

## JAHRESBERICHT 2000

Zu den Arbeiten gemäss dem Vertrag 67142

### Kleinwärmepumpe mit Ammoniak, Phase 2

#### Zusammenfassung:

Im vorliegenden Forschungsprojekt wird in einer 1. Etappe eine einstufige Kompressionswärmepumpe mit einem Economizer-Kreislauf und einem drehzahlvariablen Flügelzellenverdichter für das Arbeitsmedium Ammoniak aufgebaut und in Bezug auf die Leistungszahl COP ausgemessen. Die Heizleistung soll ca 17 kWtherm betragen. Der Extremzustand soll in einer Verdampfungstemperatur von -20 °C und einer Heizwasseraustrittstemperatur von 65 °C bestehen. Zudem sollen verschiedene Betriebszustände gemäss den Vorschlägen des EN255 ausgemessen und mit theoretischen Berechnungen verglichen werden, die in einer Projektphase 1 erarbeitet wurden.

Im Oktober konnte die 1. Etappe abgeschlossen werden, die einige gute Resultate an einem Funktionsmuster zeigte. Es konnte bei einer Verdampfungstemperatur von -16 °C und einer Kondensatortemperatur von 51.5 °C ein COP2 von 2.4 erreicht werden. Dies gelang aber erst nach dem Bau des 3. Prototypen, wobei insbesondere der Oelkreislauf viel mehr Probleme aufgab als zu Beginn angenommen worden war. Die 3. Prototyp-Anlage kann jedoch noch nicht einem Dauerversuch unterworfen werden, da das vorliegende Oelsystem eine dauernde Ueberwachung bedingt. In einem weiter verbesserten Prototypen soll nun in der 2. Etappe ein befriedigend arbeitender Oelkreislauf gefunden werden und damit die im ursprünglichen Projektplan genannten Ziele, jedoch ohne den Dauerversuch über 4000 h, erreicht und die für die 2. Etappe formulierte Untersuchung der Ammoniakfalle bearbeitet werden.

Dauer des Projekts:	<b>6.7.98 - 30.9.01</b>
---------------------	-------------------------

Beitragsempfänger: **Arbeitsgemeinschaft Fachhochschule Ostschweiz  
Hochschule Rapperswil HSR, NEK Umwelttechnik AG  
Zürich, Kapag AG & Ecopac AG Zumikon**

Berichterstatter: **Prof.Dr.Th.Kopp**

Adresse: **Hochschule Rapperswil  
8640 Rapperswil**

Telefon: **055-222-49-23**  
e-mail: **tkopp@hsr.ch**

## **Projektziele 2000**

Im Jahr 2000 sollten Messungen zur Leistungsfähigkeit des Flügelzellenkompressors von Eurovane an einer Prototyp-Wärmepumpe mit Ammoniak als Arbeitsmedium durchgeführt werden. Die thermische Leistung der Wärmepumpe sollte ca. 17 kW betragen. Im September sollte die 1. Etappe des Projektes abgeschlossen werden und die Arbeiten der 2. Etappe gestartet werden.

## **2000 durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse**

Per Oktober 2000 konnte die 1. Etappe mit einem Zwischenbericht „Kleinwärmepumpe mit Ammoniak, Phase 2; Etappe 1: Funktionsmuster“ abgeschlossen werden. Damit konnte das 1. Projektziel, der Bau einer Wärmepumpe mit dem Flügelzellenverdichter und Ammoniak als Arbeitsmedium, erreicht werden. Die Arbeiten gestalteten sich jedoch nicht einfach, da der für die Schmierung und Kühlung des Verdichters benötigte Oelstrom viel mehr Schwierigkeiten bereitete als erwartet worden war. Auch gestaltete sich die Zusammenarbeit unter den beteiligten Firmen wieder nicht immer optimal und auch die Präzision der durchgeführten Arbeiten war nicht immer professionell. Als Ergebnis der 1. Etappe soll die Zusammenfassung im Zwischenbericht zitiert werden:

In einer 1. Etappe soll eine einstufige Kompressionswärmepumpe mit einem Economizer-Kreislauf und einem drehzahlvariablen Flügelzellenverdichter für das Arbeitsmedium Ammoniak aufgebaut und in Bezug auf die Leistungsdaten des Kompressors und der Wärmepumpen-Leistungszahl ausgemessen werden. Die Heizleistung soll ca. 17 kW<sub>therm</sub> betragen. Der Extremzustand soll in einer Verdampfungstemperatur von -20 °C und einer Heizwasseraustrittstemperatur von 65 °C bestehen. Zudem sollen verschiedene Betriebszustände gemäss EN255 ausgemessen und mit theoretischen Berechnungen verglichen werden, die in einer Projektphase 1 erarbeitet wurden. Der Bau der Anlage und der nachfolgende Betrieb erwiesen sich als sehr schwierig, da der eingesetzte Flügelzellenverdichter einen sehr grossen Ölstrom fördert. Es wurde das nicht-lösliche Mineralöl Clavus G68 eingesetzt. Bei der Herstellung und bei nachfolgenden Umbauten gelangten auch zu viele Verunreinigungen in die Anlage, die nicht genügend herausgefiltert werden konnten und im praktischen Betrieb sehr grosse Schwierigkeiten bewirkten.

Die im Moment vorliegenden Versuchsresultate zeigen die interessanten Möglichkeiten des Flügelzellenverdichters, die bei Verdampfertemperatur -16 °C und Kondensationstemperatur 51.5 °C mit 2.4 (Versuch 10) einen erfreulichen COP2 Werte versprechen. Jedoch erfordert die Konstruktion des Verdichters einen hohen Ölmassenstrom für Schmierung und Kühlung, der bis zu 5 mal so gross ist wie der geförderte Gasmassenstrom. Dies bedingt eine sehr gute Ölabscheidung des nicht-löslichen Öles. In den untersuchten Prototypen war die Ölabscheidung jedoch nicht ausreichend. Da die Wärmetauscher infolge des zuwenig abgeschiedenen Ölstromes nicht zufriedenstellend arbeiteten, mussten die erreichbaren COP Werte hochgerechnet werden.

In einer 2. Etappe, die nach erfolgreicher 1. Etappe freigegeben wird, soll ein Dauerversuch der Anlage über 4000 h erfolgen. Bevor der Dauerversuch gestartet werden kann, muss die Anlage aber erneut umgebaut werden, wobei die Ölabscheidung markant zu verbessern ist. Zusätzlich soll eine Ammoniak-Adsorptions-Anlage für den Leckage- und Havariefall getestet werden.

Die im 2. Abschnitt der Zusammenfassung erwähnte Dauerversuch kann mit der bestehenden Anlage nicht gefahren werden, da sie sich in Bezug auf die Oelproblematik zu unsicher verhält. Sie kann nur mit dauernder personeller Ueberwachung gefahren werden. Da in einem ähnlichen Forschungsprojekt an der FH Buchs (Prof.Dr.M.Ehrbar) der gleiche Flügelzellenverdichter mit R-134a und weiteren Arbeitsmedien untersucht wird, wurde anlässlich der Diskussion des Zwischenberichtes mit der Begleitgruppe vereinbart, dass zu Beginn der 2. Etappe eine verbesserte Ölabscheidung und ein optimierter Oelhaushalt untersucht werden soll, jedoch auf das Fahren des Dauerversuches verzichtet wird. Dazu muss erneut ein Prototyp gebaut werden. Ein anderes interessantes Konzept mit dem Arbeitsmedium Ammoniak wäre der Einsatz eines ölfreien Verdichters. In der 2. Etappe sollen Komponenten evaluiert und rechnerisch mit der zu bauenden Anlage mit Oel verglichen werden. Die ursprünglich geplanten Untersuchungen an einer Ammoniakfalle zur Bindung von unbeabsichtigterweise frei werdendem Ammoniak werden in der 2. Etappe durchgeführt, da diese Schutzmassnahme für den breiteren Einsatz von Ammoniak als Arbeitsmedium in kleineren, dezentralen Anlagen anlagentyp-unabhängig notwendig ist. Die adsorptiven Wirkkomponenten sind von Prof.Dr.A.Reller in Laborversuchen getestet worden.

## Zusammenarbeit

Eine fruchtbare Zusammenarbeit entwickelte sich mit dem Institut für Thermodynamik und Kältetechnik FH Buchs (Kollege Prof.Dr.M.Ehrbar) bezüglich der Wirksamkeit des Flügelzellenverdichters. Mit dem Institut für Thermodynamik und Kältetechnik an der FH Luzern (Kollege Prof.Dr.T.Boyman) besteht eine dauernde Zusammenarbeit bezüglich des Vergleichs der Resultate zwischen Phase 1 und Phase 2 des Projektes. Mit Prof.Dr.A.Reller, Universität D-Augsburg, besteht eine Zusammenarbeit bezüglich der Ammoniakfalle.

## Umsetzungen 2000

Im Moment können die beteiligten Firmen direkte Resultate aus diesem Projekt noch nicht wirtschaftlich umsetzen. Der Umgang mit dem Arbeitsmedium Ammoniak ist in Kleinanlagen problematischer als angenommen. Es ist natürlich weiterhin geplant, dass die Firmen mit einer optimierten Kleinwärmepumpe mit Ammoniak als Arbeitsmedium an den Markt gehen können.

## **Perspektiven für 2001**

Im kommenden Jahr soll der 4. Prototyp gebaut und untersucht werden. Ein rechnerischer Vergleich mit einer Variante „ölfreier Kreislauf und ölfreier Verdichter“ wird durchgeführt und die Ammoniakfalle für Leckage- und Havariefall getestet.

## **Publikationen 2000**

Bücher und Berichte:

Kopp Thomas: Kleinwärmepumpe mit Ammoniak, Phase 2, Etappe 1: Funktionsmuster,  
Zwischenbericht BfE, Forschungsprogramm Umgebungswärme, Kälte, Abwärme, Oktober 2000