

# Wärmepumpen wirtschaftlich betreiben

Die Jahresarbeitszahl bestimmt die Rentabilität

H. Buers, Berlin

**Lohnen sich Wärmepumpensysteme für die Beheizung von privaten Ein- oder Zweifamilienhäusern? Die Antwort hängt entscheidend von der erreichbaren Jahresarbeitszahl ab. Sie darf nicht mit der Leistungszahl verwechselt werden. Planungs- und Installationsfehler können sich unnötig verschlechtern.**

## 1 Einleitung

Eine Wärmepumpe funktioniert im Grunde wie ein elektrisches Kühlgerät, generiert aber einen anderen Nutzen. Der Verdampfer eines Kühlsystems entzieht einem geschlossenen Raum thermische Energie, es entsteht nutzbare Kälte. Die entnommene Wärme wird über eine großflächige Lamellenkonstruktion ungenutzt an die Umwelt abgegeben. Bei der Wärmepumpe funktioniert es ähnlich: Auch sie produziert Kälte, und zwar im Erdreich, im Wasser oder in der Luft, je nach dem, welches Medium als Wärmequelle vorgesehen ist. Sie lässt aber im Gegensatz zu einem Kühlaggregat die aufgenommene thermische Energie nicht ungenutzt, sondern überträgt sie an ein Heizsystem. Der Nutzen ist hier also die Wärme, die dazu noch den Vorteil hat, zu einem bestimmten Prozentsatz kostenlos zu sein. Eine Wärmepumpe kann also dazu beitragen, Primärenergie zu sparen und den Ausstoß von Kohlendioxid zu reduzieren.

Doch neben diesem volkswirtschaftlichen Gewinn muss es für den Bauherrn auch einen finanziellen Vorteil geben, wenn er sich für ein Wärmepumpensystem als Heizungsanlage für sein Ein- oder Zweifamilienhaus entscheiden soll. Schließlich kommen auf ihn Investitionskosten zu, die in der Regel gegenüber denen einer konventionellen Heizung, eines Brennwertkessels beispielsweise, um Etliches höher sein können. Vor dem Kauf wird sich der Bauherr deshalb vom Händler beziehungsweise Handwerker vorrechnen lassen, ob und wann sich seine Anschaffung bezahlt macht. Eine Kenngröße, mit der in Verkaufs- und Beratungsgesprächen häufig argumentiert wird, ist die Leistungszahl. Für die Rentabilität einer Wärmepumpenanlage ist sie aber weniger wichtig, da sie unter festen Bedingungen auf dem Prüfstand ermittelt wird und nur einen Momentwert des Leistungsvermögens einer Wärmepumpe (nicht der Wärmepumpenanlage) darstellt. Aussagekräftig für die Abschät-

zung der Wirtschaftlichkeit ist im Grunde nur die Arbeitszahl beziehungsweise die Jahresarbeitszahl. Letztere ist zu verstehen als der Mittelwert einer sich dauernd ändernden Leistungszahl, betrachtet über einen Zeitraum von einem Jahr. Sie berücksichtigt anders als die Leistungszahl auch die Leistungsaufnahmen der Hilfsantriebe wie Pumpen, Lüfter, Regelantriebe und sonstige elektrische Verbraucher, soweit sie für den Betrieb der Wärmepumpenanlage benötigt werden. Die Jahresarbeitszahl lässt sich im Voraus nur überschlägig ermitteln, da sie von Faktoren abhängt, die in der Zukunft liegen. Daher müssen auch Angaben in Werbeprospekten der Hersteller als geschätzte Werte angesehen werden (Bild 1).

Händler und Handwerker, die sich im Wärmepumpenmarkt betätigen, müssen mit den elementaren Kenngrößen Leistungszahl und Arbeitszahl umgehen können. Der Beitrag zeigt, wie sie ermittelt werden und welche Faktoren vor allem die Arbeitszahl beeinflussen.

## 2 Leistungszahl

Wenn es um die unabhängige Bewertung ihrer Wärmepumpen geht, wenden sich viele Hersteller an das schweizerische Wärmepumpen-Testzentrum (WPZ) in Buchs. Es ermittelt unter anderem auch die Leistungszahl von Heizungs- und Warmwasserwärmepumpen mit elektrisch angetriebenen Verdichtern. Die Prüfbedingungen und -verfahren basieren auf der europäischen Norm EN 14511 und den darin erwähnten weiteren Normen und Richtlinien. Diese liegen auch den folgenden Ausführungen zugrunde, falls nicht anders erwähnt.

Laut Definition bezeichnet die Leistungszahl (englisch COP, für Coefficient of Performance) im Heizbetrieb das Verhältnis der Heizleistung zur effektiven elektrischen Leistungsaufnahme der Wärmepumpe bei konstant gehaltenen Randbedingungen. Bei Wärmepumpen im Kühlbetrieb gelten die Angaben entsprechend. Die mittlere Leistungszahl wird durch Division der während der Prüfdauer gewonnenen Heizwärme durch die entsprechend auf-



1 Nicht alle Wärmepumpen halten, was die Werbung verspricht

gewendete elektrische Energie bestimmt. Sie errechnet sich nach folgender Gleichung:

$$\epsilon = \frac{Q_{WP}}{E_{el}}$$

Hierin bedeuten:

- $\epsilon$  Leistungszahl der Wärmepumpe
- $Q_{WP}$  Heizenergie [J], die während der Prüfdauer abgegeben wurde
- $E_{el}$  Elektrische Energie [J], die während der Prüfdauer aufgenommen wurde.

Die Leistungszahl gilt also nur mit Daten, die während der Prüfdauer ermittelt wurden. Zu einem späteren Zeitpunkt bei veränderten Bedingungen sind andere Werte zu erwarten. Eine Leistungszahl 4 auf dem Typenschild eines Herstellers bedeutet nach dieser Definition, dass das Vierfache der für den Verdichter eingesetzten elektrischen Energie in nutzbare Wärmeenergie umgewandelt wird. Die Leistungsaufnahme von Pumpen, Lüftern und anderen elektrischen Verbrauchern der Wärmepumpenanlage bleiben unberücksichtigt. Die Leistungszahl ist also ausschließlich ein Kriterium für das Leistungsvermögen der Wärmepumpe. Für die Rentabilität der Gesamtanlage spielt sie eine eher untergeordnete Rolle.

Für die Ermittlung der Leistungszahl sind in der EN 14511 bestimmte Prüfpunkte vorgesehen, an denen die notwendigen Messungen unter konstanten Prüfbedingungen durchgeführt werden. Dabei sind die Prüfpunkte und Prüfbedingungen für jeden Wärmepumpentyp anders. Sie werden meistens zusammen mit der Leistungszahl in den Unterlagen der Hersteller und auf dem Typenschild angegeben. Als Beispiel seien im Folgenden die Werte einer Sole-/Wasser-Wärmepumpe eines bekannten Herstellers genannt:

**Autor**  
Hermann Buers ist freier Fachjournalist, Berlin.

**B0W35 EN 14511**

**Heizleistung/elektrische Leistungsaufnahme: 5,9/1,4 kW**

**Leistungszahl/COP: 4,3**

Darin bedeuten:

**B:** Wärmequellenmedium Brine (Sole)

**O:** Wärmequellentemperatur 0 °C

**W:** Wärmeabnahmemedium Wasser

**35:** Vorlauftemperatur 35 °C

**EN 14511:** Hinweis auf die zugrunde liegende Norm

Die Bezeichnungen Heizleistung und Leistungsaufnahme dürfen als bekannt vorausgesetzt werden. Die Angaben zu den Prüfpunkten und -bedingungen folgen den Vorgaben der EN 14511 und können Tafel 1 entnommen werden. Die dort genannte D-A-CH ist eine Arbeitsgemeinschaft von Wärmepumpenverbänden aus Deutschland (D), Österreich (A) und der Schweiz (CH). Sie hat Qualitätsrichtlinien für Wärmepumpen festgelegt, die größtmögliche Leistung, Betriebssicherheit und Umweltfreundlichkeit sicherstellen sollen. In ihrem „Reglement zur Erteilung des Internationalen Gütesiegels für Heizwärmepumpen“ sind für Leistungszahlen folgende Minimalanforderungen aufgestellt:

**Sole/Wasser:**

B0/W35; Leistungszahl: 4,0

**Wasser/Wasser:**

W10/W35; Leistungszahl: 4,5

**Luft/Wasser:**

A2/W35; Leistungszahl: 3,0

**Direktverdampfung/Wasser:**

E4/W35; Leistungszahl: 4,0

Nach dem DACH-Wärmepumpen-Prüfreglement dürfen die vom Hersteller gemeldeten Angaben nicht mehr als  $\pm 5\%$  von den vom Prüfzentrum ermittelten Werten abweichen.

### 3 Jahresarbeitszahl

Das WPZ-Prüfreglement unterscheidet zwischen einer Arbeitszahl für eine Wärmepumpe und einer solchen für eine komplette Wärmepumpenanlage. Erstere ist folgendermaßen definiert: Die Arbeitszahl der Wärmepumpe ist der Quotient aus Heizwärme und elektrischem Energieverbrauch der Wärmepumpe innerhalb einer bestimmten Zeitspanne (z. B. 1 Jahr) für ein bestimmtes Objekt. Die Randbedingungen (Vorlauf- und Quellentemperatur) sind im Allgemeinen variabel.

Die Jahresarbeitszahl ist also keine Momentaufnahme eines Betriebszustandes der Wärmepumpe unter genormten Randbedingungen (siehe Leistungszahl), sondern ist abhängig von mehreren Einflussfaktoren, die aus der Wärmequelle und der Wärmenutzungsanlage (Heizung) kommen. Vor allem die Temperatur auf der Heizungsseite ist von größter Bedeutung: Eine mittlere Temperaturerhöhung um 1 °C verschlechtert die Jah-

resarbeitszahl um 2 bis 2,5 % und erhöht den Energieverbrauch um den gleichen Wert.

### 3.1 Überschlägige Ermittlung

Die Jahresarbeitszahl lässt sich überschlägig ermitteln. Zu diesem Zweck haben die RWE Messergebnisse aus vielen bestehenden Anlagen zusammengetragen und daraus ein „Arbeitsblatt zur überschlägigen Bestimmung der Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpenanlage“ entwickelt. Dieses Formblatt, das die Grundlage der VDI-Richtlinie 4650 bildet, wurde mit realen Messwerten validiert und ist in der Fachwelt allgemein anerkannt. Man findet das Arbeitsblatt in ähnlicher Form auch auf Websites von Herstellern und kann damit online arbeiten. Die Vorgehensweise ist weitgehend automatisiert: Nach der Eingabe von nur wenigen bauseitigen Daten wird die voraussichtliche Jahresarbeitszahl ermittelt. Die erforderlichen Eingabeschritte, die hier in Kurzform nachgezeichnet werden sollen, basieren auf einem Berechnungsbeispiel der Firma Glen Dimplex Deutschland GmbH.

**Schritt 1:** Auswahl der jeweils gültigen Berechnungsgleichung (vom Kunden auswählen)

- ausgewählt: Sole/Wasser-Wärmepumpe, Gleichung erscheint
- ausgewählt: Wärmepumpentyp: Typ SI 5BS

**Schritt 2:** Relevante Leistungszahlen bestimmen (Programm hat bereits folgende Daten der Wärmepumpe eingegeben):

- Sole/Wasser-Wärmepumpe (B0/W35)
- Norm-Leistungszahl der Wärmepumpe: 4,3

**Schritt 3:** Korrekturfaktor für abweichende Temperaturdifferenzen

- Temperaturdifferenz am Verflüssiger unter Prüfstandsbedingungen: 10,10 K, vom Programm eingestellt

- Tatsächliche Temperaturdifferenz: 10 K, vom Kunden eingestellt
- Korrekturfaktor: 0,911, vom Programm eingestellt

**Schritt 4:** Weitere Korrekturfaktoren festlegen

- maximale Vorlauftemperatur: 35 °C, vom Kunden eingegeben
- mittlere Soletemperatur: 0 °C, vom Kunden eingegeben
- Korrekturfaktoren F: vom Programm eingestellt.

**Schritt 5:** Dieser wird vom Programm automatisch durchgeführt.

**Ergebnis:** Jahresarbeitszahl = 4,31

### 3.2 Ermittlung durch Messungen

Die Ermittlung der tatsächlichen Rentabilität einer Wärmepumpenanlage ist im Grunde nur durch Messungen über einen längeren Zeitraum möglich. So führt die Lokale Agenda 21 – Gruppe Umwelt/Energie Lahr zusammen mit der Ortenauer Energieagentur in Offenburg seit Oktober 2006 einen zweijährigen „Feldtest Elektro-Wärmepumpen“ durch. Die Ergebnisse der Heizsaison 2006/07 bestätigen das bisher Gesagte: Es bestehen erhebliche Unterschiede zwischen den Ergebnissen von Leistungszahlmessungen auf den Testständen und den Arbeitszahlen, die unter realistischen Betriebsbedingungen erzielt werden.

Die Auswertung der Ergebnisse liefert folgendes Bild, wobei die Wärmepumpe jeweils mit einer Fußbodenheizung betrieben wurde:

- Spitzenreiter sind Erdreich-Wärmepumpen. Sie erreichten im Mittel eine Arbeitszahl von 3,5 bis 3,6.
- Grundwasser-Wärmepumpen erzielten einen Mittelwert von 3,4.
- Luft-Wärmepumpen erreichten eine Arbeitszahl von durchschnittlich 2,95.

Tafel 1 Prüfpunkte und -bedingungen

Quelle: Wärmepumpen-Testzentrum WPZ

| Prüfpunkte Luft/Wasser-Wärmepumpen |                        |            |          |          |            |            |
|------------------------------------|------------------------|------------|----------|----------|------------|------------|
| Vorlauftemp.<br>Heizsystem         | Quellentemperatur Luft |            |          |          |            |            |
|                                    | A-15: -15 °C           | A-7: -7 °C | A2: 2 °C | A7: 7 °C | A10: 10 °C | A20: 20 °C |
| W35: 35 °C                         | EN 14511               | EN 14511   | EN 14511 | EN 14511 | D-A-CH     | D-A-CH     |
| W45: 45 °C                         | EN 14511               | EN 14511   | EN 14511 | EN 14511 |            |            |
| W55: 55 °C                         |                        | EN 14511   |          | EN 14511 |            | D-A-CH     |

| Prüfpunkte Sole/Wasser- und Wasser/Wasser-Wärmepumpen |                        |          |          |                          |            |
|---|------------------------|----------|----------|--------------------------|------------|
| Vorlauftemp.<br>Heizsystem                            | Quellentemperatur Sole |          |          | Quellentemperatur Wasser |            |
|   | B-5: -5 °C             | B0: 0 °C | B5: 5 °C | W10: 10 °C               | W15: 15 °C |
| W35: 35 °C  | D-A-CH                 | EN 14511 | EN 14511 | EN 14511                 | D-A-CH     |
| W45: 45 °C  | EN 14511               | EN 14511 | EN 14511 | EN 14511                 | EN 14511   |
| W55: 55 °C  | EN 14511               | EN 14511 | D-A-CH   | EN 14511                 | D-A-CH     |

| Prüfpunkte Wassererwärmer-Wärmepumpen   |   |
|---|---|
| Die Prüfung für Wassererwärmer-Wärmepumpen wird nach EN 255-3 durchgeführt. Die Prüfpunkte variieren je nach Bauart der Wärmepumpe. |   |
| <b>Legende:</b> EN 14511  | Prüfpunkte gemäß EN 14511                     |
| D-A-CH  | Zusätzliche Prüfpunkte gemäß D-A-CH-Reglement |

- Bei den Warmwasser-Wärmepumpen betrug der Mittelwert nur 1,7.

Am wirtschaftlichsten lassen sich Wärmepumpen mit einer Fußbodenheizung betreiben. Die Arbeitszahlen liegen beim reinen Heizbetrieb gegenüber einer Radiatorenheizung im Mittel um 0,3 (Erdreich-WP) beziehungsweise 0,65 (Luft-WP) Punkte höher. Natürlich lässt sich eine Wärmepumpe auch mit Radiatoren betreiben (typischer Fall: Altbauanierung). Hersteller, Handwerker und Elektrizitätswerke müssen aber den potentiellen Betreibern klar sagen, dass sie dann 10 % (bei einer Erdreich-WP) beziehungsweise 28 % (bei einer Luft-WP) mehr Strom verbrauchen. Das kann dann aber schon die entscheidende Strommenge sein, die den Betrieb eines Wärmepumpensystems unwirtschaftlich werden lässt.

#### 4 Kompensation von Kraftwerksverlusten

Die tatsächlichen Arbeitszahlen, die hier auf Einzelwerten von 33 Heiz- und fünf Warmwasser-Wärmepumpen basieren, bestimmen die Rentabilität eines Wärmepumpen-Heizsystems und sind für den Bauherrn deshalb von einiger Bedeutung. Denn für ihn steht zum Zeitpunkt der Anschaffung in der Regel die Frage im Vordergrund, in welchem Zeitraum sich die höheren Investitionskosten, die im Vergleich zu den Kosten für eine Gas- oder Ölheizung anfallen, durch Energieeinsparung bezahlt machen.

Die „Lokale Agenda 21 – Gruppe Umwelt/Energie“ und mit ihr viele Klimafachleute möchten aber darüber hinaus auch den Klimaschutz berücksichtigt wissen und fordern deshalb für Wärmepumpen eine Arbeitszahl von über 3. Dahinter steht die Überlegung, dass Kraftwerke 100 % Primärenergie (Kohle, Gas, usw.) verbrauchen, um 33 % Sekundärenergie (elektrischer Strom) zu erzeugen. Es werden also 67 % der eingesetzten Energie in Form von Abwärme an die Umwelt abgegeben. Die Elektro-Wärmepumpe macht nun nichts anderes, als diesen Anteil wieder nutzbar zu machen. Bei einer Arbeitszahl von 3 wäre die Bilanz ausgeglichen (Bild 2). Das Ziel aber sollte lauten, für den Klimaschutz noch etwas mehr zu tun.

Vor diesem Hintergrund wären also Erdreich-Wärmepumpen (mit Tiefensonden oder Erdreichkollektoren) und Grundwasser-Wärmepumpen in Verbindung mit Fußbodenheizungen zu bevorzugen. Auf den Einsatz von Luft-Wärmepumpen, die die gewünschte Arbeitszahl 3 nicht erreichen, müsste hingegen konsequent verzichtet werden, selbst wenn sich ihre Anschaffung irgendwann finanziell lohnen würde. Das gilt erst recht, wenn sie für die Warmwasserversorgung eingesetzt werden, wo sie dort ja nur auf eine mittlere Arbeitszahl von 1,7 kommen, wie

der Feldtest gezeigt hat. Luft-Wärmepumpen wären allerdings dann ein Gewinn für die Umwelt, wenn die Antriebsenergie aus der Kraft-Wärme-Kopplung, beispielsweise aus einem Blockheizkraftwerk, käme, denn dann könnte der empfohlene Arbeitszahlwert auf deutlich unter 3 gesenkt werden.

#### 5 Fehler bei Dimensionierung und Installation

Auch die E.ON Energie AG in München führte einen Feldtest mit Wärmepumpen durch. Es wurden 29 Wärmepumpenanlagen in Einfamilienhäusern über einen Zeitraum von zwei Heizperioden überwacht. Die Ergebnisse wurden im August 2005 veröffentlicht und ließen die Fachleute aufhorchen. Überraschend waren aber nicht so sehr die guten Arbeitszahlen für die Grundwasser- und Erdreich-Wärmepumpen – die hatte man in etwa so erwartet –, sondern die Tatsache, dass die Installation einer Wärmepumpe einen so hohen Einfluss auf die Jahresarbeitszahlen hatte. Zum Teil ergaben sich Abweichungen von mehr als 30 %. So erreichte eine Wärmepumpe in einem Fall eine Jahresarbeitszahl von 2,4, während das gleiche Modell, von einem anderen Handwerksbetrieb installiert, auf einen Wert von 3,7 kam.

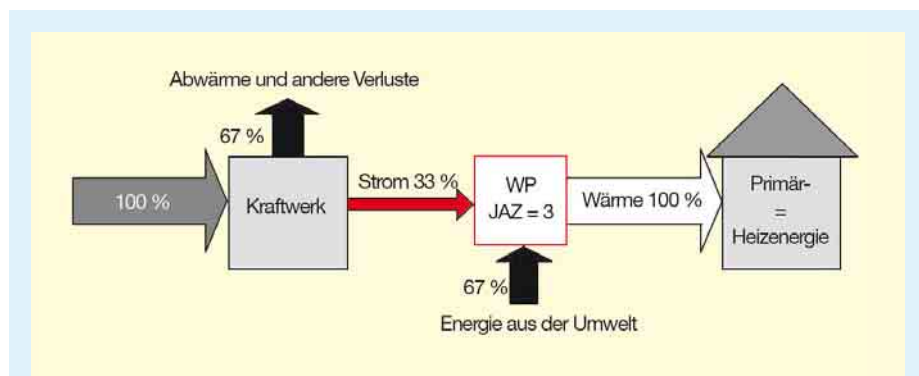
Offensichtlich sind den Verantwortlichen bei der Dimensionierung und den Installationsarbeiten Fehler unterlaufen, indem sie physikalische Gesetzmäßigkeiten, die die Rentabilität einer Wärmepumpe ausmachen, außer acht gelassen haben. Wie eingangs schon besprochen: Die Menge der eingesetzten elektrischen Energie muss im Verhältnis zur Menge der abgegebenen thermischen Energie so gering wie möglich sein. Eine der Voraussetzungen dafür ist, die Differenz zwischen der Eintrittstemperatur des Wärmeträgers am Verdampfer und der Vorlauftemperatur der Heizungsanlage ebenfalls gering zu halten. Eine weitere Voraussetzung: Die Hilfsantriebe dürfen nicht überdimensioniert sein. Die Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpenanlage hängt also im

Wesentlichen von den elektrischen und thermischen Werten an der „kalten“ Wärmequelle und der „warmen“ Wärmesenke ab. Die folgenden Hinweise sollen einige wichtige Anlagenteile aufzeigen, an denen fehlerhafte Planungen und Installationsarbeiten aus guten Leistungszahlen, die auf Prüfständen ermittelt wurden, schlechte Arbeitszahlen machen können.

**Vorlauftemperatur der Heizung ist unnötig hoch.** Im Neubau sind die benötigten Vorlauftemperaturen exakt bekannt, vorausgesetzt, der zuständige Architekt oder Fachplaner hat eine normgerechte Heizlastberechnung durchgeführt. Es empfiehlt sich, eine Fußbodenheizung schon bei der Planung etwas großzügiger auszulegen, beispielsweise für maximal 30 °C statt 35 °C, weil eine Absenkung des Temperaturniveaus um 1 °C die Jahresarbeitszahl um bis zu 2,5 % verbessern kann.

Bei Sanierungsmaßnahmen im Altbau werden die maximalen Vorlauftemperaturen in der Planungsphase meistens geschätzt. Es kann sinnvoll sein, die so ermittelten Werte noch einmal zu überprüfen und zu korrigieren, wenn die erzielte Jahresarbeitszahl völlig aus dem Rahmen fallen sollte. Möglicherweise sind dann zusätzliche Wärmedämmmaßnahmen und der Austausch vorhandener Radiatoren gegen größere ungenügend. Eine erneute Überprüfung ist vor allem geboten bei Heizungsanlagen, die eine Vorlauftemperatur von mehr als 60 °C benötigen. Solche Heizungen können mit Wärmepumpen wirtschaftlich nur bivalent, also mit einem zweiten Wärmeerzeuger, betrieben werden. Ein weiterer wichtiger Punkt: An der Heizungsanlage muss unbedingt der vorgeschriebene hydraulische Abgleich durchgeführt werden. Wie Hersteller und Energiefachleute immer wieder beklagen, wird diese Optimierungsmaßnahme fast regelmäßig unterlassen. In vielen Fällen fehlt dazu wohl ganz einfach das notwendige Fachwissen.

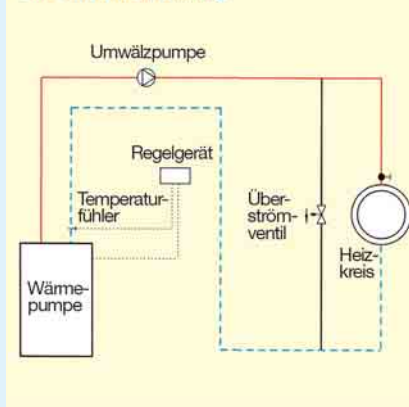
**Pufferspeicher sind bei Fußbodenheizungen meistens überflüssig.** Ein Heizungspufferspeicher (200 bis 1000 l) kann die Arbeitszahl einer Wärmepumpenanlage verringern.



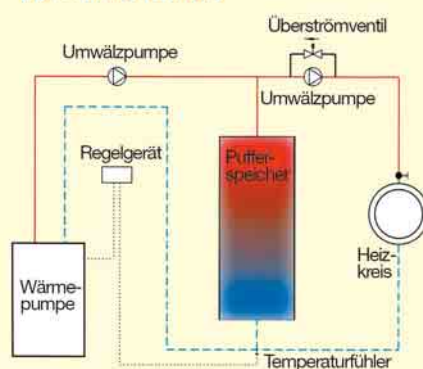
2 Kompensation von Kraftwerksverlusten



Wärmepumpe mit Überströmeinrichtung



Wärmepumpe mit Trennspeicher (hydraulische Weiche)

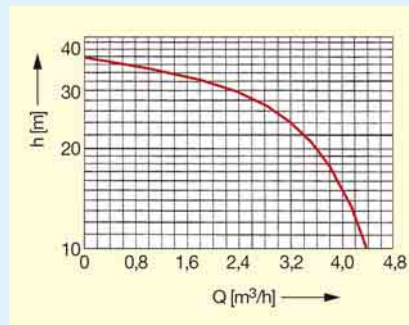


③ Bei Fußbodenheizungen ist ein Pufferspeicher meistens nicht erforderlich; es genügt eine Überströmeinrichtung

Quelle: Stiebel Eltron



④ Zu große Rohrlängen und eine zu hohe Viskosität des Wärmeträgermediums machen eine höhere Leistung der Förderpumpe erforderlich, was wiederum zu einer Verringerung der Jahresarbeitszahl führt



⑤ Förderleistung einer Brunnenpumpe in Abhängigkeit von der Förderhöhe

Quelle: Grundfos

Er wird häufig eingebaut als sogenannte hydraulische Weiche, die eine Mindestumlauf-Heizwassermenge garantieren soll. Ein zu geringer Heizwasserdurchfluss lässt sich aber auch durch ein Überstromventil vermeiden (Bild ③). Ein Pufferspeicher ist allerdings dann erforderlich, wenn der Stromtarif für die Wärmepumpe eine Sperrzeit von mehreren Stunden pro Tag vorsieht und diese Zeit dann durch einen größeren Heizwasservorrat überbrückt werden muss. Das gilt aber nur bei Radiatorenheizungen. Fußbodenheizungen bilden – bei einem genügend hohen Fußbodenaufbau – selbst einen ausreichend großen thermischen Speicher. Der Verzicht auf einen Pufferspeicher kommt der Jahresarbeitszahl mit 0,1 bis 0,2 Punkten zugute.

**Erdreichkollektoren und Erdwärmesonden falsch ausgelegt.** Da die Jahresarbeitszahl entscheidend von Eintrittstemperatur des Wärmeträgers am Verdampfer und von der elektrischen Arbeit für den Wärmetransport abhängt, kommt einer einwandfreien Funktion der Erdreichkollektoren bzw. der Erd-

wärmesonden eine hohe Bedeutung zu. Bevorzugt werden sollten Böden mit einer möglichst hohen Wärmeleitfähigkeit. Auch die Lage des Grundstücks, das den Erdreichkollektor aufnehmen soll, kann sich auf den Ertrag auswirken. So ist leicht einzusehen, dass solche Grundstücke im Vorteil sind, die direkt und häufig von der Sonne beschienen werden und die genügend Regenwasser für einen schnellen Wärmetransport aufnehmen können. Leider ist es häufig so, dass der Bauherr an ein eng begrenztes Grundstück gebunden ist und Alternativen von daher nicht bestehen.

Andere Faktoren lassen sich hingegen sehr wohl beeinflussen. So müssen Erdreichkollektoren und Erdwärmesonden regelmäßig entlüftet werden. Ferner ist bei der Verlegung der Kollektorrohre darauf zu achten, dass die Rohrlängen der einzelnen Stränge 100 m nicht überschreiten, um den Druckverlust im Kollektorsystem in wirtschaftlichen Grenzen zu halten. Zu beachten ist außerdem die Viskosität des Wärmeträgermediums, einer Sole, die sich aus Wasser

und Frostschutzmittel zusammensetzt. Mit einem zunehmenden Anteil des Frostschutzmittels würde der Druck steigen. Beide Fälle – zu große Rohrlängen und eine zu hohe Viskosität – machen eine höhere Leistung der Förderpumpe (Bild ④) erforderlich, was wiederum zu einer Verringerung der Jahresarbeitszahl führen würde. Manchmal legen Planer oder Installateur Förderpumpen oder andere elektrischen Verbraucher innerhalb der Wärmepumpenanlage bewusst größer aus als notwendig, um auf der sicheren Seite zu liegen. Das ist falsch, denn zu hohe Leistungen verringern unnötig die Rentabilität der gesamten Anlage.

**Brunnen-Förderpumpe und Wassermenge zu groß.** Für die Wärmenutzung des Grundwassers werden ein Förder- und ein Schluckbrunnen benötigt. Der Abstand zwischen beiden sollte mindestens 15 m betragen. So kann ein Wärmekurzschluss, der einen unnötigen Energieverlust bedeuten und die Arbeitszahl verringern würde, vermieden werden. Ansonsten gilt das, was auch schon für den Erdreichkollektor gesagt wurde. Die Brunnenpumpe ist so auszulegen, dass der Energieverbrauch möglichst gering ist. Dazu gehört auch, dass nicht mehr Wasser gefördert wird als unbedingt nötig (Bild ⑤).

## 6 Fazit

Die Wirtschaftlichkeit einer Wärmepumpenanlage hängt entscheidend von der Arbeitszahl beziehungsweise – wenn sich der Betrachtungszeitraum über ein Jahr erstreckt – von der Jahresarbeitszahl ab. Die Leistungszahl hingegen, die auf dem Typenschild und in den Datenblättern der Hersteller angegeben wird, ist nur ein Momentanwert, der allerdings auch seine Bedeutung hat, da er die Leistungsfähigkeit der Wärmepumpe beschreibt.

Die Jahresarbeitszahl kann durch falsche Dimensionierung und fehlerhafte Installation massiv verschlechtert werden. Ausgehend von der Gleichung zur Ermittlung der Arbeitszahl sollte für eine Ursachenforschung eines schnell deutlich werden: Es ist wichtig, auf der „warmen“ Seite die Vorlauftemperatur und auf der „kalten“ Seite die elektrische Energie für die Nutzung der Wärmequelle und den Antrieb des Verdichters der Wärmepumpe so niedrig wie möglich zu halten. Mit dieser Vorgabe vor Augen wurden in diesem Beitrag einige wichtige Anlagenkomponenten und Betriebszustände besprochen, die mit Blick auf einen wirtschaftlichen Betrieb einer Wärmepumpenanlage einer besonderen Aufmerksamkeit bedürfen. ■