

Die CO₂ Sonde zur Nutzung der Erdwärme mit Wärmepumpenanlagen

Heinrich Huber, arsenal research, Erneuerbare Energie

Einem der Urväter der österreichischen Wärmepumpenszene ist es gelungen, die im Erdreich gespeicherte Wärme mit einem 100 % ökologischen SONDENSYSTEM zu erschließen. Damit wird der Einbau von erdgekoppelten Wärmepumpensystemen auch in Wasserschutz- und Wasserschongebieten ermöglicht.

Einleitung

Wie aus den Zahlen der letzten Marktanalyse¹ zu erkennen ist, werden seit etwa 15 Jahren in Österreich mit steigendem Erfolg Wärmepumpen zur Raumheizung und Warmwassererwärmung eingesetzt. Im Jahr 2001 wurden zum Beispiel 2980 Wärmepumpenanlagen (als Heizungssysteme) neu installiert. In den letzten 20 Jahren wurden 148.298 Anlagen in Österreich installiert.

Von den 2980 installierten Wärmepumpenanlagen wird bei 80% das Erdreich und bei etwa 15% das Grundwasser als Wärmequelle genutzt. Die Wärmequelle ist der Teil einer Wärmepumpenanlage mit der die Wärmeenergie aus der Umgebung, z.B. Erdreich, Wasser oder Luft, gewonnen wird. Bei den erdreichgekoppelten Wärmequellensystemen kann Sole, ein Wasserfrostschutzgemisch, das als Wärmeträger in Kunststoffrohrleitungen im Erdreich zirkuliert, verwendet werden. In einem alternativen System wird das Kältemittel selbst in 75m langen und mit einem Kunststoffmantel versehenen Kupferleitungen, die im Erdreich verlegt sind, verdampft – bekannt ist diese Ausführungsart auch als Wärmepumpe mit Direktverdampfung. Die Anzahl der parallel zu verlegenden Rohrleitungen richtet sich bei beiden Systemen nach der Heizleistung der verwendeten Wärmepumpe.

Wenn eine ausreichende Grundfläche zur Verfügung steht wird die Energie bevorzugt mit Flachkollektoren, bei zu kleinen Grundstücksflächen meist mit Tiefensonden gewonnen.

Eine weitere Variante der Wärmequellenanlage ist der Entzug der gespeicherten Wärme aus dem Grundwasser, wenn dieses in ausreichender Menge, Qualität und Temperatur vorhanden ist.

Das Wasserrechtsgesetz gestattet aber die Installation einer solchen Anlage in Wasserschutz- und Schongebieten nur in ganz besonderen Fällen und mit besonders weitreichenden technischen Auflagen. Zu diesen Auflagen zählen zum Beispiel die Verwendung eines zusätzlichen Zwischenkreises, worunter die Effizienz der Wärmepumpenanlage etwas leidet.

In den letzten Jahren gab es bei diesen Wärmequellensystemen immer wieder Diskussionen wegen eventueller Gefahrenpotentiale für das Erdreich und das Grundwasser im Falle einer Leckage.

Eine ökologische Alternative zu den bisher gängigen Systemen bietet nun die Entwicklung der Firma M-TEC Mittermayr aus Arnreit/OÖ: ein Heat Pipe Systems, welches mit CO₂ als Arbeitsmittel arbeitet. Der Kältemittelkreislauf (Abbildung 1) ist als Kaskade ausgeführt und besteht aus einer Erdsonde in der das CO₂ verdampft, dem Sondenkopf in dem sich der CO₂-Kondensator und der Verdampfer des Kältemittelkreislaufes einer herkömmlichen Wärmepumpe befinden. Die Sonde ist als hermetisches System, ohne bewegte Teile konzipiert. Sollte dennoch eine Leckage auftreten, wird das Erdreich oder das Grundwasser höchstens mit etwas CO₂ angereichert. Erste Untersuchungen von Prototypanlagen durch das Institut für Wärmetechnik an der TU Graz² ergab eine Jahresarbeitszahl größer 5.

CO₂ als Kältemittel

In den letzten Monaten vergeht kaum ein Tag, an dem in den Medien nicht über Klimaschutzpolitik berichtet wird. Der Diskussion zugrunde liegen Daten, die einen enormen Anstieg des CO₂ Anteils in unserer Atmosphäre dokumentieren. Dieser wiederum sorgt für einen Wandel des Weltklimas, für eine Erwärmung der Atmosphäre um wenige Grade, die jedoch folgenschwere Auswirkungen hat, wie zum

Beispiel, das Abschmelzen der Gletscher im Gebirge und auf den Polen, den Anstieg des Meeresspiegels oder die Häufung von Stürmen und Unwettern.

Der Klimawandel und sogenannte Treibhauseffekt entsteht jedoch nicht nur durch den Anstieg des CO₂ Gehalts in der Atmosphäre, sondern sogenannte Treibhausgase haben wesentlich stärkere Auswirkungen.

Zu diesen Gefahrenpotentialen gehören auch Kältemittel, ebenso Methan (durch die Landwirtschaft) und weitere Treibhausgase durch andere Produktionsprozesse.

Während des letzten Jahrzehntes wurden verschiedene kältetechnische Anwendungen mit CO₂ als Arbeitsmittel untersucht, so zum Beispiel wurden der Einsatz in einer Brauchwasser-Wärmepumpe, in der mobilen Transportkühlung oder in Trocknungswärmepumpen in verschiedenen Forschungsprojekten genau untersucht.

Der große Unterschied von CO₂ zu den traditionellen Kältemitteln ist, dass die Wärmeübergabe an den Wärmeträger (Heizungswasser) im überkritischen Bereich stattfindet, weil die kritische Temperatur von CO₂ bei 31 °C liegt.

Darin steckt auch die Schwierigkeit dieses Kältemittel bei Heizungswärmepumpen effizient einzusetzen, da Kondensationstemperaturen > 35 °C notwendig sind. Zusätzlich ändert sich beim CO₂ der Satttdampfdruck mit einem Gradienten von etwa 1bar/K. Wenn nun CO₂ zu Heizzwecken eingesetzt werden soll, muss man, um die notwendigen Vorlauftemperaturen von > 30 °C der Heizung erreichen zu können, mit Drücken von mehr als 100bar rechnen.

In eine ganz andere Richtung geht die Verwendung von CO₂ in einer Heat Pipe. Bei diesem Einsatz wird das Kältemittel als Wärmeträger vom Erdreich zur Wärmepumpe verwendet. Die beiden thermodynamischen Vorgänge, Verdampfung und Kondensation, laufen im unterkritischen Bereich bei einer Temperatur von etwa 0 °C in einem geschlossenen Rohr, ohne zusätzliche Fremdenergie.

Geschichte der Entwicklung

Karl Mittermayr erzählt gerne selbst über die Geburtsstunde seiner Erfindung und beginnt mit einer sonntägigen Ruhepause auf einer Wiese, während der er die am Himmel vorbei ziehenden Wolken beobachtete. Während des Sinnierens, wie viel Wasserdampf wohl in den Wolken stecken würde und wieviel Energie bei der Kondensation des Wasserdampfes frei wird, erinnerte er sich an das Heat Pipe, von dem er während der Kältetechnikmeister-Ausbildung gehört hatte.

In den letzten 5 Jahren erprobte Karl Mittermayr sieben verschiedene Prototypen. Bei diesen Prototypen wurden verschiedene Konstruktionen des Sondenkopfes in Kombination mit unterschiedlichen Kältemitteln untersucht.

Die Tests verfolgten mehrere Ziele:

1. Eine Kombination zu finden, die den Einsatz von Standardkomponenten ermöglicht, um Kosten zu sparen
2. Eine Kombination zu finden, die größtmöglich dem Umweltgedanken entgegenkommt.

Der erste Prototypen wurde im alten Firmengebäude verwirklicht, wobei das Heat Pipe gefüllt mit CO₂ und einer Brauchwasser-Wärmepumpe, die als Kältemittel R 134a verwendet, kombiniert wurde. Die Sonde hatte eine Länge von 50m und das System hatte eine Heizleistung von etwa 3,8kW.

Der zweite Prototypen läuft seit dem Herbst 2000 im neuen eigenen Firmengebäude. Bei dieser Anlage wird eine 10kW Wärmepumpe, die als Kältemittel R410A verwendet, eingesetzt. Diese Wärmepumpe hat ein patentiertes Einspritzsystem, das von der Firma Heliotherm entwickelt wurde, mit dem die optimale Regelung des Kältemittelmassenstroms gewährleistet wird. Mit diesem besonderen Einspritzsystem versprach man sich eine weitere Steigerung der Effizienz der Anlage. Die Wärmequelle wurde mit zwei 65m tiefen Bohrungen mit je vier CO₂-Heat Pipes ausgerüstet.

Leistungsfähigkeit

Diese beiden Prototypen wurden durch die TU Graz vermessen und analysiert. Als Basis für die Untersuchungen dienten die Entzugsleistungen der VDI-Richtlinie 4640³. Gemäß dieser Richtlinie ist bei einer mittleren Bodenqualität und einer Entzugsleistung von 50W/m eine Jahresarbeitszahl (SPF) von 4,5 zu erwarten. Bei der zweiten Anlage betrug die Verdampfungsleistung aller 8 Sonden ca. 8kW, was einer spezifischen Entzugsleistung von etwa 58W/m_{Sonde} gleichkommt. Damit ergibt sich bei einer Heizleistung der Wärmepumpe von 9,3kW ein COP unter Vernachlässigung der Verdichterverluste von 5,5. Das Untersuchungsergebnis war sehr erfreulich und lässt eine weitere gute Entwicklung erwarten.

Arbeitsweise der Sonde

Durch die Schwerkraft läuft das flüssige CO₂ an der Rohrwand (siehe Abbildung 2) in den Rohrbereich der Verdampfung hinunter, dabei wird der Flüssigkeitsfilm immer dünner und dünner weil immer mehr Kältemittel verdampft. Der CO₂-Dampf steigt im Zentrum der Sonde nach oben, wo es im Sondenkopf wieder kondensiert und der Kreislauf vom Neuen beginnt. Der Auf diese Art statt findende Naturumlauf des Kältemittels benötigt, außer der im Erdreich gespeicherten Wärmeenergie, keine weitere zugeführte Energie.

Projekt

Das im weiteren vorgestellte Projekt (Abbildung 3 und Abbildung 4) der Firma M-TEC Mittermayr ist eine Wohnanlage in Untermühl/OÖ mit drei Häusern, in jedem Haus befinden sich 4 Wohnungen mit gesamt 369 m² Wohnfläche pro Haus. Für jedes Haus wurde eine Heizleistung von je 16kW berechnet. Es handelt sich bei den Gebäuden um die Umrüstung einer bestehenden Heizungsanlage mit Radiatoren, die für eine maximale Vorlauftemperatur von 45°C ausgelegt sind. Für jedes Haus wurden 3 Sonden mit je 75m gebohrt.

Zukunftsaussichten

Die Untersuchungen der zwei Prototypanlagen haben gezeigt, dass noch einige Optimierungspotentiale vorhanden sind, wie z.B. die Reduzierung der Montagekosten, Optimierungen die zu einer höheren Verdampfungstemperatur führen und damit zu noch besseren COPs der Wärmepumpe. Jedoch eines ist klar erkennbar, dass diese Art der Nutzung von Umweltwärme durch Kombination der Direktverdampfung und einem Zwischenkreislauf neue Möglichkeiten eröffnet, hoch effiziente Wärmepumpenanlagen in Fällen kleiner Grundstücke und in sensiblen Bereichen, zu errichten. Damit ist der Grundstein für einen weiteren Schritt, der zur Erfüllung der Kyoto-Ziele führen kann, gelegt worden.

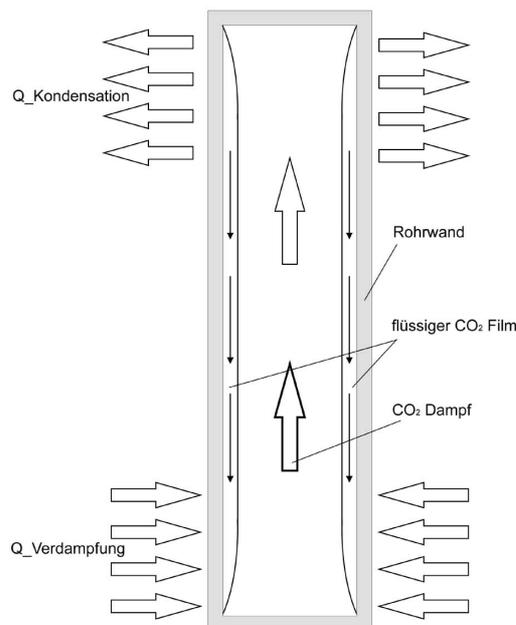
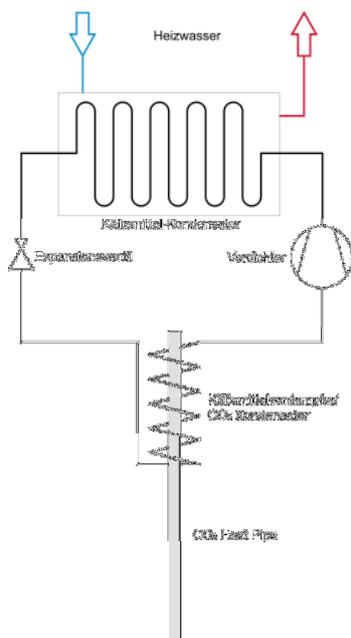


Abbildung 1: Flussdiagramm des Kältekreislaufes

Abbildung 2: Funktionsweise des Heat Pipes



Abbildung 3: Einbringung der CO₂-Sonden in das vorbereitete Bohrloch



Abbildung 4: Fertigstellung der Oberfläche nach dem Einbau der CO₂-Sonden

¹ Faninger G.: Der Wärmepumpenmarkt in Österreich 2001, Bundesverband Wärmepumpen, WKÖ

² Rieberer R., Mittermayr K. (2002): „CO₂ – Wärmerohr“, Endbericht für das ETP-Projekt unterstützt durch die Oberösterreichische Landesregierung.

³ VDI Richtlinie 4640, Blatt 2: „Thermische Nutzung des Untergrundes – Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen“, Druck Februar 1998, Düsseldorf, Deutschland