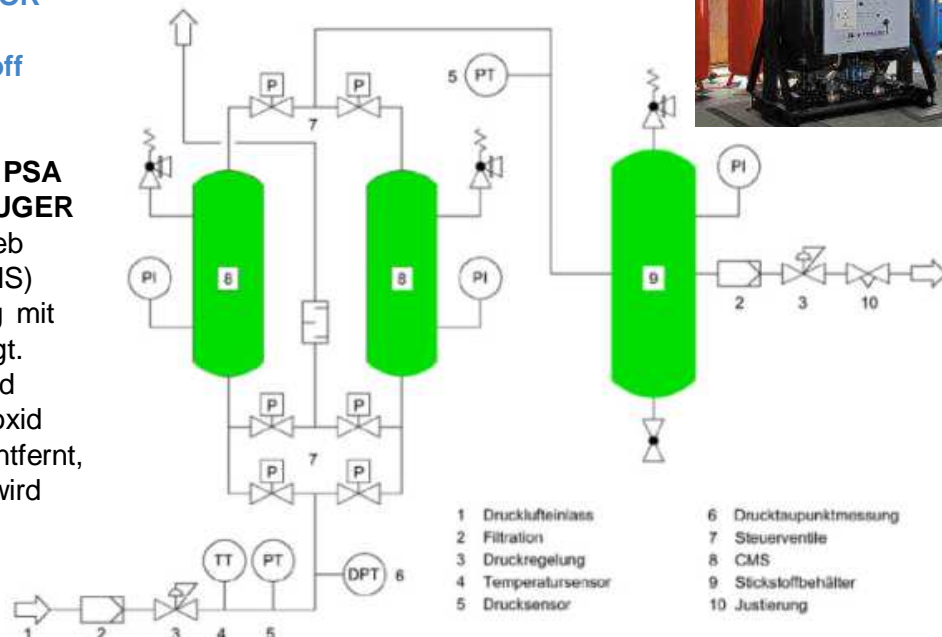
© Munters

### PSA / N<sub>2</sub>-GENERATOR

Hochreiner Stickstoff durch PSA

### FUNKTIONSWEISE PSA STICKSTOFFERZEUGER

Zwei mit Molekularsieb gefüllte Behälter (CMS) werden wechselseitig mit Druckluft beaufschlagt. Durch Adsorption wird Sauerstoff, Kohlendioxid und Wasseranteile entfernt, der zweite Behälter wird regeneriert



Die Wärme zur Desorption des Zeolith-Festbett wird von einer Müllverbrennungsanlage geliefert und in einem ca. acht Kilometer entfernten Trocknungsprozess einer Getreidemühle genutzt



ZAE Bayern

- Thermische Speicher
- Trocknung

Molekularsiebe +  
Thermochemische Speicher

Materialauswahl abhängig von:

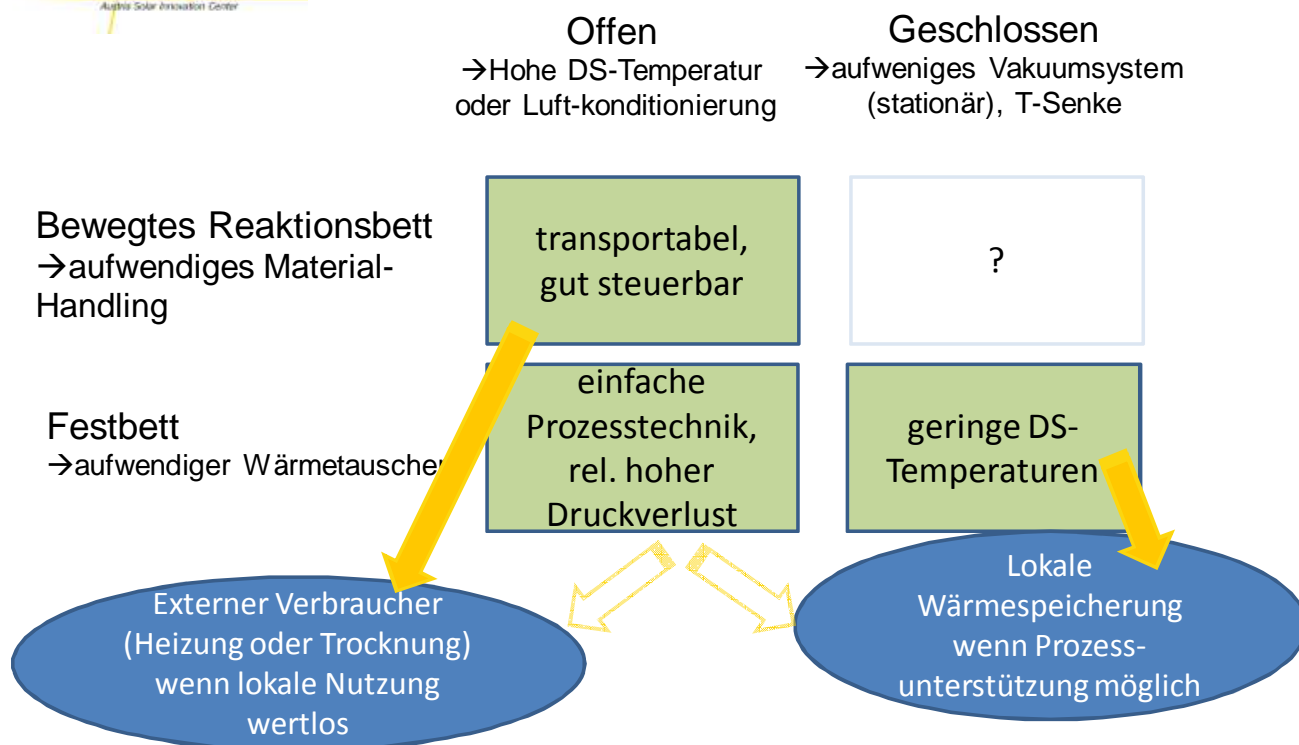
- Wärmequelle (Temp. + Leistung)
- Nutzungs-Temperatur
- Zyklenzahl (Stabilität)

- Gas-Separation
- Wasser Reinigung
- uvm...

Nur Molekularsiebe

Materialauswahl abhängig von:

- Gewünschter Funktion
- Ionentausch
- Gasaufnahme, etc.



## THANK YOU FOR YOUR ATTENTION!



zettl.bernhard@asic.at