

Einsatzmöglichkeiten, Randbedingungen, Fehlerquellen

Wärmepumpen boomen

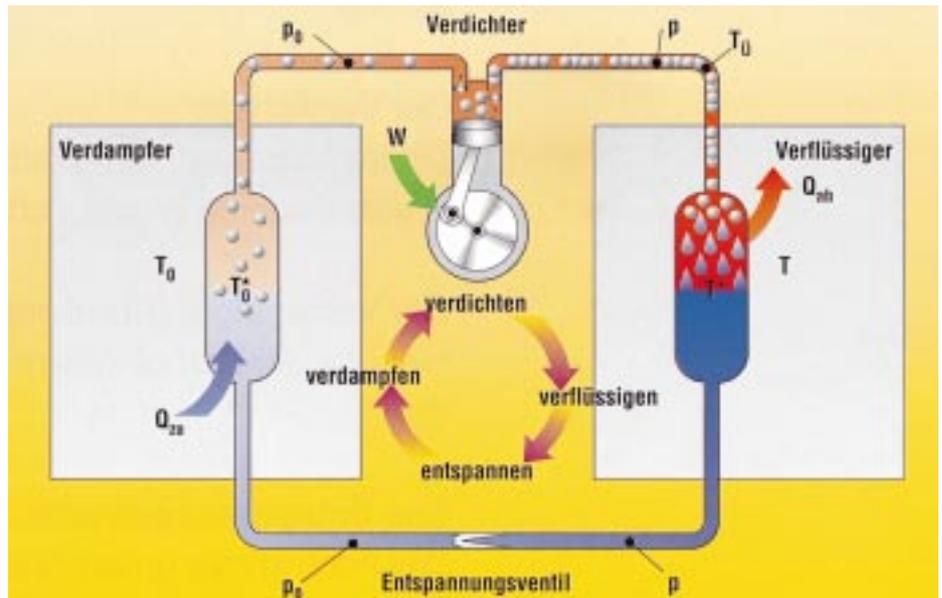
Peter Kröplin*

Die Wärmepumpe erlebt derzeit eine Renaissance. Trotzdem scheuen sich noch viele SHK-Handwerker vor dem Einbau dieser praktischen Geräte. Wo der Einsatz von Wärmepumpen auch aufgrund veränderter Randbedingungen sinnvoll ist, zeigt dieser Beitrag. Zugleich soll er eine Entscheidungshilfe zur Wahl der richtigen Wärmequelle sein und mit einigen Planungshinweisen die häufigsten Fehler vermeiden helfen.

Mit stark steigenden Absatzzahlen erlebt die Wärmepumpe derzeit eine Renaissance. Viele Handwerker, Planer und Architekten haben jedoch vor ca. zehn Jahren schlechte Erfahrungen mit diesen Geräten gemacht und scheuen daher deren Einbau. In der Schweiz ist es gelungen, diese negativen Erfahrungen zu revidieren. Dort wird bereits ein Drittel aller Neubauten mit Wärmepumpen ausgestattet.

Kühlschrankprinzip

Die Arbeitsweise einer Wärmepumpe entspricht vom Prinzip her der eines Kühlschranks, die Nutzung ist jedoch genau umgekehrt. Da sich die wesentlichen Bauteile der beiden Geräte praktisch nur durch die Dimensionierung unterscheiden, kann die Wärmepumpe bei entsprechender Auslegung im Sommer auch zur Raumkühlung benutzt werden. In warmen Klimazonen, z. B. in den USA und in Japan, wird stets eine solche Nutzung vorgesehen. Bei einer Kompressionswärmepumpe wird ein Kälte-



Schematische Darstellung der Arbeitsweise einer Wärmepumpe, die vom Prinzip her dem Kühlschrank entspricht [1]

mittel im Verdampfer bei niedriger Temperatur und niedrigem Druck aufgrund von Wärmezufuhr aus einer Wärmequelle (z. B. Grundwasser, Erdreich, Luft, Abwärme, Solaranlage) verdampft. Im Verdichter wird es unter Zuführung mechanischer Energie komprimiert, wobei Druck und Temperatur des Kältemitteldampfes ansteigen. Aufgrund des höheren Druckes hat das Kältemittel auch eine höhere Siedetemperatur. Im zweiten Wärmetauscher, dem Verflüssiger, kann daher bei hoher Temperatur die bei niedriger Temperatur aufgenommene Verdampfungswärme an den Wärmenutzer (Heizkreis) abgegeben werden. Das flüssige Kältemittel wird in einem Regelventil (Drossel) wieder auf den niedrigen Eintrittsdruck und die niedrige Eintrittstemperatur des Verdampfers entspannt.

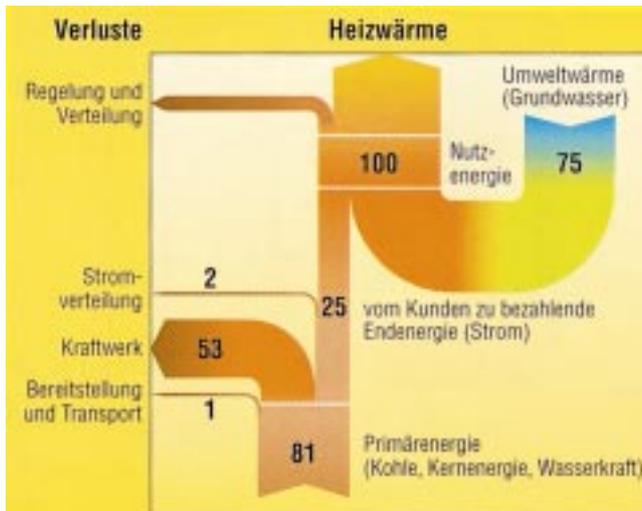
Entscheidungskriterium Arbeitszahl

Das wichtigste Kriterium für die Entscheidung, ob der Einsatz einer Wärmepumpe sinnvoll ist oder nicht, ist die sogenannte Arbeitszahl. Sie gibt das Verhältnis der von

der Wärmepumpe abgegebenen Energiemenge zur in Form von elektrischem Strom eingebrachten Energiemenge an. So können beispielsweise 81 kWh Gas, die in einem Kraftwerk zu 25 kWh Strom umgewandelt werden, von einer Wärmepumpe mit der Arbeitszahl 4 zu 100 kWh Wärme umgewandelt werden. Welche Arbeitszahl von einer Wärmepumpe mindestens erreicht werden sollte, hängt vom Blickwinkel des Betrachters ab. Bei der Betrachtung aus ökologischer Sicht stellt sich zunächst die Frage, welcher Kraftwerkswirkungsgrad angesetzt werden soll. Das bayerische Mittel beträgt 38 % abzüglich 2 % Verteilungsverluste. Neue Gaskraftwerke erreichen Wirkungsgrade von über 60 %. Die Erzeugung von Strom aus Kohle mit hohen spezifischen CO₂-Emissionen oder aus Kernenergie mögen negative Randkriterien darstellen. Eine Erweiterung des Kraftwerksparks wird jedoch mit dem vermehrten Einsatz von Wärmepumpen nicht notwendig, da diese nicht zu den sogenannten Sperrzeiten betrieben werden, sondern nur vorhandene Leistungsreserven außerhalb der Spitzenlastzeiten nutzen. Wirtschaftliche Betrachtungen hängen stark von den angesetzten Preisentwicklungen und den zu erwartenden Fördergeldern ab.

Zur Vereinfachung orientieren sich die folgenden Aussagen daher an der Einhaltung

* Dipl.-Ing. Peter Kröplin, Technischer Referent im Fachverband SHK Bayern, Fax (0 89) 54 61 57 59



Energiefluß einer elektrischen Wärmepumpe, die Grundwasser als Wärmequelle benutzt [2]

der im Förderprogramm der Deutschen Ausgleichsbank für Wärmepumpen verlangten Jahresarbeitszahl von 3,2. Letztlich wird jedoch der Bauherr nach entsprechender Aufklärung durch den Fachmann seine persönlichen Anforderungen an das Heizsystem stellen.

Wasser, Luft und Erde

Die erreichbare Arbeitszahl hängt in erster Linie von der Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke (Vorlauftemperatur) ab. Eine Erniedrigung der Temperaturdifferenz um 1 °C bedingt einen um rund 2,5 % geringeren Stromverbrauch. Zunächst muß jedoch überprüft werden, welche der drei Wärmequellen Grundwasser, Luft und Erdreich (Sole) sinnvoll eingesetzt werden können.

Grundwasser

ist die ideale Wärmequelle für Wärmepumpen, da es das ganze Jahr über mit relativ konstanter Temperatur zur Verfügung steht. Bei Einsatz in Gebäuden, die in allen Räumen mit Fußbodenheizungen ausgerüstet sind und mit einer Vorlauftemperatur von z. B. 35 °C betrieben werden, lassen sich Jahresarbeitszahlen über 4, in Extremfällen bis 6 erreichen. Auch bei Auslegungs-Vorlauftemperaturen bis 55 °C ist ein monoenergetischer Einsatz dieser Wärmepum-

pen sinnvoll realisierbar. Die Wärmepumpe kann also auch bei großzügig dimensionierten Heizkörperheizungen eingesetzt werden. Da Heizkörperheizungen aber nur geringe Speichermassen aufheizen, muß zur Überbrückung von Abschaltzeiten ein Pufferspeicher eingeplant werden. Die Abschaltung verbindet der Stromversorger in der Regel mit dem Angebot von Billigstrom.

Bei der Prüfung, ob Grundwasser in ausreichender Menge, in geeignetem Boden und mit einer geeigneten Fließgeschwindigkeit verfügbar

ist, empfehlen sich folgende Möglichkeiten.

- Informationen von Nachbarn, Wasserwirtschaftsamt und Geologen einholen.
- Eventuell hydrogeologisches Gutachten anfertigen lassen (DM 350–700,-).
- In besonderen Fällen kann eine Aufschlußbohrung (DM 1000,- + z. B. DM 100,-/m je nach Bodenbeschaffenheit) mit Pumpversuch durchgeführt werden.

Ist ausreichend Wasser vorhanden, so benötigt der Kunde noch eine Genehmigung für die Wassernutzung vom zuständigen Landratsamt. Verweigert wird die Genehmigung im allgemeinen in Wasserschutzgebieten, bei Nutzung tieferliegender Stockwerke, bei Nutzung ohne Zurückleitung in die selbe Grundwasserschicht und bei Nutzung von gespanntem Grundwasser. Der Fachhandwerker kann erst nach zum Teil

erheblichen Aufwendungen ein realistisches Angebot für eine Wärmepumpe machen. Kleinanlagen sollten daher nur in Gebieten erstellt werden, in denen auch ohne Aufschlußbohrung mit ausreichender Sicherheit die Grundwassersituation beurteilt werden kann. Um bei aufwendigeren Untersuchungen kein unkalkulierbares Gewährleistungsrisiko einzugehen, sollte der Bauherr im Vorfeld über die anfallenden Kosten informiert werden, die ihm ohne die Garantie, jemals eine funktionierende Grundwasser-Wärmepumpe zu erhalten, in Rechnung gestellt werden.

Weitere Tips:

- Ein hydrogeologisches Fachgutachten kann Auskunft geben über zu erwartende Probleme mit Korrosion (Keine Kupfer-Wärmetauscher einsetzen, wenn Schwefel im Wasser zu befürchten ist), Verockerung, Versinterung, Versandung und der Bohrtiefe. In seltenen Fällen wird die Erstellung einer Wasseranalyse vom Hersteller der Wärmepumpe verlangt.
- Brunnen luftdicht ausführen, um Bakterienvermehrung bzw. Verockerung zu vermeiden.
- Ablaufvermögen des Schluckbrunnens rechtzeitig testen.
- Fließrichtung des Grundwassers beachten.
- Nutzung von Wasser mit Temperaturen unter 10 °C mit dem Wärmepumpenhersteller abstimmen.

Luftwärmepumpen

können am leichtesten realisiert werden, erreichen aber aufgrund der niedrigen Quelltemperatur in der Zeit des höchsten Bedarfs (Winter) nur schlechte Arbeitszahlen. Ein monoenergetischer Betrieb dieser Anlagen (Nachheizung mit Strom) ist auch bei Gebäuden, die mit einer Vorlauftemperatur von 35 °C auskommen nur mit sehr guten Wärmepumpen sinnvoll. Bei höheren erforderlichen Vorlauftemperaturen sollte in jedem Fall ein bivalenter Betrieb eingeplant werden. Hier ist eine genaue Kosten-Nutzen-Analyse erforderlich. Bei der Planung ist ins-



Erdkollektoren (während der Einbringung in das Erdreich) müssen unterhalb der Frostgrenze angeordnet sein [2]

besondere auf eine mögliche Belästigung von Nachbarn durch Luftschall zu achten. Unter der Wärmepumpe sollte ein Kondensatablauf angebracht werden.

Erdkollektoren (horizontal) bzw. **Erdsonden** (vertikal zwischen 20 und 150 m tief) erreichen Arbeitszahlen, die zwischen denen von Luftwärmepumpen und Grundwasserwärmepumpen liegen. Die Vorlauftemperaturen von monovalent versorgten Heizungen sollten hier also nicht über 45 °C liegen. Erdkollektoren sind im Neubau mit noch nicht bepflanztem Garten verhältnismäßig einfach realisierbar. Erdsonden werden möglichst nur dann eingesetzt, wenn Erdkollektoren z. B. aufgrund von Platzmangel nicht eingesetzt werden können und der Grundwasserspiegel so niedrig ist, daß Grundwasserwärmepumpen nicht in Frage kommen. Sofern Erdsonden zwei Grundwasserschichten durchdringen würden, werden diese in der Regel von den zuständigen Behörden nicht genehmigt, da nicht auszuschließen ist, daß die Grundwasserschichten miteinander verbunden und dabei verschmutzt werden.

Außerdem hat die Art des Bodens erheblichen Einfluß auf die Wärmequellenqualität. So eignet sich nach bisher vorliegenden Erkenntnissen [2] ein stark mit Wasser angereicherter Lehmboden besonders gut als Wärmequelle, stark sandige Böden dagegen weniger.

Tips für Erdkollektoren:

- Als Fläche muß je nach Bodenbeschaffenheit das 1 bis 2fache der zu beheizenden Wohnfläche zur Verfügung stehen.
- Leitungen nicht unter bebaute Erde verlegen, damit Wasser eingetragen werden und dadurch Wärme nachgeführt werden kann. Außerdem besteht die Gefahr, daß der Untergrund bei Frost angehoben wird. Von Gebäuden 1,5 m Abstand halten.
- Verlegeabstand der Kollektoren > 75 cm.
- Entlüftung am höchsten Punkt der Leitungen einplanen.



Sammelschiene für Erdsonden, die zwischen 20 und 150 m tief in den Boden reichen [2]



Luft als Wärmequelle hat den Nachteil, daß bei niedrigen Außentemperaturen nur eine niedrige Heizleistung zur Verfügung steht [2]

- Druckprüfung des Erdkollektors vor Verfüllen mit Erdreich.
- Leitungen ca. 20 cm unter Frostgrenze (1 bis 1,5 m), aber nicht zu tief verlegen, da ca. 98 % der genutzten Wärme von oben kommen und nur ca. 2 % vom Erdinneren.
- Die einzelnen Wärmetauscherkreise sollten zur Minimierung des Pumpenstrombedarfes nicht über 100 m lang und z. B. für den Schadenfall einzeln absperrbar sein.

Tips für Erdsonden:

- Genehmigung vom Landratsamt einholen, wenn Grundwasser berührt wird.
- Die Fläche um die Sonde darf nicht überbaut werden.

Legionellenschutz

Die maximale Vorlauftemperatur der Wärmepumpen ist in den technischen Daten der Hersteller angegeben. Im allgemeinen beträgt sie 55 °C, bei neueren Pro-

pan-Wärmepumpen 65 °C. Soll die Wärmepumpe zur Brauchwassererzeugung eingesetzt werden, so ist die Notwendigkeit von Legionellenschutzmaßnahmen zu hinterfragen. Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums wurden im DVGW-Merkblatt W 551 festgeschrieben. Inwieweit dessen Inhalte für alle Gebäude als anerkannte Regel der Technik anzusehen sind, ist noch nicht eindeutig geklärt. Es ist jedoch ratsam, die Anlage so zu konzipieren, daß die vom DVGW aufgestellten Forderungen eingehalten werden können. Für Ein- und Zweifamilienhäuser wird darin bei Trinkwassererwärmern mit einem Volumen von mehr als 3 l gefordert, daß eine Speicheraustrittstemperatur von 60 °C eingehalten werden kann. Die endgültige Betriebsweise ist dem Nutzer freigestellt, da in Kleinanlagen normalerweise kein besorgniserregendes Legionellenwachstum zu erwarten ist. In größeren Gebäuden ist aber die Speicheraustrittstemperatur von 60 °C einzuhalten und der gesamte Speicherinhalt einmal täglich auf 60 °C aufzuheizen. Eine Alternative liegt in der Warmwassererwärmung im Durchlaufprinzip, bei der sich nicht mehr als die oben erwähnten 3 l erwärmtes Wasser zwischen dem Wassereintritt in den Wärmetauscher und der Zapfstelle befinden. Bei Mißachtung dieser Regelungen sieht der Entwurf des DVGW-Arbeitsblattes W 552 eine Untersuchung der

Anlage auf Legionellen spätestens alle drei Jahre vor. Es werden auch alternative Konzepte zur Vermeidung von Legionellen untersucht, die sich jedoch noch etablieren müssen.

Der Bauherr hat sich entschieden . . .

Mit Hilfe der vorstehend genannten Kriterien kann die Vorentscheidung für den Einsatz einer Wärmepumpe mit einer bestimmten Energiequelle getroffen werden. Allerdings sollten bei der Detailplanung und beim Einbau der Wärmepumpe noch folgende Punkte berücksichtigt werden.

- Rechtzeitige Anmeldung beim Stromversorger (EVU).
- Schallgeschützte Aufstellung (auf Dämmmatten unter Verwendung flexibler Anschlußschläuche).
- Kältemittel: Bundes-Fördermittel sind mit dem Einsatz FCKW-freier Kältemittel verbunden. Zum Einsatz kommt Propan, das allerdings bei der Innenaufstellung nur bis 1 kg ohne besondere Sicherheitsmaßnahmen eingesetzt werden darf. Für Großwärmepumpen wird oft Ammoniak verwendet.
- Um häufiges Takten zu vermeiden sollte im Rücklauf ein technischer Speicher eingeplant werden (EFH: 100–300 l).
- Bei Heizkörperanlagen muß ein zusätzlicher Pufferspeicher eingeplant werden, mit dem Sperrzeiten überbrückt werden können.
- Wird mit der Wärmepumpe Brauch-Warmwasser erzeugt, so ist ein großzügig dimensionierter Brauchwasserspeicher zur Überbrückung der Sperrzeiten einzuplanen.
- Der Brauchwasser-Wärmetauscher ist großzügig zu dimensionieren (EFH: 4 m² Glatrohr), damit die Vorlauftemperatur möglichst gering gehalten werden kann.
- Um häufiges Takten zu vermeiden, sollte die Außentemperaturregelung auf den Rücklauf wirken.
- Alle Räume möglichst durchgehend mit konstanter Temperatur beheizen, damit eine Temperaturvorhaltung für die Schnellaufheizung vermieden werden kann. Eine lange Nachtabsenkung ist daher zu vermeiden.
- Ausdehnungsgefäße des Solekreislaufes nicht hängend, sondern nach oben gerichtet installieren, damit sie durch Zirkulation eher erwärmt werden und kein Kondensat vorzeitige Korrosion bewirken kann.
- Alle kalten Teile wie Rohrleitungen müssen im Haus mit einer geeigneten Dämmung (dampfdicht) umgeben werden.

Finanzielle Förderungen

Im Wohnungsbau wäre in den meisten Fällen der Einsatz von Wärmepumpenanlagen aus wirtschaftlichen Gründen nicht durchzusetzen. Um diese umweltfreundliche Technologie zu fördern, wurden vom Staat einige Förderprogramme ins Leben gerufen. Die nachfolgend aufgezählten Programme

Jahreszeit keine ausreichenden Temperaturen erreichen. Sofern es gelingt, diese Geräte zu einem günstigen Preis weiterzuentwickeln, könnten sie die Wärmepumpe der Zukunft darstellen. Derzeit sind jedoch die Entwicklungen im Bereich der elektrisch angetriebenen Wärmepumpen auch so vielversprechend, daß ein vermehrter Einsatz zu erwarten ist.

Name	Bemerkung	Antragstelle
Eigenheimzulagengesetz	Zuschuß über Steuererklärung	Finanzamt
ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm, DtA ¹ -Umweltprogramme	Zinsgünstige Darlehen	Hausbank, DAG
KfW ² -Programm zur CO ₂ -Minderung, KfW-Umweltprogramm	Zinsgünstige Darlehen	Hausbank, KfW
Beispielhaft für das Land Bayern:		
Bayerisches Programm zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien	Zuschuß	Bezirksregierung
LfA ³ -Umweltschutz	Zinsgünstige Darlehen	Hausbank, LfA

¹) DtA (Deutsche Ausgleichsbank): Telefon: (02 28) 8 31-24 01 oder -22 61, Fax: -21 30
²) KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau): Telefon: (0 30) 2 02 64-551, Fax: -188
³) LfA (Bayer. Landesbank für Aufbaufinanzierung): (0 89) 21 24-0

Förderprogramme verschiedener Art und Institutionen

werden ergänzt durch lokale Förderungen und verschiedene Maßnahmen von Seiten der Stromversorger. Aktuelle Auskünfte zu Förderprogrammen erhalten Sie vom Initiativkreis WärmePumpe e.V., Tel. (0 89) 2 71 30 21, Fax (0 89) 2 71 01 58, vom zuständigen Stromversorger und von Ihrem Fachverband SHK.

Perspektiven

Absorptionswärmepumpen für kleine Leistungen befinden sich derzeit noch im Entwicklungsstadium. Statt mit elektrischem Strom einen Kompressor zu betreiben, wird bei diesen Anlagen Wärme zum Antrieb einer thermodynamischen Pumpe eingesetzt. Der schlechte Wirkungsgrad bei der Stromerzeugung wird also umgangen. Die erreichbare Jahresheizzahl (Abgegebene Wärme/zugeführte Brennstoffenergie) liegt jedoch derzeit nur in der Größenordnung von 1,2–1,6. Der Wärmeerzeuger zum Pumpenantrieb kann in diesem Fall auch zur Direktbeheizung verwendet werden, so daß sich ein bivalenter, monoenergetischer Betrieb (abgesehen vom Strom zur Anlagenregelung) mit einem Gerät realisieren läßt. Als Wärmequelle können auch Sonnenkollektoren genutzt werden, die in der kalten

Eine der wichtigsten Aufgaben zum Aufbau eines sicheren Wärmepumpenmarktes ist die eindeutige Definition von anerkannten Regeln der Technik zur Auslegung und Ausführung von Wärmepumpenanlagen, die ausreichende Gewährleistung der Hersteller für ihr Produkt und die mitgegebene Einbauanweisung. Die derzeit von verschiedenen Seiten angebotenen Förderungen für Wärmepumpen bringen neuen Schwung in den Markt und können – wenn nicht wie beim letzten Wärmepumpenboom vor 15 Jahren Installateure mit Problemen im Regen stehen gelassen werden – der Wärmepumpe zum Durchbruch verhelfen. Von den Stromversorgern wird daher zum Teil auch technische Unterstützung für Detailprobleme angeboten.

Literatur:

- [1] Arbeitsordner Wärmepumpe, Initiativkreis WärmePumpe e.V., Marketing + Wirtschaft Verlagsges. mbH, 1996
 [2] Heizen mit Wärmepumpen, H. Kruse, R. Heidelck, BINE Informationsdienst 1997