

# Wärmepumpenheizungen – ein Markt mit Zukunft

Die Installation einer Wärmepumpenanlage bietet Elekrounternehmen eine reelle Chance, sich als Fachbetrieb für Gebäudetechnik zu profilieren und ein neues Geschäftsfeld mit Zukunftspotential zu erschließen. Der Beitrag gibt wichtige Hinweise zur Planung und Installation von Wärmepumpen im Wohnungsbau.

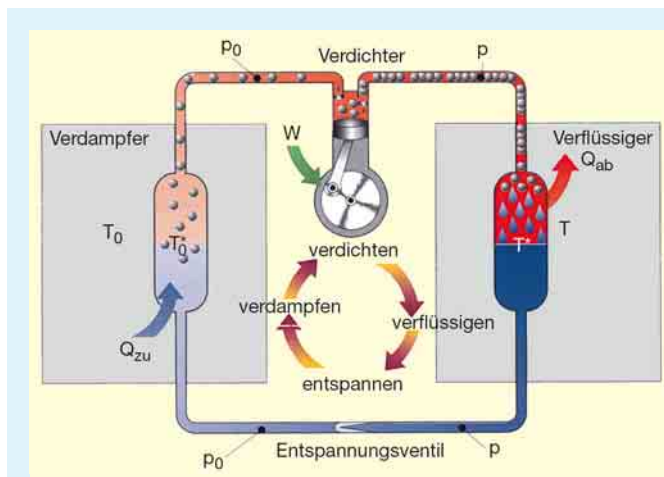
## 1 Funktionsweise

Die Funktion einer Wärmepumpe entspricht der eines Kühlschranks. Doch während dessen Kompressor einen Raum kühlt, ihm also Wärme entzieht und über eine großflächige Lamellenkonstruktion ungenutzt an die Umwelt abgibt, arbeitet eine Wärmepumpe mit umgekehrtem Nutzen: Sie kühlt die Umwelt (Erdreich, Grundwasser, Umgebungsluft) ab, lässt die dabei gewonnene Wärme aber nicht ungenutzt, sondern überträgt sie an ein Heizsystem. Die elektrische Antriebsleistung der Wärmepumpe wird dabei größtenteils in Heizenergie umgewandelt.

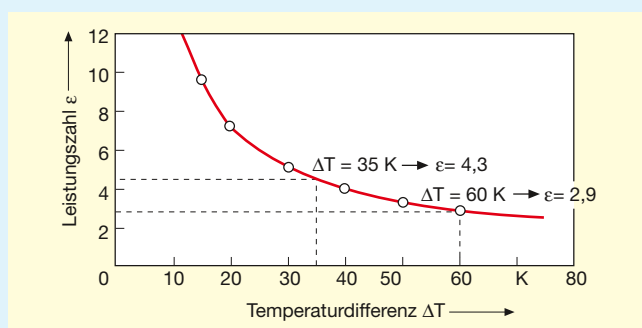
Eine Wärmepumpe besteht, wie eine Kältemaschine auch, im Wesentlichen aus dem Verdichter (Kompressor) mit Antriebsmotor, dem Verdampfer, dem Verflüssiger (Kondensator) und dem Drosselorgan (Expansionsventil). Diese Bauteile sind über Rohrleitungen zu einem geschlossenen System verbunden, das

mit einem Arbeitsmedium (Kältemittel) gefüllt wird (Bild 1). In diesem System setzt der Verdichter folgenden Kreisprozess in Gang:

- Im Verdampfer kommt es zu einer Wärmeübertragung vom Wärmeträger, beispielsweise Grundwasser, auf das kältere und flüssige Kältemittel, das bei diesem Vorgang unter einem bestimmten Druck zu sieden beginnt und verdampft.
- Das jetzt gasförmige Kältemittel wird vom Verdichter angesaugt, komprimiert, dabei erhitzt und zum Kondensator transportiert.
- Im Kondensator gibt das heiße gasförmige Kältemittel die zuvor aus der Wärmequelle und vom Verdichter aufgenommene Wärme an den Vorlauf eines Heizsystems ab. Dabei wird es wieder flüssig.
- Der auf der Kondensatorseite des Systems anstehende hohe Druck wird über ein Expansionsventil entspannt und infolge dessen die Temperatur des Kältemittels weiter reduziert.



1 Kreisprozess einer Wärmepumpe



2 Leistungsanzahl in Abhängigkeit vom Temperaturunterschied

Die Funktion einer Wärmepumpe zeigt, dass sich Wärme einer sonst nicht nutzbaren Wärmequelle, in diesem Beispiel Grundwasser, durch Zufuhr mechanischer Energie aufwerten und auf eine höhere, nutzbare Temperatur bringen lässt. Die zum Antrieb des Verdichters erforderliche mechanische Energie wird in der Regel durch einen Elektromotor bereitgestellt.

**Arbeitszahl und Leistungszahl.** Für die Wärmepumpe gibt es zwei wichtige Kennziffern, die eine schnelle Beurteilung ihres Leistungsvermögens und ihrer Wirtschaftlichkeit erlauben: die Arbeitszahl und die Leistungszahl.

Die **Arbeitszahl  $\beta$**  (englisch *spf*, für *seasonal performance factor*) gibt an, wie viel Wärmeenergie durch die eingesetzte elektrische Energie gewonnen wird. Sie ist der Quotient aus der von der Wärmepumpenanlage abgegebenen Wärmemenge und der vom Verdichter aufgenommenen elektrischen Antriebsarbeit. Wird die Arbeitszahl über den Zeitraum eines Jahres betrachtet, so spricht man von einer Jahresarbeitszahl.

Die **Leistungszahl  $\epsilon$**  (englisch *cop*, für *coefficient of performance*) gibt das momentane Verhältnis der vom Verflüssiger abgegebenen Wärmeleistung zur vom Verdichter aufgenommenen elektrischen Leistung an. Je höher also die Leistungszahl, desto wirtschaftlicher die Wärmepumpenanlage. Bei handelsüblichen Wärmepumpen liegt sie zwischen 3 und 5. Bild 2 zeigt die Leistungszahl in Abhängigkeit vom Temperaturunterschied.

## 2 Daten für die Anlagenplanung

Für eine bedarfsgerechte Auslegung einer Wärmepumpenanlage sind folgende Angaben erforderlich:

### Tafel 1 Überschlägige Berechnung des Wärmebedarfs

Überschlagswerte für Anlagen in Deutschland

Quelle: Bundesverband WärmePumpe (BWP)

#### 1. Für Neubauvorhaben: überschlägige Ermittlung des Wärmebedarfs auf Basis der beheizten Fläche

Die beheizte Fläche [m<sup>2</sup>] wird mit folgendem spezifischen Wärmebedarf multipliziert:

- Neubau, nach EnEV: 40 W/m<sup>2</sup>
- Normale Wärmedämmung des Hauses: 60 W/m<sup>2</sup>
- Ältere Bauten ohne besondere Wärmedämmung: 120 W/m<sup>2</sup>

**Beispiel:** Neubau mit guter Wärmedämmung, nach EnEV: Fläche 140 m<sup>2</sup>, überschlägiger Wärmebedarf: 5,6 kW

#### 2. Für Heizungsmodernisierung: überschlägige Ermittlung des Wärmebedarfs auf Basis des Ölverbrauchs

Der jährliche Ölverbrauch [l/a], dividiert durch 250, ergibt den Wärmebedarf [kW].

**Beispiel:** Ölverbrauch pro Jahr 3500 l, dividiert durch 250: überschlägiger Wärmebedarf 14 kW

3. Bei der überschlägigen Ermittlung des Wärmebedarfs auf Basis des Erdgasverbrauchs ist wie unter Punkt 2 zu verfahren, wobei statt der Literzahl des Öls die verbrauchte Gasmenge in Kubikmetern einzusetzen ist. So würde sich aus einem Einsatz von 3500 m<sup>3</sup> Gas ein Wärmebedarf von ebenfalls 14 kW errechnen.

- Gesamtleistungsbedarf: Leistungsbedarf des Gebäudes, Leistungsbedarf für Brauchwarmwasserbereitung, Leistungsbedarf für Sondernutzung
- Art der Wärmequelle
- Vorlauftemperatur des Verteilsystems
- Betriebsart der Wärmepumpe
- Eventuelle Sperrzeiten des Energieversorgers.

#### 2.1 Ermittlung des Wärmebedarfs

Für ein Kundengespräch und eine Angebotserstellung genügt es zunächst, den Wärmebedarf des zu beheizenden Wohngebäudes überschlägig zu ermitteln (Tafel 1). Als Berechnungsgrundlage eignet sich entweder die zu beheizende Fläche (bevorzugt bei Neubauvorhaben) oder der bisherige Heizmittelverbrauch (bevorzugt bei Heizungsmodernisierungen). Für die Warmwasserbereitung ist ein Öl- oder Gasverbrauch von 0,2 kW pro Person in die Berechnung einzubeziehen. Für Sondernutzungen wie beispielsweise Lüftungs- sowie Ent- und Befeuchtungsanlagen muss der Wärmebedarf auf jeden Fall durch eine genaue

Wärmebedarfsrechnung ermittelt und dem Gesamtwärmebedarf zugeschlagen werden.

Eine exakte Ermittlung des Gebäudewärmebedarfs folgt den Regeln der Norm DIN 4701; für die Auslegung der Warmwasseranlage gilt die DIN 4708. Der Markt bietet heute zahlreiche Softwareprogramme, mit deren Hilfe sich die Berechnung schnell und zuverlässig durchführen lässt.

#### 2.2 Auswahl der Wärmequelle und des Heizsystems

Die Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpenanlage ist umso höher, je näher das Temperaturniveau der Wärmequelle und das des Heizungsvorlaufs beieinander liegen. Dieser Zusammenhang spielt eine große Rolle für die Auslegung der Heizungsanlage und für die Auswahl der Wärmequelle.

Je niedriger die Vorlauftemperatur eines Heizsystems, desto weniger Arbeit muss der Verdichter der Wärmepumpe aufwenden, um die Wärme auf das erforderliche Niveau zu „pumpen“. Das Heizsystem eines Wohnhauses beispielsweise sollte deshalb so ausgelegt sein,

dass der benötigte Wärmebedarf bei möglichst geringen Heiztemperaturen gedeckt werden kann. Dieser Anforderung entsprechen am besten großflächige Fußboden- und Wandheizungen, die in der Regel mit einer Vorlauftemperatur von 35 bis 40 °C auskommen.

Von diesem Idealfall abweichend lassen sich Wärmepumpen aber auch in Radiatorenheizungsanlagen mit entsprechend dimensionierten Radiatoren und höheren Vorlauftemperaturen betreiben. Allerdings sinkt dann die Leistungszahl und mit ihr die Wirtschaftlichkeit der Anlage. Die Vorlauftemperatur sollte einen Wert von 55 °C nicht überschreiten. Dieses obere Limit wird von vielen Herstellern für monovalent betriebene Wärmepumpen genannt und ist sicher auch technisch machbar. Jeder Planer ist aber gut beraten, für einen Betrieb in diesem Temperaturbereich genaue Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit anzustellen, um nicht irgendwann eine Fehlinvestition verantworten zu müssen. Heizungsanlagen mit Vorlauftemperaturen über 55 °C sind mit Wärmepumpen nur dann zu realisieren, wenn eine zusätzliche Wärmequelle, beispielsweise ein elektrischer Heizstab, ein Öl- oder ein Gasheizkessel das Heizungswasser auf die gewünschte hohe Temperatur bringt (monoenergetischer bzw. bivalenter Betrieb).

Während in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit für den Heizungsvorlauf eine niedrige Temperatur gefordert wird, gilt für die Wärmequelle genau das Gegenteil: Je höher die Temperatur des durch den Verdampfer strömenden Wärmeträgers – sei es nun Luft, Grundwasser oder die Sole eines Erdreichkollektors – desto höher ist auch die Leistungszahl, weil der Verdichter der Wärmepumpe dann weniger Arbeit verrichten muss. Die Auswahl der Wärmequelle ist also von großer Bedeutung. Welche zu bevorzugen ist, muss von Fall zu Fall beurteilt werden.

Folgende Kriterien sollten einer Entscheidung zugrunde gelegt werden:

- Möglichst hohes Temperaturniveau
- Ausreichende Verfügbarkeit
- Möglichst hohe Speicherfähigkeit
- Ausreichende Regeneration
- Kostengünstige Erschließung.

### 2.3 Festlegung der Betriebsart

Wärmepumpen zur Raumheizung können je nach den Randbedingungen des Einsatzortes in unterschiedlicher Art und Weise betrieben werden. Sie richtet sich in erster Linie nach dem im Gebäude bereits vorhandenen oder geplanten Wärmeverteilungssystem. Ist eine Vorlauftemperatur von mehr als 55 °C erforderlich, was häufig in bestehenden Heizungsanlagen der Fall ist, so kann die Wärmepumpe nur mit einem zusätzlichen Wärmeerzeuger gemeinsam betrieben werden.

Folgende Betriebsarten sind zu unterscheiden:

**Monovalente Betriebsart.** Die Wärmepumpe ist alleiniger Heizwärmeerzeuger im Gebäude.

**Monoenergetische Betriebsart.** Die elektrisch betriebene Wärmepumpe benötigt keine zweite Energieart, sondern nutzt eine Elektro-Zusatzheizung.

**Bivalent-alternative Betriebsart.** Die Wärmepumpe liefert bis zu einer festgelegten Außentemperatur (z. B. 0 °C) die gesamte Heizwärme. Sinkt die Temperatur unter diesen Wert, schaltet sich die Wärmepumpe ab und der zweite Wärmeerzeuger übernimmt die Heizung.

**Bivalent-parallele Betriebsart.** Bis zu einer bestimmten Außentemperatur erzeugt allein die Wärmepumpe die notwendige Wärme. Bei niedrigen Temperaturen schaltet sich der zweite Wärmeerzeuger zu.

Bivalente Anlagen leiden gemeinhin unter

Akzeptanzproblemen, weil Besitzer von Ein- oder Zweifamilienhäusern sich meistens dagegen sträuben, gleich zwei Wärmeerzeuger installieren und dafür hohe Investitionskosten tragen zu müssen. Zudem ist ein bivalentes System heute nur noch selten erforderlich, da effektive Wärmedämmmaßnahmen den Einsatz von Heizungen mit niedrigen Vorlauftemperaturen erlauben. Somit sind derzeit nur noch die zwei erstgenannten Betriebsarten von Bedeutung.

### 2.4 Berücksichtigung von EVU-Sperrzeiten

Energieversorgungsunternehmen dürfen nach der geltenden Bundestarifordnung die Stromversorgung für maximal 3 x 2 Stunden innerhalb 24 Stunden unterbrechen. In der Regel genügt bei massiv gebauten Häusern mit Fußbodenheizungen das vorhandene Speichervermögen, um einen zweistündigen Heizungsstillstand überbrücken zu können. Es sind jedoch bei der Ermittlung des Wärmebedarfs für diese Sperrzeiten Zuschläge einzurechnen. Kann beispielsweise eine Wärmepumpe nur 18 statt 24 Stunden betrieben werden, muss die Heizleistung rein rechnerisch um ein Drittel gesteigert werden. Erfahrungsgemäß genügt in der Praxis jedoch bereits eine Erhöhung um 10 % bei einer Fußbodenheizung und 20 % bei einer Radiatorenheizung. Das liegt begründet in der Trägheit des Systems und in der Tatsache, dass selten alle Räume eines Hauses gleichzeitig beheizt werden.

### 2.5 Dimensionierung der Wärmepumpe

Zu klein dimensionierte Wärmepumpen bringen Komfortverluste und erhöhte Heizkosten mit sich, zu groß gewählte sind oft mit unverhältnismäßig hohen Anlagenkosten verbun-

den. In beiden Fällen würde die Wärmepumpenanlage nicht optimal wirtschaftlich arbeiten. Über- und Unterdimensionierungen sind deshalb unbedingt zu vermeiden. Die Auswahl eines geeigneten Aggregats erfolgt in der Regel anhand von Leistungsdiagrammen, die die Wärmepumpenhersteller für die unterschiedlichen Wärmepumpen-Typen zur Verfügung stellen (Bild 3).

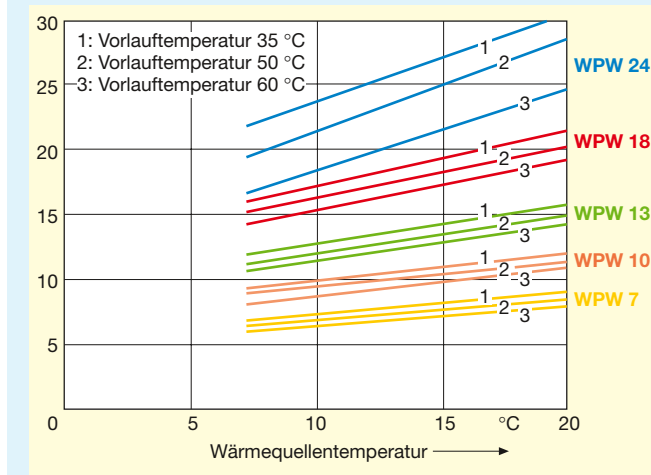
### 3 Planungshinweise, Auslegung und Installation

Die folgenden Ausführungen geben einige wichtige Hinweise für die Installation der unterschiedlichen Wärmepumpentypen, sind aber nicht als vollständige Planungs- und Installationsanleitung zu sehen. Es ist unerlässlich, hinsichtlich aller notwendigen Montagearbeiten, also auch hinsichtlich der hydraulischen Anbindung, der schallschutztechnischen Anforderungen und des elektrischen Anschlusses den Angaben des Herstellers zu folgen. Die Einhaltung aller technischen Regeln wird als selbstverständlich vorausgesetzt.

#### 3.1 Luft-/Wasser-Wärmepumpe

Umgebungs- oder Außenluft ist als Wärmequelle besonders leicht zu erschließen und überall in unbegrenzter Menge vorhanden. Diesen Vorteilen steht der Nachteil gegenüber, dass die Leistungszahl bei winterlichen Außentemperaturen rapide sinkt und die Wärmepumpe rasch an die Grenze ihrer Wirtschaftlichkeit stößt. Die Funktion folgt dem eingangs geschilderten Kreislauf: Die Außenluft wird mit einem Ventilator angesaugt, über den Verdampfer der Wärmepumpe geführt und dort abgekühlt. Die anfallende Energie und die Energie des Verdichters (Kompressor) werden im Verflüssiger (Kondensator) an das Heizungssystem abgegeben. Bei niedrigen Lufttemperaturen kommt es zu einer Reifbildung an den Lamellen des Verdampfers. Dieser Reifansatz wird automatisch abgetaut, das dabei anfallende Kondensatwasser aufgefangen und über einen Schlauch abgeleitet.

**Aufstellung im Freien.** Luft-/Wasser-Wärmepumpen eignen sich gut für eine Aufstellung im Freien (Bild 4). Der Vorteil liegt darin, dass keine Kanäle für die Luftführung vonnöten sind. Allerdings ist für die Heizungsseite mit einem kleinen Mehraufwand zu rechnen. So sind Heizungsvor- und -rücklauf durch Frost gefährdet und verlangen daher eine Verlegung unterhalb der Frostgrenze und – zur Vermeidung von Wärmeverlusten – eine gute Isolierung. Auch der Aufstellungsort der Wärmepumpe stellt einige Ansprüche: Die Wärmepumpe ist grundsätzlich auf einer dauerhaft ebenen, glatten und waagerechten Fläche aufzustellen. Sie muss allseits zugänglich sein; der Abstand zu Wänden und anderen baulichen Konstruktionen sollte mindestens 3 m betragen. Um Luftkurzschlüsse und Schallpegelerhöhungen durch Reflexion zu ver-



**3 Dimensionierung einer Wärmepumpe**  
**Beispiel:** Für eine Vorlauftemperatur von 50 °C, eine Temperatur der Wärmequelle von 10 °C und eine erforderliche Heizleistung von 9,4 kW wäre die WPW 10 die richtige Wahl. Sie hat eine elektrische Leistungsaufnahme von 2,6 kW und kommt auf eine Leistungszahl von  $\epsilon = 3,7$ .  
 Quelle: Stiebel Eltron

hindern, ist eine Aufstellung in Nischen und Mauerecken zu vermeiden.

**Innenaufstellung.** Ist eine Aufstellung im Freien nicht möglich, kann die Wärmepumpe auch im Innern des Gebäudes aufgestellt werden. Luftzufuhr und -abfuhr erfolgen dann über eine Kanalanlage, die so zu dimensionieren ist, dass sie einen störungsfreien Betrieb gewährleisten kann. Zur Vermeidung einer starken Raumauskühlung und aus sicherheitstechnischen Gründen müssen die bis zu –20 °C kalten Luftströme ins Freie geführt werden.

Ein besonders sensibles Thema bei der Verwendung von Luft-/Wasser-Wärmepumpen ist die Geräuschentwicklung. Folgende Hinweise sollten daher bei der Wahl des Aufstellungsortes bzw. Platzierung der Luftansaug- und Luftausblasseite beachtet werden:

- Luftansaug- und Luftausblasöffnungen der Wärmepumpe sollten nicht in der Nähe von Schlaf- und Arbeitszimmern und anderen geräuschempfindlichen Räumen installiert werden.
- Die Luftansaugung bzw. Luftausblasung in Nischen, Mauerecken oder zwischen zwei parallelen Wänden bewirkt eine Schallpegelerhöhung durch Reflexion und ist zu vermeiden.
- Freiräume im Wärmepumpensockel führen zu Schallbrücken mit einer Schallpegelerhöhung.
- Die Luftausblasöffnung sollte nicht direkt unterhalb von Fenstern angeordnet sein.
- Es empfiehlt sich, bei der Aufstellung einer Wärmepumpe in einem Wohnhaus vor dem Technikraum eine Schallschutztür einzusetzen.
- Bei der Aufstellung der Wärmepumpe im Obergeschoss ist speziell auf die Schwingungsentkopplung des Aufstellpodestes zu achten.
- Von einer Aufstellung auf Holzdecken oder auf PU-Kesselpodesten ist dringend abzuraten.

#### 3.2 Erdreich-/Wasser-Wärmepumpe

Erdreich-/Wasser-Wärmepumpen nutzen primär die in den oberen Erdschichten gespeicherte Energie, die hauptsächlich durch Son-



**4 Luft-/Wasser-Wärmepumpe für Außenaufstellung**  
 Foto: Stiebel Eltron

neneinstrahlung und Niederschlag aufgenommen wird. Der Wärmezufuss aus dem Erdinneren hingegen ist vernachlässigbar gering. Die Bodentemperatur ist relativ konstant; bei einer richtig geplanten Wärmepumpenanlage dürfte sie nicht wesentlich unter den Gefrierpunkt absinken. Als Energiesammler dienen Erdwärmekollektoren oder Erdwärmesonden, die mit einer nicht gefrierenden Sole gefüllt sind. Erdreich-/Wasser-Wärmepumpen arbeiten mit guten Leistungszahlen und können hohe Jahresarbeitszahlen erreichen. In aller Regel ist ein monovalenter Betrieb möglich und sinnvoll.

Die Wärmespeicherung und der Wärmetransport im Erdreich werden im Wesentlichen vom Wassergehalt bestimmt. Durch Feuchtigkeit wird die Wärmeleitfähigkeit des Bodens verbessert. Je feuchter das Erdreich ist, umso größer ist die mögliche Entzugsleistung. Das Erdreich regeneriert sich vor allem durch eindringende Niederschläge. Die Oberfläche über der Wärmequelle darf deshalb nicht bebaut oder versiegelt sein. Die gewinnbare Energiemenge ist deutlich höher, wenn das im Boden enthaltene Wasser gefriert; eine Vereisung um die Kollektor- bzw. Sondenrohre herum ist also nicht nachteilig, sondern sogar erwünscht. Es muss jedoch unbedingt vermieden werden, dass die Eisräden zu groß werden und zusammenwachsen. Dadurch wäre die thermische Regeneration des Erdreichs gefährdet. Die Erdbodentemperatur könnte dauerhaft absinken und die Jahresarbeitszahl sich verringern. Die für Erdwärmekollektoren oder Erdwärmesonden vorgesehene Bodenfläche muss gewachsen und nicht einseitig aufge-

schüttet sein. Andernfalls besteht die Gefahr, dass Bodensetzungen die Rohre beschädigen.

**Betrieb mit Erdwärmekollektoren.** Erdwärmekollektoren haben Sonden gegenüber den Vorteil, dass sie relativ einfach aufzubauen sind und in der Regel keiner Genehmigungspflicht unterliegen. Sie bestehen aus gleichlangen parallelgeschalteten Rohrschlangen, die in einer Tiefe von mindestens 1,2 m bis maximal 1,5 m und einem Abstand von 0,5 bis 1 m flach im Boden verlegt und über Vor- und Rücklaufverteiler mit der Wärmepumpe verbunden sind. Es ist darauf zu achten, dass die einzelnen Rohrschlangen eine Länge von 100 m nicht überschreiten. Um eine ordnungsgemäße Entlüftung des Kollektors zu gewährleisten, sind alle Rohrschlangen mit einer leichten Steigung in Richtung Verteiler zu verlegen.

Die Dimensionierung der Kollektorfläche hängt in erster Linie von der Wärmeleitfähigkeit des Erdreichs und der Kälteleistung der Wärmepumpe ab. Die Wärmeleitfähigkeit ist nach VDI 4640 als spezifische Entzugsleistung definiert und hat beispielsweise bei trockenen lehmigen Böden einen Wert von 25 W/m<sup>2</sup>. Die Kälteleistung errechnet sich aus der Differenz zwischen Heizleistung und elektrischer Leistungsaufnahme. Der Quotient aus Kälteleistung und Entzugsleistung ergibt die notwendige Flächengröße.

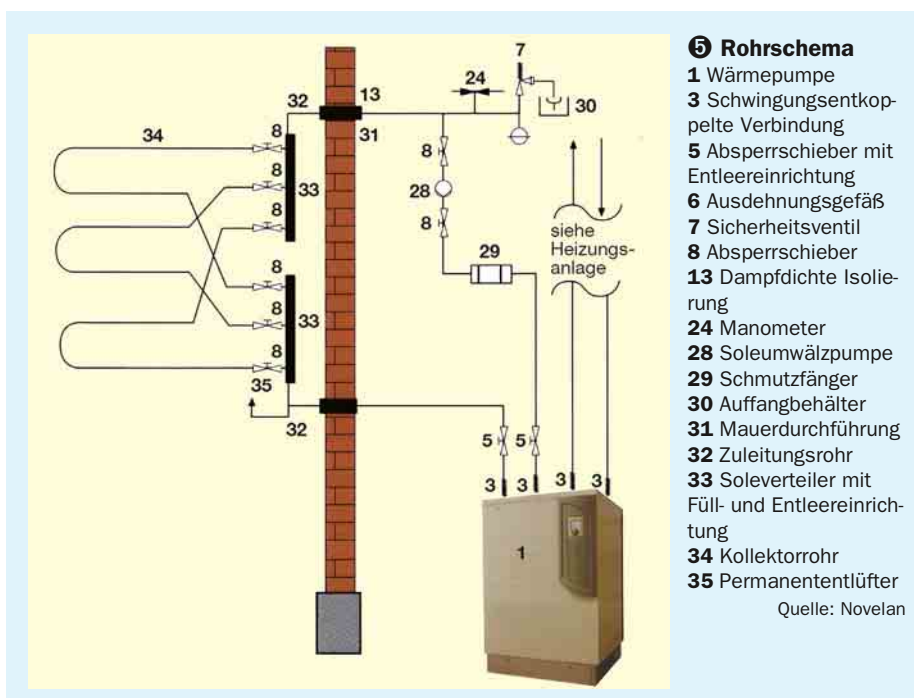
Um die Wärmequellenanlage und den Verdampfer in der Wärmepumpe vor dem Zufrieren zu schützen, wird als Wärmeträger ein Gemisch aus Wasser und Monoethylglykol eingesetzt. Das Mischungsverhältnis ist den Herstellerangaben zu entnehmen. Für die Dimensionierung der Umwälzpumpe für den Solekreislauf ist eine detaillierte Rohrnetz-berechnung erforderlich. Dabei ist zu berücksichtigen,

dass bei einer 25- bis 30 %-igen Sole der Druckverlust um den Faktor 1,5 bis 1,7 größer ist als bei reinem Wasser. An dieser Stelle sei ein wichtiger Hinweis angebracht: Eine steigende elektrische Leistungsaufnahme verringert die Leistungszahl der Wärmepumpenanlage.

Der Verteiler für die einzelnen Rohrschlangen wird üblicherweise in einem Schacht im Freien montiert werden. Zum Absperren der einzelnen Rohrkreise sollte der Verteiler mit Kugelhähnen ausgestattet sein. Da die Kollektoranlage einen geschlossenen Kreislauf bildet, in dem aufgrund thermischer Schwankungen Volumenänderungen auftreten, ist der Einbau eines Druckausdehnungsgefäßes nach DIN 4807 erforderlich. Des Weiteren sind ein Permanententlüfter, ein Sicherheitsventil sowie Manometer und Thermometer zu installieren (Bild 5). Alle eingesetzten Materialien müssen sole- und korrosionsgeschützt sein und gegen Schwitzwasser isoliert werden – soweit sie mit Sole befüllt sind und im Gebäudeinneren installiert werden.

Hinweise im Überblick:

- Die genaue Auslegung der Kollektorfläche richtet sich nach der vor Ort vorhandenen Bodenbeschaffenheit.
- Entzugsfläche nicht versiegeln; keine Pflastersteine, keine Betonversiegelung
- Rohre nicht unter Bodenplatten oder Teichanlagen verlegen
- Keine Gebäude, z. B. Gartenhäuschen, auf der Entzugsfläche errichten
- Entlüftung der Anlage ist wichtig; deshalb auf eine leicht ansteigende Leitungslegung zum Verteiler hin achten
- Schacht für Verteiler und Sammler an der höchsten Stelle des Geländes, gut zugänglich, anbringen
- Horizontal verlegte Leitungen zum Schutz in



ein Sandbett legen, bzw. steinfreies Erdreich verwenden

- Sole-Konzentrat **vor** (!) dem Füllen der Wärmequellenanlage mischen
- Alle Leitungen im Haus dampfdiffusionsdicht isolieren
- Bei der Dimensionierung der Umwälzpumpe den erhöhten Druckverlust der Sole-Flüssigkeit beachten.

**Betrieb mit Erdwärmesonden.** Erdwärmesonden sind mit Sole gefüllte Wärmetauscher, die bis zu einer Tiefe von 100 m vertikal ins Erdreich eingebracht werden. Ab einer Tiefe von etwa 15 m hat das Erdreich eine weitgehend konstante Temperatur. Ein weiterer Vorteil ist der gegenüber einem Erdreichkollektor geringere Flächenbedarf. Je nach Bundesland und Bodenbeschaffenheit kann ein Genehmigungsverfahren erforderlich werden. Für die Solekonzentration, Pumpenauslegung und Materialauswahl gelten die gleichen Kriterien wie bei Erdwärmekollektoren. Eine gegenseitige Beeinflussung der Sonden ist dann ausgeschlossen, wenn der Abstand zwischen ihnen mindestens 6 m beträgt. Um den höchstmöglichen Ertrag zu erzielen, sollten die Sonden bei Grundwasser führendem Untergrund quer zur Grundwasserfließrichtung angeordnet werden.

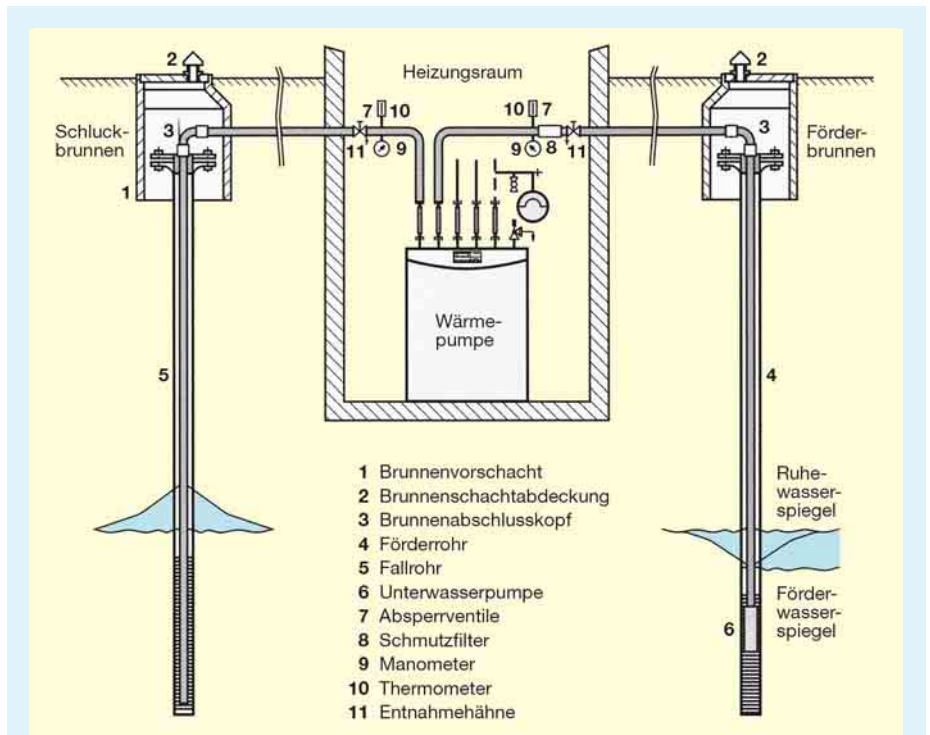
Die Berechnung, Dimensionierung und Erstellung von Erdwärmesonden sollte aufgrund der komplexen geologischen und hydrogeologischen Zusammenhänge sowie der notwendigen, speziellen technischen Kenntnisse einem erfahrenen Erdwärmesonden-Bauunternehmen überlassen werden.

### 3.3 Wasser-/Wasser-Wärmepumpe

Wasser/Wasser-Wärmepumpen, die Grundwasser als Wärmequelle nutzen, werden in der Regel monovalent betrieben. Sie sind aus energetischer Sicht besonders günstig, da die Wassertemperatur von etwa +10 °C, die zudem recht konstant ist, eine hohe Leistungszahl der Wärmepumpe ermöglicht. Die Gerätetechnik ist einfach und hat sich vielfach

#### Beispiel für die Berechnung der Kollektorfläche

Eine Wärmepumpe hat nach Herstellerangaben bei einer Wärmequellentemperatur von 0 °C und einer Heizsvorlauftemperatur von +35 °C eine Heizleistung von 9,9 kW und eine Leistungsaufnahme von 2,2 kW. Daraus resultiert eine Kälteleistung der Wärmepumpe von 7,7 kW. Dividiert man diese Leistung [W] durch die spezifische Entzugsleistung [W/m<sup>2</sup>] erhält man eine Flächengröße von 308 m<sup>2</sup>. Bei einem Rohrabstand von 0,6 m ergibt sich daraus eine Rohrlänge von 513 m, die auf 5 Rohrkreise von je etwa 100 m aufgeteilt werden. Quelle: Stiebel Eltron



6 Schematische Darstellung einer Brunnenanlage mit Förder- und Schluckbrunnen Quelle: Novelan

bewährt. Ist Grundwasser in der notwendigen Menge und Qualität vorhanden und sind die Investitionskosten für die Brunnenanlage nicht zu hoch, ist der Einsatz einer Wasser-/Wasser-Wärmepumpe sicher erste Wahl.

**Ausführung der Brunnen.** Für die Wärmenutzung aus dem Grundwasser sind ein Förder- und ein Schluck- oder Sickerbrunnen notwendig Bild 6. Die erforderliche Wassermenge ist den technischen Daten der Wärmepumpe zu entnehmen. Planung und Bau der Brunnenanlage müssen einem qualifizierten Brunnenbauer anvertraut werden. Er wird nach einem Pumpversuch beurteilen können, ob die erforderliche Wassermenge zur Verfügung steht und ob die Wasserqualität ausreichend ist, um eine Korrosion und Verschlammung des Verdampfers sowie eine Verockerung des Schluckbrunnens zu vermeiden. Beim Bau der Brunnenanlage ist ferner darauf zu achten, dass das abgekühlte Wasser des Sickerbrunnens nicht wieder in den Bereich des Förderbrunnens gelangt. Die Brunnen müssen deshalb mindestens 15 m Abstand haben. Die erforderliche Tiefe der Brunnenbohrungen hängt vom Grundwasserspiegel ab. Hier lauert allerdings die Gefahr, dass die Kosten aus dem Ruder laufen, wenn die Grundwasser führende Schicht erst in großer Tiefe erreicht werden kann.

**Rohrleitungen, Pumpen und Armaturen.** Rohrleitungen müssen luftdicht ausgeführt sein und mit Gefälle zu den Brunnen verlegt werden. Die Wärmeverluste auf dem Weg vom Förderbrunnen zur Wärmepumpe sind möglichst gering zu halten. Der häufig schon werkseitig

vormontierte Schmutzfänger ist auf jeden Fall zu verwenden und auch regelmäßig zu reinigen. Für die Temperaturüberwachung sollten je ein Thermometer am Wärmepumpenein- und -austritt installiert werden. Für die Auslegung der Förderpumpe ist eine detaillierte Rohrnetzrechnung notwendig. Die Pumpe muss so ausgewählt werden, dass der Mindestwasserdurchsatz unter Berücksichtigung aller auftretenden Druckverluste in der Wärmequellenanlage gewährleistet wird. Stehen mehrere Pumpentypen zur Auswahl, so sollte die Entscheidung auf jeden Fall für die Pumpe mit dem geringsten Energieverbrauch getroffen werden.

**In diesem Zusammenhang ein Hinweis zum Hilfsenergiebedarf, besonders zum Energieverbrauch der Förderpumpe. Bei kleinen Anlagen oder zu großer Tiefe wird der vermeintliche energetische Vorteil sehr oft durch die zusätzliche Pumpenenergie aufgeessen. Das führt häufig zu einer deutlichen Beeinflussung der Jahresarbeitszahl. Schlimmstenfalls kehrt sich die gewünschte Wirtschaftlichkeit, zu der eine Wärmepumpe ohne Zweifel beitragen kann, genau ins Gegenteil um.**

#### Literatur

- [1] F. Flade (Hrsg.) in Zusammenarbeit mit dem Bundesverband WärmePumpe (BWP): Handbuch Wärmepumpe. München 2003.
- [2] RWE-Bauhandbuch. Frankfurt, Berlin, Heidelberg: VWEV Energieverlag 2004.
- [3] Wärmepumpensysteme. Planung und Installation. Holzminde: Fa. Stiebel Eltron 2005.
- [4] Projektierungshandbuch Wärmepumpe. Kasendorf: Fa. Novelan.