

Nur noch eine Spezialität der Österreicher?

Wärmepumpenanlagen mit Direktverdampfung zur Nutzung von Erdwärme

Heinrich Huber, Wien

Obwohl „Wärmepumpen“ eine alte Technologie sind – Carnot 1824, Perkins 1835, Ritter von Rittinger 1853 – erfolgte die massive Einführung von Wärmepumpen erst nach den Ölpreisschocks, in den USA und in Japan nach dem ersten Ölpreisschock 1973 und in Europa nach dem zweiten 1979.

In Nordamerika und Japan wurden und werden Wärmepumpen im Wohnbereich primär zum Heizen und Kühlen eingesetzt; die ersten Heizaggregate waren umgerüstete Air-Conditioner. In Europa werden Wärmepumpen im Wohnbereich primär zum Heizen in Verbindung mit den hier üblichen Warmwasser-Verteilssystemen eingesetzt. Auf Grund der Heizleistungscharakteristik einer Wärmepumpe – Heizleistung und Leistungszahl nehmen mit sinkender Wärmequellen- und steigender Wärmesenktemperatur ab – wurden als Wärmequellen Grundwasser für monovalente Systeme und Außenluft für bivalente Systeme verwendet.

Die damals installierten erdreichgekoppelten Wärmepumpensysteme waren durchwegs indirekte Systeme mit einem Solekreislauf sowie einer Soleumwälzpumpe. Für den Erdreichwärmeaustauscher wurden Kunststoffrohre verwendet, die zwar wesentlich schlechtere Wärmeübertragungseigenschaften als Metallrohre aufweisen, jedoch beim Einbau wesentlich unproblematischer zu handhaben und vor allem nicht korrosionsgefährdet sind. Diese indirekten Systeme, die zu dieser Zeit installiert wurden, haben Flachkollektoren, Grabenkollektoren oder Tiefensonden zur Gewinnung der Wärme aus dem Erdreich.

Erdreich als Wärmespeicher

Das Erdreich stellt im Prinzip einen Jahresspeicher dar, der ab einer gewissen Tiefe, je nach klimatischen Bedingungen (5–10 m) eine konstante Temperatur annimmt, die etwa der Jahresmitteltemperatur der örtlichen Lufttemperatur entspricht.

In den höheren Erdreichsschichten ändert sich die Temperatur entsprechend den jahreszeitlich wechselnden Außentemperaturen, diese Änderung erfolgt jedoch gedämpft und verzögert. Daraus ergibt sich eine Temperatur, die während der Wintermonate über und während der Sommermonate unter der Außentemperatur liegt. Der Temperaturgang und die Eindringtiefe hängt im Erdreich im wesentlichen von der Wärmeleitfähigkeit und der Wärmekapazität des Erdreiches ab, in den obersten Schichten wird die Temperatur zusätzlich durch Sickerwasser beeinflusst.

Gegenüber dem Grundwasser ergibt sich der Vorteil, daß das Erdreich überall vorhanden ist, während der Wärmeentzug des Grundwassers auf Grund der geografischen und geologischen Verhältnisse limitiert ist. Im Vergleich mit der Außenluft ergibt sich der Vorteil der höheren Wärmequellentemperatur während der Heizsaison und der niedrigeren Wärmesenktemperatur während des Kühlbetriebs.

Da die Wärmeleitfähigkeit von Erdreich relativ gering ist, ist es erforderlich, den Speicher Erdreich durch geeignete Wärmeaustauscher in der Weise zu er-

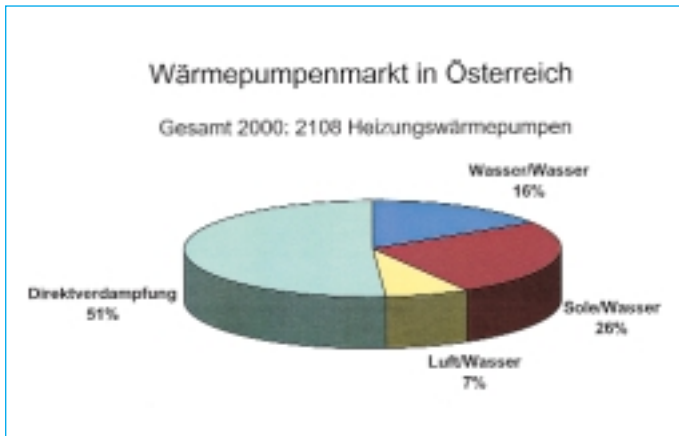
zum Autor

Ing. Heinrich Huber,
Wärmepumpen-
zentrum arsenal
Research,
Bereich
Erneuerbare
Energie, Wien



schließen, damit der Temperaturabfall zwischen der Erdreichtemperatur und der Wärmeträgertemperatur bei Wärmeentzug möglichst klein gehalten werden kann. Aus diesem Kriterium ergeben sich pro verlegtem Laufmeter Wärmeaustauscherröhre eine bestimmte Wärmemenge, die im Hinblick auf die geplante Temperaturabsenkung des Erdreiches entzogen werden kann und daraus resultiert eine bestimmte Wärmeentzugsleistung. Beide Größen sind von der Geometrie des Wärmeaustauschers sowie von den thermodynamischen Stoffwerten der Erdreiches abhängig.

Wenn man dem Erdreich Wärme entzieht, kommt es um das Wärmeaustauscherröhre zu einer Abkühlung des Erdreiches, diese entnommene Energie muß dem Erdreich wieder zugeführt werden, um für den nächsten Entnahmeszeitraum die ursprünglichen Verhältnisse herstellen zu können. Diese Nachladung kann auf natürliche Weise erfolgen oder durch bewußte künstliche Zufuhr von Wärme.



Der aktuelle Wärmepumpenmarkt in Österreich (Quelle: G. Fanninger)

Der primäre natürliche Nachlade-mechanismus ist die Zufuhr von Wärme über die Erdoberfläche, die Sonneneinstrahlung, konvektiven Wärmeübergang durch die Luft sowie durch Sickerwässer von Regen und Schnee. Die auf diese Weise dem Entnahmehorizont zugeführte Wärme muß eine vollkommene Regeneration des Erdreiches ermöglichen. Ist dies nicht der Fall, wird es zu einer dauernden Abkühlung im Entnahmehorizont kommen und damit zu einer Verringerung der ursprünglich geplanten Wärmeträgertemperatur. Ein Umstand der auf jeden Fall unerwünscht und zu vermeiden ist. Als Arbeitsgrundlage für die Auslegung und Dimensionierung des Erdreichwärmeaustauschers sei hier zum Beispiel die VDI Richtlinie 4640 erwähnt.

Als Wärmeaustauscher haben sich die Flachkollektoren mit einer Verlegetiefe von etwa 30 cm unter der Frostgrenze durchgesetzt. In dieser Verlegetiefe macht das Erdreich im Entnahmehorizont zwar relativ große Temperaturschwankungen mit der Außenluft mit. Bietet aber am Beginn und am Ende der Heizperiode einige Vorteile: Am Beginn der Heizperiode hat das Erdreich eine höhere Temperatur, als es der Temperatur des ungestörten Erdreiches entspricht. Am Ende der Heizperiode, wenn die Außenluft bereits wieder ansteigt und der Erdreichkollektor auf Grund der Wärmeentnahme seine tiefste Temperatur erreicht hat, beginnt bereits die natürliche Nachladung zu wirken und man erzielt damit einen deutlichen Anstieg der Erdreichtemperatur auf Werte, die im Bereich der durchschnittlichen Außenlufttemperatur liegen. Der Entnahmehorizont in etwa 1 m Tiefe wird während der Sommerzeit durch die atmosphärischen Gegebenheiten bei nicht zu großer Wärmeentnahme vollständig regeneriert, die Vegetation über dem Erdkollektor wird nicht beeinträchtigt.

Vorteile – Nachteile

Direktverdampfungssysteme haben gegenüber Systemen mit Zwischenkreislauf einige Vorteile aber auch Nachteile. Vorteile sind

- der Wegfall eines Wärmeüberganges, und zwar der von Sole auf das Kältemittel, da bei Direktverdampfungssystemen das Kältemittel durch die im Erdreich verlegten Wärmeaustauscher strömt
- Entfall der Umwälzpumpe, die besonders bei tiefen Temperaturen wegen der steigenden Zähigkeit der Sole einen beachtlichen Energieaufwand hat. Selbst bei Wasser/Wasser Wärmepumpen unter etwa 11 kW Heizleistung wirkt sich die Aufnahmeleistung der Brunnenpumpe so stark aus, daß die Wärmepumpen mit Direktverdampfung die besseren Jahresarbeitszahlen erreichen.
- Die bei Direktverdampfungssystemen verwendeten Metallrohre haben günstigere Wärmeübertragungseigenschaften gegenüber Kunststoffrohren.

Probleme und Schwierigkeiten ergeben sich insbesondere bei der Auslegung des Kältekreislaufs, da im Vergleich zu Kompaktwärmepumpen der Erdreichverdampfer wesentlich voluminöser ist. Dadurch nimmt der für diesen Wärmeaustauscher erforderliche Kältemittelinhalt stark zu, zusätzlich vergrößert sich auf Grund der Baulänge der Wärmeaustauscherrohre dessen Durchlaufzeit.

Im relativ großen Verdampfer muß der Druckabfall möglichst gering gehalten werden, damit durch eine konstante Verdampfungstemperatur dem Erdreich gleichmäßig Wärme entzogen werden kann. Die Geschwindigkeit im Verdampfer wird damit auf einen für eine sichere Ölrückführung minimal erforderlichen Wert gehalten.

Das zweite Problem ist die optimale Beaufschlagung des Verdampfers mit Kältemittel. Durch die niedrigen Wärmeübergangszahlen in der Überhitzungszone geht die Wärmeentzugsleistung stark zurück. Womit dieser Teil eine mehr oder weniger ungenutzte und damit verlorene Wärmeaustauscherlänge darstellt.

Die thermostatischen Expansionsventile sind wegen der langen Durchlaufzeiten des Kältemittels durch den Erdreichkollektor und den daraus resultierenden Totzeiten nur sehr bedingt geeignet. Bessere Ergebnisse werden durch die Parallelschaltung von Kapillaren und thermostatischen Expansionsventilen erreicht. In letzter Zeit kommen immer öfter elektrische Expansionsventile zum Einsatz.

Eine weitere Verbesserung kann erreicht werden, wenn der Verdampfer naß betrieben wird und die notwendige Sauggasüberhitzung mit einem internen Wärmeaustauscher erzeugt wird.

Wärmeaustauscher

Für Flachkollektoren werden üblicherweise endlose Rohre in Längen von 60 bis 75 m aus Kupfer verwendet, wobei in den USA und Kanada blanke Kupferrohre, in Europa meistens aus Korrosionsgründen mit einem Kunststoffüberzug versehene Kupferrohre eingesetzt werden. Die Durchmesser betragen 10 bis 12 mm. Diese Rohre sind einfach zu verlegen, kritisch ist jedoch die Einbringung der ersten Erdschicht beim Wiederauffüllen des Kollektorbereiches. Hier muß eine Beschädigung der Rohre vermieden werden.

Jahresarbeitszahlen

Optimal dimensionierte Direktverdampfung-Erdreichwärmepumpen mit horizontal installierten Kollektoren in Verbindung mit Niedertemperatur-Fußbodenheizungen in zeitgemäß gedämmten Gebäuden erreichen bereits heute Jahresarbeitszahlen von 4.

Dazu muß gesagt werden, daß es sich dabei nicht um Versuchsanlagen, sondern um kommerziell vertriebene Anlagen handelt.

Wenn man bei diesen Wärmepumpensystem die Regeln der Technik beachtet und in der Anlagenplanung berücksichtigt, dann wird das Ergebnis ein hoch effizientes Wärmepumpensystem sein:

- den Erdreichkollektor mit einer Einzugsleistung von 17 W/m² Erdreichoberfläche bzw. etwa 10 W/m Rohr,
- eine Fußbodenheizung mit einer Auslegungsvorlauftemperatur von 35 °C, was praktischen Betriebstemperaturen von 30 °C entspricht,
- lange Wärmepumpenlaufzeiten durch die Nutzung des Estrichs als Speicher und
- die Vermeidung von Mischungsverlusten durch hohe Massenflüsse durch den Wärmepumpenkondensator, allerdings nur während der Laufzeit der Wärmepumpe

Erzielt werden diese Ergebnisse von Firmen, die das Paket Erdreichkollektor, Wärmepumpe, Fußbodenheizung und Regelung gemeinsam verkaufen und installieren. Die garantierten Jahresarbeitszahlen betragen 4, die tatsächlichen liegen üblicherweise darüber.

Eine österreichische Spezialität

Seit etwa 15 Jahren wird dieses Wärmepumpensystem erfolgreich eingesetzt. Im Jahr 2000 wurden 2108 Wärmepumpen für Heizzwecke eingebaut, von denen 67 % erdreichgekoppelte WP sind, wovon wiederum 51 % Wärmepumpen mit Direktverdampfung sind (Bild). Anfangs gab es

verschiedene Bauformen der Wärmequellen, sie wurden als Flach-, Graben- und als Künnettenkollektor oder als Tiefensonde ausgeführt. Aber in den letzten fünf Jahren kommt hauptsächlich nur mehr der Flachkollektor zum Einsatz.

Die Chance für Deutschland

Durch die doch anspruchsvolle Technik sind besonders die Kälteanlagenbauer und Kälte-Klima-Fachbetriebe mit ihren profunden Kenntnissen über den Kältemittelkreislauf und dessen thermodynamische Zusammenhänge mehr als prädestiniert, diese Technologie in Deutschland erfolgreich zum Durchbruch zu verhelfen. Diese Branche kann sich damit sicher um ein weiteres sehr zukunftsträchtiges Geschäftsfeld und Betätigungsfeld erweitern und so einen sehr wichtigen Beitrag zur CO₂-Minderung beitragen.

Qualität

Um in Zukunft diese Technologie auf einem qualitativ hohen Stand zu halten, wurde auf Anregung der Leistungsgemeinschaft Wärmepumpe – die österreichische Wärmepumpen Interessensvertretung, sich mit dem Thema der

Wärmepumpe auseinander zu setzen, im arsenal research in Wien (A) beschlossen, ein Wärmepumpentestzentrum einzurichten. Eine wesentliche Rolle nimmt hierbei die Prüfung von Wärmepumpen mit Direktverdampfung zur Nutzung der Erdwärme ein. Auch die gemeinsame Entwicklung mit der Wärmepumpen-Industrie und deren Komponenten wird angeboten.

Die Tätigkeiten des Fachgebietes „Erneuerbare Energie“ im arsenal research konzentrieren sich auf internationale Forschungsk Kooperationen und – auf dessen Know-how aufbauend – Unterstützungen der Industrie und des Gewerbes bei Entwicklungen. Marktbetreuung, intensive Mitarbeit im nationalen und internationalen Normungswesen sowie strategische Tätigkeiten zur effizienteren Markteinführung solarer Energieformen runden das Tätigkeitsfeld ab.

Der Schwerpunkt Energieeffizientes Bauen und Wohnqualität steht damit in einem engen Zusammenhang mit Solarthermie, Photovoltaik und der Wärmepumpe, wobei hier komplexe Problemstellungen bei Kälte-/Klima- und Lüftungstechnischen Anlagen sowie Fragen des Wohnkomforts (Behaglichkeit) Thema sind. □

Eine neue Klimamesse

„Aircontec – das ist der neue Name für die erste eigenständige Klimamesse, die ab 2002 alle zwei Jahre im engen Verbund mit der Light+Building stattfindet.“ Mit diesem Statement beginnt eine Pressemitteilung der Messe Frankfurt, die Ende Mai auch auf dem Schreibtisch der KK-Redaktion gelandet ist. Damit wurde nun auch die Frage beantwortet, die im Bericht über die vergangene IISH in KK-Ausgabe 5/2001 offen blieb, nämlich welchen Namen dieses neue Kind erhalten wird. Innerhalb dieses Beitrags lieferte Horst Niedlich, bis dato kommissarischer Objektverantwortlicher für die I+b, einige Informationen, in welche Richtung das I+b-Schiff insbesondere aus Sicht der Klimatechnik bis 2002 steuern wird. Zwischenzeitlich wurden die Aufgaben von Horst Niedlich an Erika Boll übertragen, die seit April Objektleiterin für die I+b

ist und damit auch gleichzeitig verantwortlich für die Aircontec sowie für eine zweite „Messe in der Messe“, nämlich der Lightstyle, eine Fachmesse für Wohnraumleuchten mit jährlichem Rhythmus und damit alle 2 Jahre im Verbund mit der I+b.

Als Aussteller erwartet die Messgesellschaft für die Aircontec Firmen aus dem Klima- und Lüftungstechnischen Bereich mit Produkten für Großobjekte der technischen Gebäudeausrüstung. Im Hinblick auf die Besucherzielgruppen werden Investoren, Fachplaner, Hersteller der Gebäude- und Haustechnik sowie Verarbeiter aus Industrie und Handwerk genannt. Nachdem zur Premierveranstaltung 185 Unternehmen der Klima- und Raumlufttechnik auf rund 12 000 m² Hallenfläche ausstellten, rechnet die Messe Frankfurt für die nächste Veranstaltung zwischen dem 14. und 18. April 2002 nach eigenen Angaben mit Zuwächsen von 20 %. Um dies zu erreichen, will man für die Aircontec einen eigenen Werbeauftritt in engem Verbund mit der I+b initiieren.

Insgesamt betrachtet hat Frankfurt also nach wie vor den gleichen Kurs wie

der VDKF bzw. die NürnbergMesse mit der IKK eingeschlagen, was den Aufbau eines umfassenden Klima- und Lüftungstechnischen Ausstellungsangebotes anbelangt. Insofern muß deutlich relativiert werden, wenn Frankfurt mit der Aircontec von der „ersten eigenständigen internationalen Klimamesse“ spricht – wie in der eingangs zitierten Pressemitteilung mehrfach geschehen –, denn hinsichtlich des Angebots an Raumklimageräten, die heute aufgrund ihrer technischen Möglichkeiten ebenfalls in Großobjekten sowohl im Neubau, vor allem aber im Sanierungsbereich, eingesetzt werden, besteht mit der IKK eine solche Messe mit Weltformat schon seit einigen Jahren. Außerdem gibt es bislang keine Anzeichen dafür, daß Aussteller aus dem Produktbereich Raumklimageräte nach Frankfurt zur Aircontec wechseln werden. Es darf nun abgewartet werden, welche weiteren Schritte die Verantwortlichen auf Seiten der IKK unternehmen werden, um selbst dem vor wenigen Monaten erweiterten Messetitel „Internationale Fachmesse für Kälte-, Klima- und Lüftungstechnik“ gerecht zu werden. A. F.