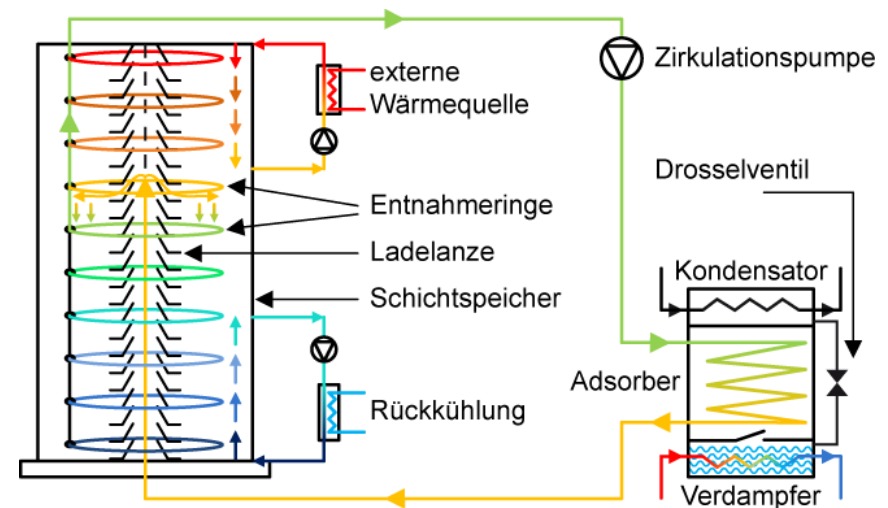


# Entwicklungspotenzial thermisch angetriebener Wärmepumpen

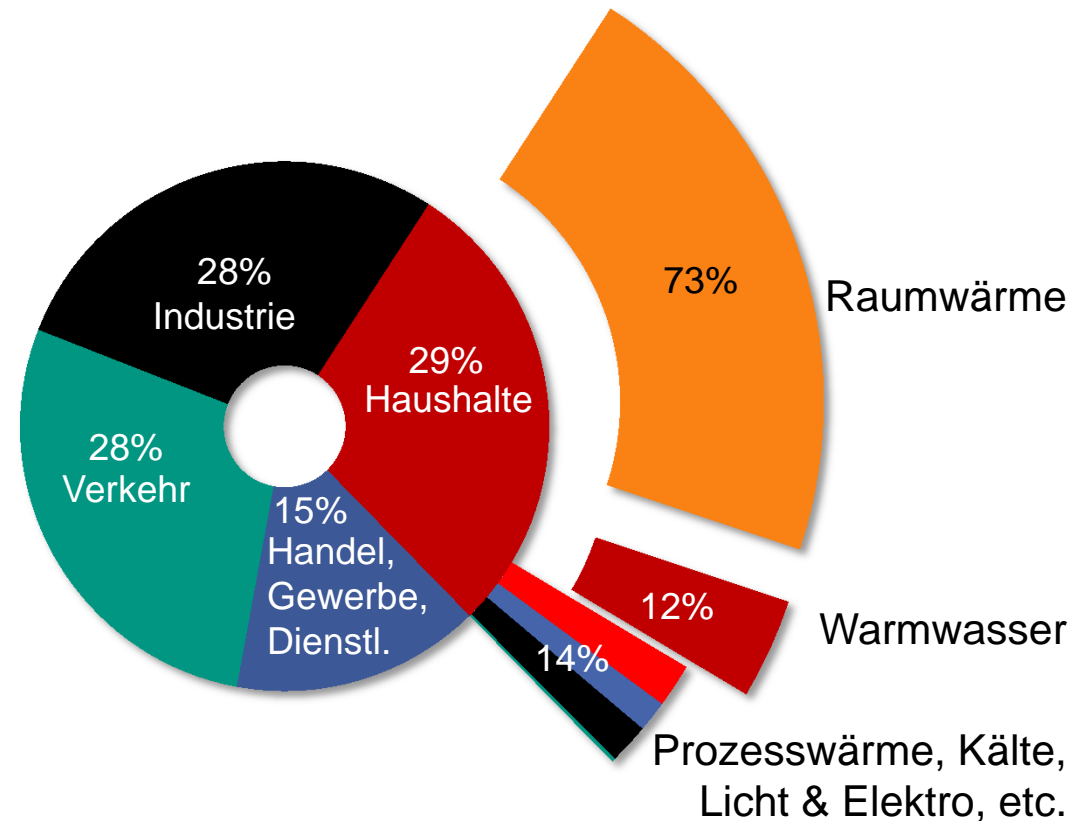
Dr. Ferdinand Schmidt, Fachgebiet Strömungsmaschinen  
Jahrestagung KIT-Zentrum Energie, 19.06.2012

Fachgebiet Strömungsmaschinen, Fakultät für Maschinenbau



# Motivation

Endenergieverbrauch  
Deutschland 2010



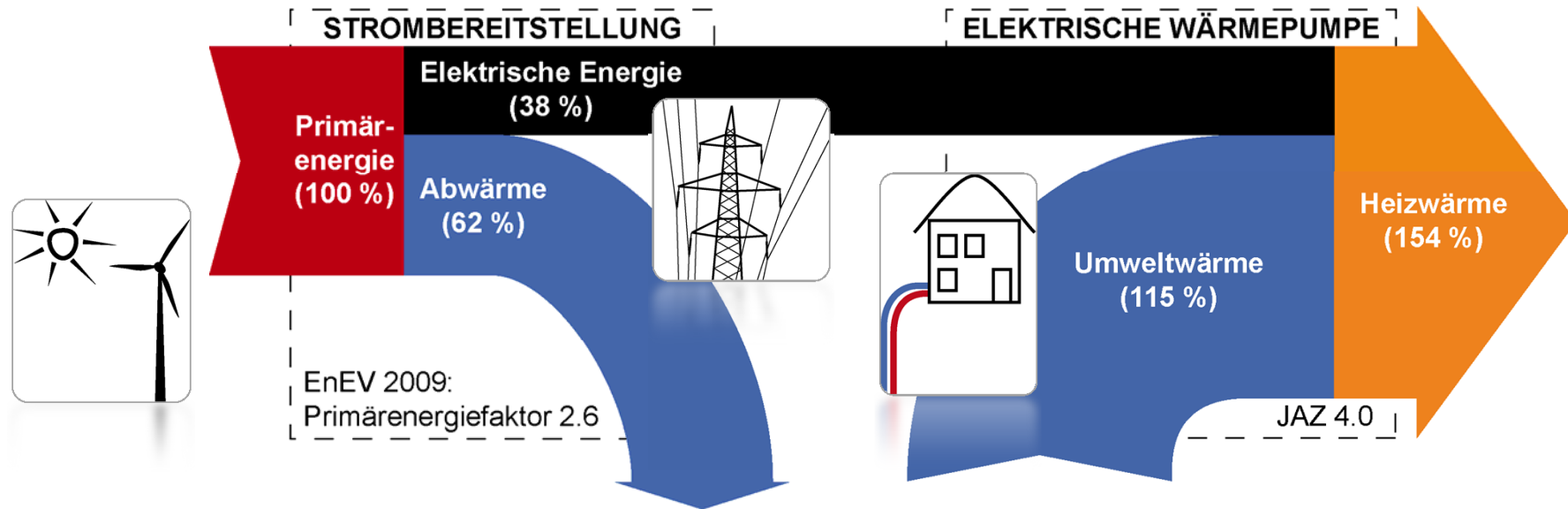
Insgesamt 35 % der Endenergie  
für Raumwärme & Warmwasser

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Nov. 2011

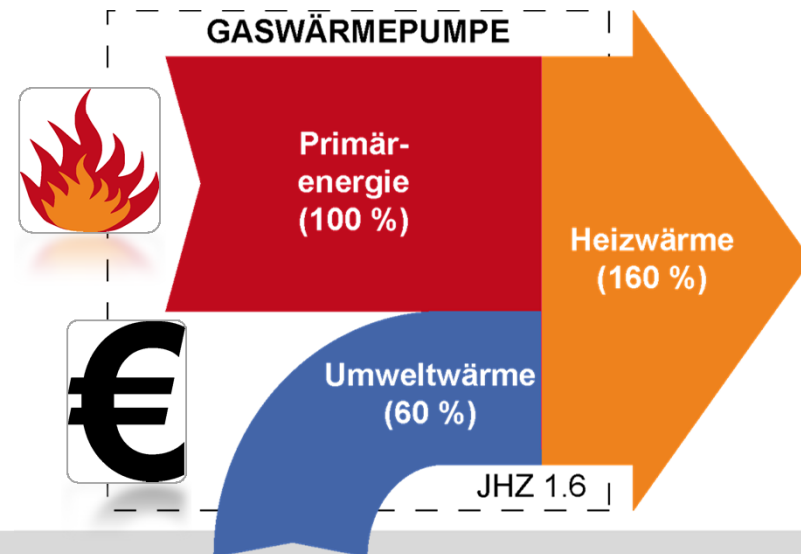


Potential zur Senkung von  
Primärenergiebedarf & CO<sub>2</sub>-Emissionen

# Effizienzvergleich Wärmepumpen

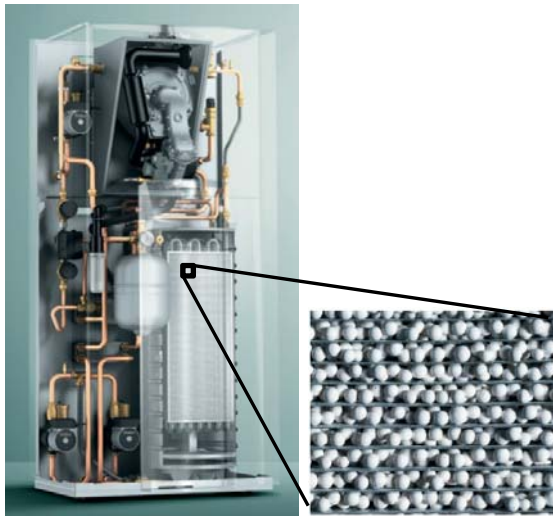


- Geringer (Hilfs-)Stromverbrauch
- Netzentlastung zu Spitzenlastzeiten
- Verringerter Bedarf an Stromspeichern
- Geringerer Umweltwärmebedarf



# Entwicklungsstand Sorptionswärmepumpen

- Im sehr kleinen Leistungsbereich (EFH, bis 10 kW) bisher nur sehr wenige Geräte am Markt eingeführt (z.B. Vaillant, Viessmann), Jahresheizzahl im Bereich 1,2 bis 1,4
  - Vaillant: Paketlösung mit Solarkollektoren als einziger (Umwelt-) Wärmequelle (Normnutzungsgrad 128% bez. auf Brennwert)



Quelle: Vaillant AG

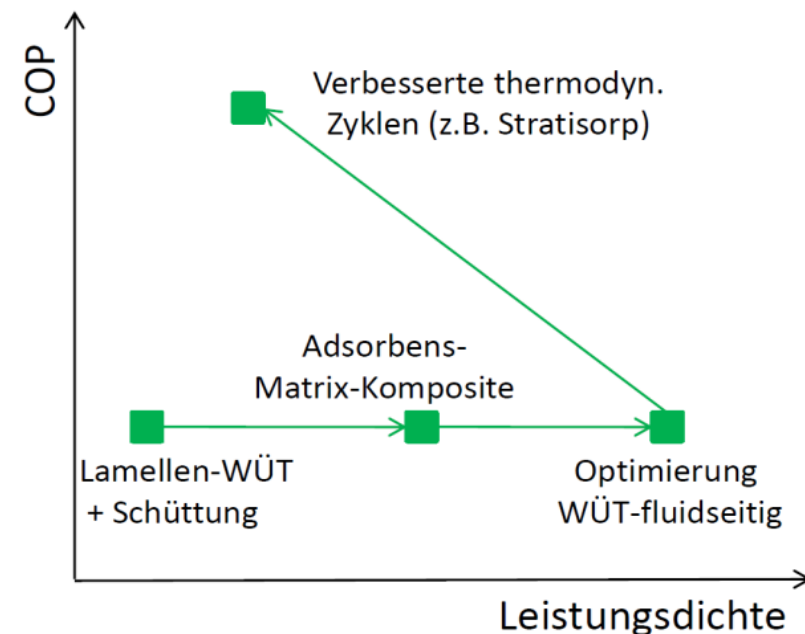
- Entwicklungsarbeiten bei vielen Heizungstechnik-Herstellern, Startups und Forschungseinrichtungen
- Bei größeren Leistungen ist klassische Absorptionstechnik marktverfügbar, z.B. Ammoniak/Wasser, Jahresheizzahl ca. 1,6

## Entwicklungsziele (für Gebäudesektor)

- Effizienzsteigerung: Erhöhung der Jahresheizzahl
- Prozessintensivierung: Kompaktere Geräte
- Eignung für energetisch sanierte Altbauten (Heizungssysteme 55°C/45°C) und für Warmwasserbereitung
- Eignung für Kraft-Wärme-Kopplung (als KWWK und KWKK)
- Eignung für verfügbare Wärmequellen bei Gebäudesanierung (Solarthermie, Gebäudeabluft, Außenluft, Erdwärme)

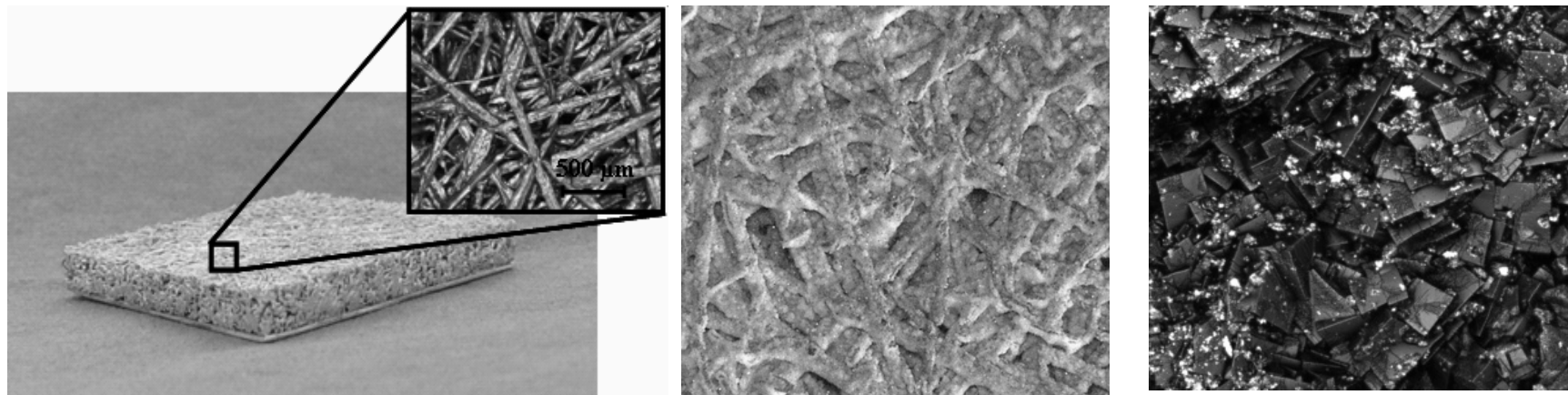
## Entwicklungsstrategie

für Adsorptionswärmepumpen  
in SRG am KIT mit :



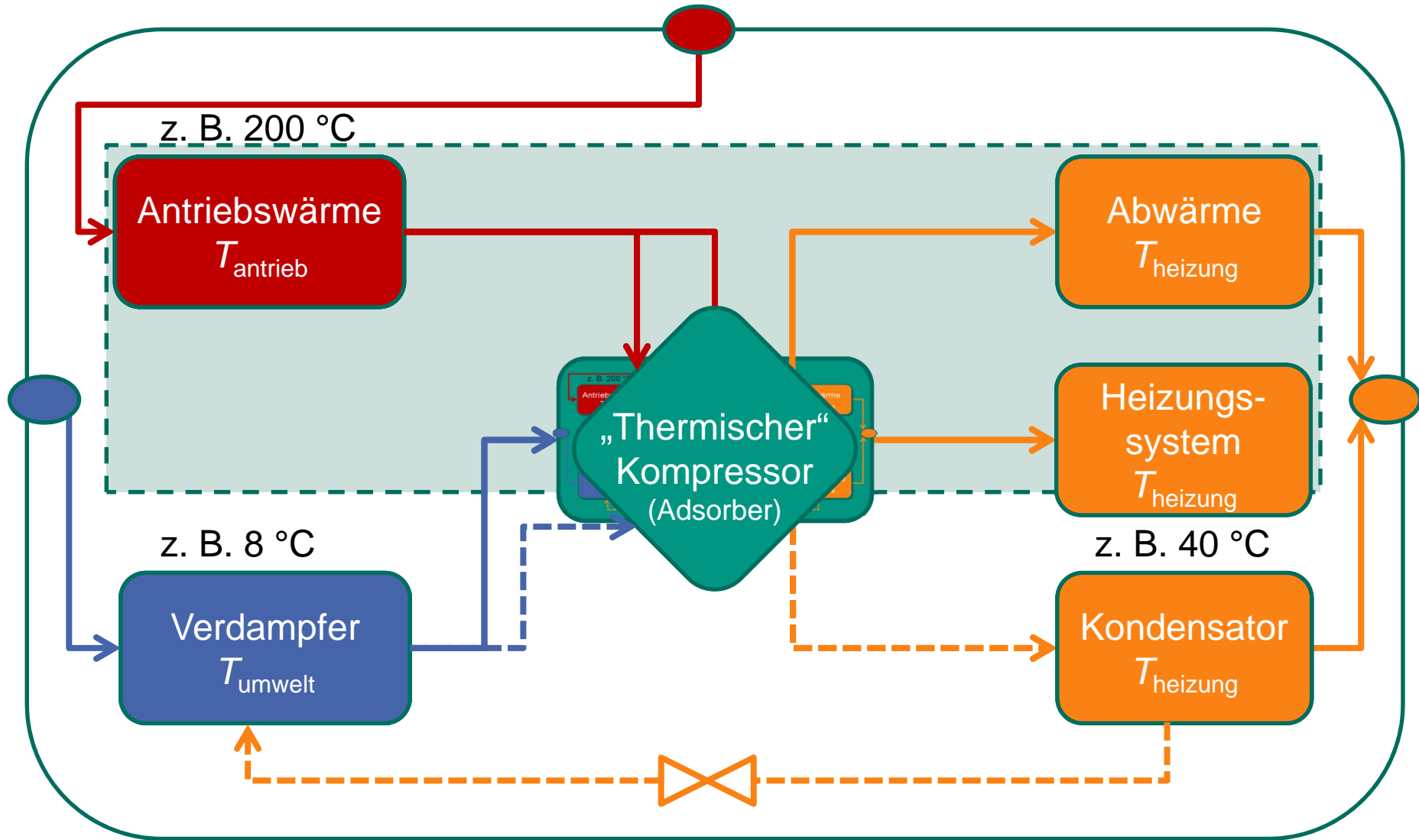
## Zielrichtung Prozessintensivierung

- Vorarbeiten durch Fraunhofer-Eigenforschungsprojekt 2006 – 2010 (WISA-Programm, 5 Institute, 2,3 Mio. €, Kooperation mit SRG Energie- und Gebäudetechnologie am KIT)
- Komposite aus versinterten AlCu5-Fasern (IFAM Dresden) mit aufkristallisierter Schicht SAPO-34 (SorTech AG) entwickelt
- Wärmeleitung Komposit ca. 8 W/mK nach Aufkristallisation => Verbesserung um Faktor 10-100 gegenüber Schüttung!

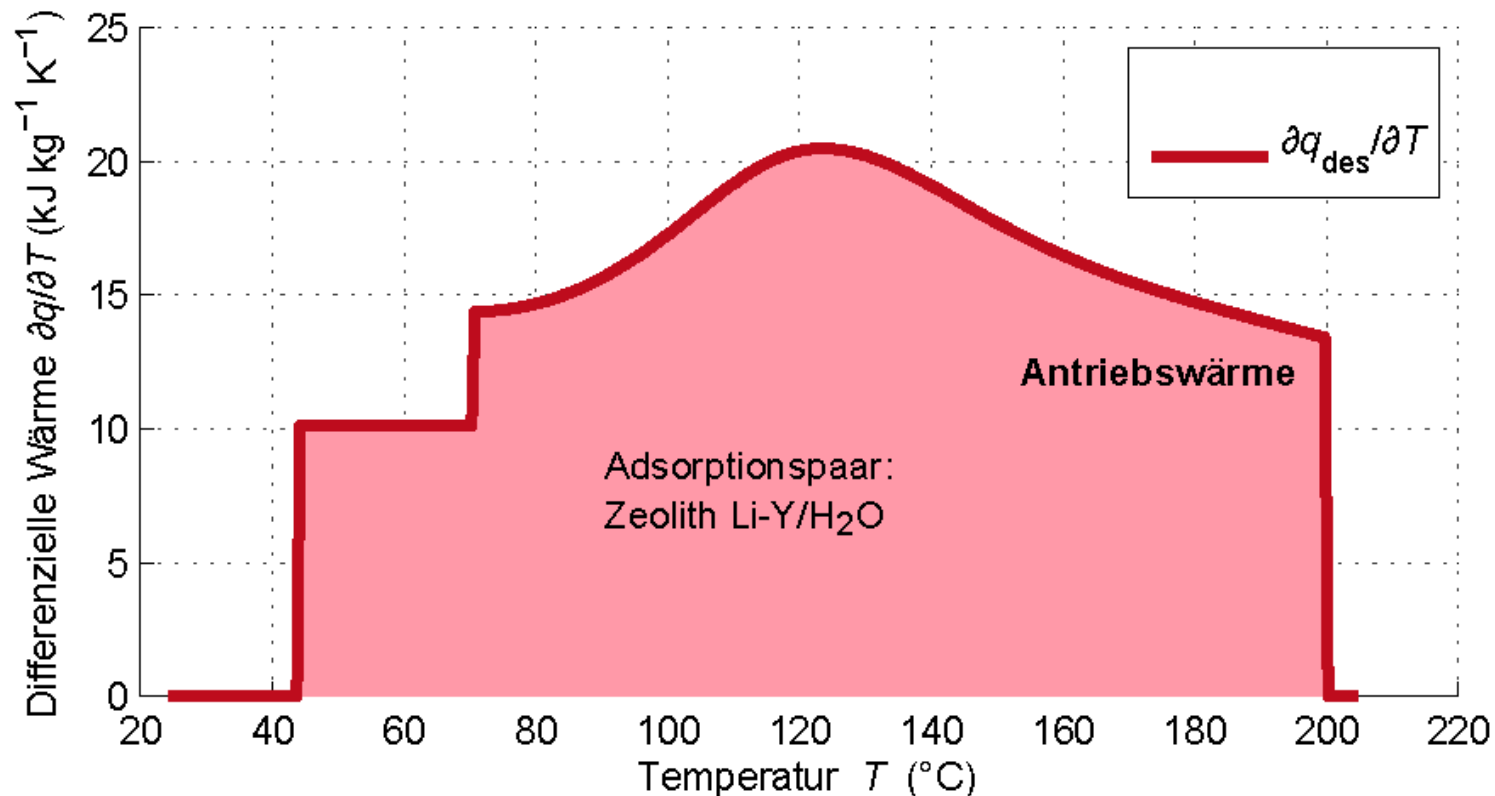


**G. Földner**, L. Schnabel, U. Wittstadt, H.-M. Henning, **F. P. Schmidt**,  
Proc. Int. Sorption Heat Pump Conf., Padua, 6.–8.4.2011, pp. 533–542

# Ziel Effizienzsteigerung / Arbeitsweise AdsWP



# Effizienzsteigerung: Wärmeumsatz am Adsorber

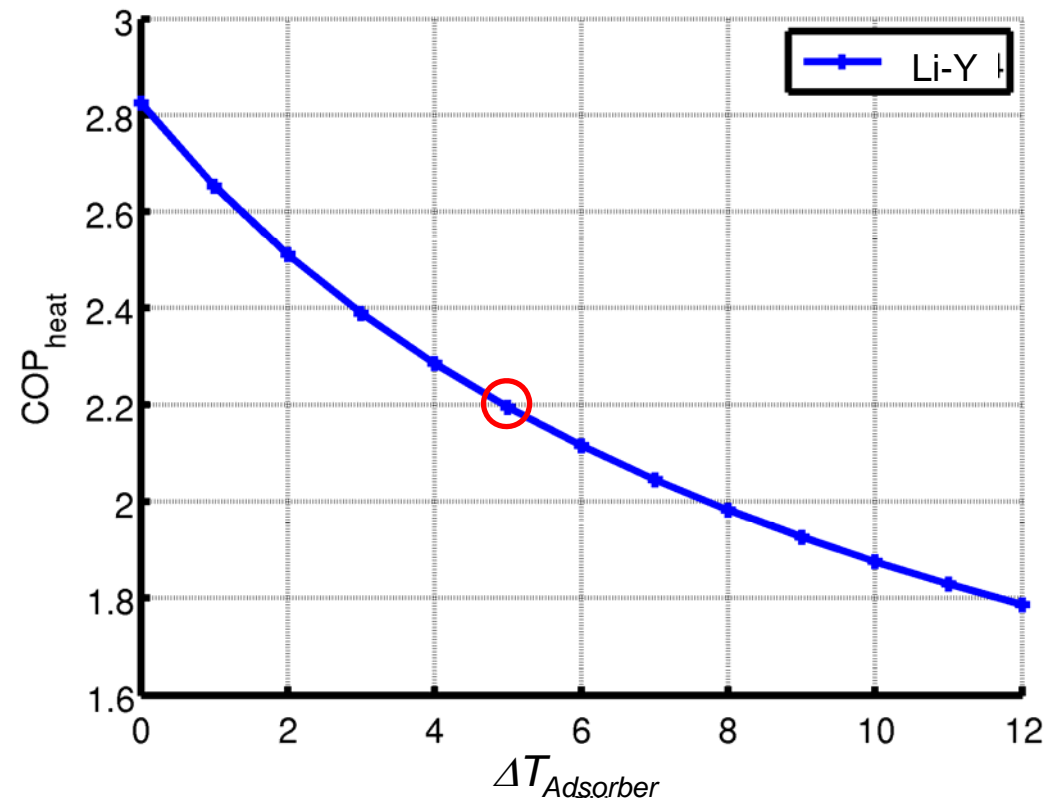


- Ergebnis aus Wärmekurven für 200°C / 34°C / 8°C (mit  $\Delta T = 5$  K am Adsorber) für dieses Stoffpaar: Ideale Heizzahl 2,2
- Vgl.: Carnot-Heizzahl bei diesen Temperaturen: 4,8



# Abhängigkeit der idealen Heizzahl vom Adsorber

- Prozessintensivierung im Adsorber ermöglicht kleines  $\Delta T_{\text{Adsorber}}$
- Verschiebung der Wärmekurven für Ad- und Desorption mit  $\Delta T_{\text{Adsorber}}$  beeinflusst max. Heizzahl
- => Prozessintensivierung ermöglicht höhere Effizienz bei gleicher Adsorbergröße



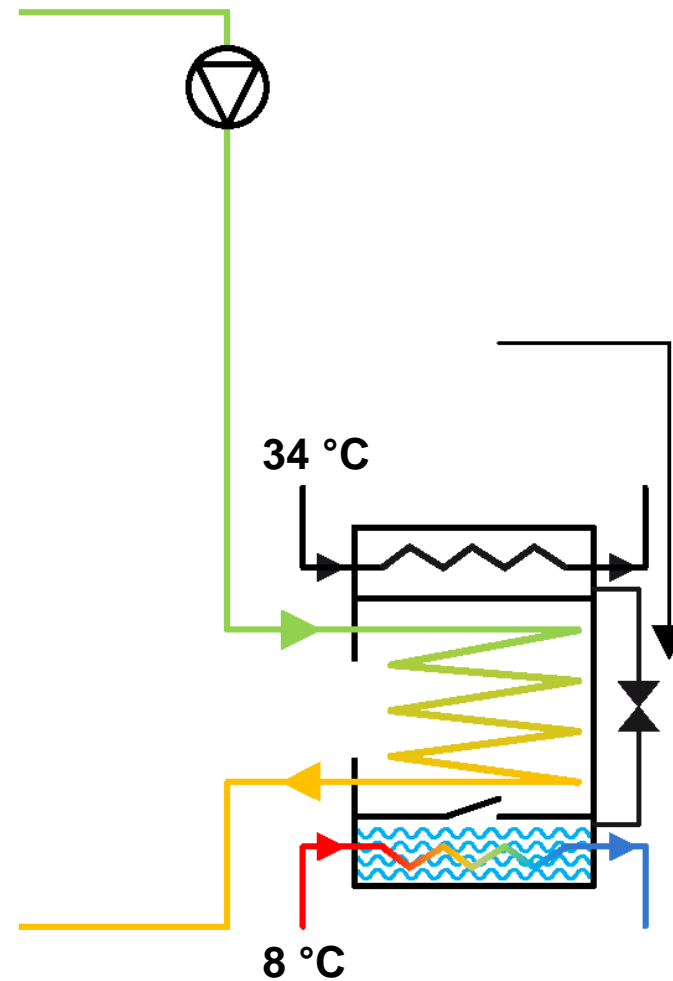
# Stratisorp System-Schema

## Kopplung Adsorptions-WP/KM mit Schichtspeicher

### ■ Adsorptionsphase

200 °C

34 °C

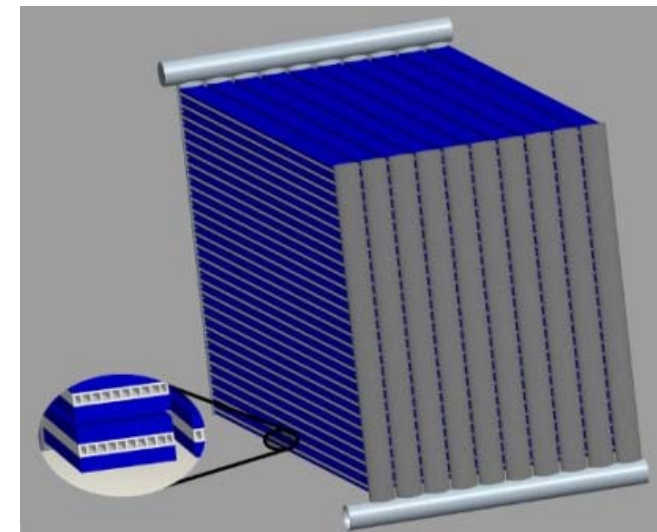


## Transiente Simulation

- Simulationsende, wenn stationärer Zyklus erreicht
- Model: 1D-Pfropfenströmung in MATLAB®
  - Mehrknoten-Adsorbermodell
  - Speicher mit effektiver Wärmeleitfähigkeit (Konvektion)
  - Kondensator, Verdampfer: 0D

## Systemdetails

- Nennleistung 10 kW; Schichtspeicher mit 250 kg Thermoöl
- *Antrieb*: Gasbrenner (200 °C)
- *Betriebspunkt*: 8 °C Verdampfervorlauf;  
34 °C Heizungsrücklauf
- *Adsorberdaten*:  
39 kg Wärmeübertrager Al,  
5 kg Adsorbens (Zeolith Li-Y)  
 $U \cdot A = 3.2 \text{ kW K}^{-1}$
- Kond., Verdampfer:  $U \cdot A = 4 \text{ kW K}^{-1}$



## Simulationsergebnisse: Jahresheizzahl

- Vorgehen nach VDI-Richtlinie 4650-2
- Berechnung des COPs für 5 vorgegebene Teillastzustände und zugehörige Heizungsvor- und –rücklauftemperaturen
- Teillastzustände sind repräsentativ für Jahresdauerlinie eines Heizsystems (hier: 55/45 °C VL/RL, passend zu Bestandsgebäude)

$P$ (kW)	$T_{RL}$ (°C)	$T_{VL}$ (°C)	$\dot{m}$ (kg/s)	$COP$
1.3	24.8	26.5	0.07	2.17
3.0	29.6	33.7	0.16	2.16
3.9	31.7	37.1	0.21	2.03
4.8	33.8	40.5	0.26	1.93
6.3	37.2	46.3	0.34	1.76

- Jahresheizzahl ( $SPF$ ): **2.00**

# Entwicklungspotenzial thermisch angetriebener Wärmepumpen

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Ich würde mich sehr freuen, Sie später an unserem **Poster** zu begrüßen!

ferdinand.schmidt@kit.edu

