

Einsatz- und Anwendungsbereiche, Teil 2

Wärmepumpen für jeden Anwendungsfall

Immer mehr private, gewerbliche und öffentliche Bauherren setzen auf die Nutzung von Umweltwärme mit Hilfe einer Wärmepumpe. Dem Heizungsfachhandwerk eröffnet sich somit ein interessantes Geschäftsfeld. Der 1. Teil unseres Fachbeitrags in der letzten SBZ-Ausgabe bot einen Überblick über Bauarten, Wärmequellen und Systemtechnik. Im abschließenden 2. Teil stehen die Einsatz- und Anwendungsbereiche der Wärmepumpe im Mittelpunkt.

Von den in Teil 1 beschriebenen Wärmepumpenbauarten dominiert im Bereich der Wohnraumbeheizung und Trinkwassererwärmung eindeutig die elektrisch betriebene Kompressionswärmepumpe den europäischen Markt. Absorptionswärmepumpen werden vor allem dort eingesetzt, wo Abwärme – beispielsweise aus industriellen Prozessen – für den Ausreiber verwendet werden kann. Deshalb findet man sie meist in Großanlagen. Adsorptions- und Vuilleumier-Wärmepumpen für Heizzwecke in Ein- und Zweifamilienhäusern sind zur Zeit in der Entwicklung und stehen noch nicht auf dem Markt zur Verfügung. Die weiteren Betrachtungen beziehen sich des-

halb im Wesentlichen auf die Kompressionswärmepumpe.

Betriebsweisen im Überblick

Aus anlagentechnischer Sicht kann zwischen drei Betriebsweisen unterschieden werden:

- Monovalente Betriebsweise bedeutet, dass die Wärmepumpe als alleiniger Wärmeerzeuger die gesamte Heizlast deckt. Voraussetzung dafür ist, dass das nachgeschaltete Wärmeverteilsystem auf eine Vorlauftemperatur unterhalb der maximalen Vorlauftemperatur der Wärmepumpe ausgelegt ist und der errechnete Bedarf die Maximalleistung der Wärmepumpe nicht übersteigt.

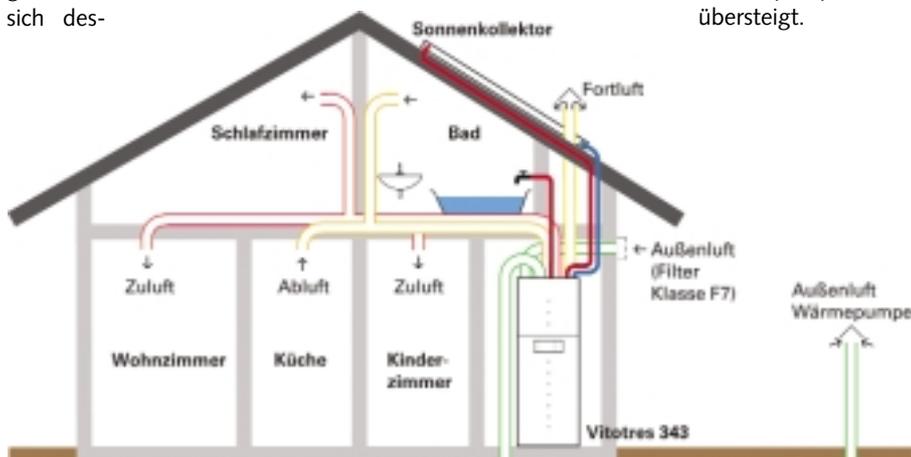


Bild 10 Kompaktheizzentrale für Niedrigenergiehäuser (Vitolcal 343)

- In einer bivalent betriebenen Heizungsanlage ist die Wärmepumpe mit mindestens einem weiteren Wärmeerzeuger für feste, flüssige oder gasförmige Brennstoffe kombiniert.
- Bei der monoenergetischen Betriebsweise wird in einer bivalenten Anlage der zweite Wärmeerzeuger mit der gleichen Energieart betrieben. Zum Beispiel ist neben der elektrisch betriebenen Kompressionswärmepumpe ein elektrischer Heizwasser-Durchlauferhitzer im Heizungsvorlauf oder ein Elektro-Heizeinsatz im Heizwasser-Pufferspeicher installiert.

Bild 11 Systemdarstellung des Kompaktgerätes für Passivhäuser

Lösungen für Niedrigenergie- und Passivhäuser

Typische, monoenergetisch betriebene Heizungsanlagen sind die speziell für Niedrigenergiehäuser entwickelten Kompaktgeräte. Dabei handelt es sich um komplette Systemlösungen, die eine Wärmepumpe (als elektrisch betriebene Kompressionswärmepumpe), Speicher-Wassererwärmer und alle weiteren Komponenten auf etwa der Größe einer Kühl-Gefrier-Kombination konzentrieren (Bild 10). So befinden sich z. B. bei der Kompaktheizzentrale Vitocal 343 die Sole/Wasser-Wärmepumpe, der 250 Liter fassende Solarspeicher, Umwälzpumpen für Sole, Heizung und einen optionalen Solarkreis sowie alle hydraulischen Anschlüsse und die Regelung auf einer Grundfläche von 600×670 Millimetern. Mit 6 kW Leistung erreicht diese Wärmepumpe Vorlauftemperaturen bis zu 60°C . Für höhere Vorlauf- bzw. Trinkwassertemperaturen heizt ein mehrstufiger, integrierter Elektroheizstab das Wasser auf bis zu 70°C auf.

Entsprechend der besonderen Anforderungen in Passivhäusern werden ähnliche Systemlösungen auch für diese Gebäude angeboten. Da in Passivhäusern eine kontrollierte Wohnungslüftung wegen der luftdichten Bauweise zwingend erforderlich ist, wird in Passivhaus-Kompaktgeräten eine Abluft/Wasser-Wärmepumpe mit einer Anlage zur kontrollierten Wohnungslüftung kombiniert. Die integrierte Wärmepumpe nutzt den Wärmeanteil der Abluft, der von der Wärmerückgewinnung der Lüftung nicht verwertet werden kann, und verwendet ihn zur Nacherwärmung der Zuluft oder zur Trinkwassererwärmung. Zusätzlich kann an diese Geräte auch noch eine Solaranlage zur Unterstützung der Trinkwassererwärmung sowie eine konventionelle Pumpen-Warmwasserheizung, z. B. für eine Fußbodenheizung, angeschlossen werden (Bild 11).

Ein solches Kompaktgerät steht beispielsweise im Erdgeschoss eines Passivhauses in Herzhausen am Edersee und ist seit dem Sommer 2002 im Betrieb. Es versorgt eine beheizte Fläche von 180 Quadratmeter bzw. ein beheiztes Volumen von rund 450 Kubikmeter. Wegen der kompakten Abmessungen des Gerätes (Länge \times Breite \times Höhe: $670 \times 600 \times 2150$ Millimeter) ist der Aufstellraum mit einer Fläche von drei Quadratmetern mehr als ausreichend (Bild 12). In diesem Technikraum laufen auch alle Kanäle des Lüftungssystems zusammen und sind an das Gerät angeschlossen. Dieses Kompaktgerät erreicht im Heizbetrieb

eine Leistungszahl über 4, das heißt, es wird bis zu viermal so viel Wärme abgegeben wie elektrische Energie zum Betrieb benötigt wird.

Die Vorteile dieser Geräte liegen in ihrer kompakten Bauweise, die die Einbringung von Wärmepumpe und Speicher-Wassererwärmer in einem Arbeitsgang ermöglicht.



Bild 12 Der Technikraum des Passivhauses in Herzhausen mit Kompaktgerät und Membran-Ausdehnungsgefäß für den Solarkreis (im Hintergrund)

Außerdem sind Kompaktgeräte werksseitig komplett vormontiert, was den Montageaufwand und damit die Installationskosten erheblich reduziert. Die geringen Abmessungen und das ansprechende Design sowie der besonders leise Betrieb erlauben die Aufstellung im wohnraumnahen Bereich.

Wärmepumpen für größere Gebäude

Die seit Beginn der 90-er Jahre positive Entwicklung des Wärmepumpenmarktes in Deutschland betrifft fast ausschließlich Wärmepumpen kleinerer Leistung. So ist der überwiegende Teil dieser Wärmeerzeu-



Bild 13 Wärmepumpe mittelgroßer Leistung:
Vitocal 300 (39,6 bis 106,8 kW)

ger in Ein- und Zweifamilienhäusern installiert. Es mag damit der Eindruck entstehen, Wärmepumpen würden sich nur für kleinere Objekte mit relativ geringem Wärmebedarf eignen. Grundsätzlich können jedoch entsprechend ausgelegte Wärmepumpen auch größere Leistungsanforderungen abdecken. Als alleiniger Wärmeerzeuger liefern diese Aggregate ganzjährig die Wärme für die Beheizung und Trinkwasserbereitung von Verwaltungs- und Industriegebäuden, Hotels, Krankenhäusern, Schulen und Mehrfamilienhäusern.

Für größere Gebäude kommen so genannte mittelgroße Wärmepumpen mit Leistungen zwischen ca. 20 und 200 kW zum Einsatz. Dass in Deutschland schon eine Wärmepumpe mit relativ bescheidenen 20 kW zu den Wärmepumpen mittlerer Größe zählt, liegt wohl auch an der im Vergleich zu Ländern wie Schweden und der Schweiz geringeren Verbreitung dieser Wärmeerzeuger. So setzt das schweizerische Bundesamt für Energie (BFE) als untere Grenze 50 kW für mittelgroße Wärmepumpen an. In den nordischen Ländern wie Schweden beginnt man allgemein von mittelgroßen Wärmepumpen erst ab einer Leistung von 100 kW zu sprechen. Dafür sind dort aber auch zahlreiche Anlagen mit Groß-Wärmepumpen in Betrieb, die Leistungen im Megawatt-Bereich abgeben. Typische mittelgroße Wärmepumpen bestehen aus zwei Verdichterstufen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern. In der abgebildeten Vitocal 300 (Bild 13) arbeiten zwei Verdichtermodule gleicher Leistung

parallel nebeneinander. Das hat den Vorteil, dass bei geringerem Wärmebedarf ein Modul abschalten kann. In der ersten Stufe gibt diese Wärmepumpe die Hälfte ihrer Leistung ab. Um die volle Leistung zu erreichen, schaltet die Regelung automatisch die zweite Stufe hinzu. Durch die beiden separaten Verdichtermodule ist darüber hinaus eine hohe Betriebssicherheit gegeben. Fällt ein Modul aus, so kann mit dem

anderen immer noch ein Teillastbetrieb mit 50 Prozent der Gesamtleistung erbracht werden (Bild 14).

Um noch größere Leistungen zu erreichen, können mehrere separate Wärmepumpen über den Heizungs- und Rücklauf miteinander verbunden werden (Bild 15 und 16). Wie bei der Kaskadenschaltung von Heizkesseln, liegt auch hier ein Vorteil in der deutlich erhöhten Betriebssicherheit der Gesamtanlage. Die Regelung sorgt zudem dafür, dass alle Wärmepumpen-Aggregate die gleiche Laufleistung haben, was zu einer entsprechend langen Nutzungsdauer aller Wärmepumpen führt.

Wärmepumpen für die Modernisierung

Obwohl schätzungsweise rund 3 Millionen alter Heizungen in Deutschland zur Modernisierung anstehen, spielen Wärmepumpen im Modernisierungsmarkt bisher kaum eine Rolle. Der Grund für den nur sporadischen Ersatz alter Heizkessel durch Wärmepumpen sind die im Gebäudebestand gegenüber Neubauten hohen Vorlauftemperaturen. Herkömmliche einstufige Kompressions-Wärmepumpen liefern mit den üblichen Kältemitteln (R 407 C, R 404 A usw.) Vorlauftemperaturen bis maximal 55 °C. Zu wenig, um mit Radiatoren normaler Größe eine ausreichende Wärmemenge in die Räume zu transportieren. Versucht man, das Kältemittel entspre-

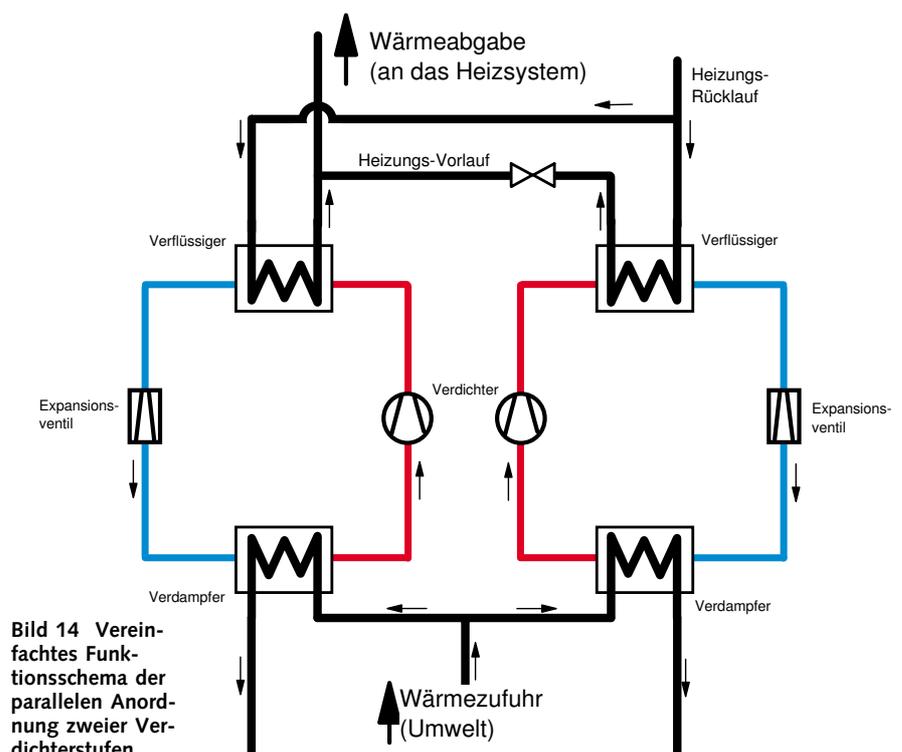


Bild 14 Vereinfachtes Funktionsschema der parallelen Anordnung zweier Verdichterstufen

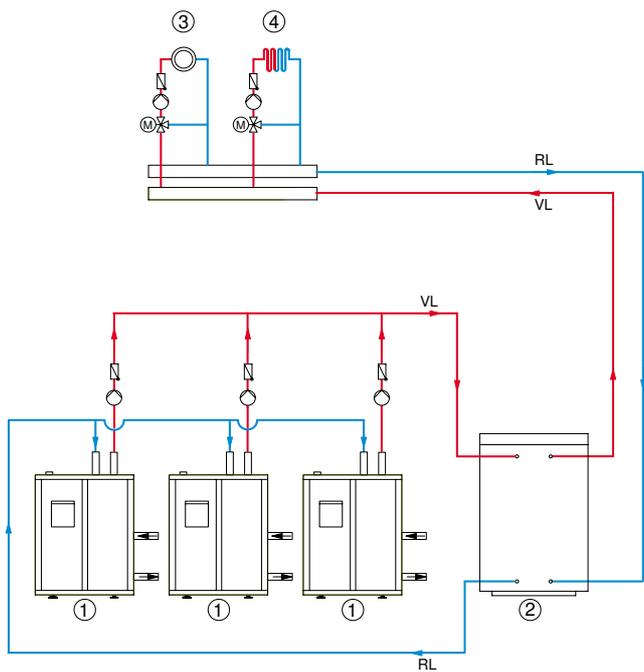


Bild 15 Sekundärseitiges Installationsbeispiel für eine Wärmepumpen-Kaskadenschaltung

- ① Wärmepumpe
- ② Heizwasser-Pufferspeicher
- ③ Heizkreis
- ④ Fußbodenheizkreis

chend stärker zu verdichten, um höhere Vorlauftemperaturen zu bekommen, so fällt zugleich prozessbedingt die Leistungszahl. Um dennoch Kompressionswärmepumpen in der Heizungsmodernisierung wirtschaftlich einsetzen zu können, gibt es zur Zeit zwei weiterentwickelte Kreisprozesse. Beide erzielen mit den üblichen Kältemitteln

Temperaturen über 55 °C bei gleichzeitig guten Leistungszahlen.

Kaskadenschaltung

Eine Möglichkeit, mit den üblichen Kältemitteln höhere Vorlauftemperaturen zu erzielen, ist die so genannte Kaskadenschaltung. Zwei Wärmepumpenkreisläufe wer-



Bild 16 Nahwärmeversorgung von Wohnhäusern in Schweden mit sechs zusammenschalteten Vitocal 300 W/W-Wärmepumpen für bis zu 640 kW Heizleistung

Heizung

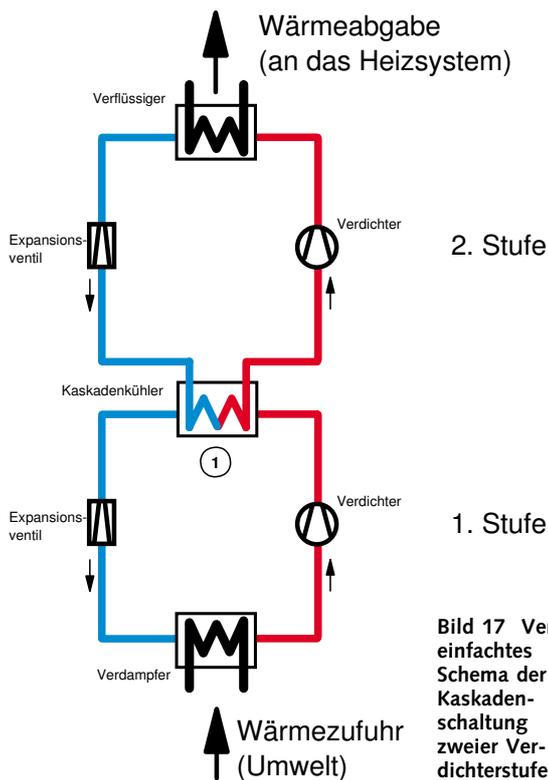


Bild 17 Vereinfachtes Schema der Kaskadenschaltung zweier Verdichterstufen

den in einem Aggregat hintereinander geschaltet, in dem man sie durch einen Wärmetauscher thermisch miteinander verbindet (Bild 17). Dieser zentrale Wärmetauscher (1) ist der Verflüssiger der ersten und gleichzeitig der Verdampfer der zweiten Stufe. Die von der ersten Stufe aufgenommene Wärme wird an die „höher“ gelegene zweite Stufe abgegeben und schließlich an das Heizsystem abgeführt. Die zwei Kreisläufe enthalten normalerweise unterschiedliche Kältemittel, beispielsweise R 404 A in der unteren und R 134 a in der oberen Stufe. Bei dieser Anordnung müssen allerdings beide Stufen ständig im Betrieb sein, da nur die erste Stufe Wärme aus der Umwelt aufnehmen kann und nur die zweite Stufe für die Wärmeabgabe an das Heizsystem ausgerüstet ist.

Kältekreis mit Dampfeinspritzung

Eine andere technische Lösung, hohe Vorlauftemperaturen mit dem Kältemittel R 407 C zu erzielen, bietet der modifizierte, einstufige Kältekreis mit Dampfeinspritzung (Bild 18). Bei diesem auch EVI-Zyklus (engl. Enhanced Vapour Injection) genannten Verfahren wird nach dem Verflüssiger (1) über ein Magnetventil (2) die Einspritzmenge des Kältemittels abgezweigt. Dieses flüssige aber unter hohem Druck stehende Kältemittel wird im Expansionsventil (3) auf den Einspritzdruck entspannt und in einem

Zusatzwärmetauscher (4) verdampft. Vom Zusatzwärmetauscher gelangt das dampfförmige Kältemittel zum Verdichter, wo es direkt in den Verdichtungsprozess eingespritzt wird. Durch den eingespritzten Dampf wird das bereits im Verdichter vorhandene Kältemittel gekühlt und gleichzeitig stärker verdichtet, wodurch Vorlauftemperaturen im Heizkreis bis 65°C erreicht werden.

Eine Wärmepumpe mit EVI-Zyklus arbeitet zunächst wie eine herkömmliche Wärmepumpe. Erst bei hohen Wärmeanforderungen bzw. großen Temperaturhüben kommt die Dampfeinspritzung zum Einsatz. Durch die Dampfeinspritzung wird dann die Leistung und damit die Leistungszahl im Vergleich zu einem herkömmlichen Kreisprozess deutlich gesteigert. Die elektrische Energie, die der Antrieb des Verdichters erfordert, ist

für den Prozess mit EVI erheblich geringer als für einen theoretisch vergleichbaren Verdichter ohne Dampfeinspritzung.

Kühlen mit der Wärmepumpe

Kompressionswärmepumpen, die über eine so genannte „natural cooling“-Funktion verfügen, sorgen an heißen Sommertagen für besonderen Komfort. Dann sind die Temperaturen im Erdreich und im Grundwasser in der Regel niedriger als im Gebäudeinneren. Das niedrigere Temperaturniveau der „Wärmequelle“ kann deshalb zur Kühlung genutzt werden. Aufgrund der hohen Außenlufttemperaturen im Sommer ist diese Funktion bei Luft/Wasser-Wärmepumpen nicht möglich. In der „natural cooling“-Funktion schaltet die Regelung den Verdichter der Wärmepumpe aus und steuert die Pumpe des Primärkreises an, um die Sole bzw. das Grundwasser weiter umzuwälzen. Über einen zusätzlichen Wärmetauscher im Primärkreis kann nun das Temperaturniveau der Wärmequelle (im Sommer ca. 8 bis 12 °C) zur Kühlung des Gebäudes genutzt werden (Bild 20). Grundsätzlich ist diese Kühlfunktion in ihrer Leistungsfähigkeit nicht mit Klimaanlage oder Kaltwassersätzen zu vergleichen. Die Kühlleistung ist abhängig von der Wärmequellentemperatur, die jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen sein kann. So hat das Erdreich erfahrungsgemäß gegen Ende eines Sommers mehr Wärme gespeichert, die Kühlleistung wird dann geringer sein.

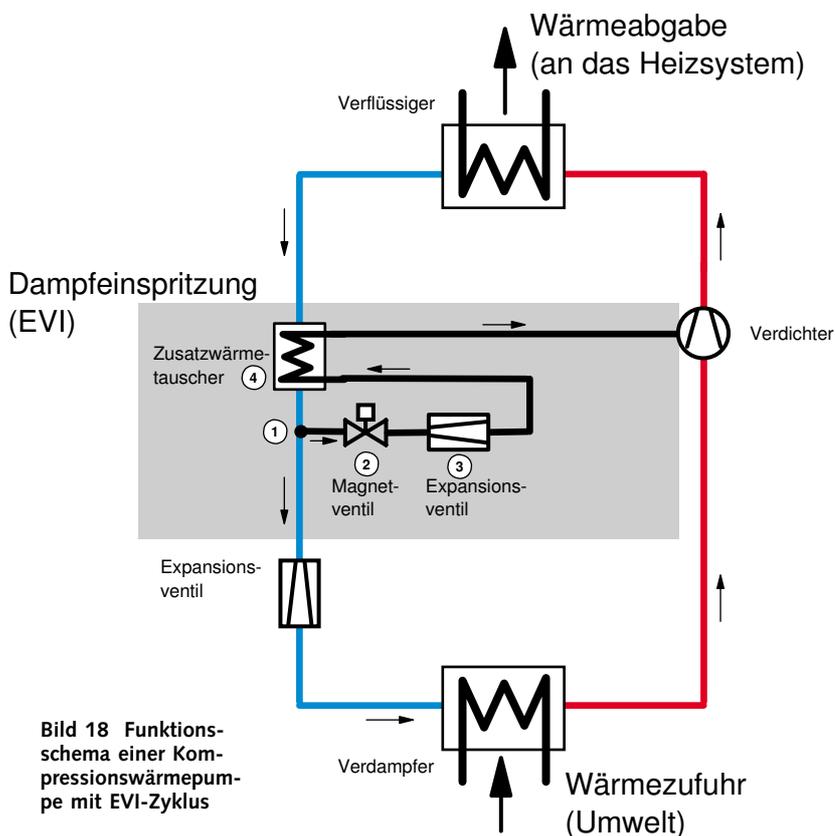


Bild 18 Funktionsschema einer Kompressionswärmepumpe mit EVI-Zyklus

Heizung

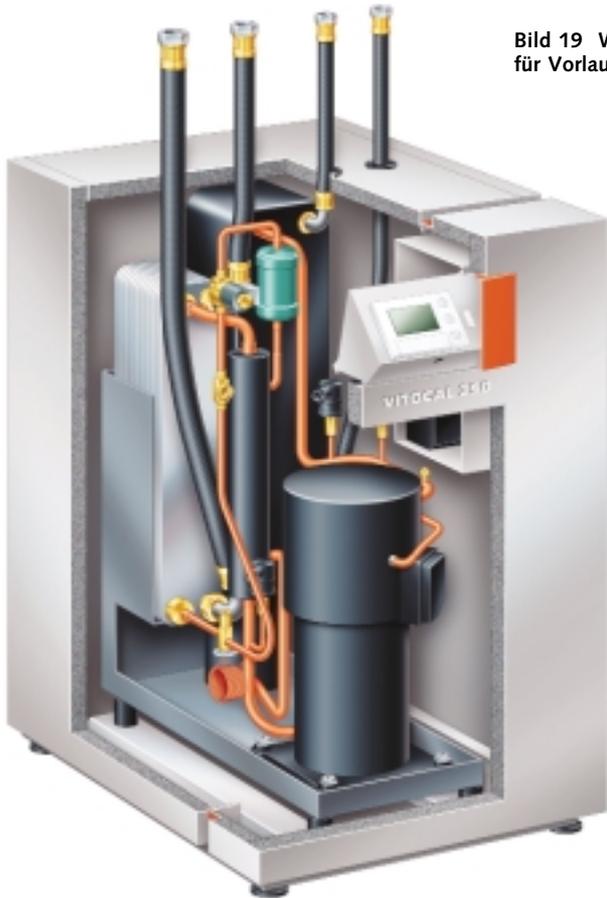


Bild 19 Wärmepumpe mit EVI-Zyklus für Vorlauftemperaturen bis 65 °C

mepumpen, die die Umgebungsluft nutzen, sind besonders einfach zu installieren.

Wärmepumpen-Kennzahlen

Um eine Wärmepumpe bzw. eine komplette Wärmepumpenanlage beurteilen zu können, wurden Kennzahlen eingeführt, die in der DIN EN 255 genau definiert sind. Die wichtigsten Kennzahlen für elektrisch betriebene Kompressionswärmepumpen sind die Leistungszahl und die Jahresarbeitszahl. Die Leistungszahl e beschreibt das Verhältnis der Heizleistung in Bezug zur eingesetzten Antriebs-

leistung. Eine Leistungszahl von 4 bedeutet also, dass das Vierfache der eingesetzten elektrischen Energie als Wärme abgegeben wird. Die Leistungszahl ist ein Wert, der in einem stationären Betriebszu-

stand bei festgelegten Einsatzbedingungen (Betriebspunkt) gemessen wird. Beispielsweise bedeutet Betriebspunkt B0/W35: Soleeintrittstemperatur 0 °C, Heizwasser-austrittstemperatur 35 °C. Für alle Wärmepumpen gilt: Je geringer die Temperaturdifferenz zwischen Heizwasser und Umgebungswärme ist, desto besser ist die Leistungszahl und damit die Effizienz. Daher eignen sich Wärmepumpen besonders für Heizsysteme mit niedrigen Systemtemperaturen, wie z. B. Fußbodenheizungen mit 35 °C Vorlauftemperatur.

Moderne Elektro-Wärmepumpen erreichen je nach gewählter Wärmequelle und Heizsystemtemperatur Leistungszahlen von 3,5–5,5. Das bedeutet, dass pro kWh eingesetztem Strom 3,5–5,5 kWh Heizwärme erzeugt werden. Damit wird der ökologische Nachteil, der durch den Einsatz von Strom entsteht (Kraftwerkswirkungsgrad derzeit ca. 35 %), mehr als kompensiert. Die Jahresarbeitszahl b ist ein Messwert, der an einer kompletten Wärmepumpenanlage über einen Zeitraum von einem Jahr ermittelt wird. Sie drückt das Verhältnis von abgegebener Nutzwärme zu eingesetzter Antriebsenergie (einschließlich des Stromanteils für Umwälzpumpen, elektronische Regelung usw.) aus.

Installation und Betrieb

Im Gegensatz zu anderen regenerativen Energien wie Solar- oder Windenergie steht die Umgebungswärme ganzjährig und rund um die Uhr zur Verfügung. Deshalb ist es mit einer Wärmepumpe grundsätzlich möglich, den gesamten Wärmebedarf eines Hauses (Heizung und Warmwasser) monovalent, das heißt ohne weitere Wärmequellen, komplett sicherzustellen. Damit stellt eine Wärmepumpe eine echte Alternative zur konventionellen Heizung dar. Außer der Einbindung des Heizkreises (Vorlauf, Rücklauf) und des Primärkreises (z. B. Solevor- und -rücklauf) sowie einem Drehstromanschluss sind keine weiteren Installationsarbeiten notwendig. Für die Kombination von Trinkwassererwärmung und Heizungsbetrieb stehen Systeme zur Verfügung, die, abgestimmt auf die Wärmepumpenregelung, ein optimales Umschalten zwischen beiden Abnehmern sicherstellen.

Die gegebenenfalls notwendigen Arbeiten zur Erstellung des Primärkreises (z. B. Einbringung der Sondenbohrung, Verlegung des Erdkollektors, Erstellung der Grundwasserbrunnen) werden durch Spezialunternehmen übernommen, die häufig die geforderte Wärmeleistung garantieren. Wär-

Zunehmende Akzeptanz

Umweltschonende Heizsysteme, die gleichzeitig wirtschaftlich, komfortabel und zukunftssicher sind, erfreuen sich zunehmen-

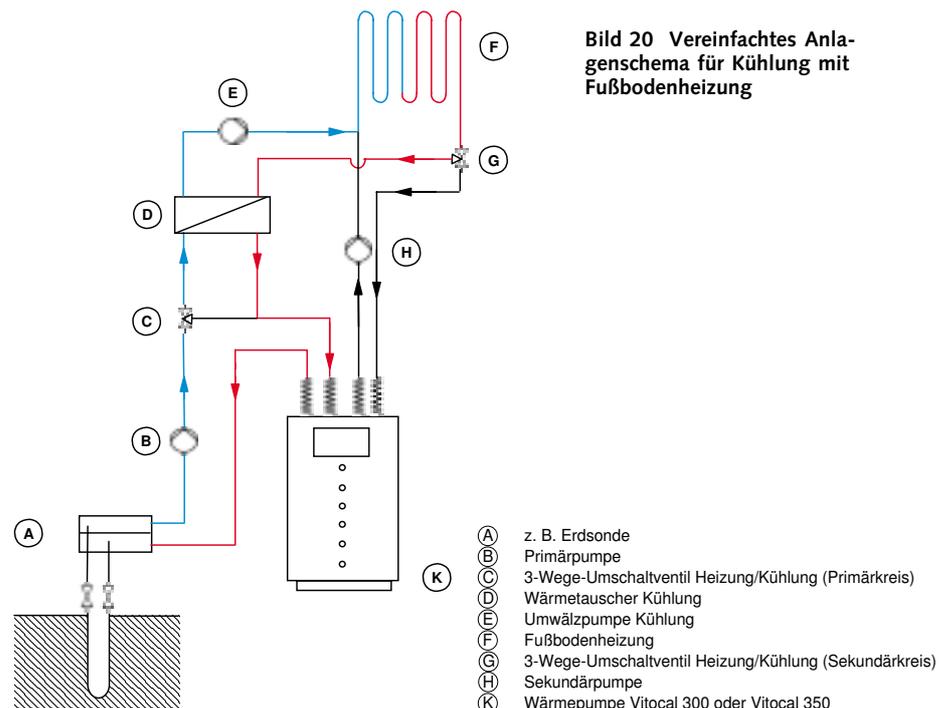




Bild 21 Sole/Wasser-Wärmepumpe und Speicher-Wassererwärmer



Bild 22 Kompakter Heizkreisverteiler (Viessmann-Wärmepumpen-Divicon)

der Akzeptanz. In der Schweiz werden bereits über 35 % aller Neubauten mit einer Wärmepumpe ausgestattet. Auch die Zuwachsraten für den deutschen Markt waren in den vergangenen Jahren beträchtlich. So verzeichnete die Branche 2001 ein beachtliches Nachfrageplus um stolze 40 %. Und das trotz eines Rückgangs der Neubautätigkeit bei den für Wärmepumpen besonders wichtigen Eigenheimen mit ein bis zwei Wohnungen.

Moderne Kompressionswärmepumpen stellen heute eine besonders umweltschonende Art der Wärmeerzeugung dar. Kältemittel, die als Fluorchlorkohlenwasserstoffe ein sehr hohes ozonabbauendes Po-

tenzial haben, sind seit 1995 für alle Neuanlagen verboten. Die heute am häufigsten eingesetzten Kältemittel wie z. B. R134a und R407C sind chlorfrei und können die Ozonschicht der Erde nicht schädigen.

Durch zukunftsweisende Regelungssysteme, effiziente Verdichter und ausgereifte Serienfertigung erzeugen moderne Wärmepumpen aus einem Teil Strom bis zu fünf Teile Wärme. Wärmepumpen können ein Gebäude monovalent, das heißt ohne zusätzliche Wärmequelle, vollständig mit Heizenergie und Warmwasser versorgen. Die Betriebskosten liegen unter denen einer konventionellen Heizungsanlage, was in Verbindung mit Fördermaßnahmen die höheren Investitionen über die Betriebsdauer kompensiert. In Bezug auf Sicherheit und Zuverlässigkeit werden im Gegensatz zu früheren Jahren höchste Anforderungen erfüllt.



Autor Dipl.-Ing. Wolfgang Rogatty

hat nach Studium und Ingenieur-Tätigkeit eine Weiterbildung zum Fachzeitschriftenredakteur absolviert. Bei Viessmann ist er als technischer Redakteur im Bereich Presse- und Öffentlichkeitsarbeit tätig; 35107 Allendorf, Telefon

(0 64 52) 70-0, Telefax (0 64 52) 70-27 80, www.viessmann.de