

CO₂-Wärmepumpe für Heizungssysteme in bestehenden Wohngebäuden

Ein vielversprechender Prototyp?

Ulrich Hoppe, Hameln

Worum es in diesem Beitrag geht

Im Auftrag des Forschungszentrums für Kältetechnik und Wärmepumpen FKW, Hannover, und in Zusammenarbeit mit dem Elektrizitätswerk Minden Ravensberg hat das Unternehmen ART Bertuleit, KÄLTE-KLIMA GmbH in Bielefeld einen Prototyp einer CO₂-Wärmepumpe im Rahmen eines von der EG geförderten Projektes entwickelt und gebaut. Ziel ist, das Kältemittel CO₂ für verschiedene Wärmepumpenanwendungen zu untersuchen. Zwischenzeitlich liegen die ersten Ergebnisse vor. Bereits im November 2002 wurde diese innovative Entwicklung mit dem Theo-Mack-Förderpreis der Landesinnung Hessen Kältetechnik und der Bundesfachschule Kälte-Klima-Technik in Maintal ausgezeichnet. □

Bei der neu entwickelten CO₂-Wärmepumpe handelt es sich um eine Luft-Wasser-Wärmepumpe, bestehend aus einer Innen- und einer Außeneinheit. Hierbei war die Vorgabe zu erfüllen, eine effiziente und umweltfreundliche Hochtemperatur-Heizungswärmepumpe mit dem Kältemittel CO₂ für den Einsatz in bestehenden Gebäuden zu entwickeln.

Die Herausforderung bestand darin, daß im Eigenheimbereich bisher kein Wärmepumpensystem auf dem Markt verfügbar ist, welches hohe Vorlauftemperaturen für Heizwassersysteme liefern kann und mit einem natürlichen, nicht toxischen und nicht brennbaren Kältemittel arbeitet. Konventionelle Kältemittelkreisläufe sind für einen maximalen Druck von 25 bar ausgelegt, welche bereits bei relativ niedrigen Temperaturen erreicht werden, so daß hierfür Niedertemperaturheizsysteme erforderlich sind. Diese sind im Gebäudebestand im allgemeinen nicht anzutreffen. CO₂ bietet durch seinen transkritischen Prozeß die Möglichkeit hoher Temperaturen. Typische Auslegung existierender Heizsysteme sind Vor- bzw. Rücklauftemperaturen von 90/70 °C oder 70/50 °C.

Das Marktpotential von Hochtemperaturwärmepumpen, welche als Ersatz für bestehende fossile Brennersysteme einge-

zum Autor

**Dipl.-Ing.
Ulrich Hoppe,**
Leiter Marketing und Vertrieb, Bertuleit & Bökenkröger GmbH, Hameln



setzt werden können, ist wesentlich höher als jenes im Neubaubereich. In Deutschland existieren ungefähr 10 Millionen Ein- und Zweifamilienhäuser mit Gas- oder Ölheizung, von denen jedes Jahr etwa 600 000 erneuert werden müssen. Im Ver-



Inneneinheit



Außeneinheit

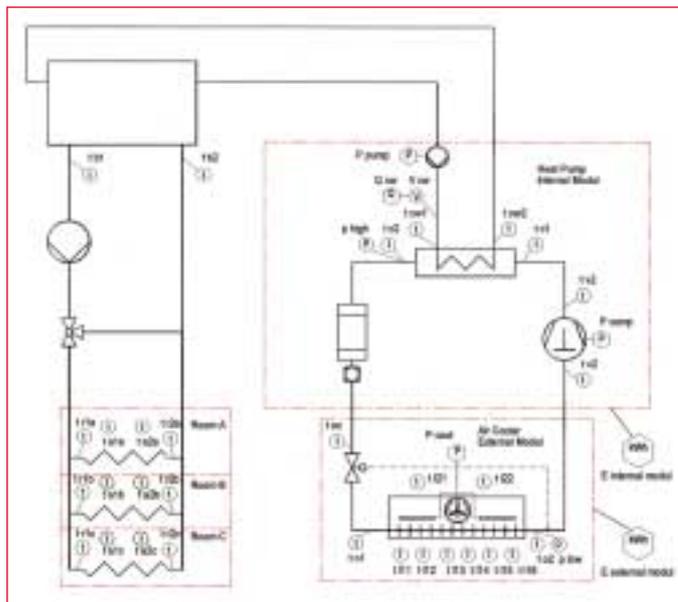
gleich dazu stehen nur 200 000 jährlich neu gebaute Häuser.

Für eine Wärmepumpe, die existierende Gas- oder Ölkessel ersetzen soll, stellt sich die Frage nach einer geeigneten und möglichst überall verfügbaren Wärmequelle, die ohne großen Aufwand in bestehenden Gebäuden genutzt werden kann. Hier ist es sinnvoll, die Außenluft als Wärmequelle zu verwenden, da Wasser oder Erdwärme in bereits fertiggestellten Wohnsiedlungen nur mit relativ großem Aufwand und großen Kosten verfügbar gemacht werden können.

Eine weitere Forderung bestand darin, bei einer Außentemperatur von $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ eine Heizleistung von 12 kW zu erreichen. Sämtliche Anlagenwerte wurden bei der ART Bertuleit KÄLTE-KLIMA GmbH überprüft, alle regelungstechnischen Parameter wurden eingestellt. Anschließend wurden die Anlagenparameter auf dem Wärmepumpen-Prüfstand des FKW gemessen. Das Gerät befindet sich derzeit in einem Feldversuch.

Anschluß der Wärmepumpe an das vorhandene Heizungssystem

Die Wärmepumpe wird über einen Pufferspeicher mit der vorhandenen Heizungsanlage verbunden. Durch den Einsatz zweier Pumpen wird eine bessere Regelung und eine hydraulische Entkopplung der Anlage erreicht. Die eine Pumpe versorgt die Radiatoren des Heizungssystems bei Heizungsanforderung mit warmem Wasser, die zweite Pumpe ist nötig um den Pufferspeicher aufzuheizen, wenn die Wärmepumpe in Betrieb ist. Diese Anlagenkonfiguration ist bei hohen Außentemperaturen nötig, da dann die abgegebene Wärmeleistung der Anlage zu groß ist und somit nur der Betrieb der Heizungsanlage notwendig ist.



Anschluß der Wärmepumpe an die vorhandene Heizungsanlage

Außentemperatur in $^{\circ}\text{C}$	-7	0	2	7
Heizungsvorlauftemperatur in $^{\circ}\text{C}$	75,9	64,5	60,1	52,2
Heizungsrücklauftemperatur in $^{\circ}\text{C}$	33,8	32,5	31,3	29,5
Verdampfungsdruck in bar	22,3	23,1	23,5	24,2
Verflüssigungsdruck in bar	100,3	103,5	97,4	98,2
Heizleistung in kW	11,08	14,81	15,57	18,89
Leistungsaufn. Verdichter in kW	6,52	6,89	6,95	7,21
COP_h	1,70	2,15	2,24	2,62

Tabelle 1
Meßergebnisse

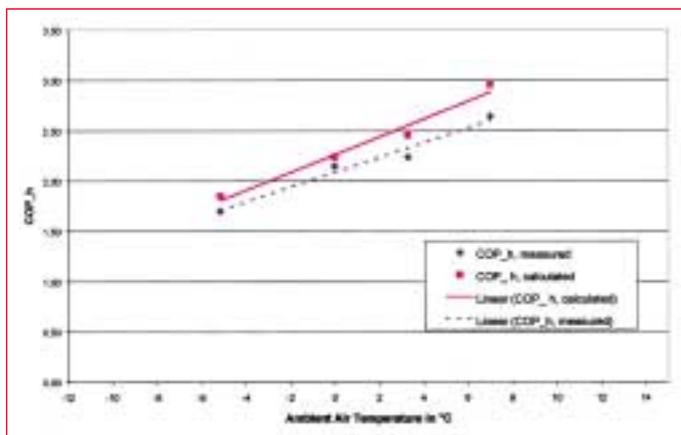
Labormessung

Die Labormessungen wurden in der Klimakammer des FKW durchgeführt. Bei nahezu konstantem Verdampfungsdruck wurden die Wassertemperaturen, der Verflüssigungsdruck, die Heizleistung und die Leistungsaufnahme des Verdichters gemessen, um aus diesen Werten den COP-Wert zu ermitteln. Die Ergebnisse der Messung sind in Tabelle 1 dargestellt.

Aus den Meßwerten in Tabelle 1 ist zu erkennen, daß bei einer Außentemperatur von $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ eine Heizleistung von

11,08 kW erbracht wird. Der COP-Wert liegt bei 1,70. Bei einer Außentemperatur von $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$ beträgt die Heizleistung 18,89 kW, der COP-Wert steigt auf 2,62. Diagramm 1 zeigt einen Vergleich der vom FKW theoretisch ermittelten COP-Werte mit den tatsächlich gemessenen.

Diagramm 1:
Gemessene und errechnete COP-Werte



Inneneinheit der CO₂-Wärmepumpe mit Pufferspeicher im Feldversuch

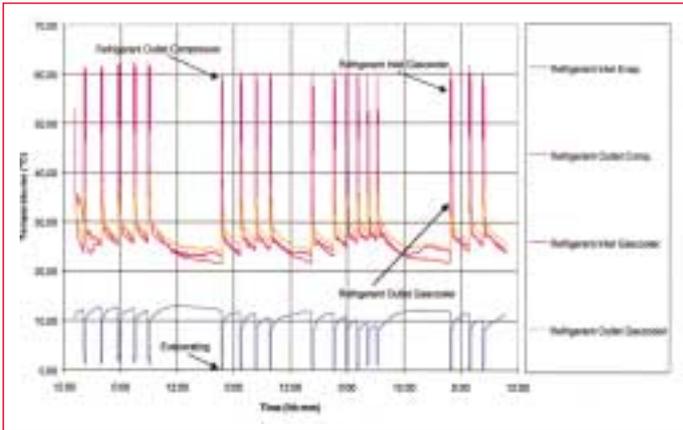


Diagramm 2 Temperaturen im Kältekreislauf

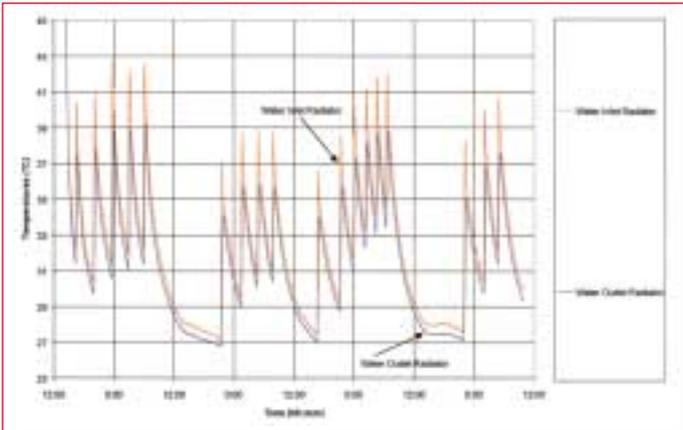


Diagramm 3 Wassertemperaturen an den Radiatoren

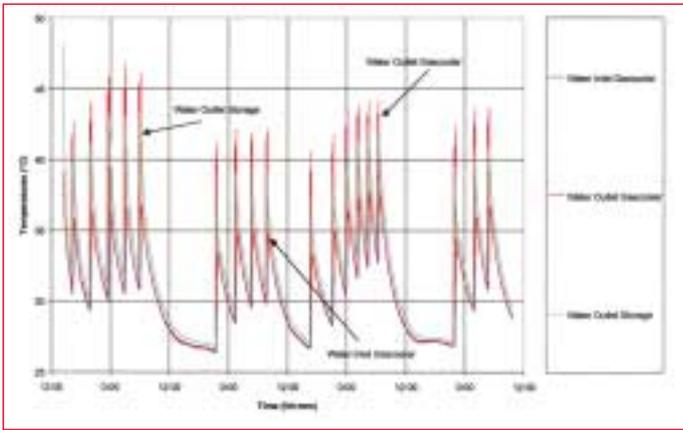


Diagramm 4 Wassertemperaturen im Pufferspeicher und Verflüssiger

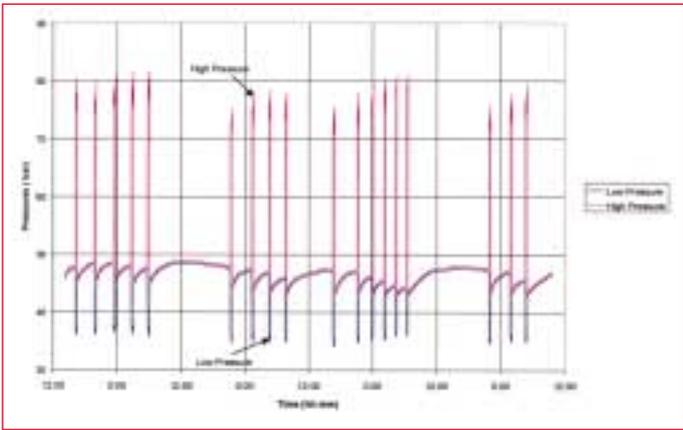


Diagramm 5 Druckverhältnisse in der Wärmepumpe

Feldversuch

Nach den Laborversuchen wurde die Wärmepumpeinheit im März vergangenen Jahres in einem Feldversuch eingesetzt und an das vorhandene Heizungssystem angeschlossen. Die Außeneinheit wurde im Garten installiert, die Inneneinheit in dem vorhandenen Heizungsraum des Gebäudes. Somit können nun in der laufenden Heizperiode sämtliche Meßwerte erfaßt werden.

Die Ergebnisse der Messungen im Kältekreislauf sind über einen Zeitraum von 4 Tagen im Diagramm 2 dargestellt.

Ergebnisse

Die bisherigen Meßergebnisse während des Feldversuches zeigen, daß die entwickelte CO₂-Wärmepumpe im Stande ist, bestehende Gebäude mit Hochtemperatur-Heizungssystemen (70/50 °C), zu beheizen. Als zusätzliche Sicherheit kann für extrem niedrige Außentemperaturen eine elektrische Zusatzheizung integriert werden. Diese Zusatzheizung wäre jedoch nur für ca. 1–2 %

der gesamten Jahresheizarbeit notwendig. Die eingesetzten Komponenten – meist Prototypen – arbeiteten während der Laborversuche und im Feldversuch bisher einwandfrei. Sicherlich können einige Systemkomponenten noch optimiert werden, um den COP-Wert weiter zu erhöhen. Es ist zu erwarten, daß in naher Zukunft Komponenten auf dem Markt verfügbar sein werden, die auch Einsatz in der neu entwickelten CO₂-Wärmepumpe finden werden. □

Eingesetzte Hauptkomponenten:

Anzahl	Bezeichnung	Fabrikat	Typ	Bemerkung
1	Verdichter	Dorin	CD4.054S	halbhermetik
1	Expansionsventil	Danfoss		Einzelfertigung
1	Verdampfer	Güntner		Einzelfertigung
1	Ventilator	Ziehl Abegg	GR50M	Lauftrad
1	Gaskühler	FKW		Einzelfertigung
1	Kältemitteltrockner	Hansa		Einzelfertigung
1	Schauglas	FKW		Einzelfertigung
1	Hochdruckschalter	Fanal	120 bar	
1	Regelung (Hardware)	Carel		PCO2000
1	Regelung (software)	ART		LWWP

Eingesetzte Hauptkomponenten