

# IEA HPP Annex 34: Thermisch angetriebene Wärmepumpen zum Heizen und Kühlen

## Vorstellung des Gesamtprojekts

IEA HPP Annex 34 Abschlussworkshop  
AIT, Wien, 27. September 2012



## Ziele des Annex 34

- Minderung der **Umweltbelastung** bezüglich Heizung und Kühlung durch den Einsatz von thermisch angetriebenen Wärmepumpen
- Neue Anwendungsgebiete und **Effizienzsteigerung**
- Erarbeitung der Grundlagen für **Normen und Richtlinien**
- **Informationsaustausch** bezüglich der Entwicklung auf Komponenten- und Systemebene
- **Demonstration** und Verbreitung der Ergebnisse

# Eckdaten (1)

- Projektlaufzeit: Oktober 2007 – Dezember 2011
- Technologien: **Absorption, Adsorption**, Ejektoren, keine Gasmotor-Wärmepumpen
- **10 Teilnehmende Länder:** Deutschland (OA), Frankreich, Großbritannien (>2010), Italien, Kanada, Österreich, Niederlanden (<2010), Norwegen, Schweiz, USA
- Beobachter: Japan, Rumänien, Schweden, Spanien

## Eckdaten (2)

- Über **20** teilnehmende Institutionen und Unternehmen
- Insgesamt über **30** teilnehmende Experten

### Universitäten:

EPFL  
 Politecnico di Milano  
 TU Graz - IWT  
 TU Berlin  
 University of Maryland  
 University of Warwick

### Forschungsinstituten:

AIT  
 Canmet-Energy  
 NRCan  
 CNR-ITAE  
 ECN (bis 2010)  
 EURAC  
 Fraunhofer ISE  
 Fraunhofer Umsicht  
 IFE

### Firmen:

Gas de France  
 SolarNext  
 Vaillant  
 Viessman

# Eckdaten (3)

## Expertentreffen:

- 12/2007 Alkmaar, Holland
- 04/2008 Bozen, Italien
- **10/2008 Wien, Österreich**
- 04/2009 Freiburg, Deutschland (zusammen mit SHC Task 38)
- 10/2009 Valladolid, Spanien
- 04/2010 München, Deutschland
- 11/2010 Oslo, Norwegen
- 04/2011 Padua, Italien (zusammenhängend mit ISHPC)
- 11/2011 Warwick, Großbritannien

## Workshops:

- 04/2008 Bozen, Italien, national
- 05/2008 Zürich, Schweiz, international
- **10/2008 Wien, Österreich, national**

# Projektstruktur

## Task A: Market overview/state of the art

- WP 1 – state of the art/ country reports
- WP 2 – Outlook
- WP 3 – politics/ labeling

## Task B: Performance evaluation

- WP 1 – existing standards
- WP 2 – Performance definition
- WP 3 – Test procedures
- WP 4 – Comparisons
- WP 5 – Labeling

## Task C: Apparatus technology

- WP 1 – Methodology  
Characterization
- WP 2 – Database
- WP 3 – Stability
- WP 4 – development of  
components

## Task D: System technology

- WP 1 – System design
- WP 2 – Integration
- WP 3 – Simulation
- WP 4 – Demonstration

## Task E: Implementation/ marked transfer activities

- WP 1 – Best case examples
- WP 2 – Guidelines
- WP 3 – Dissemination

# Ergebnisse

- Länderspezifische Berichte “**Country Reports**” über den Stand-der-Technik, den Markt, normative und gesetzliche Rahmenbedingungen usw.
- Vorschläge bezüglich **Berechnungs- und Prüfnormen**, Qualitätssicherung usw.
- **Datenbanken über Materialien**, Stoffeigenschaften und Tools
- Dokumentation über **Demonstrationsprojekte** und Fallstudien
- **Handbuch** über thermisch angetriebene Wärmepumpen

# Nationaler Beitrag Österreich

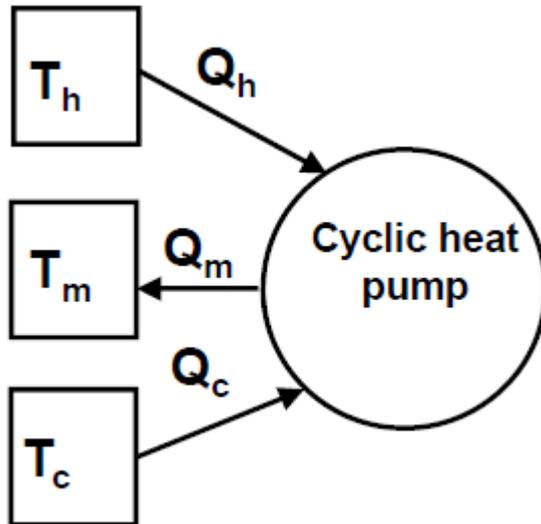
- A** **Country Report** über den Stand-der-Technik, den Markt, normative und gesetzliche Rahmenbedingungen usw. (2009)
- B** Übersicht und **Analyse vorhandener Normen** im Bereich thermisch angetriebener Wärmepumpen
- B** Erarbeitung eines transparenten und konsistenten Konzepts zur **Leistungsbewertung von Wärmepumpen und Systemen**
- B** Vorschlag einer Erweiterung der **Temperatur-Bin-Methode für Systeme zur solaren Kühlung**
- C** Untersuchung von **Inertgasbildung** in  $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ -AWP
- D/E** Dokumentation von **Anlagen in Österreich**

# Task A: Markt und Stand-der-Technik

# Motivation

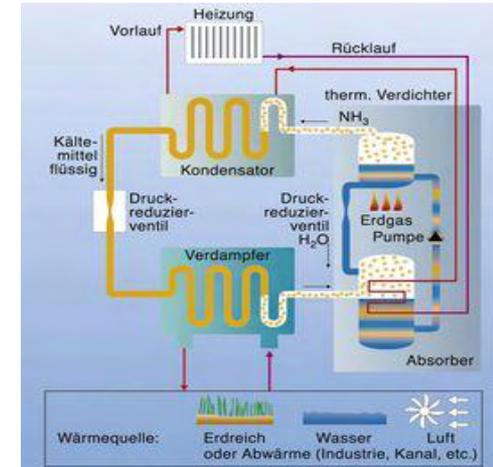
- Verwendung von Abwärme oder Wärme erneuerbarer Energieträger (Solar, Biomasse usw.)
- Geringer Strombedarf
- Gute Umweltverträglichkeit der Arbeitsstoffpaare
- Gute Regelbarkeit (10 -100%)
- Geringe Wartungskosten
- Geringer Wartungsaufwand
- Hohe Lebensdauer
- Hohe Investitionskosten
- Platzbedarf und Gewicht
- COP ist geringer als bei Kompressionskältemaschinen
- Wenige Hersteller und geringe Marktdurchdringung

# Technologie



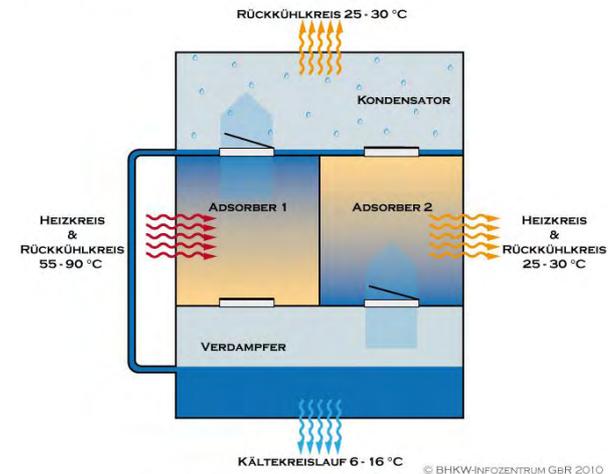
$$COP_{HP} = \frac{Q_m}{Q_h} \leq \frac{\frac{1}{T_c} - \frac{1}{T_h}}{\frac{1}{T_c} - \frac{1}{T_m}}$$

Typische Werte: 50% von  $\eta_c$



Quelle: ASUE

ADSORPTIONSKÄLTEANLAGE - PRINZIPSCHAUBILD



© BHKW-INFOZENTRUM GbR 2010

# Vergleich Absorption-Adsorption

- Adsorptionsanlagen benötigen keine Lösungspumpe und keinen Lösungswärmeübertrager; Klappen werden jedoch gebraucht
- Adsorptionsanlagen arbeiten mit etwas schlechterer Effizienz
- Austrittstemperatur und Massenstrom bei Adsorptionswärmepumpen unterliegen prozessbedingten Schwankungen
- LiBr/H<sub>2</sub>O-Absorptionskältemaschinen sind aufgrund von Kristallisationsgefahr auf gewisse Betriebsbedingungen beschränkt
- Adsorptionswärmepumpen können grundsätzlich mit tieferen Temperaturen betrieben werden

# Marktverfügbare Produkte

Process	Adsorption		Absorption		
	water silica gel	water zeolite	water/LiBr Single-effect	water/LiBr double-effect	ammonia water
Temperature	60-90	75-150	75-110	135-200	100-180
Heat source [°C]					
Capacity [kW]	7.5-500	7-15	15-12000	200-6000	18-700
COP heat pumping	1.4-1.6	1.3-1.5	1.4-1.6	1.8-2.2	1.4-1.6
COP cooling	0.5-0.7	0.4-0.6	0.6-0.7	0.9-1.3	0.5-0.7



1,7 MW Absorptionschiller. Quelle: Broad



100 kW Adsorptionschiller



15 kW Adsorptionschiller. Quelle: SorTech AG



40 kW Absorptionswärmepumpe. Quelle: ECOPLUS

# Produkte: Unter 50 kW

Manufacturer	Type(s)	Technology	Nominal capacity	Operation mode
ECOPLUS Energy Systems	Helioplus	gas fired, absorption, water-NH <sub>3</sub>	~40 kW heating ~18 kW cooling	continuous
Robur	GAHP line	gas fired, absorption, water-NH <sub>3</sub>	~40 kW heating ~18 kW cooling	continuous
Vaillant	zeoTHERM	gas fired, adsorption, zeolite-water	10 kW heating	discontinuous
AbKM Klimatechnik	Suninverse	indirect fired, LiBr-water	~10 kW cooling	continuous
Broad	BCT23	indirect fired, LiBr-water	23 kW cooling	continuous
Climatewell	SolarChiller	indirect fired, absorption, LiCl-water	~10 kW cooling	semi-continuous, discontinuous
EAW	WEGRACAL 15, 30, 50	indirect fired, absorption, LiBr-water	15, 30, 50 kW cooling	continuous
Invensor	LTC 09, HTC 11	indirect fired, adsorption, zeolite-water	9 and 11 kW cooling	semi-continuous
Jiangsu Huineng	RXZ 11, 23, 35 XRZ 11, 23, 35	direct or indirect fired, absorption, LiBr-water	11, 23, 35 kW cooling	continuous
Pink	PC14, PC19	indirect fired, absorption, water-NH <sub>3</sub>	14 and 19 kW cooling	continuous
Robur	GA ACF series	gas fired, absorption, water-NH <sub>3</sub>	~18 kW cooling (~21 kW heating)	continuous
SorTech	ACS 8, ACS 15	indirect fired, adsorption, silica gel-water	8 and 15 kW cooling	discontinuous
Thermax	Cogenie	indirect fired, absorption, LiBr-water	35 kW cooling	continuous
Tranter Solarice	XS 30	indirect fired, absorption, water-NH <sub>3</sub>	40 kW cooling	continuous
Yazaki	WFC-SC 5 WFC-SC 10	indirect fired, absorption, LiBr-water	17.5, 35 kW cooling 25, 50 kW heating	continuous

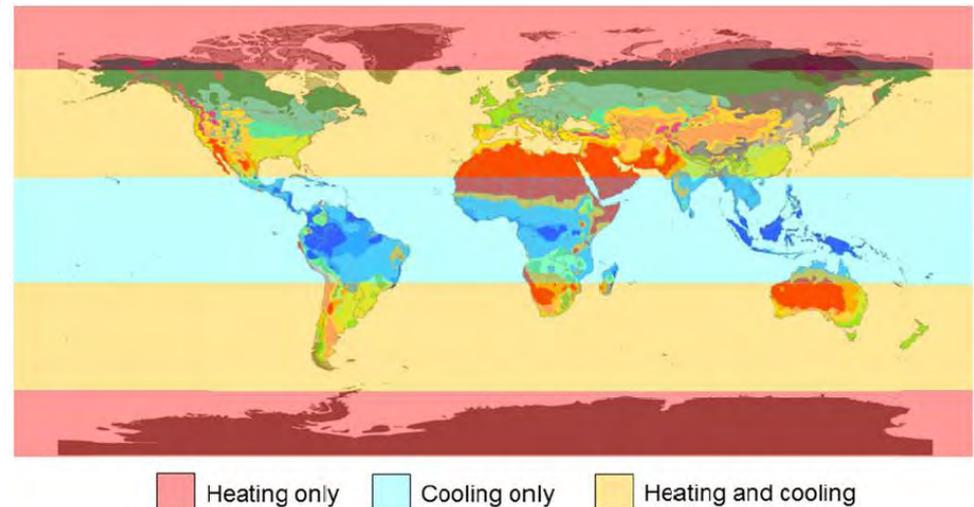
- Sowohl absorption als adsorption
- Indirekt befeuerte Wärmepumpen dominieren
- GasWP in einigen Ländern stark im Kommen (D, I, NL, UK?)
- Zwei österreichische Hersteller
- Einige Produkte kurz vor Markteinführung: Viessmann, Uni Warwick, ...

# Markt

- Indirekte thermische Kühlung
- Direkte thermische Heizung und/oder Kühlung
- Prozessintegration

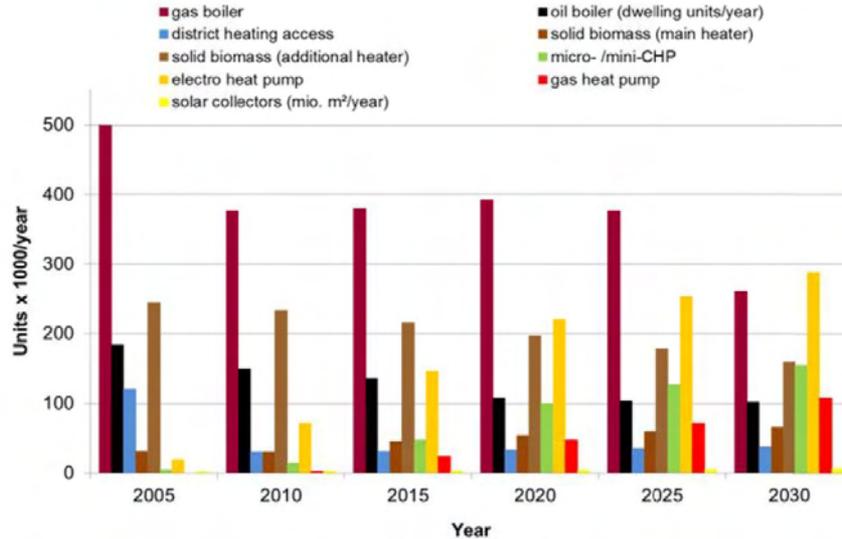


Quelle: colibri b.v.



# Ausblick (1)

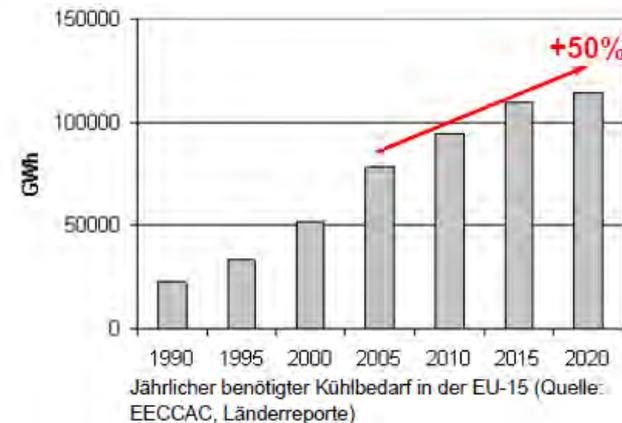
## Gaswärmepumpe



- Derzeit etwa 6300 GSWP in Europa installiert
- Gute Gasinfrastruktur in vielen Ländern
- EU-Ziel: Steigerung des Umweltenergieanteils
- Alternativquellen (Bio, Wind, ...)

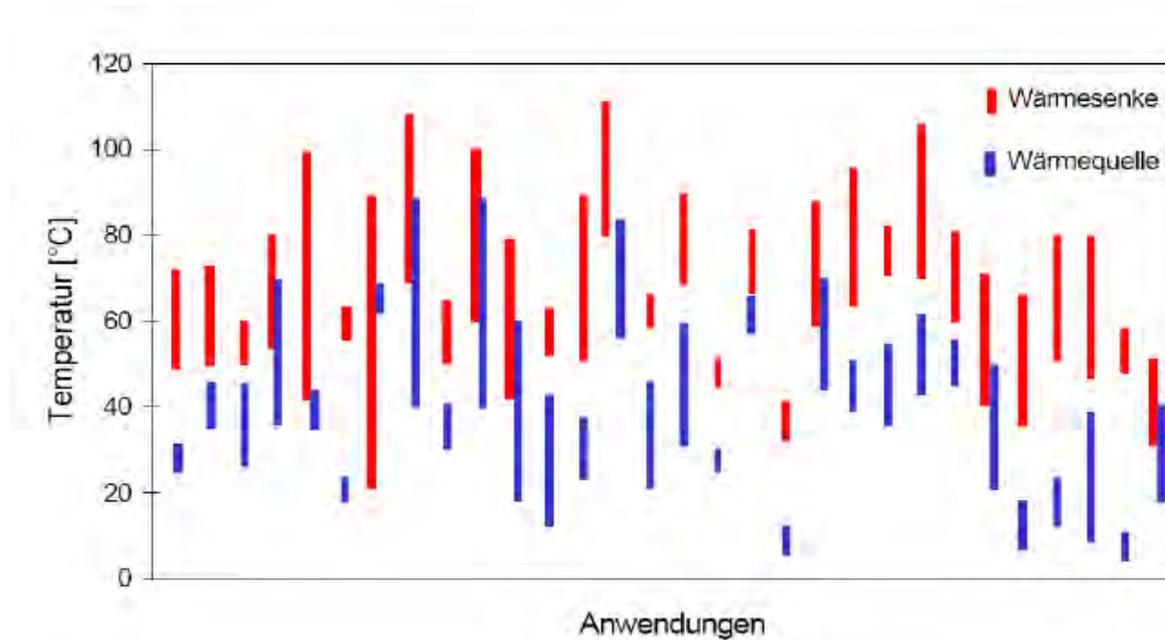
## Solare Kühlung

- Noch immer eine Nischentechnologie
- Viele Anlagen in den letzten Jahren installiert und erfolgreich betrieben
- Herausforderungen: Preis, Gesamteffizienz, Leistungsgarantie



# Ausblick (2)

## Industrieanwendungen



Quelle: Heidelck et al, 2000

- Günstige Abwärme soll vorhanden sein
- Günstige Rückkühlmöglichkeiten bei Kühlanwendungen
- Hohe Betriebsstundenzahl wichtig für schnelle Amortisation (Grundlast)
- Entlastung der Stromnetze
- Hybridlösungen für Hochtemperaturanwendungen, hohe Flexibilität

# Task B: Leistungsbewertung

# Inhalte

Nationaler Beitrag 1

- Analyse der bestehenden Normen und Richtlinien im Bereich der Wärmepumpe
- Definition der Systemgrenzen und Kennzahlen
- Prüf- und Berechnungsmethoden
- Technologievergleiche
- Labelling

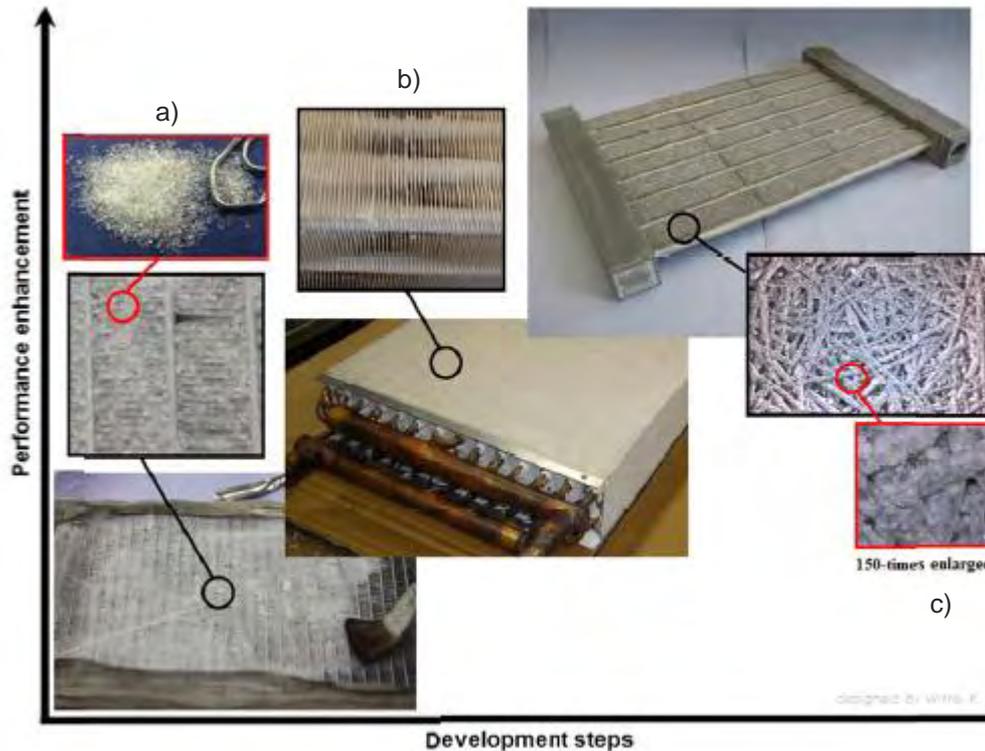
Aufgegeben

# Task C: Komponententechnologie

# Übersicht

- Komponentenentwicklung: Schwerpunkt Adsorption – Wärmeübertrager (Adsorber und Verdampfer); Schwerpunkt Absorption – neue Arbeitsstoffe, chemische Stabilität
- Vorschlag für standardisierte Messmethode für Adsorptionsstoffe
- Ringversuch Adsorptionsstoffe
- Datenbank für Adsorptionsstoffe

# Neue Entwicklungen Adsorption



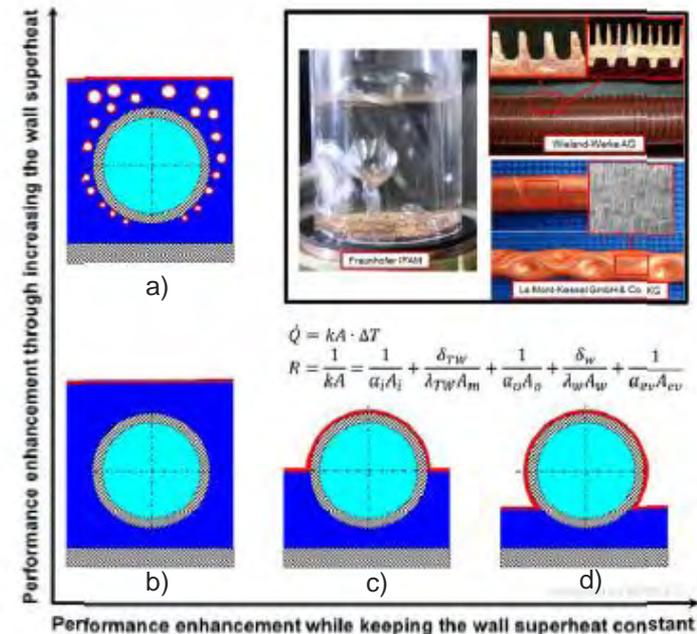
a) Blasensieden

b-d) Vergrößerung der freien Oberfläche

a) Schüttbett

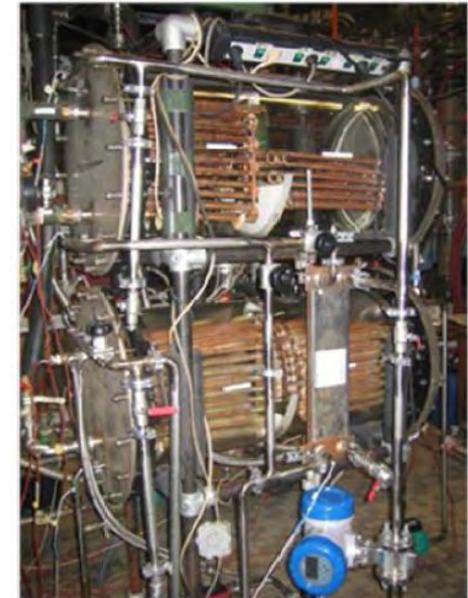
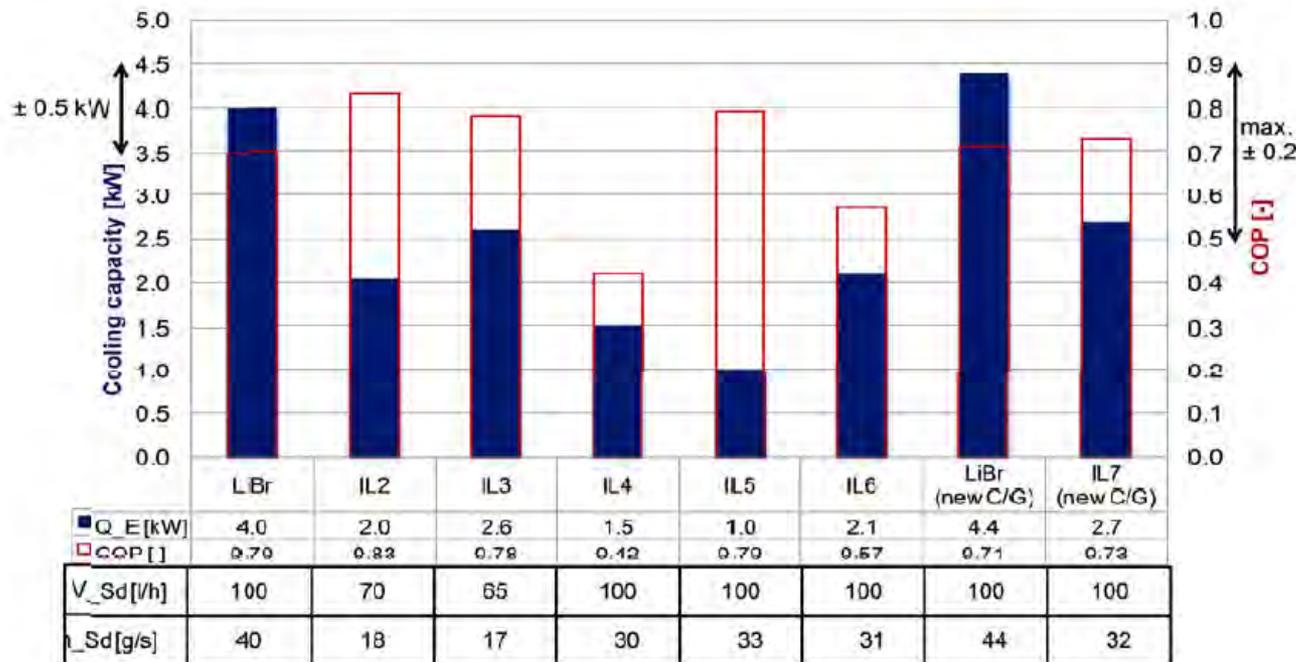
b) Adsorber mit Binder

c) Direkte Kristallisation



# Neue Arbeitsstoffpaare für Absorptionswärmepumpen (1)

- Neue Arbeitsstoffpaare: Ionische Flüssigkeiten mit Wasser (TU Berlin)



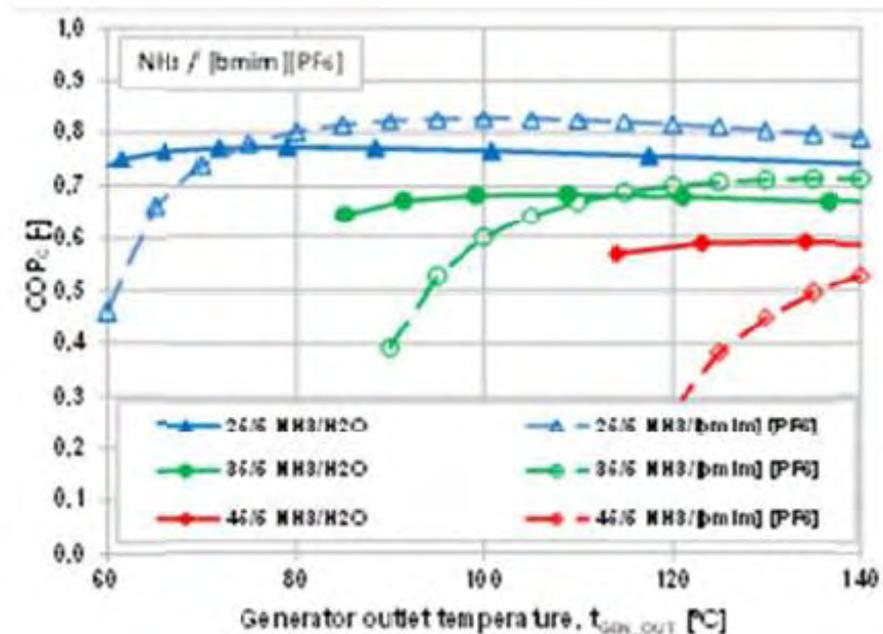
- Antriebstemperatur: 75°C
- Rückkühltemperatur: 27°C
- Kaltwassertemperatur: 18°C

Quelle: TU Berlin

# Neue Arbeitsstoffpaare für Absorptionswärmepumpen (2)

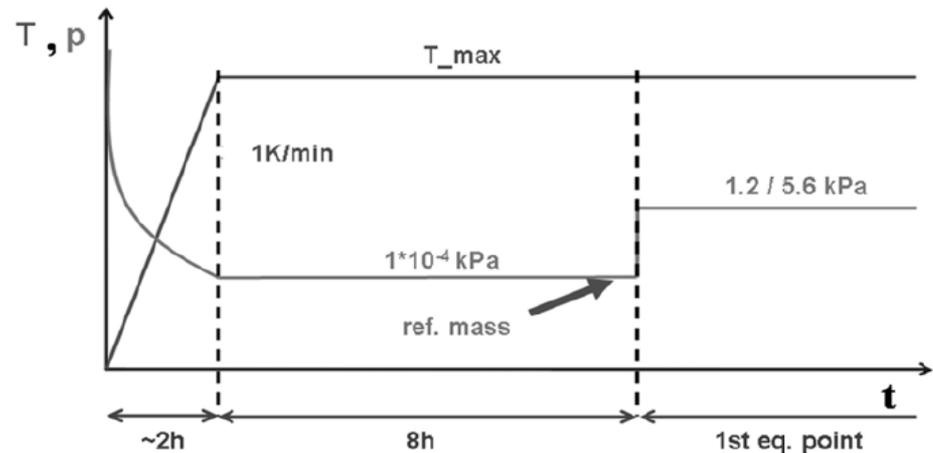
Neue Arbeitsstoffpaare: Ionische Flüssigkeiten mit Ammoniak (TU Graz)

- Eine Simulationsstudie mit unterschiedlichen ionischen Flüssigkeiten wurde durchgeführt
- Unter gewissen Betriebsbedingungen zeigten die Stoffpaare bessere Effizienz als  $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$



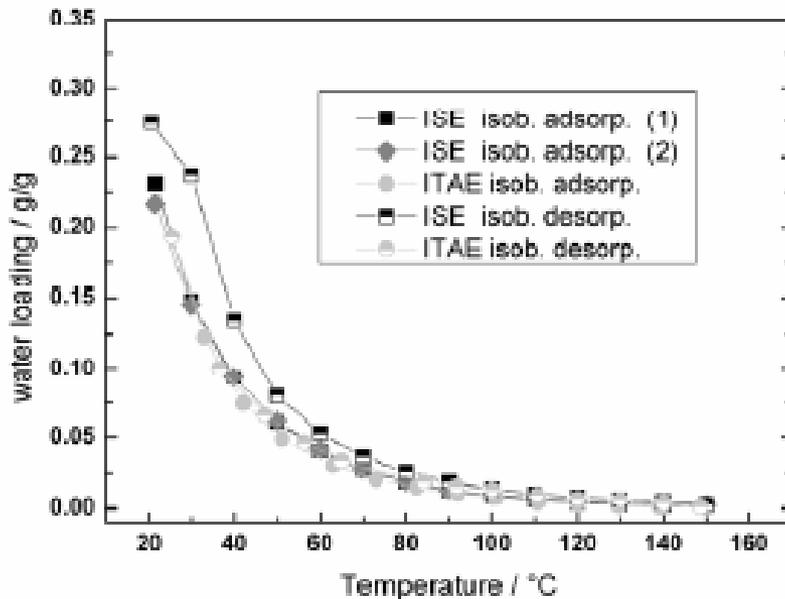
# Standardisierte Messmethode

- Die Messmethode ist geeignet für die Charakterisierung der Adsorptionsmaterialien hinsichtlich der Wasseradsorption
- Die Methode basiert auf einer thermischen Vorbereitung der Muster, Temperatur je nach Zusammensetzung
- Charakterisierung erfolgt anhand von zwei isobarer Messungen bei 1,2 bzw. 5,6 kPa Wasserdampfdruck
- Die Drücke entsprechen Verdampfungs- bzw. Kondensationstemperaturen von 10°C bzw. 35°C

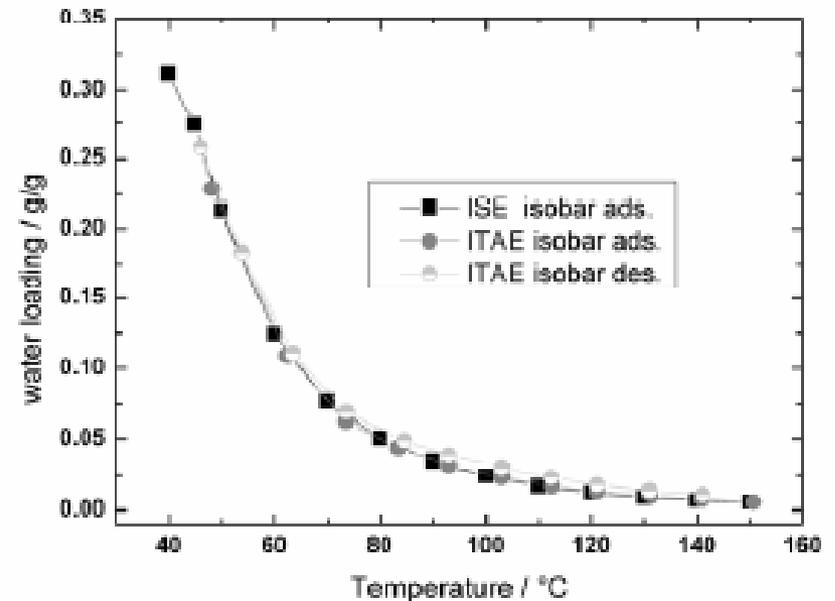


# Ringversuch

- Im Ringversuch wurden zwei Materialien von zwei Laboratorien charakterisiert und die Ergebnisse verglichen
- Gute Übereinstimmung der Ergebnisse trotz unterschiedlicher Messapparatur wurden festgestellt



Silica Gel 127B bei 1,2 kPa



Silica Gel 127B bei 5,6 kPa

# Datenbank

- In den letzten Jahren wurde über die Entwicklung einer Reihe von neuen Adsorbentien berichtet
- Tendenzen in der Forschung: Größere spezifische Oberfläche, Steigerung des Adsorptionsvermögens, kürzere Zyklen durch bessere Wärmeübertragung, chemische und mechanische Stabilität usw.
- Eine Datenbank für Adsorbentien wurde in Annex 34 entwickelt und beinhaltet derzeit 9 neue Materialien. Die Datenbank wird im Rahmen anderer Aktivitäten weiter gepflegt
- Datenbank derzeit noch nur für die Annex-Teilnehmer zugänglich

# Task D/E: Systemtechnologie und Implementierung

# Motivation

Überblick über die vorhandenen Systemen



keine "typischen"  
konfigurationen für  
verschiedene Anwendungen  
vorhanden

Darstellungen von  
Systemen zum größten Teil  
nicht vergleichbar



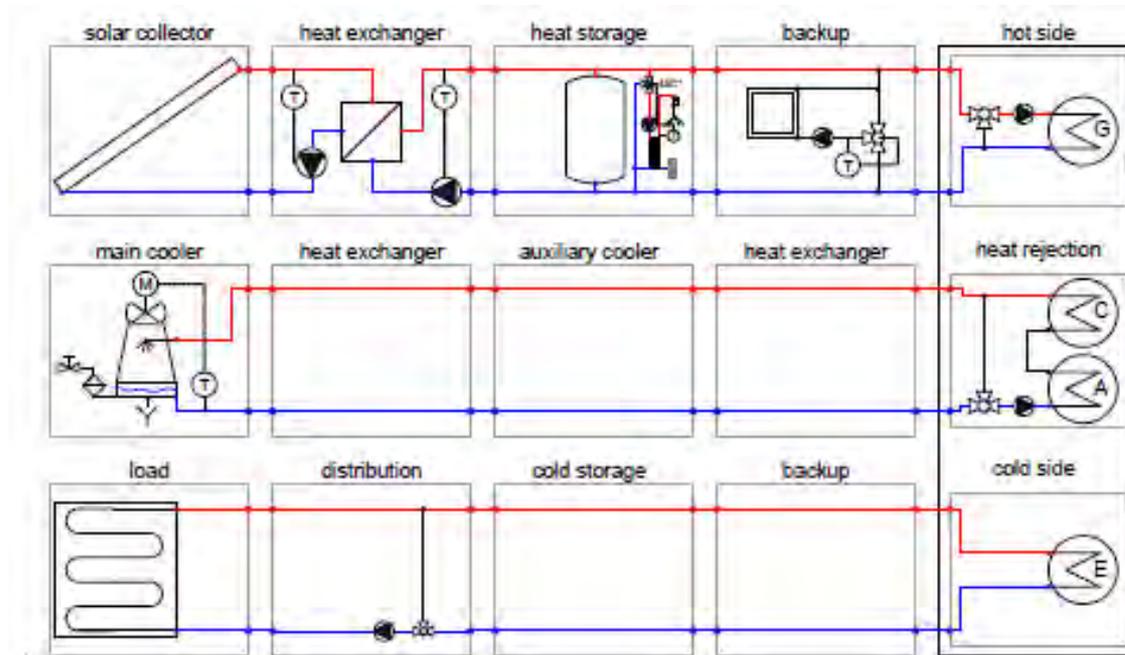
Minderung des  
Systemverständnisses und  
der Transparenz der  
Systemvergleiche



Fokus auf standardisierte Systemdarstellung

# Hydraulische Darstellung: Generic System

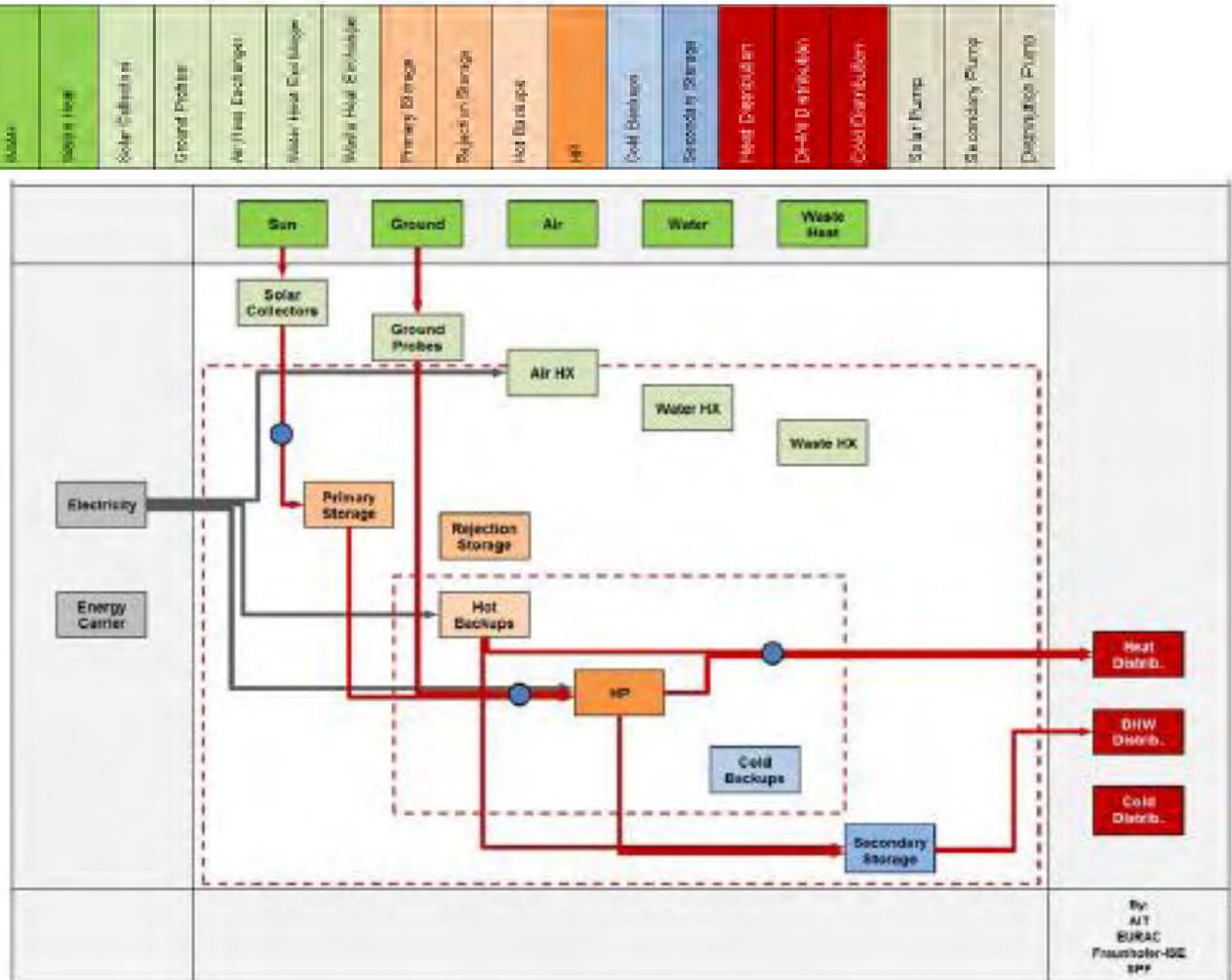
- Basiert auf der Methode, die im SHC Task 38 für Systeme zur solaren Kühlung entwickelt wurde
- Eine Reihe von unterschiedlichen Komponenten vorhanden, Möglichkeit der Erweiterung



# Quelle-Senke-Methode

Source	Sink				
	Electricity	Energy Carrier	Sun	Ground	Air
Continuity	CI				
Energy Carrier	EC				
Sun	CS				
Ground	GS				
Air	AS				
Water	WS				
Waste Heat	WH				
Solar Collectors	SC				
Ground Probes	GP				
Air Heat Exchanger	AH				
Water Heat Exchanger	WH				
Waste Heat Exchanger	WH				
Primary Storage	PS				
Rejection Storage	RS				
Hot Backups	HB				
HP	HP				
Cold Backups	CB				
Secondary Storage	SS				
Heat Distribution	HD				
DHW Distribution	MCD				
Cold Distribution	CD				

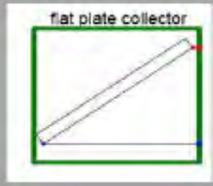
Source	Sink				
	Solar Collectors	Ground Probes	Air Heat Exchanger	Primary Storage	Hot Backups
Electricity	EI		EI AH	EI PS	EI HB
Sun	Su	Su SC			
Ground	Gr	Gr GP			
Solar Collectors	SC			SC PS	
Ground Probes	GP				
Primary Storage	PS				
Hot Backups	HB				
HP	HP				
Secondary Storage	SS				



# Demonstrationsprojekte (1)

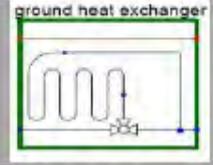
- Insgesamt 13 Demonstrationsanlagen wurden beschrieben, davon 9 vollständig, mit Messdaten
- Zwei Anlagen aus Österreich wurden dargestellt:
  - Solare Kühlung eines Bürogebäudes in Wien
  - Gasabsorptionswärmepumpe in einem Büro und Lagerraum

Boundary	Flux	Energy Flux	Nomenclature	Yearly Data (kWh)	January (kWh)	February (kWh)	March (kWh)
System	Electricity IN	Electricity to Air Heat Exchanger	EI.AH				
System	Electricity IN	Electricity to Hot Backups	EI.HB				
System	Electricity IN	Electricity to HP	EI.HP				
System	Electricity IN	Electricity to Solar Pump	EI.P1				
System	Electricity IN	Electricity to Secondary Pump	EI.P2				
System	Electricity IN	Electricity to Distribution Pump	EI.PD				
System	Thermal En. IN	Solar Collectors to Primary Storage	SC.PS				
System	Thermal En. IN	Ground Probes to HP	GP.HP				
System	Thermal En. OUT	Hot Backups to Heat Distribution	HB.HD				
System	Thermal En. OUT	HP to Heat Distribution	HP.HD				
System	Thermal En. OUT	Secondary Storage to DHW Distribution	SS.WD				
HP	Electricity IN	Electricity to Hot Backups	EI.HB				
HP	Electricity IN	Electricity to HP	EI.HP				
HP	Electricity IN	Electricity to Secondary Pump	EI.P2				
HP	Electricity IN	Electricity to Distribution Pump	EI.PD				
HP	Thermal En. IN	Ground Probes to HP	GP.HP				
HP	Thermal En. IN	Primary Storage to HP	PS.HP				
HP	Thermal En. OUT	Hot Backups to Secondary Storage	HB.SS				
HP	Thermal En. OUT	Hot Backups to Heat Distribution	HB.HD				
HP	Thermal En. OUT	HP to Secondary Storage	HP.SS				
HP	Thermal En. OUT	HP to Heat Distribution	HP.HD				



flat plate collector

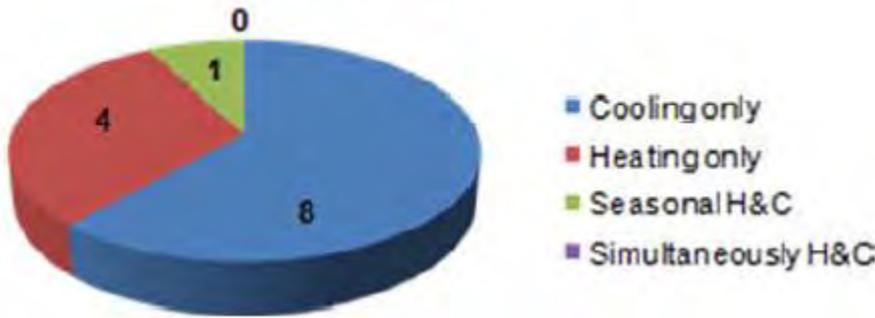
Heat Sources	
Technology	Choose heat source
Heating Power	Choose heat source
Operation temperature	Choose heat source
a) Solar Thermal	
Collector type	other...
Brand of collector	[brand]
Collector area	Choose Collector Area [-] m²
Type of mounting	Choose Type of Mounting
Tilt angle, orientation	[-][°]
Collector fluid	Choose Collector Medium [%]
Typical operation temperature	[-]°C driving temperature for chiller operation
Flow Control	Choose Flow Control
Used for DHW preparation	yes
b) Geothermal	
Typology	Choose typology
Norm. Electricity Consumption	[-]kW
Norm. supply temperature	[-]°C
Norm. return temperature	[-]°C
Norm. total medium flow	[-]m³/h



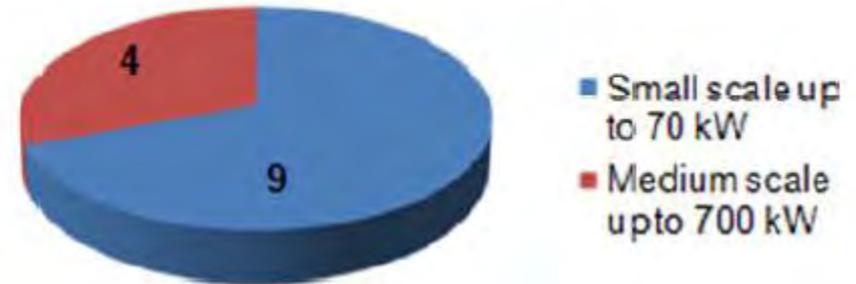
ground heat exchanger

# Demonstrationsprojekte (2)

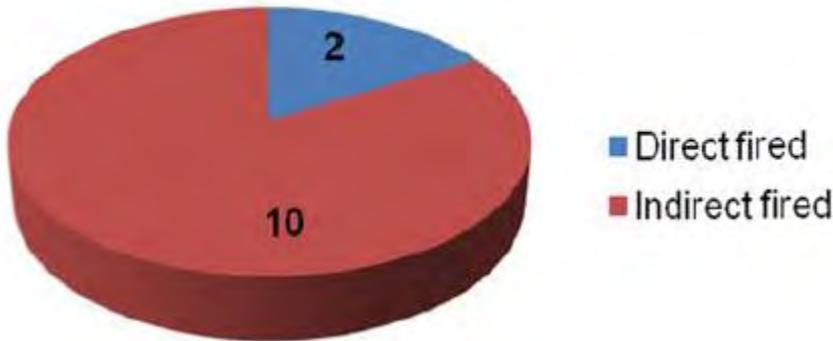
Mode of operation



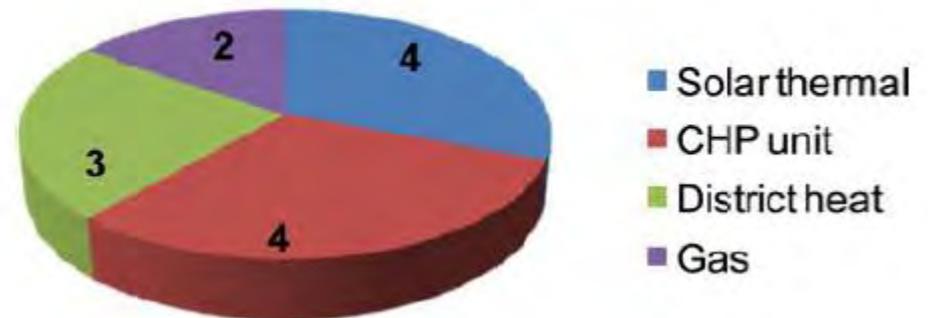
Heat pump/Chiller size



Mode of driving



Driving heat source



# Neue Aktivitäten innerhalb des HPP

Annex 34 „Thermisch angetriebene Wärmepumpen“



SHC Task 48 “Quality Assurance and Support Measures for Solar Cooling”

Neuer HPP-Annex “Fuel Driven Heat Pumps”



- Ziel: Stärkere und nachhaltige Marktpräsenz
- Qualitätssicherung auf Komponenten- und Systemebene
- Marktunterstützende Maßnahmen erarbeiten

- Ziel: Erfolgreiche Markteinführung und nachhaltige Marktpräsenz
- Potentielle Märkte identifizieren
- Marktbarrieren und Chancen erkennen
- Marktunterstützende Maßnahmen identifizieren



rene.rieberer@tugraz.at  
ivan.malenkovic@ait.ac.at

[www.annex34.org](http://www.annex34.org)

<http://www.nachhaltigwirtschaften.at/iea/>

