



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU  
Graz**  
Graz University of Technology

## Wärmepumpen Neueste internationale Entwicklungen

Dr. Harald Moser, Ao.Univ.-Prof. Dr. René Rieberer  
Institut für Wärmetechnik  
Technische Universität Graz

[Harald.Moser@tugraz.at](mailto:Harald.Moser@tugraz.at)  
<http://www.iwt.tugraz.at>

IEA Netzwerktreffen  
Gartenhotel Altmannsdorf, 1120 WIEN  
24.11.2009

Harald MoserIEA Netzwerktreffen24.11.2009, WIEN

1



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU  
Graz**  
Graz University of Technology

## Inhalt

Grundlagen

IEA Aktivitäten

Trends

Ausblick

- Grundlagen
- Aktuelle IEA HPP Aktivitäten
  - Annexe im Laufen
  - Annexe in Diskussion
- Internationale Trends
  - Kältemittel
  - Heizungs-WP für Niedrigenergiegebäude
  - Thermisch angetriebene Wärmepumpen
- Ausblick

Harald MoserIEA Netzwerktreffen24.11.2009, WIEN

2



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU Graz**  
Graz University of Technology

**Grundlagen**

IEA Aktivitäten

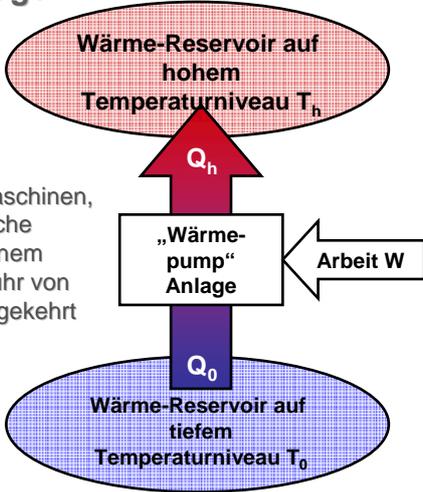
Trends

Ausblick

### Grundlagen

**„Wärmepump“-Anlagen**

... sind Wärmepumpen und Kältemaschinen, also Aggregate, mit denen der natürliche Wärmefluss von einem höheren zu einem tieferen Temperaturniveau durch Zufuhr von Arbeit, d.h. hochwertiger Energie, umgekehrt wird.



Harald Moser

IEA Netzwerktreffen

24.11.2009, WIEN

3



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU Graz**  
Graz University of Technology

**Grundlagen**

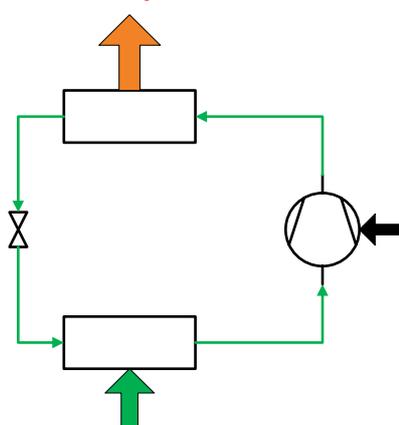
IEA Aktivitäten

Trends

Ausblick

### Grundlagen

**Kompressions-WP**



**Kompression:**

- Mechanischer Antrieb
- Zwei Temperaturniveaus
- Ein Kältemittel

Harald Moser

IEA Netzwerktreffen

24.11.2009, WIEN

4



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU Graz**  
Graz University of Technology

**Grundlagen**

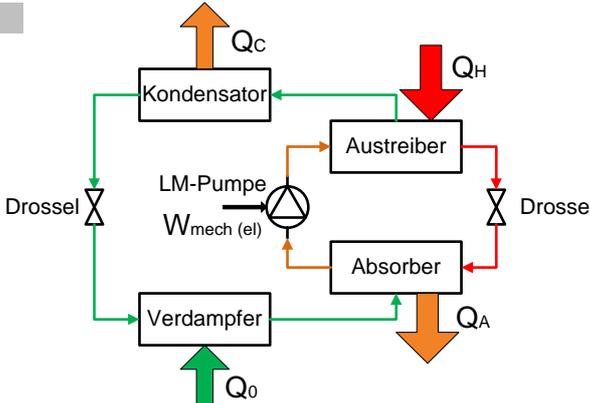
IEA Aktivitäten

Trends

Ausblick

### Grundlagen

#### Absorptions-WP



Absorption:

- Thermischer Antrieb
- Drei Temperaturniveaus
- Ein Arbeitsstoffpaar

Harald Moser

IEA Netzwerktreffen

24.11.2009, WIEN

5



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU Graz**  
Graz University of Technology

**Grundlagen**

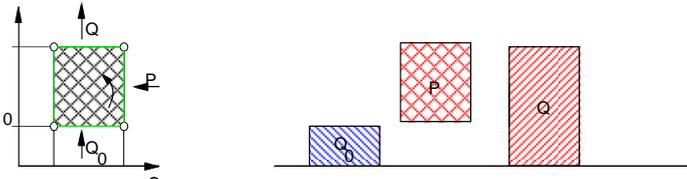
IEA Aktivitäten

Trends

Ausblick

### Grundlagen

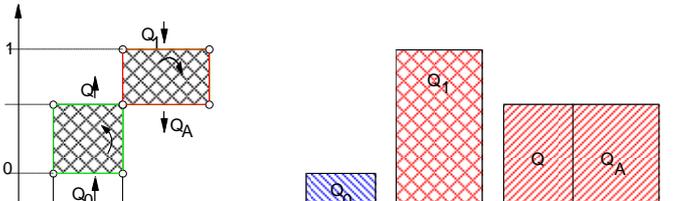
#### Wärmepumpenprozesse mit 2 Temperaturniveaus



$$COP_C = \frac{Q_0}{P}$$

$$COP_H = \frac{Q}{P}$$

#### Wärmepumpenprozesse mit 3 Temperaturniveaus



$$COP_C \approx \frac{Q_0}{Q_1}$$

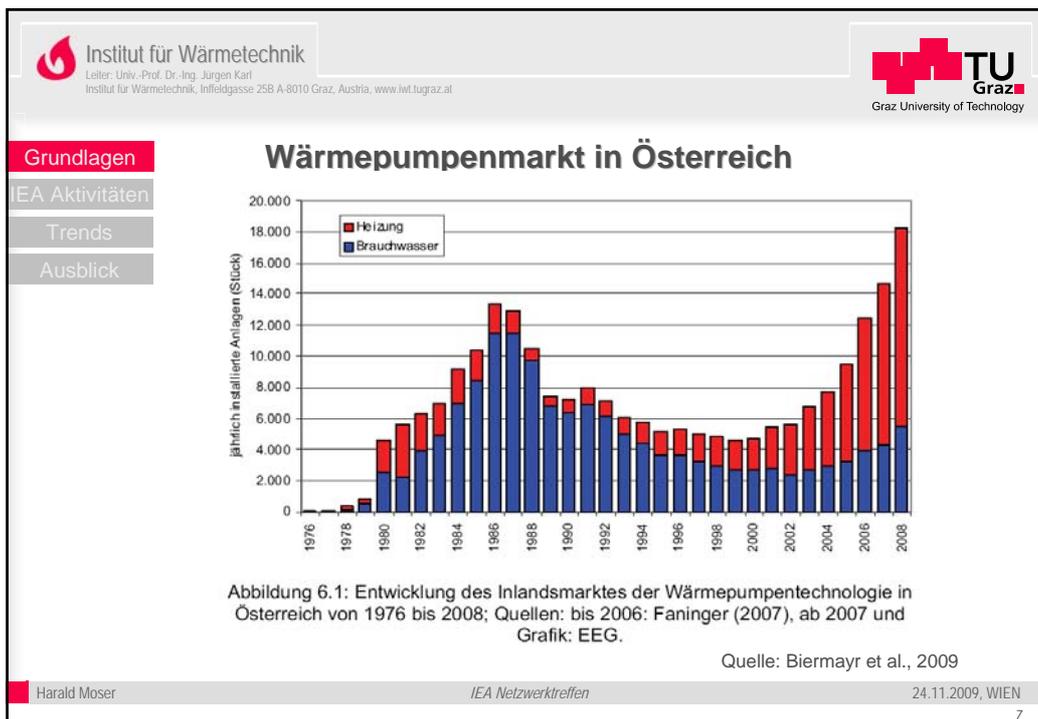
$$COP_H \approx \frac{Q + Q_A}{Q_1}$$

Harald Moser

IEA Netzwerktreffen

24.11.2009, WIEN

6





**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU Graz**  
Graz University of Technology

Grundlagen

**IEA Aktivitäten**

Trends

Ausblick

## IEA - Heat Pump Programme

### Formed 1978: Current Participating Countries

- Austria
- Netherlands
- Canada
- Norway
- Finland
- South Korea
- France
- Sweden
- Germany
- Switzerland
- Italy
- USA
- Japan

Cooperation agreements with the International Institute of Refrigeration (IIR) and the European Heat Pump Association (EHPA)

Harald Moser

IEA Netzwerktreffen

24.11.2009, WIEN



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU Graz**  
Graz University of Technology

Grundlagen

IEA Aktivitäten

Trends

Ausblick

## Laufende IEA HPP Annexe

**Annex 29** Ground Source Heat Pumps  
Overcoming Market and Technical Barriers

**Annex 30** Retrofit Heat Pumps for Buildings

**Annex 31** Advanced Modeling and Tools for Analysis of Energy Use in Supermarkets

**Annex 32** Economical Heating and Cooling Systems for Low Energy Houses

**Annex 33** Compact Heat Exchangers in HP Equipment

**Annex 34** Thermally-Driven Heat Pumps






Harald Moser
IEA Netzwerktreffen
24.11.2009, WIEN

9



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU Graz**  
Graz University of Technology

Grundlagen

IEA Aktivitäten

Trends

Ausblick

## Geplante Annexe

- Heat Pumping Technologies and the Industrial Sector (1.1.2010 – 31.12.2012)
- Hot Water Domestic Heat Pumps
- Performance Data Base for Heat Pump Systems (field measurements)
- Calculation Method for SPF for Design and Labelling Purposes

### Annexe in Diskussion

- HP-Solar: Systems Using Solar Thermal Energy in Combination with Heat Pumps (mit IEA SHC Task 44, 1.1.2010 – 31.12.2013)
- Process improvements in transcritical CO<sub>2</sub> heat pump systems
- Commissioning/Recommissioning Tools
- Environmental Impact of Refrigerants
- Ammonia in small refrigeration and heat pump systems
- ... und Weitere

Harald Moser
IEA Netzwerktreffen
24.11.2009, WIEN

10



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU Graz**  
Graz University of Technology

Grundlagen

IEA Aktivitäten

Trends

Ausblick

## Internationale Trends

### Kompressions-WP

- Natürliche bzw. neue Kältemittel
- Wärmequellen für WP (speziell Erdreich & Luft)
- Industrielle Anwendungen (Wärmerückgewinnung)
- Effizienzsteigerung durch Kreislauf- und Komponentenoptimierung
- WP für Gebäudeheizung im
  - Nachrüstmarkt (*Retrofit*)
  - Niedrigenergiehausmarkt

### Thermisch angetriebene WP

- Neue Arbeitsstoffe
- Heiz-Anwendung (im kleinen Leistungsbereich)
- Thermisches Kühlen (im kleinen Leistungsbereich)

Harald Moser
IEA Netzwerktreffen
24.11.2009, WIEN

11



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU Graz**  
Graz University of Technology

Grundlagen

IEA Aktivitäten

Trends

Ausblick

## Umweltrelevante Auswirkungen von Kältemitteln

ODP... Ozon Depletion Potential (Ozonabbaupotential, Basis = R11) – (H)FCKW

GWP... Global Warming Potential (Treibhauspotential, Basis = CO<sub>2</sub>) – (H)FCKW und HFKW

TEWI... Total Equivalent Warming Impact (Gesamtes Treibhauspotential: GWP<sub>dir</sub> + GWP<sub>indir</sub>)

Rechtliche Rahmenbedingungen in der EU:

- **Stationäre Anlagen** ⇒ **Eingeschränkte Verwendung von HFKW seit 2007 (speziell für Anlagen mit M > 3 kg)**
- **PKW** ⇒ **Verbot von KM mit GWP > 150 ab 2011 / 2017**

Harald Moser
IEA Netzwerktreffen
24.11.2009, WIEN

12



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU Graz**  
Graz University of Technology

**Grundlagen**

IEA Aktivitäten

Trends

Ausblick

## Internationale Trends bei Kältemitteln

„Natürliche“ Kältemittel:

- R744 (CO<sub>2</sub>)
- R718 (H<sub>2</sub>O)
- R290 (Propan)
- R717 (Ammoniak)



Quelle: ILK Dresden (www.ilkdresden.de)

Neue synthetische Kältemittel mit GWP<sub>100a</sub> < 150

Red. der KM-Füllmenge durch Optimierung der Komponenten

Harald Moser
IEA Netzwerktreffen
24.11.2009, WIEN



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU Graz**  
Graz University of Technology

**Grundlagen**

IEA Aktivitäten

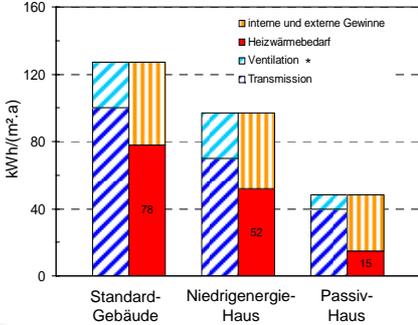
Trends

Ausblick

## WP für Niedrigenergiehäuser

**Hintergrund:**

- Heutige Neubauten haben einen Heizwärmebedarf von ca. 40 kWh/(m<sup>2</sup>.a)
- die Niedrigenergiebauweise ist heute Stand der Technik
- häufig Passivhausbauweise (HWB<15 kWh/(m<sup>2</sup>.a))



Bauweise	Heizwärmebedarf (kWh/m².a)
Standard-Gebäude	78
Niedrigenergie-Haus	52
Passiv-Haus	15

**„Probleme“:**

- Wärme-Erzeuger mit niedrigem Leistungsbereich kaum vorhanden
- Leistungsbedarf für die Warmwasserbereitung ist meist höher als die Heizlast
- Überhitzungsprobleme in den Sommermonaten  
→ Kühlfunktion auch im Wohnbereich nachgefragt

**WP als Lösung:**

- Heizen und Kühlen möglich
- Sehr hohe Effizienz bei gleichzeitiger Warmwasserbereitung und Kühlbetrieb

\* Der Lüftungswärmeverlust bezieht sich auf eine Luftwechselrate von 0.4 h<sup>-1</sup>

Harald Moser
IEA Netzwerktreffen
24.11.2009, WIEN



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU Graz**  
Graz University of Technology

Grundlagen

IEA Aktivitäten

Trends

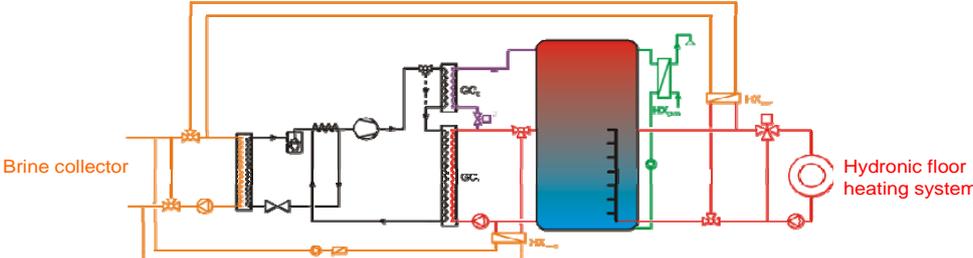
Ausblick

## Projekt im Rahmen des IEA HPP Annex 32 am IWT

**Projektziel:** Entwicklung einer multifunktionalen Wärmepumpe (Heizleistung ca. 6 kW) mit den Funktionen Heizen, Kühlen und Warmwasserbereitung für die Anwendung in Niedrigenergiegebäuden

**Projektlaufzeit:** 01.02.2007 – 31.03.2010

**Finanzierung:** Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



Harald Moser
IEA Netzwerktreffen
24.11.2009, WIEN

15



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU Graz**  
Graz University of Technology

Grundlagen

IEA Aktivitäten

Trends

Ausblick

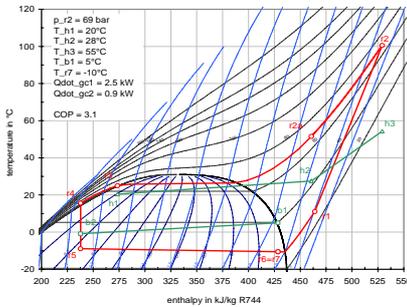
## Projekt im Rahmen des IEA HPP Annex 32 am IWT

**Analyse unterschiedlicher Konzepte für Niedrigenergiehäuser**

- unterschiedliche Wärmequellen
- unterschiedliche Kältemittel

**Entscheidung für eine Sole-Wasser-Wärmepumpe mit R744 (CO<sub>2</sub>) als KM**

**Bau und detaillierte Vermessung eines Prototypen**

Harald Moser
IEA Netzwerktreffen
24.11.2009, WIEN

16



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU Graz**  
Graz University of Technology

Grundlagen

IEA Aktivitäten

Trends

Ausblick

## Ausgewählte Projekte

### anderer teilnehmender Länder des IEA HPP Annex 32

**NORWEGEN:** Entwicklung und Feldtest eines Prototypen einer Wasser-Wasser WP mit Propan als Kältemittel für Heizung und WW-Bereitung

**USA:** Entwicklung einer integrierten Wärmepumpe für ein NZEH Null-Energiehaus

Informationen über weitere Projekte der teilnehmenden Länder:  
 AT(AIT), CA, CH, DE, JP, N, NL, SE, US auf  
<http://www.annex32.net/>

Harald Moser
IEA Netzwerktreffen
24.11.2009, WIEN

17



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU Graz**  
Graz University of Technology

Grundlagen

IEA Aktivitäten

Trends

Ausblick

## Thermisch angetriebene WP (TDHP)

Hintergrund:

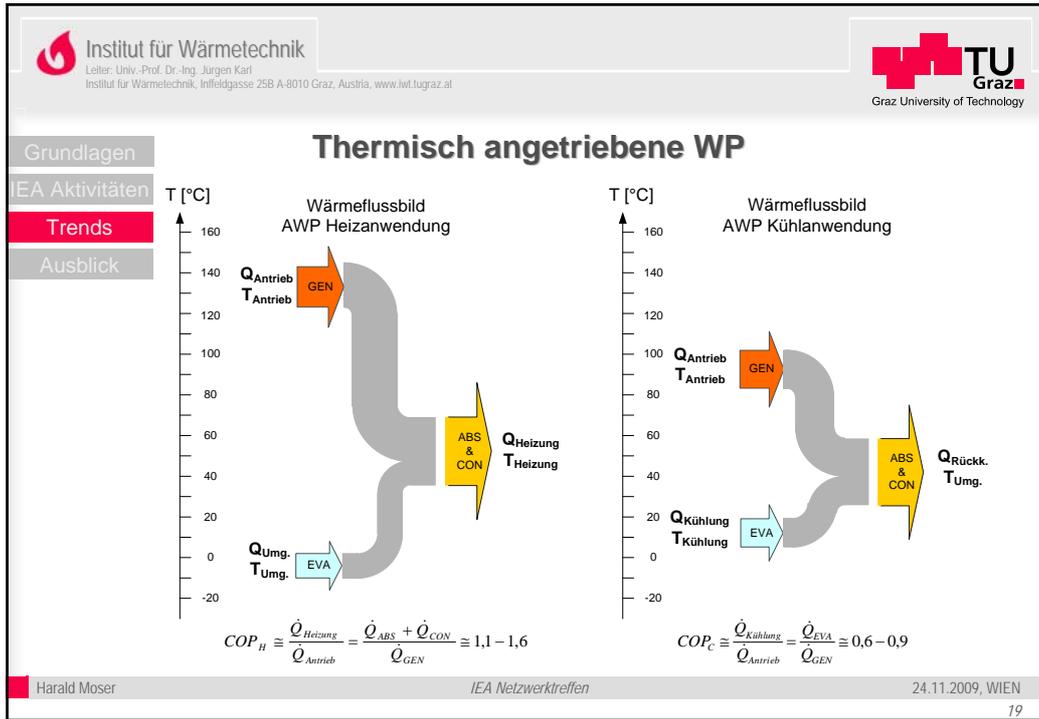
- TDHP haben ein großes ökologisches und ökonomisches Potential
- Für Heizanwendung in Verbindung mit Gas: Technologiesprung möglich, der die Effizienz im Vergleich zur Gas-Brennwerttechnik um 50% verbessert.
- Für Kühlanwendungen: Nutzung von Wärme aus Sonnenkollektoren und Abwärme möglich.

„Probleme“:

- Wirtschaftlichkeit im kleinen Leistungsbereich aufgrund hoher Investitionskosten derzeit schwer darstellbar
- Komplexe Systeme sind hinsichtlich der Systemeffizienz nicht optimiert
- Einschränkungen im Betrieb durch die verwendeten Stoffpaare (Thermische Stabilität, Kristallisation)
- Parasitärer Stromverbrauch für Wärmequelle und/oder Rückkühlung

Harald Moser
IEA Netzwerktreffen
24.11.2009, WIEN

18



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at

**TU Graz**  
Graz University of Technology

**Grundlagen**

IEA Aktivitäten

Trends

Ausblick

### IEA HPP Annex 34

<p><b>Task A: Market overview/state of the art</b></p> <p>WP 1 – state of the art/ country reports              WP 2 – Outlook              WP 3 – politics/ labeling</p>	
<p><b>Task B: Performance evaluation</b></p> <p>WP 1 – existing standards              WP 2 – Performance definition              WP 3 – Test procedures              WP 4 – Comparisions              WP 5 – Labeling</p>	
<p><b>Task C: Apparatus technology</b></p> <p>WP 1 – Methodology              Characterization              WP 2 – Database              WP 3 – Stability              WP 4 – development of components</p>	<p><b>Task D: System technology</b></p> <p>WP 1 – System design              WP 2 – Integration              WP 3 – Simulation              WP 4 – Demonstration</p>
<p><b>Task E: Implementation/ marked transfer activities</b></p> <p>WP 1 – Best case examples              WP 2 – Guidelines              WP 3 – Dissemination</p>	

Harald Moser

IEA Netzwerktreffen

24.11.2009, WIEN



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU Graz**  
Graz University of Technology

Grundlagen

IEA Aktivitäten

Trends

Ausblick

## Projekt im Rahmen des IEA HPP Annex 34 am IWT

Untersuchung der thermischen Stabilität von Ammoniak/Wasser-Mischungen

- Test von Inhibitoren
- Ermittlung der relevanten Temperaturlimits für hocheffiziente Prozesse



Harald Moser
IEA Netzwerktreffen
24.11.2009, WIEN

21



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU Graz**  
Graz University of Technology

Grundlagen

IEA Aktivitäten

Trends

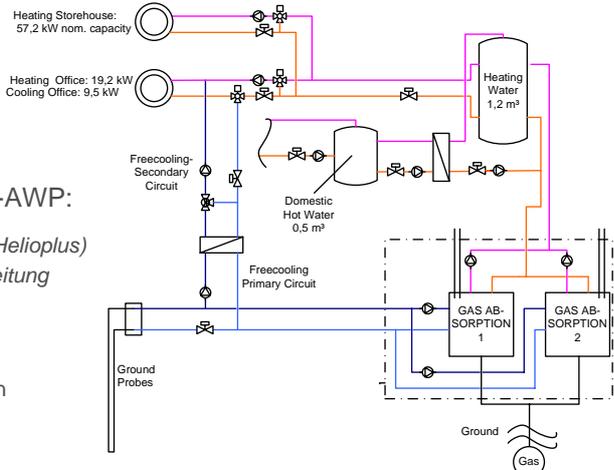
Ausblick

## Projekt im Rahmen des IEA HPP Annex 34 am IWT

**Demonstrationsprojekt NH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O-AWP:**

- Zwei 40 kW gasgetriebene AWP (Helioplus)
- Für Heizung und Warmwasserbereitung
- Erdsonden als Wärmequelle
- Installiert in Graz

Erdreichsonden im Sommer zur "Freien Kühlung" verwendet



Harald Moser
IEA Netzwerktreffen
24.11.2009, WIEN

22



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU Graz**  
Graz University of Technology

Grundlagen

IEA Aktivitäten

Trends

Ausblick

## Weitere Schwerpunkte des IEA HPP Annex 34

Definition von Effizienz-Kennzahlen (Task Leader AIT)

- unit COP
- unit "SPF"
- system SPF

Standard Tests, Labelling

Test und Entwicklung neuer Adsorptionsstoffe

Komponentenentwicklung für Adsorptionskältemaschinen kleiner Leistung

Evaluierung von Stoffwerte Messmethoden und Laboratorien

⇒ Weitere Informationen auf <http://www.annex34.org/>

Harald Moser
IEA Netzwerktreffen
24.11.2009, WIEN

23



**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at



**TU Graz**  
Graz University of Technology

Grundlagen

IEA Aktivitäten

Trends

Ausblick

## Ausblick IEA HPP Annex „Industrial HP“ (1.1.2010 – 31.12.2012, OA: Germany)

**Task structure:**

Task 1: Market overview, barriers for application

Task 2: Modeling calculation and economic models

Task 3: Technology

- High temperature heat pumps
- Process technological integration
- Refrigerants

Task 4: Application and monitoring

- Easy to install standard solutions
- Operating experience
- Energy effects

Task 5: Communication awareness of potential (policy paper)

- Internet
- Database
- Training



Bildquelle: Nordtvedt (2009)

Harald Moser
IEA Netzwerktreffen
24.11.2009, WIEN

24

**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at

**TU Graz**  
Graz University of Technology

Grundlagen

IEA Aktivitäten

Trends

Ausblick

## Ausblick IEA SHC Task „HP-Solar“ (1.1.2010 – 31.12.2013, OA: Ch)

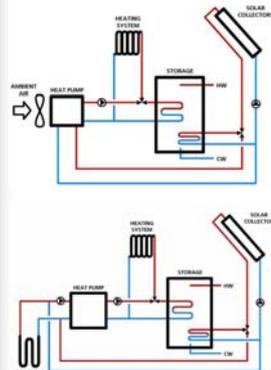
Tentative Task structure:

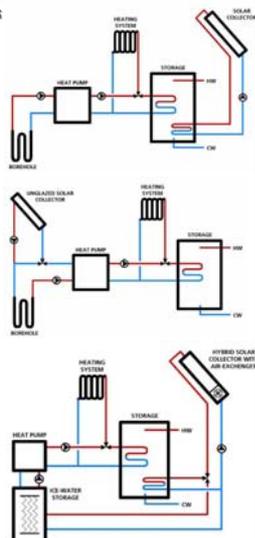
1. Overview of solutions and generic systems
2. Performance figures and performance assessment
3. Modeling and simulation
4. Dissemination and pre-normative work

Main outputs might be:

- Technical report on system schematics
- Proposals for implementation into standards
- System models including models for new components which may be not available so far
- R&D roadmap

Quelle: Henning & Miara (2009)  
 Website: <http://www.iea-shc.org/task44/index.html>





Harald Moser
IEA Netzwerktreffen
24.11.2009, WIEN

25

**Institut für Wärmetechnik**  
Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Karl  
 Institut für Wärmetechnik, Inffeldgasse 25B A-8010 Graz, Austria, www.iwt.tugraz.at

**TU Graz**  
Graz University of Technology

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Weitere Informationen auf <http://www.heatpumpcentre.org>

Harald Moser
IEA Netzwerktreffen
24.11.2009, WIEN

26