

Überblicksbericht 2010

# Forschungsprogramm Wärmepumpen, Wärme-Kraft- Kopplung, Kälte



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE  
Office fédéral de l'énergie OFEN

**Titelbild:**

**Expansionsmaschine zur Nutzung der Druckdifferenz zwischen Hoch- und Niederdruck in einer weltweit ersten, kommerziellen Pluskühlanlage mit CO<sub>2</sub> als Arbeitsmedium (R.Gerber, Frigo-Consulting AG, Gümligen)**

**BFE Forschungsprogramm Wärmepumpen, Wärme-Kraft-Kopplung, Kälte**  
Überblicksbericht 2010

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE  
CH-3003 Bern

**Programmleiter BFE (Autor):**

Prof. Dr. Thomas Kopp, HSR Hochschule für Technik Rapperswil (tkopp@hsr.ch)

**Bereichsleiter BFE:**

Andreas Eckmanns (andreas.eckmanns@bfe.admin.ch)

[www.bfe.admin/forschungwkk](http://www.bfe.admin/forschungwkk)

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

## Einleitung

Das Forschungsprogramm Wärmepumpen, Wärme-Kraft-Kopplung, Kälte fördert gemäss dem Energieforschungskonzept des Bundes [1] und dem dazugehörigen Detailkonzept [2] die Entwicklung von modernen Heiz- und Kühlsystemen. Eine kurzfristige Reduktion des CO<sub>2</sub>-Ausstosses um 50 % im Bereich Gebäudeheizung ist möglich, indem der von mittleren und grösseren Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen (WKK-Anlagen) produzierte Strom in dezentralen Wärmepumpen aller Leistungsklassen eingesetzt wird, die dann in den Gebäuden Niedertemperaturheizwärme erzeugen. Mittelfristig soll keine fossile Energie mehr direkt für Heizzwecke eingesetzt werden. Heute wird im Sektor Haushalte immer noch rund 60 % fossile Energie eingesetzt, die vor allem für Heizzwecke dient [3]. Erst ca 15 % des Energieverbrauches der Haushalte stammt aus erneuerbarer Energie. In der Kälteerzeugung und -anwendung ist eine Energieeinsparung von ca. 25 % möglich [4]. Diese Ziele können über eine verbesserte Effizienz der Komponenten und eine optimierte Systemintegration erreicht werden. Kostenre-

duktionen sind Voraussetzungen um eine rasche Marktpenetration zu erreichen. Diese können durch Standardisierung der Komponenten und Systeme erreicht werden.

Die Forschungsschwerpunkte 2008 bis 2011 des Programmes sind:

- Verbesserung der Komponenten und der thermodynamischen Kreisprozesse bei Wärmepumpen und Kälteanlagen;
- Effizienzverbesserungen bei WKK-Anlagen und Reduktion der Schadstoffemissionen;
- Ganzheitliche Systemoptimierung von Wärmepumpen - WKK - Kälte - Speicherung;
- Hocheffiziente Systeme für Warmwasseraufbereitung;
- Miniaturisierung und neue Wege für den Einbau von Heiz- und Kühlsystemen mit Wärmepumpen (plug and play);
- Umweltverträgliche Arbeitsmedien für Wärmepumpen und Kältemaschinen.

IEA-Klassifikation: 3.7 Other Renewables

Schweizer Klassifikation: 2.3 Umgebungswärme

## Programmschwerpunkte

Gemäss den Programmschwerpunkten wurden im Berichtsjahr sieben Projekte abgeschlossen, sechs sind weiter in Bearbeitung und fünf neue Projekte konnten gestartet werden.

Im Bereich «Verbesserung der Komponenten und der thermodynamischen Kreisprozesse bei Wärmepumpen und Kälteanlagen» wurden Untersuchungen an drehzahlgeregelten Kompressoren und Ventilatoren [5] durchgeführt, die im Abschnitt Highlights dargestellt sind. Im Sektor Kälteanlagen konnte an einer gewerblichen Kälteanlage mit CO<sub>2</sub> als Kältemittel eine mechanische Expansionsmaschine [6] in Betrieb genommen und deren Wirkungsweise mit Messungen dokumentiert werden. Auch diese sehr interessante Anwendung ist im Abschnitt Highlights näher vorgestellt.

Im Bereich «Effizienzverbesserungen bei WKK-Anlagen und Reduktion der Schadstoffemission» wurde die Zusatznutzung des Abgases eines Dieselmotors durch Umwandlung der Abgaswärme in mechanische Energie untersucht [7].

Unter dem Arbeitstitel «Ganzheitliche Systemoptimierung von Wärmepumpen – WKK – Kälte – Speicherung» darf von einem neu gestarteten IEA-HPP Annex «Solar and Heat Pump Systems» berichtet werden [8]. Zur erfolgreichen internationalen Kooperation tragen auch die 2 Projekte «SOFO-WA – Kombination von Solarthermie, Fotovoltaik und Wärmepumpen» [9] und «Optimierung der Einbindung eines 28-m<sup>3</sup>-Wasserspeichers in die Beheizung und Warmwasser-Versorgung eines Einfamilienhauses mit W/W-Wärmepumpe und Solarkollektoren» [10] bei.

Im Zuge der Erneuerung des Gebädeparks mit besser isolierten Gebäuden erhält der Bereich «Hoch effiziente Systeme für Warmwasseraufbereitung» eine erhöhte Wichtigkeit, die mit dem Projekt «Zirkulationsverluste in Brauchwarmwasseranlagen» [11] bearbeitet wurde.

Das abgeschlossene Projekt «SEK – Standardlösungen zum energieeffizienten Heizen und Kühlen mit Wärmepumpen» [12] beleuchtete den Aspekt «Miniaturisierung und neue Wege für den Einbau von Heiz- und Kühlsystemen mit Wärmepumpen».

Unter dem Arbeitstitel «Umweltverträgliche Arbeitsmedien für Wärmepumpen und Kältemaschinen» wird die Entwicklung eines Turbokompressors für eine Trinkwasser-Wärmepumpe mit CO<sub>2</sub> und Leistungen im Bereich 100 kW gefördert [13].

### Rückblick und Bewertung 2010

Im Berichtsjahr 2010 konnten interessante Projekte erfolgreich abgeschlossen werden. Speziell zu erwähnen sind die Projekte «SEK – Standardlösungen zum energieeffizienten Heizen und Kühlen mit Wärmepumpen» [12] und «Dynamischer Wärmepumpentest - Phasen 3 und 4» [14].

Leider wurden die Erwartungen im Forschungsprojekt Magnetische Wärmepumpen [15] nicht erfüllt und es konnte kein funktionierender Prototyp gebaut und ausgemessen werden. Somit muss als Zwischenfazit festgestellt werden, dass das Prinzip der magnetischen Wärmepumpe zwar interessant ist, dass aber ein Markteintritt dieses Prinzips noch in weiter Ferne liegt. Es werden zwar im Bereich der magnetischen Materialien ständig Fortschritte verzeichnet, die Umsetzung in eine funktionierende Wärmepumpe konnte aber nicht bewiesen werden. Die anvisierte konstruktive Lösung ist auch eher kompliziert und wahrscheinlich in der gewählten Art nicht optimal im Hinblick auf Herstellungsprozess und Kosten.

Auch das Projekt «Heizen mit der erdgekoppelten Diffusions-Absorptions-Wärmepumpe (DAWP) und Direktkühlung im Kundenzentrum IWB Steinenvorstadt Basel» [16] ergab leider nicht die erwünschten Ergebnisse, da der Wärmepumpenteil des gasgefeuerten DAWP-Aggregates nie funktionierte.

### Ausblick 2011

Das Projekt «Effiziente L/W-Wärmepumpen durch kontrollierte Leistungsregelung» [5] soll 2011 abgeschlossen werden, nachdem es durch zusätzliche Untersuchungen an einer von Emerson gelieferten 2. Generation eines Inverter-Scroll-Kompressors verzögert wurde. Auch Abtauverhalten und Teillast werden zusätzlich untersucht.

Auch vom Projekt «Zirkulationsverluste in Brauchwarmwasseranlagen – Phase 1: Analyse» [11] werden praxisgerechte Resultate erwartet. Verschiedene bekannte, aber auch neuartige Konzepte werden verglichen. Warmwasser-Bereitung wird einen zunehmenden Anteil des Energiebedarfs von modernen Gebäuden einnehmen.

Der Beweis der apparativen Funktion des Turbokompressors im Projekt «Ölfreier CO<sub>2</sub>-Kompressor für Grosswärmepumpen zur Warmwassererzeugung» [13] und erste Messresultate werden mit Spannung verfolgt.

Die IEA Heat Pump Programme Annex-Projekte 37 «Demonstration of Field Measurements on Heat Pump Systems in Buildings» [17], 38 «Solar and Heat Pump Systems» [8] und 39 «A Common Method for Testing and Rating of Residential Heat Pumps and Air Conditioners Annual/Seasonal Performance (SPF)» [18] werden nun konkret starten.

## Highlights 2010

Turbokompressor und Expansionsmaschine für Wärmepumpen und Kältemaschinen mit CO<sub>2</sub>: Das Arbeitsmedium CO<sub>2</sub> ist ein natürliches, umweltfreundliches Kältemittel. Es benötigt aber für Anwendungen im Bereich Wärmepumpen und teilweise auch für Kälteerzeugung sehr hohe Arbeitsdrücke.

Kombination von Solarenergienutzung und Wärmepumpen: Die Kombination von Solarthermie und Wärmepumpe wird von umweltbewussten Bauherrschaften häufig nachgefragt. Die Kombination ist aber technisch nicht einfach.

Heizwärmebedarfsabhängige Regelung bei Wärmepumpen: Moderne Wärmepumpen sollen immer die gefragte Heizleistung abgeben.

### Turbokompressor und Expansionsmaschine für WP und Kältemaschine mit CO<sub>2</sub>

Das Arbeitsmedium CO<sub>2</sub> ist ein natürliches, umweltfreundliches Kältemittel. Es benötigt aber für Anwendungen im Bereich Wärmepumpen und teilweise auch für Kälteerzeugung sehr hohe Arbeitsdrücke von bis zu 110 bar. Der thermodynamische Kreisprozess wird auf der Wärmeabgabeseite überkritisch gefahren. Die Überwindung der hohen Drücke erfordert eine hohe Kompressionsenergie. In klassischen Wärmepumpen- oder Kältemaschinen-Anwendungen erfolgt die Expansion des Arbeitsmediums vom hohen Druck im Kondensator oder hier eben im Gaskühler zum tiefen Verdampferdruck durch eine Drossel. Eine Drossel vernichtet Druckdifferenzen in nicht-nutzbare, unwillkommene Reibungsenergie. Nur eine Expansionsmaschine, die aus der Druckdifferenz eine nutzbare Arbeit gewinnen kann, erhöht theoretisch den Gesamtprozess-Wirkungsgrad bei Wärmepumpen um 47,4 % und bei Kältemaschinen um 66,7 % [19]. Dieses Verbesserungspotenzial ist bei CO<sub>2</sub> besonders hoch, weshalb sich eine apparative Nutzung lohnt.

Im Projekt «Effiziente Kälteerzeugung – Integration einer Expansionsmaschine in ein CO<sub>2</sub>-Kältesystem» [6] wurde in Zusammenarbeit mit der

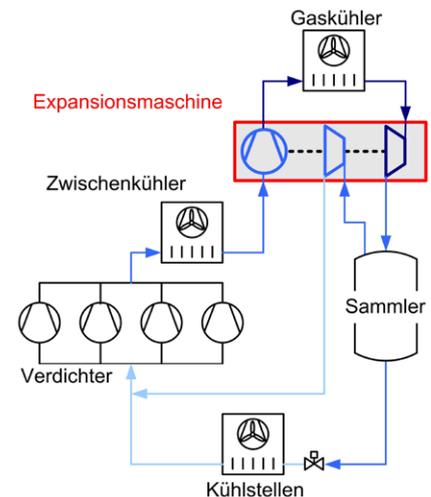
Technischen Universität Dresden eine Expansionsmaschine auf dem Prinzip eines Zylinder-Kolben-Systems entwickelt und in einer kommerziellen Kälteanlage in Zusammenarbeit mit den Firmen FRIGO-CONSULTING AG, Prodega AG und ALPIQ eingebaut. Das System kann wahlweise zugeschaltet oder überbrückt werden, sodass Leistungszahlen mit und ohne Expansions-system ermittelt werden können. Die Projektbeschreibung und die bisher erhaltenen Resultate werden im Projekt-Jahresbericht 2010 [6] geschildert (teilweise zitiert):

«Das Kältemittel CO<sub>2</sub> kommt in stationären Kälteanlagen vermehrt zum Einsatz. Die relativ schlechte Leistungszahl des teilweise transkritischen Kaldampfprozesses mit CO<sub>2</sub> kann durch Minimierung der Drosselverluste mit einer arbeitsleistenden Entspannung thermodynamisch verbessert werden. In einer realen Anlage im Feld ist eine Expansions-Kompressions-Maschine in eine CO<sub>2</sub>-Kälteanlage integriert und in Betrieb genommen worden.

Bei der zu integrierenden Maschine handelt es sich um eine Hubkolbenmaschine mit Verdichtungs- und Expansionssteilen und variabler Förderleistung. Die anhand eines Lastprofils dimensionierte Expansions-Kompressions-Maschine wurde an der Technischen Universität Dresden entwickelt, konstruiert, hergestellt und in die transkritische CO<sub>2</sub>-Anlage eingebaut.

Um die Maschine in die Kälteanlage zu integrieren war es nötig, die Kälteanlage der Prodega in Basel mit den nötigen Komponenten zu erweitern. Dazu sind die evaluierten Teile Zwischenkühler, Ölrückführsystem, Rohrleitungen und Armaturen sowie entsprechende Regelkomponenten installiert und in Betrieb genommen worden.

Die Inbetriebnahme der Expansions-Kompressions-Maschine und der zugehörigen Komponenten konnte erwartungsgemäß erfolgen. Technische Probleme in Bezug auf die Regeldynamik, Regelstrategie, Flussverhalten und Vibrationen konnten bereits fast vollständig gelöst werden. Erste Messdaten zeigen die Übertragung der Expansionsarbeit in den Verdichtungsprozess in einzelnen Betriebszuständen.



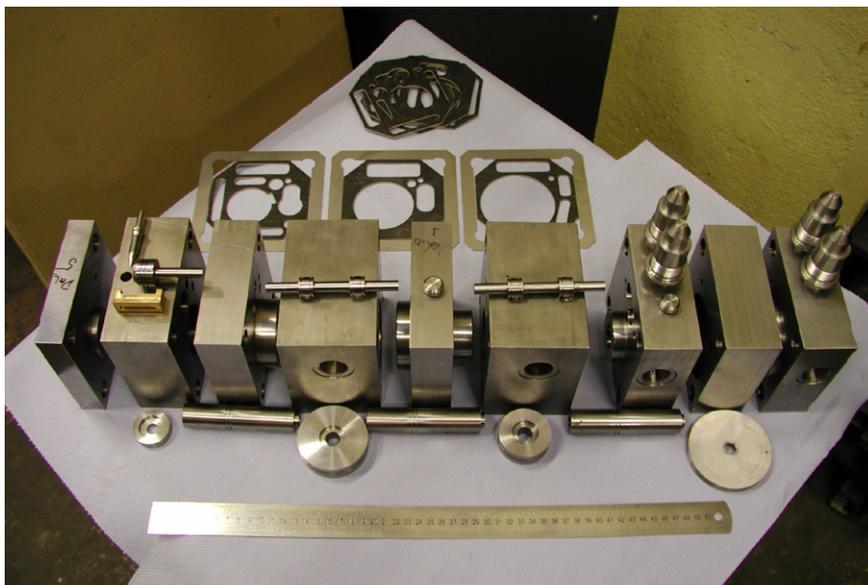
Figur 1: CO<sub>2</sub>-Kälteanlage mit integrierter Expansionsmaschine [6].

Basierend auf den Anforderungen des Konstrukteurs der Maschine ist eine Regelstrategie und das Konzept zur Integration in die Hauptanlage realisiert worden und muss nach nächsten Betriebserfahrungen noch leicht angepasst und optimiert werden. Anschließend kann anhand von aufgezeichneten Messdaten das Betriebsverhalten untersucht und ausgewertet werden.

Mit dem Projekt wird sich zeigen, ob die Integration einer solchen Maschine zur Effizienzsteigerung bei gewerblichen Kälteanlagen einfach realisierbar und wirtschaftlich ist und für zukünftige oder bestehende Kälteanlagen eine anwendbare Option darstellt.»

Das Projekt wird 2011 die ersten zahlenmässigen Resultate liefern und auch einem Dauertest ausgesetzt. Die Resultate werden dann an der 10<sup>th</sup> Internationalen Wärmepumpenkonferenz Heat Pump Conference im Mai 2011 und an der 17. BFE-Wärmepumpentagung am 29.6.2011 in Burgdorf präsentiert.

Im Projekt «Ölfreier CO<sub>2</sub>-Kompressor für Grosswärmepumpen zur Warmwassererzeugung» [13] wird der Kompressionsschritt des Kreisprozesses Wärmepumpe oder Kältemaschine apparativ verbessert. Das Projekt zielt auf die spezielle Anwendung in Trinkwasser-Wärmepumpen im Leistungsbereich von ca. 100 kW. Dieser Leistungsbereich ist in Hotels, Grosswäschereien oder in Sportanlagen gefragt. Als apparatives Konzept wurde ein Turbokompressor gewählt, der von



Figur 2: Einzelteile der Expansions-Maschine vor dem Zusammenbau (TUD) [6].

einem vollgekapselten Elektromotor angetrieben wird. Die hohe Drehzahl erforderte ein hoch stehendes Engineering. Die Projektfortschritte und Resultate sind im Projektjahresbericht 2010 dargestellt (Zitat Zusammenfassung [13]):

«Die vorliegende Arbeit beschreibt die Fortschritte in der Entwicklung eines Verdichters für das natürliche Kältemittel  $\text{CO}_2$ , welcher in Grosswärmepumpen eingesetzt werden soll. Aus Gründen der erforderlichen Lebensdauer soll der Kompressor schmierstofffrei ausgeführt werden, wozu sich ein Turbokompressor aufgrund der geringen Querkräfte in den Rotorlagern anbietet. Weitere Vorteile der Ölfreiheit sind die daraus resultierende Vereinfachung des Systems sowie die potentiell höheren Wirkungsgrade in den Wärmetau-

schern. Die Spanne zwischen Grundlagenforschung und angewandter Entwicklung macht eine Aufteilung der Arbeit in verschiedene Technologieträger zur gesonderten Untersuchung der Teilkomponenten nötig. Diese Teilarbeiten beinhalten unter anderem die Entwicklung eines Elektromotors, welcher hermetisch in den Verdichter mit eingebaut wird, sowie die numerische und experimentelle Bestimmung der Rotordynamik. In beiden Feldern wurden im vergangenen Jahr signifikante Fortschritte erzielt. Als Ergebnis dieser Arbeiten wird momentan ein erster Verdichter aufgebaut, welcher ausreichend mit Sensorik versehen ist, um die aerodynamische sowie konstruktive Auslegung zu verifizieren.»

Als weiteren Vorteil dieses Konzepts ist die Ölfreiheit zu nennen. Falls ein



Figur 3: Milchtransporter-Auflieger-Tank als Wärme-Speicher für ein EFH [21].

ölfreier Betrieb möglich wäre, könnte das Arbeitsmedium  $\text{CO}_2$  auch direkt in der Erdsonde eingesetzt werden, und es würde die Wärmeübertragung zwischen Sondenfluid und Verdampfer und die damit verbundene Wirkungsgradabnahme wegfallen.

## Kombination von Solarthermienutzung und Wärmepumpen

Die Kombination von Solarthermie und Wärmepumpe wird von umweltbewussten Bauherrschaften häufig nachgefragt. Die Kombination ist aber technisch nicht einfach umsetzbar. So wurden in Einzelfällen auch ineffiziente Anlagen gebaut, die wegen einer schlechten Regelung in der Nacht mit der Wärmepumpe Wärme auf die Solarkollektoren geführt hatten, die dann den Nachthimmel «erwärmte». Selbstverständlich wurden auch gut funktionierende Anlage-Kombinationen gebaut. Die Problematik stiess international auf grosses Interesse. Deshalb wurde in den beiden IEA-Implementing Agreements SHC (Solar Heating and Cooling) und HPP (Heat Pump Programme) ein gemeinsames internationales Projekt «Solar + Heat Pump Systems» [8] gestartet. Daran beteiligen sich mehr als 10 Länder mit 30 Forscherteams. Aus der Schweiz werden im Forschungsprogramm Wärmepumpen, WKK, Kälte zwei Projekte beigesteuert.

Das Projekt «Optimierung der Einbindung eines  $28\text{-m}^3$ -Wasser-Speichers in die Beheizung und die Warmwasser-Versorgung eines Einfamilienhauses mit Wasser/Wasser-Wärmepumpe und Solarkollektoren» [10] untersucht die Kombination Wärmepumpe und Solarthermie unter Einbezug einer Wärmespeicherung in einem grossen Tank. Der Tank stammt in dieser Anlage von einem ausrangierten Sattelschlepper-Auflieger, der für Milchtransporte eingesetzt wurde. Er wurde vom Auflieger abmontiert und noch während der Rohbauphase im Keller des Hauses installiert. Es entstehen durch die Anzahl der Komponenten dieser Anlage nun natürlich viele Regelungsmöglichkeiten, die im Projekt optimiert werden sollen. Auch wenn das Grundkonzept dieser Anlage etwas aussergewöhnlich ist, werden doch klare Aussagen zum Wiederholungspotenzial dieses Konzepts erwartet. Die Kernfrage ist,

in wie weit sich grössere Speichermöglichkeiten energetisch aber auch kommerziell lohnen. Der Projektfortschritt wird im Jahresbericht 2010 dokumentiert (Zitat Zusammenfassung [10]):

«Simulationen an einem Pilotobjekt (EFH mit 185m<sup>2</sup> EBF, gebaut nach SIA380/1:2009) mit Solarkollektoren (4m<sup>2</sup>), einer W/W Wärmepumpe (6.4kW) mit einer Erdsonde (150m) sowie zwei thermischen Speicher mit Wasser (1: ungeschichtet, 28m<sup>3</sup>, 2: geschichtet, 1,65m<sup>3</sup>) sollen die Schwachstellen der konventionellen, heute üblichen Systemsteuerungen verdeutlichen.

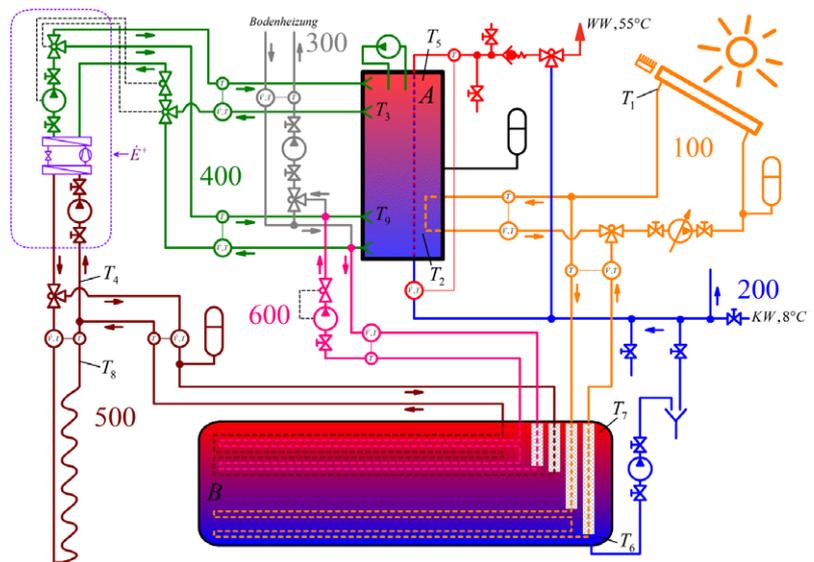
In der ersten Phase dieses Projekts wurde das Gebäude, welches gleichzeitig das Versuchslabor für die Thermik Abteilung der Hochschule für Technik und Architektur Freiburg (EIA-FR) ist, eine Simulation vom jährlichen Energieverbrauch gemacht. Anschliessend wurden die technischen Einrichtungen, darunter der «saisonale» 28m<sup>3</sup> Speicher, der Nutzspeicher und die Solar Kollektoren während mehreren Tagen mit und ohne Heizlast simuliert und mit realen Messdaten validiert.

Die Resultate der ersten Simulationen zeigen gute Übereinstimmungen mit der Wirklichkeit, und werden die Optimierung der Ansteuerungsparameter ermöglichen, sobald die restlichen Bauteile vollständig modelliert und validiert wurden.

Die Gesamtbilanz nach den ersten Monaten Betrieb (ohne Optimierungen) zeigt, dass das berechnete Potential des Gesamtsystems (solar und WP) bei weitem nicht ausgeschöpft wurde. Für den berechneten jährlichen Heizwärmebedarf von 10800 kWh und den WW-Wärmebedarf von 3400 kWh wurden 3730 kWh Elektrizität verbraucht, was einer JAZ von 3,8 entspricht. Erfahrungsgemäss wird das Gebäude nach der Trocknungsphase seiner Betonstruktur weniger Wärme benötigen, und eine höhere JAZ (mit Optimierungen JAZ>8) wird erwartet.»

Das Projekt wird 2011 fortgeführt und verschiedene Regelstrategien werden erprobt.

Ein weiteres Projekt ist das kürzlich gestartete Projekt «SOFOWA – Kombination von Solarthermie, Fotovoltaik und Wärmepumpen» [9]. Es ist auf Gebäude mit geringem Energiebedarf ausgerichtet, untersucht aber generell die



Figur 4: Anlageschema mit Erdsonden-Wärmepumpe, Solarkollektoren und 28m<sup>3</sup>-Wasserspeicher [10].

Vor- und Nachteile von Kombinationen verschiedener Energiesysteme. Es ist zum Beispiel schon lange bekannt, dass gekühlte PV-Kollektoren einen besseren Wirkungsgrad aufweisen. Welches ist nun die geschickteste Art der Kühlung und wohin soll die Kühlwärme optimal geleitet werden? Der bisherige Projektfortschritt und die Ziele sind im Projektjahresbericht 2010 präsentiert (Zitat Zusammenfassung [9]):

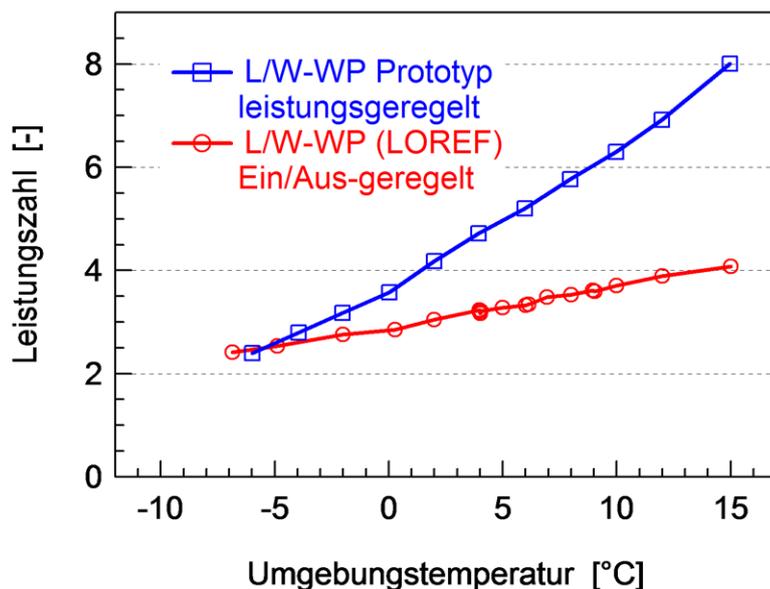
«Niedrigenergiehäuser sind durch die Verschärfung der Energievorschriften zum Standard für Neubauten geworden. Nach gängiger Definition gehen

Netto-Nullenergiehäuser meist mit einer gebäudeintegrierten Solartechnik einher. Ziel des Projekts ist mittels Simulation erfolgversprechende Kombinationen von Wärmepumpe und Solartechnik zu identifizieren, die Praxistauglichkeit mit einem Feldtest zu verifizieren und einen Leitfadent zu erstellen.

Im Berichtszeitraum konnten ökologische und ökonomische Grundlagen für die weitere Analyse erarbeitet respektive übertragen werden. Die Zusammenarbeit sowohl national wie auch international wurde etabliert. Für die



Figur 5: Inverter-Scroll Kompressor der 1. Generation mit aufgebautem Inverter im Luft/Wasser-Wärmepumpen-Prototyp [5].



Figur 6: Leistungszahl COP (inkl. Ventilator) für Heizkurve «sanierter Altbau» von leistungsgeregelter Wärmepumpe im Vergleich zu ON/OFF-Betrieb in Funktion der Aussentemperatur [5]

Simulationsstudie wurden Klimadaten und Referenzgebäude definiert. Ein Systemtest und die Übertragung auf Altbauten sind in späteren Projektphasen geplant.

Für die weiteren Untersuchungen tragen zwei Vorstudien Grundlagen bei; eine über die vollständig solare Energieerzeugung für und an einem Einfamilienhaus sowie eine weitere über den ökologischen und ökonomischen Vergleich von Wärmepumpen-Systemkombinationen mit Fotovoltaik oder solarthermischen Systemen zur Warmwasser-Bereitung mit erneuerbaren Energien. Die Kombination PVI Wärmepumpe führt zu den insgesamt geringsten Energiekosten, wobei dies vor allem darauf zurückzuführen ist, dass keine längerfristige Energiespeicherung im Gebäude erfolgt. Die Kombination PVI/Solarthermie führt zum höchsten Eigenversorgungsgrad, da die Wärme saisonal gespeichert wird, allerdings auch zu den höchsten Kosten. Die Integration der Strom- und Wärmeerzeugung in PVI/T-Kollektoren führt zum kleinsten in der Gebäudehülle benötigten Flächenbedarf bei mittleren Kosten und mittlerem Eigenversorgungsgrad. Aufgrund der Preisentwicklung von Photovoltaikanlagen sind zum heutigen Zeitpunkt thermische und photovoltaische Anlagen, welche auf eine 50 % Deckung der Warmwasserenergie mit erneuerbaren

Energien ausgelegt sind, etwa gleich teuer und ökologisch ebenbürtig.

Für die Simulationsstudie im Projekt werden Klimadaten der Station Basel-Binningen, für einen Vergleich der international entwickelten Systeme untereinander die Klimadaten für die Standorte Helsinki, Strassburg und Athen verwendet werden. Es wurde ein Referenzgebäude in drei Ausführungen gemäss Minergie-P, gesetzlichem Neubaustandard und als Altbau definiert.

Das Projekt stellt einen Beitrag zum IEA SHC Task 44 / HPP Annex 38 «Solar and Heat Pump Systems» dar.»

### Heizwärmebedarfsabhängige Regelung bei Wärmepumpen

Moderne Wärmepumpen sollten immer die gefragte aussentemperaturabhängige Heizleistung abgeben. Wärmepumpen mit ON/OFF-Regelung können das aber aus technischen Gründen nicht. Wenn eine Wärmepumpe im ON-Modus arbeitet, dreht der Kompressor mit einer fixen Drehzahl. Das angesaugte Arbeitsmedium hat dabei eine Dichte, die von der Verdampfer-temperatur abhängt. Diese wiederum hängt bei Luft/Wasser-Wärmepumpen von der Aussentemperatur ab. Je tie-

fer die Aussentemperatur, desto tiefer der Verdampfendruck und damit desto tiefer die Dichte. Damit fördert der Kompressor weniger Arbeitsmedium. Zudem wird das Fördervolumen bei Kolbenkompressoren noch einmal durch höhere Rückexpansion verkleinert. Die Wärmepumpe kann also bei tieferen Aussentemperaturen und konstanter Drehzahl weniger Wärme abgeben. Das Gebäude, das sich wie ein grosser Wärmetauscher verhält, benötigt aber bei tieferen Aussentemperaturen eine höhere Heizleistung. Dieses Dilemma wurde bisher so gelöst, dass die Wärmepumpe auf die tiefste Aussentemperatur dimensioniert wurde und bei höheren Aussentemperaturen im ON/OFF-Modus taktweise arbeitete. Dadurch fördert sie aber im Teillastbereich immer höhere Wärmeströme, als das Gebäude effektiv im Zeitmoment verlangt. Diese höheren Wärmeströme führen zu höheren Temperaturdifferenzen in den Wärmetauschern und verringern dadurch die Effizienz. Eine technisch saubere Lösung liegt in der Regelung der Drehzahl des Kompressors und bei Luft/Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP) auch vom Ventilator, der die Aussenluft durch den Verdampfer fördert. Die Umsetzung dieses Konzepts wird im Projekt «Effiziente Luft/Wasser-Wärmepumpe durch kontinuierliche Leistungsregelung» [5] untersucht. Bei der Verwendung effizient regelbarer Kompressoren und Ventilatoren liegen die erreichbaren Jahresarbeitszahlen leistungsgeregelter L/W-WP im Bereich von heutigen Ein/Aus-geregelten Sole/Wasser-Wärmepumpen.

## Nationale Zusammenarbeit

Durch die Mitarbeit von privaten Firmen in den meist sehr anwendungsnahe Projekten beteiligt sich die Privatwirtschaft intensiv an der Forschungstätigkeit. Das Engagement reicht dabei von der Mitarbeit in einer Begleitgruppe bis zur Beisteuerung erheblicher finanzieller und personeller Beiträge. Da die Projektleiter häufig in einer Hochschule oder Fachhochschule tätig sind, besteht zu diesen Institutionen eine besonders intensive Beziehung. Die Projektthemen wirken sich dabei auch auf den Unterricht aus, denn innerhalb der Projekte können auch kostengünstige Studienarbeiten integriert werden. Viele Institute an den Fachhochschulen bilden eigentliche Kompetenzzentren, auch wenn sie im Sinne der offiziellen Bezeichnung für Kompetenzzentren zu klein sind. Dafür wird an diesen Instituten ohne grossen Overhead sehr effizient gearbeitet.

Nebst dem BFE engagieren sich im Programmbereich Wärmepumpen, WKK, Kälte auch andere Förderorganisationen. So bestehen Kontakte zum Foga ([www.erdgas.ch](http://www.erdgas.ch)), dem Axpo Naturstromfonds ([www.axpo.ch](http://www.axpo.ch)),

dem Swisselectric-Research ([www.swisselectric-research.ch](http://www.swisselectric-research.ch)) und zu verschiedenen kantonalen und städtischen Ämtern. Mit den Branchenverbänden besteht ein institutionalisierter Informationsaustausch, denn alle wesentlichen Verbände sind in der Programm-Begleitgruppe vertreten. Dies sind der FWS (Fachverband Wärmepumpen Schweiz), der WKK-Fachverband der SVK (Schweizerischer Verein für Kältetechnik) und der SWKI (Schweizerischer Verein der Gebäudetechnik). Kontakt besteht auch zum V3E (Verein Effiziente Energie-Erzeugung).

Mit den BFE-Programmen «Solarwärme und Wärmespeicherung» sowie «Energie in Gebäuden» besteht eine intensive Zusammenarbeit, da diese Programme ebenfalls vom gleichen Bereichsleiter (Andreas Eckmanns) geleitet werden. Mit den Programmen «Biomasse (ohne Holz)», «Holzenergie», «Geothermie» und «Elektrizitätstechnologien und -anwendungen» wird auf Projektebene ebenfalls zusammengearbeitet.

## Internationale Zusammenarbeit

Die internationale Zusammenarbeit erfolgt vor allem durch eine aktive Mitarbeit im Heat Pump Programme HPP ([www.heatpumpcentre.org](http://www.heatpumpcentre.org)) der IEA. 2010 konnte der IEA-HPP-Annex 38 «Solar and Heat Pump Systems» als gemeinsamer Annex des Implementing Agreement «Heat Pumping Technologies HPP» und «Solar Heating and Cooling SHC» [8] gestartet werden. Operating Agent für diesen Joint-Annex ist Jean-Christophe Hador, Base Consultants in Genf. Im HPP-Annex arbeiten die Länder Deutschland, Finnland, United Kingdom und die Schweiz zusammen, die Schweiz steuert je ein Projekt der FHNW und der FH Fribourg bei. Im Gemeinschaftsprojekt IEA-HPP-Annex 32 «Economical Heating and Cooling for Low Energy Houses» [20] stellte die Fachhochschule Nordwestschweiz ebenfalls den Operating Agent (Carsten Wemhöner, Institut für Energie am Bau, FHNW) und steuerte ein nationales Projekt bei. In diesem Annex bearbeiteten Forscherteams aus 10 Ländern die Entwicklung von multifunktionalen Wärmepumpen mit einer Leistung zwischen 3 und 5 kW, den dazugehörigen Feldtests und der Ableitung von Empfehlungen für die Praxis ([www.annex32.org](http://www.annex32.org)).

Das IEA Heat Pump Programme organisiert verschiedene internationale gemeinsame Aktivitäten im Rahmen von Annexen. Ende 2010 konnten die Annexe IEA-HPP-Annex 37 «Demonstration of Field Measurements on Heat Pump Systems in Buildings» [17] und IEA-HPP-Annex 39 «A Common Method for Testing and Rating of Residential Heat Pumps and Air Conditioners Annual and Seasonal Performance (SPF)» [18] mit aktiver Beteiligung der Schweiz gestartet werden.

Im Berichtsjahr 2010 nahm auch die Vorbereitung der 10<sup>th</sup> International Heat Pump Conference vom 17. bis 19. Mai 2011 in Tokyo einen wesentlichen Anteil ein, ist doch der Programmleiter der Chairman des internationalen Konferenzkomitees IOC. Die Schweiz wird diese Konferenz als Country-Sponsor unterstützen und ist deshalb im IOC mit einem Mitglied vertreten. Bis Jahresende 2010 wurden über 300 Papers aus der ganzen Welt eingereicht, wobei 22 Abstracts aus der Schweiz stammten.

## Referenzen

- [1] Eidgenössische Energieforschungskommission CORE: Konzept der Energieforschung des Bundes 2008 bis 2011, Bundesamt für Energie (2007).
- [2] T. Kopp und A. Eckmanns: Detailkonzept des Forschungsprogramm Wärmepumpen, Wärme-Kraft-Kopplung, Kälte für die Jahre 2008 bis 2011 (Detailkonzept), Bundesamt für Energie (2009).
- [3] Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2009: Bundesamt für Energie (2009).
- [4] Thomas Lang, Basler & Hofmann, Zürich: «Workshop Lücken zwischen den Gewerken», Kälte-Forum 2008.
- [5] L. Gasser, I. Wyssen und B. Wellig, «Effiziente Luft/Wasser-Wärmepumpen durch kontinuierliche Leistungsregelung (BFE-Jahresbericht 2010).
- [6] Raphael Gerber, «Effiziente Kälteerzeugung – Integration einer Expansionsmaschine in ein CO<sub>2</sub>-Kältesystem (BFE-Jahresbericht 2010).
- [7] M. Schmid und M. Vögeli, «Xhost Harvester – Mehr Effizienz» (BFE-Jahresbericht 2010).
- [8] IEA-HPP-Annex 38 «Solar and Heat Pump Systems» ([www.heatpumpcentre.org](http://www.heatpumpcentre.org) and [www.iea-shc.org/task44](http://www.iea-shc.org/task44)).
- [9] R. Dott und T. Afjei, «SOFOWA – Kombination von Solarthermie, Fotovoltaik und Wärmepumpen» (BFE-Jahresbericht 2010).
- [10] P. Kurmann, T. Ursenbacher und A. Tenconi, «Optimierung der Einbindung eines 28-m<sup>3</sup> Wasser-Speichers in die Beheizung und die WW-Versorgung eines EFH mit WW-Wärmepumpe und Solarkollektoren» (BFE-Jahresbericht 2010).
- [11] S. Bertsch, «Zirkulationsverluste in Brauchwarmwasseranlagen – Phase 1: Analyse (BFE-Jahresbericht 2010).
- [12] R. Dott, C. Wemhöner und T. Afjei, «SEK – Standardlösungen zum energieeffizienten Heizen und Kühlen mit Wärmepumpen» (BFE-Schlussbericht).
- [13] D. Uhlenhaut, D. Frehner und J. V. Völk, «Ölfreier CO<sub>2</sub>-Kompressor für Grosswärmepumpen zur Warmwassererzeugung - Funktionsmuster» (BFE-Jahresbericht 2010).
- [14] M. Uhlmann und S. Bertsch, «Dynamischer Wärmepumpentest, Phase 3 und 4» (BFE-Schlussbericht 2010).
- [15] P. W. Egolf, A. Kitanovski, C. Gonin, D. Vuarnoz, M. Diebold, T. Swinnen, B. Yu, M. Liu, P. Repetti, A. Orita und J.-L. Beney, «Magnetische Wärmepumpe mit Erdwärme-Quelle – Optimierter Prototyp» (BFE-Schlussbericht 2010).
- [16] D. Mollet, R. Dott und T. Afjei, «Heizen mit der erdgekoppelten Diffusions-Absorptions-Wärmepumpe und Direktkühlung im Kundenzentrum IWB Steinenvorstadt Basel» (BFE-Schlussbericht).
- [17] IEA-HPP-Annex 37 «Demonstration of Field Measurements on Heat Pump Systems in Buildings» ([www.heatpumpcentre.org](http://www.heatpumpcentre.org)).
- [18] IEA-HPP-Annex 39 «A common method for testing and rating of residential heat pumps and air conditioners annual/seasonal performance (SPF)» ([www.heatpumpcentre.org](http://www.heatpumpcentre.org)).
- [19] R. Heidelk, FKW GmbH Hannover, «Expansionsmaschinen für CO<sub>2</sub> auf Basis von modifizierten Hubkolbenmaschinen», DKV-Tagung 2000 in Bremen.
- [20] C. Wemhöner und T. Afjei, «Economical Heating and Cooling Systems for Low Energy Houses» (BFE-Schlussbericht 2011).
- [21] O. Zürcher, EIA-FR Ecole d'ingénieurs et d'architectes Fribourg).

## Laufende und im Berichtsjahr abgeschlossene Projekte

(\* IEA-Klassifikation)

- EFFIZIENTE LUFT/WASSER-WÄRMEPUMPEN DURCH KONTINUIERLICHE LEISTUNGSREGELUNG** R+D 7.2\*

Lead: Hochschule Luzern – Technik und Architektur, Horw	Funding: BFE
Contact: Beat Wellig <a href="mailto:beat.wellig@hslu.ch">beat.wellig@hslu.ch</a>	Period: 2008–2011

Abstract: Als Ziel sollen Auslegungs- und Planungsgrundlagen für L/W-WP mit kontinuierlicher Leistungsregelung erarbeitet werden. Das Potenzial der Leistungsregelung wurde durch drei verschiedene Prototypen leistungsgeregelter L/W-WP bestätigt. Bei der Verwendung effizient regelbarer Kompressoren und Ventilatoren liegen die erreichbaren Jahresarbeitszahlen leistungsgeregelter L/W-WP im Bereich von heutigen Ein/Aus-geregelten Sole/Wasser-Wärmepumpen.
- EFFIZIENTE KÄLTEERZEUGUNG – INTEGRATION EINER EXPANSIONSMASCHINE IN EIN CO<sub>2</sub>-KÄLTESYSTEM** R+D 7.2

Lead: Frigo-Consulting AG, Gümligen	Funding: BFE
Contact: Raphael Gerber <a href="mailto:r.gerber@frigoconsulting.ch">r.gerber@frigoconsulting.ch</a>	Period: 2009–2011

Abstract: Das Kältemittel CO<sub>2</sub> kommt in stationären Kälteanlagen vermehrt zum Einsatz. Die relativ schlechte Leistungszahl des Kaldampfprozesses mit CO<sub>2</sub> kann mit einer arbeitsleistenden Entspannung thermodynamisch verbessert werden. In einer realen Anlage im Feld ist eine Expansions-Kompressions-Maschine in Betrieb genommen worden. Die Hubkolbenmaschine mit Verdichtungs- und Expansionssteilen und variabler Förderleistung wurde in Zusammenarbeit mit der TU Dresden entwickelt.
- XHOST HARVESTER – MEHR EFFIZIENZ MIT DEM GLEICHEN MOTOR** R+D 7.2

Lead: Ökozentrum Langenbruck, Langenbruck	Funding: BFE
Contact: Martin Schmid <a href="mailto:martin.schmid@oekozentrum.ch">martin.schmid@oekozentrum.ch</a>	Period: 2010–2011

Abstract: Xhost Harvester ist eine patentierte Vorrichtung, welche einen kleinen Teil der Abgas-Abwärme eines thermischen Prozesses benutzt, um einen Unterdruck im Abgasstrang zu erzeugen. Dieser Unterdruck bewirkt eine Steigerung des elektrischen Wirkungsgrades. In diesem Projekt wird dieses Konzept an einem Erdgas-BHKW getestet. Die gemessene Effizienzsteigerung betrug 2.6% bei 16 hPa Unterdruck. Erwartet waren 6% bei einem Unterdruck von bis zu 65 hPa. Theorie und Praxis korrespondieren dennoch gut.
- IEA-HPP-ANNEX 38: SOLAR AND HEAT PUMP SYSTEMS** R+D 7.2

Lead: IEA Heat Pump Programme, Borås, Sweden	Funding: BFE
Contact: Andreas Eckmanns <a href="http://www.heatpumpcentre.org">www.heatpumpcentre.org</a>	Period: 2010–2014

Abstract: Das internationale Gemeinschaftsprojekt IEA-HPP Annex 38 hat das Ziel, die Einsatzmöglichkeiten der Kombination von Wärmepumpen und Solarthermie zu evaluieren und zu optimieren. Dazu werden existierende Systeme bewertet und heutige Testmethoden verglichen. Simulationen von heutigen Systemen und ergänzenden neuen Komponenten sollen das erreichbare Potential aufzeigen. Die Resultate werden den Herstellern offengelegt und die aufgezeigten Verbesserungen sollen in der Praxis umgesetzt werden.
- SOFOWA – KOMBINATION VON SOLARTHERMIE, FOTOVOLTAIK UND WÄRMEPUMPEN** R+D 7.2

Lead: Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut am Bau	Funding: BFE
Contact: Thomas Afjei <a href="mailto:thomas.afjei@fhnw.ch">thomas.afjei@fhnw.ch</a>	Period: 2010–2014

Abstract: Niedrigenergiehäuser sind durch die Verschärfung der Energievorschriften zum Standard für Neubauten geworden. Nach gängiger Definition gehen Netto-Nullenergiehäuser meist mit einer gebäudeintegrierten Solartechnik einher. Ziel des Projekts ist mittels Simulation erfolgversprechende Kombinationen von Wärmepumpe und Solartechnik zu identifizieren, die Praxistauglichkeit mit einem Feldtest zu verifizieren und einen Leitfaden zu erstellen.
- OPTIMIERUNG DER EINBINDUNG EINES 28 M<sup>3</sup> WASSER SPEICHERS IN DIE BEHEIZUNG UND DIE WW-VERSORGUNG EINES EFH MIT W/W-WÄRMEPUMPE UND SOLARKOLLEKTOREN** R+D 7.2

Lead: EIA-FR Ecole d'ingénieurs et d'architectes	Funding: BFE
Contact: Peter Kurmann <a href="mailto:peter.kurmann@hefr.ch">peter.kurmann@hefr.ch</a>	Period: 2010–2012

Abstract: Simulationen und Messungen in einem EFH mit 185m<sup>2</sup> EBF, gebaut nach SIA380/1:2009, mit Solarkollektoren (40m<sup>2</sup>), einer W/W Wärmepumpe (6.4kW) mit einer Erdsonde (150m) sowie zwei thermischen Speicher mit Wasser (1: ungeschichtet, 28m<sup>3</sup>, 2: geschichtet, 1.65m<sup>3</sup>) sollen das Potential des Gesamtsystems aufzeigen. Bisher wurden die technischen Einrichtungen während mehreren Tagen mit und ohne Heizlast simuliert und mit realen Messdaten validiert.
- ZIRKULATIONSVERLUSTE IN BRAUCHWARMWASSERANLAGEN – PHASE 1: ANALYSE** R+D 7.2

Lead: Hochschule für Technik Buchs	Funding: BFE
Contact: Stefan Bertsch <a href="mailto:stefan.bertsch@ntb.ch">stefan.bertsch@ntb.ch</a>	Period: 2010–2011

Abstract: Das Ziel ist die Untersuchung der Zirkulationsverluste in Wohnanlagen mit zentraler Brauchwarmwasser-Aufbereitung. Die Zirkulation wird vornehmlich in Mehrfamilien-Überbauungen, Hotels und Spitälern eingesetzt, um die geforderte Mindesttemperatur an der Zapfstelle garantieren zu können. Diese Mindesttemperatur wiederum wird benötigt, um einen wirkungsvollen Legionellenschutz zu gewährleisten. Es werden die optimalsten technischen Möglichkeiten evaluiert und mehrdimensional bewertet.

- SEK – STANDARDLÖSUNGEN ZUM ENERGIEEFFIZIENTEN HEIZEN UND KÜHLEN MIT WÄRMEPUMPEN** R+D 7.2

Lead: Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut für Energie am Bau	Funding: BFE
Contact: Thomas Afjei <a href="mailto:thomas.afjei@fhnw.ch">thomas.afjei@fhnw.ch</a>	Period: 2006–2010

Abstract: Das Projekt SEK zeigt, mit welchen Wärmepumpensystemen der sommerliche Komfort im Wohnbereich energieeffizient gesteigert werden kann. Wärmepumpen können neben Heizwärme und Warmwasser auch Kühlenergie bereitstellen. Steigende Wärmelasten und höhere Behaglichkeitsansprüche im Sommer führen auch in Wohnbauten zu einem Kühlbedarf. Hohe Energieeffizienz wird jedoch nur erreicht, wenn vor dem Einsatz einer Kühlfunktion alle Reduktionsmöglichkeiten der Wärmelasten ausgeschöpft werden.
- ÖLFREIER CO<sub>2</sub>-KOMPRESSOR FÜR GROSSWÄRMEPUMPEN ZUR WARMWASSERERZEUGUNG – FUNKTIONSMUSTER** R+D 7.2

Lead: awtec AG für Technologie und Innovation, Zürich	Funding: BFE
Contact: Dirk Uhlenhaut <a href="mailto:Dirk.Uhlenhaut@awtec.ch">Dirk.Uhlenhaut@awtec.ch</a>	Period: 2009–2011

Abstract: Das Projektziel ist die Entwicklung eines Verdichters für das natürliche Kältemittel CO<sub>2</sub> für Grosswärmepumpen, v.a. für Warmwasserbereitung. Aus Gründen der erforderlichen Lebensdauer soll der Kompressor schmierstofffrei ausgeführt werden, wozu sich ein Turbokompressor aufgrund der geringen Querkräfte in den Rotorlagern anbietet. Weitere Vorteile der Ölfreiheit sind die daraus resultierende Vereinfachung des Systems sowie die potentiell höheren Wirkungsgrade in den Wärmetauschern.
- DYNAMISCHER WÄRMEPUMPENTEST, PHASE 3 UND 4** R+D 7.2

Lead: Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs NTB	Funding: BFE
Contact: Stefan Bertsch <a href="mailto:stefan.bertsch@ntb.ch">stefan.bertsch@ntb.ch</a>	Period: 2008–2011

Abstract: Das Projekt untersucht die Auswirkungen des Taktens (Leistungsregelung durch Ein- und Ausschalten) von Wärmepumpen auf die Leistungszahl. Luft/Wasser- und Sole/Wasser-Wärmepumpen werden mit einem physikalischen Modell nachgebildet und mit Daten aus Feld- und Labormessungen messtechnisch validiert. In parametrischen Studien wird der Einfluss von Zyklusdauer und Laufzeitverhältnis auf die Leistungszahl und die Wärmeleistung untersucht.
- MAGNETISCHE WÄRMEPUMPE MIT ERDWÄRME-QUELLE – OPTIMIERTER PROTOTYP** R+D 7.2

Lead: Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud, Yverdon-les-Bains	Funding: BFE
Contact: Peter W. Egolf <a href="mailto:Peter.egolf@heig-vd.ch">Peter.egolf@heig-vd.ch</a>	Period: 2007–2010

Abstract: In einer früheren Machbarkeitsstudie wurde gezeigt, dass eine magnetische Wärmepumpe mit Erd-Sonde und Boden-Heizung wirtschaftlich sein kann. Im vorliegenden Projekt sollte die Planung, die Optimierung, der Bau und die experimentelle Untersuchung eines Prototyps umgesetzt werden. Es sollten hydrierte Lanthan Legierungen La(Fe, Si, H) eingesetzt werden, die aber sehr brüchig sind. Der Bau des Prototyps und dessen experimentelle Untersuchung konnten leider nicht realisiert werden.
- HEIZEN MIT DER ERDGEKOPPELTEN DIFFUSIONS-ABSORPTIONS-WÄRMEPUMPE UND DIREKTKÜHLUNG IM KUNDENZENTRUM IWB STEINENVORSTADT BASEL** R+D 7.2

Lead: Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut am Bau	Funding: BFE
Contact: Daniel Mollet <a href="mailto:daniel.mollet@fhnw.ch">daniel.mollet@fhnw.ch</a>	Period: 2008–2010

Abstract: Das Kundenzentrum der Industriellen Werke Basel IWB ist ein MINERGIE-P®-Gebäude. Die Wärmeerzeugung für Heizung und Warmwasser sollte mit einer erdgekoppelten gasbetriebenen Diffusions-Absorptions-Wärmepumpe mit integriertem Gas-Brennwertkessel erfolgen. Die Effizienz wurde mit einer Erfolgskontrolle überprüft. Im Sommer wurden 22 bis 30 °C und im Winter 20 bis 26 °C gemessen. Die Kühlleistung der Erdwärmesonden ist ungenügend. Leider funktionierte die DAWP-Wärmepumpe nicht.
- IEA-HPP-ANNEX 37: DEMONSTRATION OF FIELD MEASUREMENTS ON HEAT PUMP SYSTEMS IN BUILDINGS** R+D 7.2

Lead: IEA Heat Pump Programme	Funding: BFE
Contact: Andreas Eckmanns <a href="http://www.heatpumpcentre.org">www.heatpumpcentre.org</a>	Period: 2011–2013

Abstract: Das internationale Gemeinschaftsprojekt IEA-HPP Annex 37 hat das Ziel, das Potential von Wärmepumpen für den Einsatz in verschiedenen Gebäuden ausgehend von existierenden Feldmessungen aufzuzeigen. Es sollen nur die besten technischen Lösungen einbezogen werden. Die berücksichtigten Feldmessungen werden auf gleichartige Auswertungsmethodik verglichen und Unterschiede sollen quantifiziert werden. Hier wird auch ein Vergleich zum SEPOMO-Projekt gemacht.
- IEA-HPP-ANNEX 39: A COMMON METHOD FOR TESTING AND RATING OF RESIDENTIAL HEAT PUMPS AND AIR CONDITIONERS ANNUAL/SEASONAL PERFORMANCE (SPF)** R+D 7.2

Lead: IEA Heat Pump Programme	Funding: BFE
Contact: Andreas Eckmanns <a href="http://www.heatpumpcentre.org">www.heatpumpcentre.org</a>	Period: 2010–2013

Abstract: Das internationale Gemeinschaftsprojekt IEA-HPP Annex 39 hat das Ziel, eine international anerkannte Methode zur Berechnung von SPF (Seasonal Performance Factor) aus gemessenen Momentanwerten COP (Coefficient of performance) für verschiedene Wärmepumpentypen zu evaluieren. Bisher angewendete Methoden können neuere Wärmepumpen, wie zum Beispiel frequenzgeregelt Wärmepumpen oder CO<sub>2</sub>-Wärmepumpen nicht genügend abbilden.

● **10TH INTERNATIONAL IEA HEAT PUMP CONFERENCE, 16–19 MAY 2011, TOKYO, JAPAN**

R+D 7.2

Lead:	IEA Heat Pump Programme	Funding:	BFE
Contact:	Thomas Kopp www.heatpumpcentre.org	Period:	2011
Abstract:	Die 10. Internationale IEA Heat Pump Conference vom 16. bis 19. Mai 2011 in Tokyo beleuchtet die internationalen Aspekte in den Bereichen staatliche Programme und Tendenzen, Forschung und Entwicklung sowie Markt. Die Konferenz beinhaltet ca 250 wissenschaftliche Arbeiten. Die Resultate können in Form der über das Heat Pump Center in Borås Schweden bezogen werden.		

● **NEWS AUS DER WÄRMEPUMPENFORSCHUNG, TAGUNGSBAND 17. TAGUNG DES BFE FORSCHUNGSPROGRAMMS WÄRMEPUMPEN, WÄRME-KRAFT-KOPPLUNG, KÄLTE**

R+D 7.2

Lead:	Bundesamt für Energie	Funding:	BFE
Contact:	Thomas Kopp www.energieforschung.ch	Period:	2011
Abstract:	Der Tagungsband berichtet über alle Referate, die an der 17. BFE-Wärmepumpentagung vom 29.6.2011 an der HTI Burgdorf präsentiert wurden. Die Referate beleuchten Highlights aus der laufenden Forschung, zum Beispiel aus den Bereichen CO <sub>2</sub> -Anlagen oder Kombination von Wärmepumpen und thermischer Solartechnik und zeigen verschiedene interessante Anlagenbeispiele aus der Praxis.		





