

Reinhard Hoffmann

FRANZIS
ENERGIETECHNIK

Heizen mit der Wärmepumpe

in Alt- und Neubauten



Umweltwärme im Haus nutzen

Wärmepumpen-Heizungsanlagen planen,
installieren und betreiben

Innovative Solar-Wärmepumpenheizungen

Die Wirtschaftlichkeit im Überblick

**Mit zahlreichen Checklisten,
Kosten-Nutzenvergleichen und Praxistipps**

Vorwort

Das hört sich gut an: Man holt einfach die reichlich vorhandene Umgebungswärme aus dem Erdreich, dem Grundwasser oder der Luft ins Haus, heizt und erwärmt Wasser damit. Aber rechnet sich das bei den hohen Preisen der Technik auch in jedem Fall? Die Voraussetzungen sind bei einem sehr gut gedämmten Neubau, der kaum geheizt werden muss, ganz andere als bei einem Altbau mit hohem Heizenergiebedarf.

In der Praxis weist die Leistung verschiedener Wärmepumpenanlagen eine sehr hohe Streuung auf, sowohl in Neubauten als auch in sanierten Altbauten. Ursache für die teilweise schlechten Betriebsbedingungen für Wärmepumpen sind oft Fehlplanungen oder installationstechnische Mängel.

Wir stellen die Vor- und Nachteile der Wärmepumpe gegenüber und unterstützen Sie dabei, das richtige Heizsystem für Ihr Haus auszuwählen. Außerdem zeigen wir Ihnen, welche Arbeiten erforderlich sind, wie eine gute Regelung aussieht und was Sie tun können, wenn Störungen auftreten.

Viel Erfolg bei der Planung und der Installation Ihrer Wärmepumpenanlage!

Reinhard Hoffmann

Inhalt

1	Wirtschaftlichkeit und Ökologie.....	9
1.1	Schwindende Energieressourcen.....	9
1.2	Umweltwärme nutzen.....	12
1.3	Kostenanalyse und Wirtschaftlichkeitsberechnung	15
1.3.1	Investitions- und Betriebskosten	15
1.3.2	Kostenvergleich mit anderen Heizsystemen	21
1.4	Ergebnisse aus Wärmepumpen-Feldtests	28
1.5	Erfahrungen von Betreibern.....	37
1.6	Einfluss unterschiedlicher Randbedingungen.....	40
2	Technik der Wärmepumpen-Heizanlage.....	43
2.1	Funktion der Wärmepumpe	43
2.2	Kältekreis und Kältemittel	49
2.3	Verfügbare Wärmequellen	52
2.3.1	Oberflächennaher Erdwärmekollektor	56
2.3.2	Erdwärmesonde	61
2.3.3	Grundwasser und Oberflächenwasser	65
2.3.4	Wärmequelle Luft	67
2.4	Gaswärmepumpen	72
3	Planung der Wärmepumpen-Heizanlage	73
3.1	Wärmebedarf und Heizleistung ermitteln	77
3.2	Warmwasserbereitung.....	80
3.3	Wärmepumpe auswählen	83
3.4	Besonderheiten der Wärmequellen	85
3.4.1	Systeme mit Erdkollektor	85
3.4.2	Systeme mit Erdsonde	92
3.4.3	Grundwasser	97
3.4.4	Umgebungsluftwärme	105
3.5	Optionale Lüftungsanlage	112
3.5.1	Abluftanlage	115
3.5.2	Automatische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	118
3.6	Kühlfunktion.....	124
3.7	Pufferspeicher	126
3.8	Wärmenutzungsanlage, Heizsystem.....	128
3.8.1	Flächenheizung	128
3.8.2	Heizkörper/Radiator	130

4	Installation	133
4.1	Arbeiten bei der Wärmequelle Erdreich, System Sole	133
4.1.1	Erdkollektor	133
4.1.2	Erdsonde	140
4.1.3	Mauerdurchführungen	150
4.1.4	Dichtheitsprüfung, Füllen und Entlüften der Anlage	152
4.2	Wärmequelle Grundwasser.....	152
4.3	Arbeiten bei der Wärmequelle Luft	155
4.3.1	Innenaufstellung der Wärmepumpe	155
4.3.2	Außenaufstellung der Wärmepumpe	155
4.4	Einbinden ins Heizsystem	156
4.5	Inbetriebnahme	163
4.6	Mögliche Installationsfehler	164
5	Wärmepumpen mit Sonnenkollektoren kombinieren.....	167
5.1	Solarthermische Warmwasserbereitung.....	170
5.2	Unterstützung der Raumheizung	173
5.3	Innovative Solar-Wärmepumpenheizungen	177
5.4	Solarwärmanlage.....	185
5.4.1	Komponenten	185
5.4.2	Optimaler Betrieb der Solarthermieanlage	196
5.4.3	Selbsthilfe bei Störungen	197
6	Wärmepumpenheizungen optimal einstellen.....	201
6.1	Regelung	201
6.2	Hydraulischer Abgleich	207
7	Fehlerquellen und Störungen.....	209
8	Zusammenfassung der Vor- und Nachteile, Fazit.....	215
9	Anhang	217
9.1	Glossar	217
9.2	Normen und Verordnungen.....	220
9.3	Vorschriften, Genehmigungen und Antragsunterlagen	225
9.4	Förderung beantragen	226
9.5	Sicherheit bei Erdarbeiten	228
9.6	Hersteller.....	229
9.7	Nützliche Adressen und Internetportale	234
9.8	Alte Gewohnheiten überprüfen.....	236
9.9	Problemfeld Rohrwärmedämmung	243
	Index.....	249

jährlichen kapitalgebundenen Kosten der Erdwärmepumpe um etwa 30 %. Damit ist die Erdwärmepumpe sowohl energieeffizienter als auch insgesamt kostengünstiger als die Luftwärmepumpe.

Der Grund für die trotz höherer Verbrauchskosten gegenüber dem Neubau teilweise niedrigeren Gesamtkosten liegt hauptsächlich darin, dass hier keine Kosten für die hausinterne Verteilung anfallen. Diese wurde als schon vorhanden angenommen.

In einem energetisch nicht sanierten Altbau mit hohem Wärmebedarf ist die Wärmepumpe deplatziert, da sie dort zu viel Strom verbrauchen würde.

1.4 Ergebnisse aus Wärmepumpen-Feldtests

Wärmepumpen-Feldtest am Oberrhein

Die *Agenda-Gruppe 21 Energie* im badischen Lahr hat von 2006 bis 2008 in einem zweijährigen Feldtest die Jahresarbeitszahlen der auf dem Markt angebotenen Wärmepumpensysteme mit Messgeräten ermittelt. Sie hat dabei unter anderem mit der Ortenauer Energieagentur in Offenburg, dem Steinbeis-Transferzentrum, der Hochschule Offenburg, dem Handwerk und örtlichen Energieversorgern zusammengearbeitet. Die Energieexperten erfassten bei 33 Heiz- und fünf Warmwasserwärmepumpenanlagen die Wärme- und Elektrozählerstände.

Folgende Verbraucher wurden bei den Messungen erfasst:

- Wärmepumpe einschließlich Steuerung/Regelung
- Lüfter (bei der Wärmequelle Luft) oder Solepumpe (Erdreich) oder Förderpumpe (Grundwasser)
- falls vorhanden: Ladepumpe Warmwasserspeicher
- Elektroheizstab als Notheizung (wird bei Erdreich- und Grundwasserwärmepumpen fast immer per Hand ausgestellt).

Die Umwälzpumpe für den Heizkreis, manchmal auch ein Heizlüfter im Bad oder eine Lüftungsanlage, liegt oft auf dem Sondertarifzähler. Diese Verbraucher rechnet die *Agenda-Gruppe 21* mithilfe von Zwischenzählern wieder heraus, weil sie nicht zur Wärmepumpe gehören.

Die Erzeuger-Jahresarbeitszahlen werden direkt am Ausgang der Wärmepumpe gemessen – ohne die Verluste eines Heizungspufferspeichers und ohne die Brauchwassererwärmung.

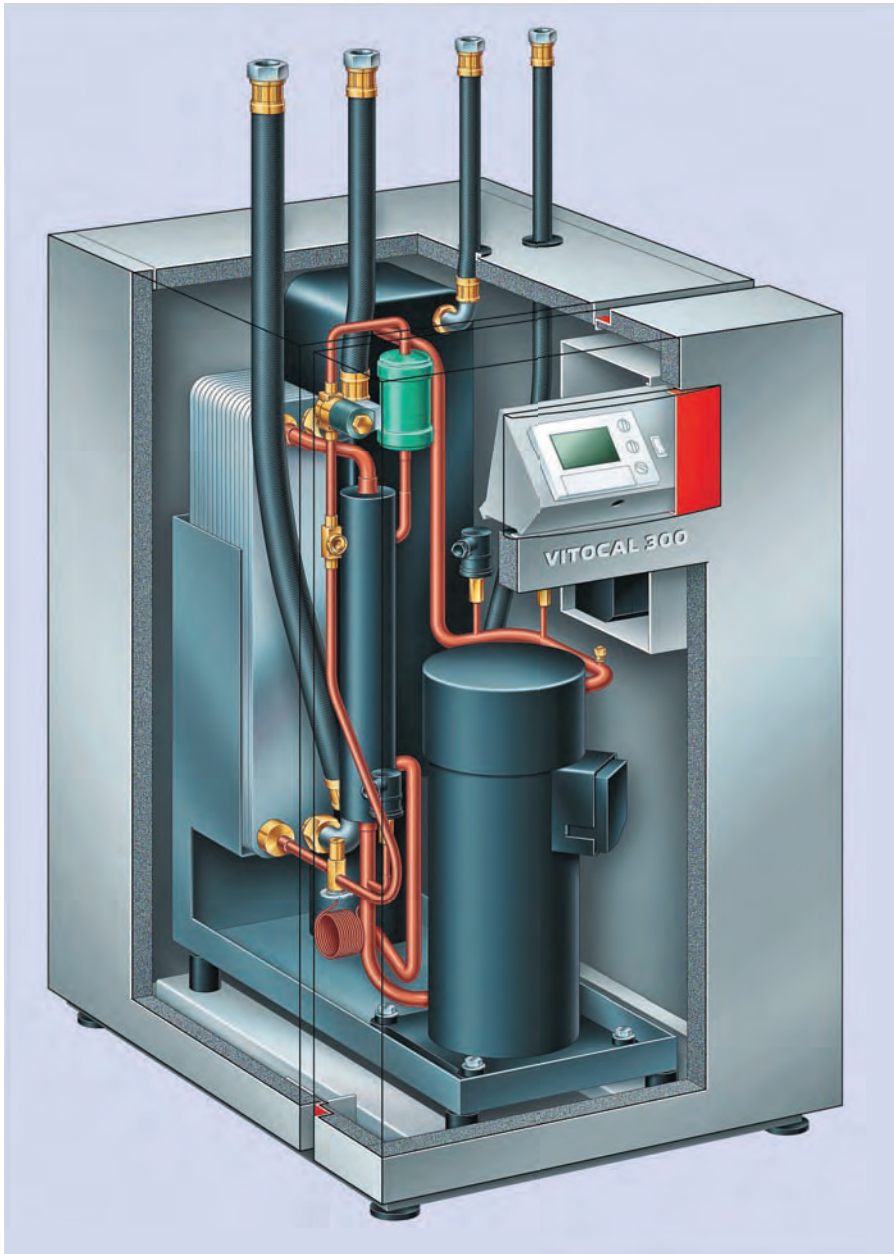


Abb. 1.11: Schnittzeichnung einer Sole/Wasser-Wärmepumpe (Grafik: Viessmann)

Die Betreiber meldeten monatlich ihre Wärme- und Elektrozählerstände. Die Mitglieder der *Agenda-Gruppe 21 Energie* hatten viel Arbeit mit der regelmäßigen Überwachung der Messwerte, den Erinnerungen sowie den Prüfungen auf Plausibilität, dem Nachhaken und den Nachbegehungen. Aber nur so war es möglich, belastbares Zahlenmaterial vorzulegen.

Beim Feldtest ergaben sich erhebliche Unterschiede zwischen den Leistungsmessungen auf den Wärmepumpen-Testständen und der Werbung auf der einen Seite und den unter realistischen Betriebsbedingungen erreichten Jahresarbeitszahlen auf der anderen Seite.

Jahresarbeitszahl

Die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe ist als wichtigste Kenngröße zur Beurteilung ihrer Energieeffizienz als das Verhältnis von nutzbarer Wärme und Bedarf an elektrischer Energie/Antriebsenergie definiert. Sie kann folgendermaßen ermittelt werden:

1. Erzeuger-Jahresarbeitszahl: Messung der erzeugten Wärme direkt hinter der Wärmepumpe
2. System-Jahresarbeitszahl: Messung der Nutzwärme für die Fußbodenheizung oder Heizkörper mit Berücksichtigung der Verluste der Brauchwassererwärmung und eines eventuell vorhandenen Heizungspufferspeichers. Bei Luftwärmepumpen wird zusätzlich noch die bei niedrigen Temperaturen benötigte Abtauenergie für den Lamellenverdampfer berücksichtigt.

Wenn sich unter ähnlichen Bedingungen durchgeführte Feldtests scheinbar widersprechen, weil Unterschiede bis zu 0,5 in der Jahresarbeitszahl auftreten, liegt das oft an Folgendem: Im einen Fall wurde die erzeugte Wärme direkt hinter der Wärmepumpe gemessen und im anderen Fall die real gewonnene Nutzwärme nach Abzug von Verlusten, die in der Anlage auftraten. Manchmal wird jedoch im Testbericht nicht eindeutig ausgewiesen, wie die Jahresarbeitszahl ermittelt wurde.

Die Herstellerangaben liegen in der Regel höher, da sie die Leistungszahlen auf Testständen unter besonders günstigen Bedingungen messen, die in der Praxis kaum zu erreichen sind.

Info

Die dena (Deutsche Energieagentur) und das RWE bezeichnen Elektrowärmepumpen als „energieeffizient“ und „nennenswert energieeffizient“, wenn die System-Jahresarbeitszahlen über 3,0 bzw. 3,5 liegen.

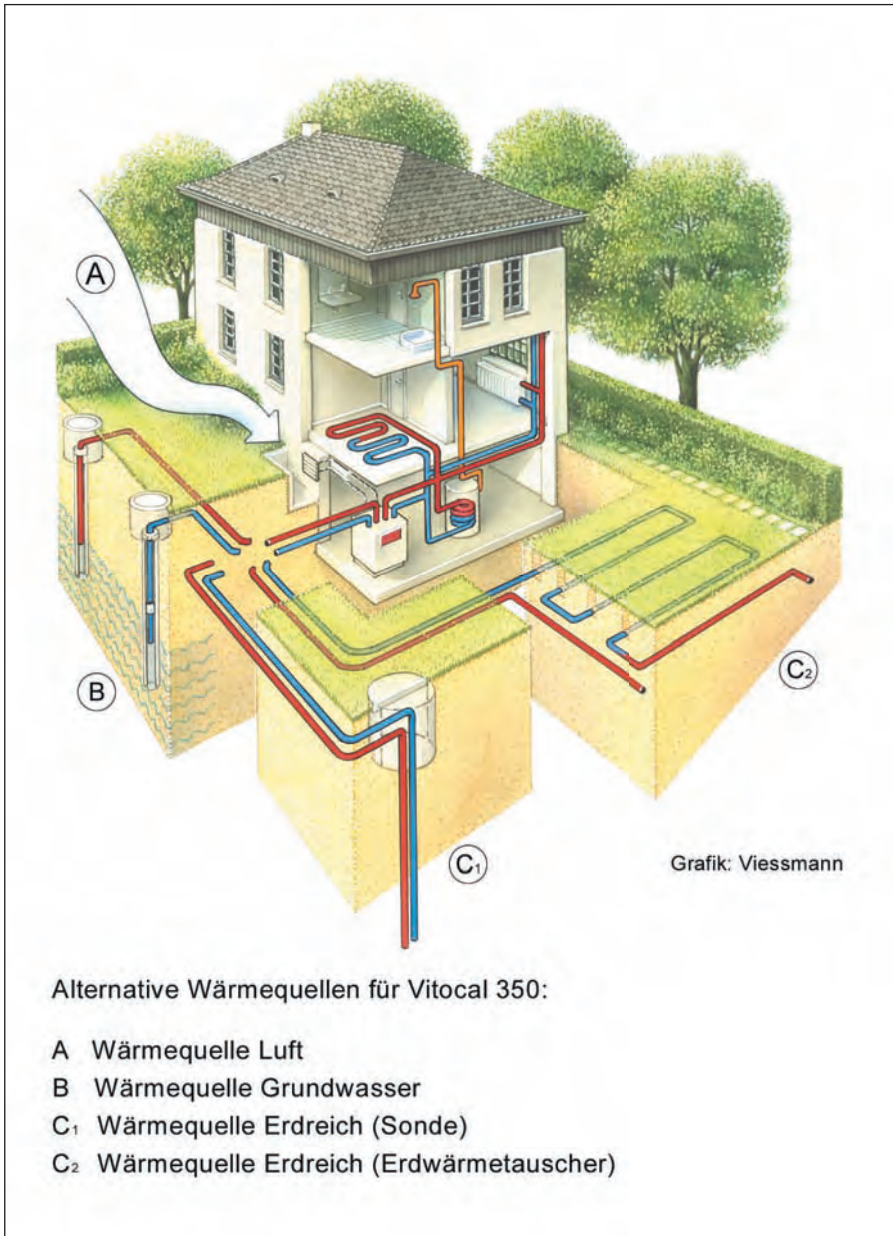


Abb. 1.12: Modellhaus mit allen Wärmequellen-Alternativen für eine Wärmepumpe (Grafik: Viessmann)

Auf der Kaltquellenseite sind Erdwärmewärmepumpen Spitzenreiter. Sie erreichen in Verbindung mit einer Fußbodenheizung im Mittel in diesem Test eine Erzeuger-Jahresarbeitszahl von 3,4 (direkt hinter der Wärmepumpe gemessen). Unter Berücksichtigung der Verluste von Heizungspufferspeichern und Brauchwassererwärmung ergibt sich eine System-Jahresarbeitszahl von 3,1. Zwei Wärmepumpen übertreffen bei der System-Jahresarbeitszahl sogar deutlich den Wert 4 aus der Werbung. Erdwärmepumpen können bis zu 50 % Primärenergie gegenüber einem Erdgas-Brennwertkessel einsparen.

Die Grundwasserwärmepumpen schneiden mit einer Erzeuger-Jahresarbeitszahl von 3,2 und einer System-Jahresarbeitszahl von 2,9 etwas schlechter ab. Das liegt an zu kleinen Bohrlöchern, zu hoher Nennleistung der Grundwasser-Förderpumpe und an verstopften Wasserfiltern. Jedoch ist auch ein Spitzenwert von 3,8 für die System-Jahresarbeitszahl möglich.

Hintergrund

Erdreichwärmepumpen verfügen über einen geschlossenen Solekreislauf und arbeiten deshalb bei konstantem Durchfluss immer optimal. Eine Sole-Umwälzpumpe für ein Ein- bis Zweifamilienhaus nimmt dabei nur eine Leistung von 80 W bis 120 W auf.

Dagegen verfügen Grundwasserwärmepumpen auf der Kaltseite über einen offenen Kreislauf. Oft ist der Durchmesser des Bohrlochs mit 10 bis 15 cm Durchmesser nicht ausreichend groß, sodass bei einem Fördervolumen von bis zu 2 m³ pro Stunde nicht genug Wasser nachströmt. Deshalb variieren Druck und Durchfluss. Außerdem setzt sich der Schmutzfänger nach und nach zu und wird in der Praxis nicht regelmäßig gereinigt. Darüber hinaus hat die Grundwasser-Förderpumpe im Vergleich zu einer Erdreichwärmepumpe eine rund dreimal so hohe Leistungsaufnahme von 250 W bis 350 W. Diese Gründe verschlechtern in der Praxis die Jahresarbeitszahlen von Grundwasser- gegenüber Erdreichwärmepumpen, obwohl ihre Kaltquellentemperaturen höher sind.

Luftwärmepumpen sind mit einem Mittelwert von 2,8 für die Erzeuger-Jahresarbeitszahl und 2,4 für die System-Jahresarbeitszahl schon deutlich abgeschlagen. Diese Durchschnittswerte werden nur in Verbindung mit einer Fußbodenheizung erreicht. In Verbindung mit Radiatorheizkörpern – typisch für Altbausanierungen – erreichen Luftwärmepumpen nur eine System-Jahresarbeitszahl von 2,2 – und das in der wärmsten Gegend Deutschlands. Das heißt, in einem kalten Winter in rauem Klima brauchen Sie mit einer Luftwärmepumpe wesentlich mehr Strom als

1 kWh, um 2,2 kWh Heizwärme zu erzeugen. Die beste Luftwärmepumpe im Feldtest erreicht die System-Jahresarbeitszahl 3,0 und damit fast das Energieeffizienzziel von dena und RWE. Auch wenn eine Luftwärmepumpe wirtschaftlicher sein kann als eine Ölheizung, trägt sie mit einer solchen Jahresarbeitszahl nicht zum Klimaschutz bei.



Abb. 1.13: Luft/Wasser-Wärmepumpe mit stufenlos regelbarem Verdichter, die nach Herstellerangaben eine Leistungszahl (COP) bis zu 3,8 und eine Vorlauftemperatur bis zu 60 °C erreicht und bis minus 20 °C einsetzbar ist. (Foto: Viessmann)

Info

Grund für eine geringe Effizienz von Wärmepumpen in Verbindung mit Radiatoren ist das gegenüber Fußbodenheizungen wesentlich höhere Temperaturniveau des Rücklaufs. Das erreicht die Wärmepumpe nur, wenn entsprechend viel zusätzliche elektrische Energie hineingesteckt wird.

Kleine Warmwasserwärmepumpen erreichen im Durchschnitt nur eine Jahresarbeitszahl von 2,0. Die Initiatoren des Feldtests empfehlen daher Sonnenkollektoren für das Erwärmen von Brauchwasser.

Wärmepumpen-Heisanlagen sind keine Technik, bei der die Güte der Wärmepumpe allein entscheidend für die Energieeffizienz des Systems ist. Genauso wichtig sind gute Rahmenbedingungen: eine möglichst hohe Temperatur der Kaltquelle (Grundwasser oder Erdreich), eine möglichst niedrige Temperatur der Wärmesenke (Fußbodenheizung) und die optimale Anbindung aller Komponenten an die Wärmequelle. Die für den Feldtest Verantwortlichen haben festgestellt, dass Leistungsmessungen auf dem Prüfstand und die anschließende Hochrechnung auf Jahresarbeitszahlen mithilfe der VDI-Richtlinie 4650 immer höhere Ergebnisse bringen, als in der Praxis zu erzielen sind. Eine Wärmepumpe kann also staatlich gefördert werden, obwohl sie unter realistischen Betriebsbedingungen das Klimaschutzziel nicht erreicht.

Den ausführlichen Endbericht zum Wärmepumpen-Feldtest finden Sie auf der Internetseite www.agenda-energie-lahr.de. Frühere Untersuchungen von Eon, dem Schweizer Bundesamt für Energie (FAWA) und dem Informationszentrum Wärmepumpe und Kältetechnik kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Auch der Feldtest des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) kommt zu vergleichbaren Ergebnissen, wenn man genau zwischen Erzeuger- und System-Jahresarbeitszahlen unterscheidet.

Feldtest ISE

Seit 2006 führt das Freiburger Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) zusammen mit Industriepartnern eine Felduntersuchung mit in der Endstufe bundesweit 110 elektrisch angetriebenen Kompressionswärmepumpen in Neubauten durch. Die Geräte stammen von sieben Herstellern und haben Wärmeleistungen von 5 bis 10 kW. Die Messdaten der wichtigsten Temperaturen, Durchflussmengen, Wärmemengen sowie der Stromverbrauch der Wärmepumpe und der Hilfsantriebe werden beim Betreiber erfasst und per Datenfernabfrage täglich dem Institut übermittelt und dort ausgewertet. In den meisten Häusern übernimmt eine Fußbodenheizung die Wärmeverteilung.

Der Mittelwert der Arbeitszahlen lag im Auswertungsjahr 2007/2008 für 43 Sole/Wasser-Wärmepumpen (Wärmequelle Erdreich) bei 3,7. Die Anlagen stellen sowohl Heizwärme als auch Warmwasser bereit. Die Jahresarbeitszahlen der einzelnen Anlagen streuen dabei zwischen 2,9 und 4,5. Für den reinen Heizbetrieb liegt der Mittelwert bei 4,1. Bei den meisten Anlagen hat die elektrische Zusatzheizung (Heizstab) überhaupt nicht gearbeitet.

Die mittlere Arbeitszahl von sechs Luft/Wasser-Wärmepumpen beträgt im gleichen Zeitraum einschließlich der Elektrozusatzheizung 3,0 und die für vier Wasser/Wasser-Wärmepumpenanlagen 3,5. Einen Grund für den unerwartet niedrigen Wert bei der Wärmequelle Grundwasser sehen die ISE-Mitarbeiter im hohen Stromverbrauch der Brunnenpumpen. Sie haben deutlich höhere Leistungen als Solepumpen. Die Effizienz nimmt auch dann deutlich ab, wenn das Wasser die Filter verschmutzt. Durch einen Zwischenwärmetauscher lässt sich das zwar vermeiden, aber dann ist noch eine weitere Pumpe erforderlich, was ebenfalls zu niedrigeren Arbeitszahlen führt.

Feldtest mit innovativen Wärmepumpensystemen

Inzwischen hat die *Agenda-Gruppe 21 Energie* aus Lahr mit der zweiten Phase des Feldtests begonnen. Nun soll geklärt werden, ob mit innovativen Wärmepumpensystemen eine bessere Energieeffizienz als mit den im ersten Teil des Feldtests untersuchten Systemen erreichbar ist. Es handelt sich z. B. um:

- Luftwärmepumpe mit variabler Verdichter- und Lüfterleistung und elektronisch gesteuertem Expansionsventil
- Luftwärmepumpe für Heizung und Warmwasser, variable Ventilatorleistung, kontrollierte Wohnraumlüftung
- Luftwärmepumpe mit Einkopplung der Wärme in einen Kombispeicher, der nach dem Konvektionsprinzip arbeitet
- Luftwärmepumpe mit Erdgasmotorantrieb
- Grundwasserwärmepumpe, die in einer Großanlage eine Reihenhaussiedlung und ein Stadtteilzentrum mit Nahwärme versorgt
- Erdreichwärmepumpe mit CO₂-Erdsonde mit variabler Verdichterleistung, die ohne Umwälzpumpe für das Wasser-Glykolgemisch auskommt
- Wärmepumpen in Verbindung mit Sonnenkollektoren
- Abwasser-Absorptionswärmepumpe

CO₂-Erdsonde

Die CO₂-Sonde wird über ein bis zu 120 m tiefes Bohrloch in den Boden eingebracht. Durch die Schwerkraft fließt das oben noch flüssige Kohlendioxid entlang eines Rohrs in den Bereich des Erdreichs hinunter, der ausreichend warm ist, sodass es verdampft. Der leichte CO₂-Dampf steigt nun im Zentrum der Sonde nach oben zum Wärmetauscher und gibt dort Wärme ab. Dadurch wird das CO₂ wieder flüssig und der Kreislauf kann von Neuem beginnen. Der Wärmetauscher wiederum gibt die Wärme an das Arbeitsmittel ab, das sich in der Wärmepumpe befindet. Die Wärmepumpe komprimiert das Arbeitsmittel, dabei erwärmt es sich und gibt diese Wärme über einen weiteren Wärmetauscher an den Heizkreis ab.

Für den Umlauf des Kohlendioxids reicht die im Erdreich gespeicherte Wärmeenergie aus; d. h., eine Energiequellenpumpe ist überflüssig, und entsprechende Stromkosten fallen nicht an. Das für die Umwelt unbedenkliche Arbeitsmittel CO₂ ist auch in Wasserschutz- und Wasserschongebieten einsetzbar.



Abb. 1.14: CO₂-Schacht (Foto: Heliotherm Wärmepumpentechnik GmbH)

Für seine Wärmepumpen mit CO₂-Erdsonde, die Heizleistungen zwischen 3 und 29 kW erreichen, gibt der österreichische Hersteller Heliotherm Leistungszahlen (COP) zwischen 4,7 und 5,5 an.

Empfehlungen

Nach Abschluss der ersten Phase ihres Feldtests empfehlen die Energieexperten der *Agenda-Gruppe 21 Energie* Lahr Folgendes:

- Bringen Sie den Altbau auf den heutigen Standard eines Niedrigenergiehauses, bevor Sie eine neue Heizung anschaffen und in Betrieb nehmen.
- Wenn Sie sich für eine Wärmepumpe entscheiden, bevorzugen Sie Erdreichwärmepumpen. Sie haben im Feldtest die höchste Energieeffizienz aufgewiesen und durchschnittlich 30 % weniger des schädlichen Treibhausgases CO₂ verursacht als Erdgas-Brennwertkessel. Auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht erreichen Wärmepumpen mit Sonden oder Horizontalregister das beste Preis-Klima-Verhältnis.
- Eine Wärmepumpe sollte immer mit einer Fußbodenheizung kombiniert werden, da diese gegenüber Heizkörpern ein bis zu 0,4 Jahresarbeitszahlpunkte besseres Ergebnis liefert.
- Bei Fußbodenheizungen sollte auf Heizungspufferspeicher verzichtet werden, da diese das Jahresergebnis um 0,1 bis 0,2 Arbeitszahlpunkte verschlechtern.
- Vom Einsatz von Luftwärmepumpen, kleinen Warmwasserwärmepumpen und Elektrostandspeichern rät die *Agenda-Gruppe 21* grundsätzlich ab.

1.5 Erfahrungen von Betreibern

Folgend ein negatives Beispiel, wie es in der Praxis öfter vorkommt: Der alte Heizkessel eines Mietshauses muss ausgetauscht werden. Das Heizsystem wurde vor Jahrzehnten auf eine Vorlauftemperatur von 70 °C ausgelegt. Die Mieter gehen nicht gerade sparsam mit Heizenergie um. Dauergekippte Fenster sind im Haus beliebt. Bei der Sanierung werden nur die Kellerdecke und die oberste Geschossdecke gedämmt, die Gebäudehülle bleibt so, wie sie ist. Da dem Vermieter Erdbohrungen zu teuer sind und zu viele Umstände machen, ersetzt er den alten Heizkessel durch eine Luft/Wasser-Wärmepumpe.

Die Folge: Primärenergieverbrauch und Heizkosten sind höher als vorher, weil die Wärmepumpe bei tiefen Außentemperaturen die 20 °C Innenraumtemperatur nur noch mithilfe eines Elektroheizstabs erreicht. Der Vermieter schaltet einen Gutachter ein. Darüber hinaus kommen Prozesskosten auf ihn zu.

3.4 Besonderheiten der Wärmequellen

3.4.1 Systeme mit Erdkollektor

Es gibt zwei Systeme. Beim ersten zirkuliert ein Wasser-Glykol-Gemisch im Kollektor und die aus dem Boden gewonnene Wärme gelangt über einen Zwischenwärmetauscher in das Arbeitsmittel der Wärmepumpe. Beim zweiten verdampft das Arbeitsmittel der Wärmepumpe direkt im Erdkollektor. In beiden Fällen wird der Kollektor horizontal zur Oberfläche unmittelbar unterhalb der Frostgrenze verlegt. Die Bodenflächen müssen gewachsen und nicht einseitig aufgeschüttet sein. Andernfalls besteht die Gefahr, dass spätere Bodensetzungen die verlegten Rohre beschädigen. Der Wärmeübergang steigt mit dem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens. Deshalb ist bei erdigen, feuchten Böden eine kleinere Kollektorfläche nötig als bei schottrigen trockenen Böden.

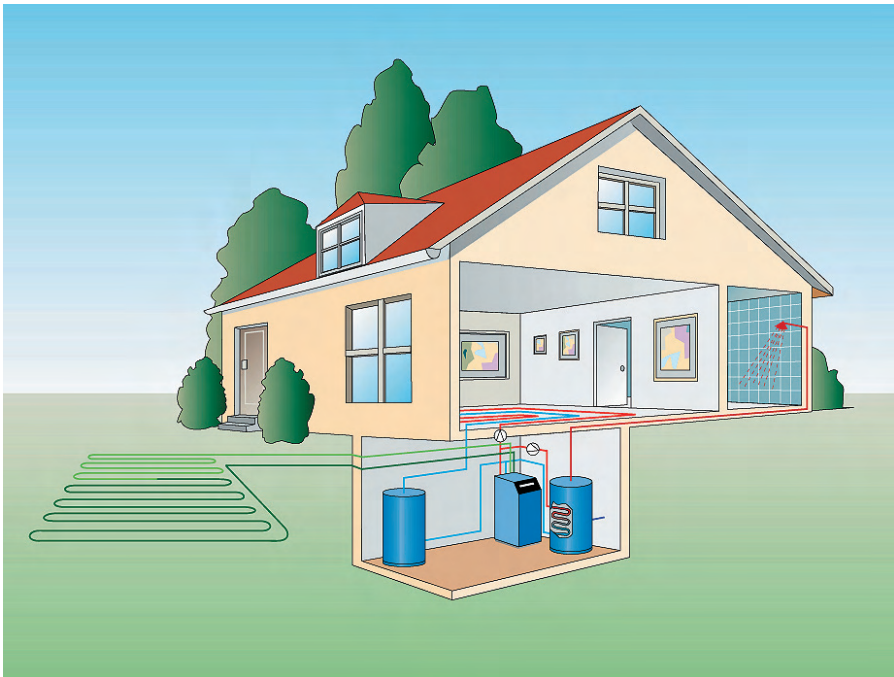


Abb. 3.6: Schemazeichnung eines mit einer Sole/Wasser-Wärmepumpe beheizten Hauses, Erdwärmekollektoren entziehen dem Erdreich Wärme, zu sehen sind auch Warmwasser- und Pufferspeicher. (Grafik: Bosch Thermotechnik GmbH)

Zu Beginn der Heizperiode liefert der Flächenerdwärmeabsorber die höchste Entzugsleistung. Am Ende des Winters nimmt sie stark ab. Die Wärmequellenanlage funktioniert nur dann einwandfrei, wenn sich der Untergrund im Sommer durch Sonneneinstrahlung und Niederschlag regenerieren kann und bis zum Ende der Heizperiode nutzbare Wärme liefert. Deshalb darf die gesamte Fläche des Erdwärmeabsorbers weder überbaut noch durch Asphalt versiegelt werden.

System Sole

Ein Solekreislauf ist ein geschlossenes System und besteht aus:

- Kollektorrohren
- Verteiler
- Entlüftung
- Umwälzpumpe
- Ausdehnungsgefäß
- Sicherheitsventil
- Isolierung oder Kondensatablauf
- Flexiblen Verbindungen zur Wärmepumpe

Diese Komponenten sollten aus korrosionsbeständigem Material bestehen. Alles, was sich innerhalb des Heizraums befindet, ist entweder gegen Schwitzwasser zu isolieren oder mit einem Kondensatablauf zu versehen.



Abb. 3.7: Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Trinkwasserspeicher (300 l, links im Bild)
(Foto: Max Weishaupt GmbH)

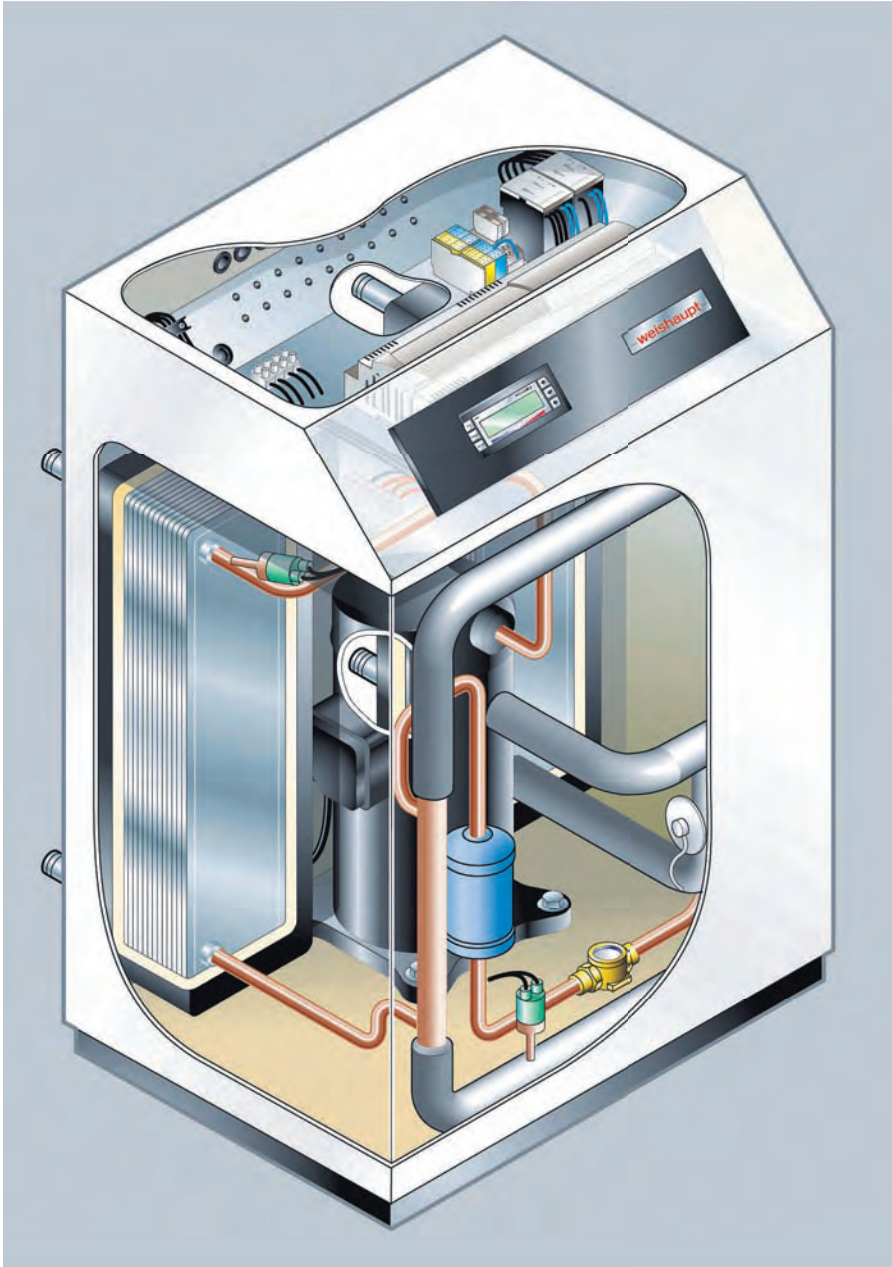


Abb. 3.8: Schnittbild einer Sole/Wasser-Wärmepumpe (Grafik: Max Weishaupt GmbH)

Wenn Sie Erdkollektoren auf Ihrem Grundstück verlegen wollen, brauchen Sie bei 150 m² Wohnfläche je nach Bodenbeschaffenheit (entsprechend ist die mögliche Wärmeentzugsleistung) zwischen 200 und 400 m² freie Fläche. Dort ist dann eine etwa 1,5 m tiefe Grube auszuheben. Was beim Neubau noch ohne Weiteres möglich ist, wird beim Altbau in der Regel nicht infrage kommen. Wer will schon seinen eingewachsenen Garten verwüsten? Außerdem muss der Aushub zwischengelagert werden. Das können leicht 500 m³ sein.



Abb. 3.9: Baugrube beachtlichen Ausmaßes, vorbereitet zum Verlegen eines Erdwärmekollektors

Der Bereich, in dem sich die Erdkollektoren befinden, darf später nicht mit Bäumen oder tief wurzelnden Sträuchern bepflanzt werden. Ihre Wurzeln könnten den Erdkollektor beschädigen und zu Lecks führen. Aber auch Wasserstau und Überflutungen sind zu vermeiden, damit der Kollektor nicht beschädigt wird. Bei Hanglagen sind Sie auf der sicheren Seite, wenn Sie eine Drainage vorsehen. Vor Beginn des Wärmeentzugs aus dem Erdreich muss sich dieses gesetzt haben. Andernfalls können Hohlräume zu ungleichmäßigem Wärmeentzug und Eisbildung am Kollektor führen.

Kollektoren für kleine Grundstücke

Für den Fall, dass nicht genügend Fläche auf dem Grundstück zur Verfügung steht, gibt es mehrere Alternativen:

Erdwärmekörbe, auch *Ökopfahlkollektoren* genannt, sind spiralförmige Energiekörbe, die im Abstand von etwa 4 m in Vertikalbohrungen oder in Gräben von 2 bis 4 m Tiefe in den Boden eingebracht werden.

Platzsparend sind auch Grabenkollektoren mit ihren in einem stehenden Register in 10 cm Abstand angeordneten Rohren. Der Graben ist 3 m tief, an der Basis 1,2 m und oben 2,5 m breit (Entwicklung: Ingenieurbüro Gerbert).

Künettenkollektoren sind spiralförmige Polyethylenrohre von 125 m Länge (beim Anbieter Ochsner), die in Gräben von 1,6 bis 2,0 m Tiefe zu verlegen sind. Die Künetten sind mindestens 80 cm breit und pro Kreis etwa 20 m lang. Bei feuchtem, bindigen Boden beträgt die Entzugsleistung der Künette nach Herstellerangaben 100 bis 125 W/m. Die einzelnen Kreise sind in 3 m Abstand zu verlegen.

Überschlägiger Platzbedarf pro Kilowatt Heizleistung bei mittlerer Entzugsleistung:

- 15-20 m² Kollektorfläche
- 2-3 m Graben beim Grabenkollektor
- 5-6 m Graben beim Künettenkollektor

Checkliste für eine Sole/Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmekollektor

- Wärmepumpenanlage bei der Unteren Wasserbehörde anmelden.
- Grundfläche für den Erdwärmekollektor bestimmen und auf ausreichende Größe prüfen (Faustformel: je nach Entzugsleistung des Erdreichs das 1,5- bis 2-Fache der zu beheizenden Fläche).
- Gleiche Längen der Rohrkreise berücksichtigen.
- Können Sie die Verteiler für Vor- und Rücklauf außerhalb des Gebäudes unterbringen? Bei Sole-Anlagen in Hanglage muss der Sammelschacht mit dem Soleverteiler am höchsten Punkt liegen.

Die Größe der Kollektorfläche ergibt sich aus der von der Bodenbeschaffenheit abhängigen Entzugsleistung. Die VDI-Richtlinie 4640 liefert Vorgaben für die Auslegung und Installation von Erdwärmeanlagen.

Bodenbeschaffenheit	Spezifische Entzugsleistung	Kollektorfläche je kW WP-Leistung bei JAZ 4
Trockener, nicht bindiger Boden	10 W/m ²	75 m ²
Feuchter, bindiger Boden	20 bis 30 W/m ²	38 bis 25 m ²
Wassergesättigter Boden (Sand/Kies)	40 W/m ²	19 m ²

JAZ: Jahresarbeitszahl

Quelle: VDI-Richtlinie 4640

Dabei wurde angenommen, dass die Wärmepumpe 1.800 Volllast-Betriebsstunden im Jahr arbeitet. Bei längeren Laufzeiten (z. B. 2.400 Volllast-Betriebsstunden im Jahr für Heizung und Warmwasserbereitung) verringert sich die spezifische Wärmeentzugsleistung entsprechend und die Kollektorfläche muss größer sein.

Es empfiehlt sich schon aus Platzgründen, Verteiler und Sammler eines Erdkollektors in einem Sammelschacht außerhalb des Gebäudes unterzubringen. Bei umfangreichen Kollektoranlagen oder wenn die Kollektoranlage mehr als 10 m von der Wärmepumpe entfernt ist, raten Experten dringend zu einem solchen Sammelschacht. Sie können ihn aus handelsüblichen Betonringen aufbauen. Wenn Sie als lichte Weite mindestens 1,5 m wählen, ist alles gut zugänglich. Voraussetzung für eine einwandfreie Entlüftung der Kollektorrohre ist, dass diese mit einer Steigung zum Verteiler und Sammler verlegt werden. In Hanglagen ist dementsprechend der Sammelschacht am höchsten Punkt zu platzieren.

Die Verbindungsleitungen vom Gebäude zum Sammelschacht verlaufen gerade mit einem leichten Gefälle in Richtung Sammelschacht. Dadurch wird das anfallende Kondensat entsorgt. Die Verbindung muss wärme gedämmt sein. Zum Entwässern des Sammelschachts dient eine Drainage.

Schon in der Planungsphase ist auf ausreichende Abstände von etwa 1,5 m zu Gebäuden und Grundstücksgrenzen zu achten, damit es nicht zu Frostschäden kommt. Zu vermeiden sind Kreuzungen mit Versorgungsleitungen in das Gebäude – vor allem mit dem Hausanschluss für Trinkwasser.

Warnhinweis

Wärmepumpen mit zu geringer Leistung (zu lange Laufzeiten) entziehen dem Boden ständig zu viel Wärme. Das gilt in noch stärkerem Maße für unterdimensionierte Kollektorflächen. Dadurch vereist der Kollektor im schlimmsten Fall permanent und es kommt zu Bodenverwerfungen und überhöhten Heizkosten.

Der Flächenerdwärmeabsorber sollte so groß sein, dass die Sole-Eingangstemperatur am Verdampfer der Wärmepumpe selbst bei Spitzenlasten im Winter nicht unter 0 °C absinkt.

System Direktverdampfung

Beim System Direktverdampfung zirkuliert das Arbeitsmittel der Wärmepumpe im Erdkollektor und verdampft dort. Weil Zwischenwärmetauscher und Sole-Umwälzpumpen entfallen, ergeben sich höhere Leistungsziffern als beim Solesystem. Für den Kollektor werden meist 75 m lange Kupferrohre verwendet, die mit Polyäthylen (PE) ummantelt sind. Bei bindigen, feuchten Böden sind Abstände über 50 cm zwischen den Rohren üblich, bei sandigen, schottrigen, trockenen Böden mindestens 80 cm. Als Kältemittel kann ein biologisch abbaubares synthetisches Öl verwendet werden. Magnetventile verhindern, dass im Fall eines Druckabfalls im Kollektorbereich weitere Kältemittel von der Wärmepumpe über den Kollektor ins Erdreich gelangen.

3.4.2 Systeme mit Erdsonde

Voraussetzung für das Setzen von Bohrungen für Erdsonden ist, dass Ihr Grundstück für schweres Bohrergerät zugänglich ist. Das heißt, es sollte eine Durchfahrt von etwa 3 m Breite und 3,5 m Höhe vorhanden sein. Die Bohrarbeiten dürfen Fachfirmen mit einer Zulassung nach DVGW W 120 ausführen (Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfachs e. V.).

Erheblich kleiner ist der Platzbedarf beim neuen GRD-Bohrverfahren (Geothermal Radial Drilling). Dabei handelt es sich um ein Schrägbohrverfahren: Mehrere maximal 40 m tiefe Bohrungen mit Neigungen zwischen 50° und 65° werden in den Boden getrieben. Eine Arbeitsfläche von der Größe eines Stellplatzes reicht aus, um die Bohranlage, das Antriebsaggregat und die Bohrstangen unterzubringen. Eine ausführliche Beschreibung des Verfahrens finden Sie in Kap. 4.1.2.

5 Wärmepumpen mit Sonnenkollektoren kombinieren

Wer Wert auf eine möglichst gute Ökobilanz legt, kann seine Wärmepumpe mit Sonnenkollektoren ergänzen. In unseren Breiten bringt die direkte und diffuse Sonnenstrahlung maximal 1 kW/m^2 . Sonnenkollektoren wandeln bis zu 75 % der „eingefangenen“ Sonnenenergie in Wärme um. Sie geben diese an ein Trägermedium (Luft oder an Wasser) weiter, das oft das Frostschutzmittel Glykol enthält. Die so gewonnene Wärme kann das Brauchwasser aufheizen, die Heizung unterstützen oder das Wasser in einem Schwimmbad erwärmen. Außerdem lässt sich viel Strom einsparen, wenn Waschmaschine und Spülmaschine mit solar erwärmtem Wasser betrieben werden.

Am Anfang steht die Standort- und Bedarfsanalyse. Vor dem Einholen erster Angebote ist es sinnvoll, sich über folgende Punkte klar zu werden:

- Soll die Anlage nur das Brauchwasser erwärmen oder auch die Heizung unterstützen? Wie hoch soll der solare Deckungsanteil sein?
- Wie hoch ist Ihr Warmwasserverbrauch?
- Wohin sollen die Kollektoren (ins/aufs Dach, Fassade, Garage) und der Warmwasserspeicher?
- Wie viel Fläche in welcher Lage eignet sich für die Kollektoren?
- Ist diese Montagefläche auch in einigen Jahren noch schattenfrei (Beispiel: Bäume, auch auf dem Nachbargrundstück)?
- Bei Dachmontage: Ist das Dach ausreichend tragfähig und in so gutem Zustand, sodass in den nächsten 20 Jahren keine Reparaturen oder gar eine Sanierung zu erwarten sind?
- Wo sollen die Leitungen zwischen Kollektoren und Speicher verlaufen und wie lang wird folglich der Solarkreis?
- Wie viel Raum ist für den Solarspeicher vorhanden (Speichervolumen, Stellfläche, Höhe, Türbreite)?
- Bei Heizungsunterstützung: Wie groß ist die beheizte Wohnfläche, welche Heizung ist eingebaut, Brennstoff, Jahresverbrauch, Vor- und Rücklauftemperatur, welche Heizkörpertypen?
- Sind Baugenehmigungen einzuholen?

Bei dieser Analyse ist das Formblatt „RAL-S2-Standortbeurteilung“ des RAL-Gütezeichens Solarenergieanlagen 966 eine gute Gedächtnisstütze. Sie finden es auf der Internetseite www.gueteschutz-solar.de. Dieses Muster stammt vom RAL (Reichsausschuss für Lieferbedingungen) *Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V.*

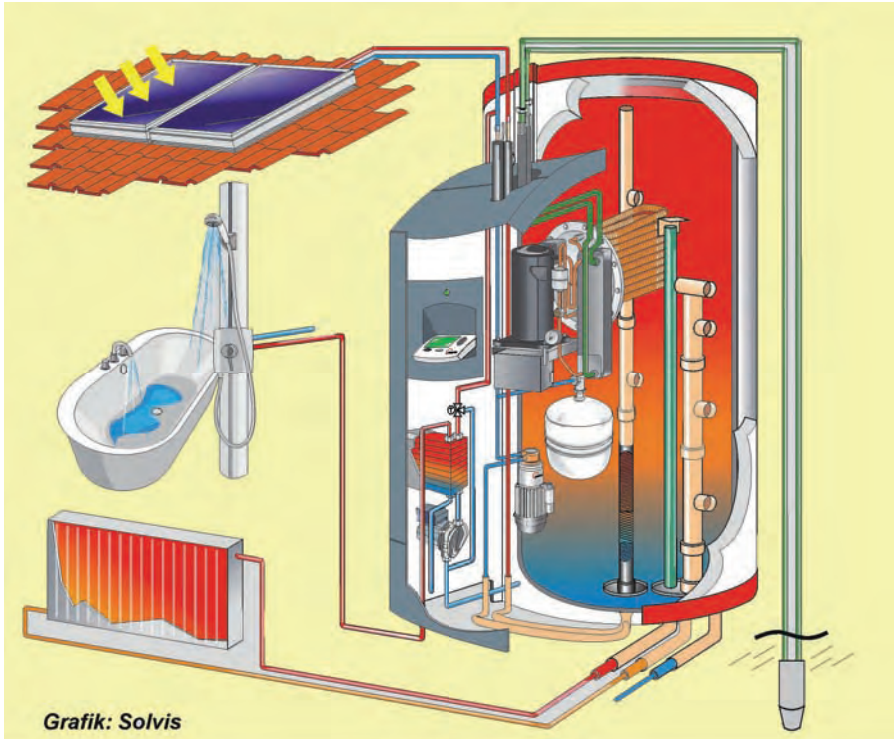
Unabhängig davon, ob es sich um eine Erdreich-, Grundwasser oder Luftwärmepumpe handelt, lässt sich Solarwärme immer einkoppeln. Bei kräftigem Sonnenschein erreicht eine solarthermische Anlage leicht Temperaturniveaus, die zur Brauchwassererwärmung benötigt werden. Deshalb kann sie die Wärmepumpe im Sommer komplett ersetzen. Am besten ist, sie ganz auszuschalten. Durch das Ausschalten der Wärmepumpe im Sommer verlängert sich ihre Lebensdauer. Außerdem kann bei Systemen mit Erdsonden überschüssige Wärme von den Sonnenkollektoren in den Boden geleitet werden, um die Wärmequelle zu regenerieren. Dadurch steigt die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe und die Solarerträge werden fast vollständig genutzt. Dabei muss jedoch der Regler sicherstellen, dass sich der Solekreislauf nicht überhitzt, denn sonst könnten die zu hohen Temperaturen den Solekreislauf sprengen.



Abb. 5.1: Bedienfeld eines Solarreglers (Foto: Max Weishaupt GmbH)

Um ein effizientes System zu erhalten, ist es entscheidend, die Komponenten richtig aufeinander abzustimmen und eine intelligente Regelung einzusetzen. Empfehlenswert sind Komplettsysteme verschiedener Hersteller, die einfach zu handhaben sind.

Je nach Anbindung der Solarwärmeanlage an die Wärmepumpe gibt es zwei Möglichkeiten: Getrennte Systeme verfügen über zwei Wärmeerzeuger, die die Wärme unabhängig voneinander in denselben Speicher schichten; bei kombinierten Systemen hingegen ist der Solarkreis mit der Wärmepumpe gekoppelt.



Grafik: Solvis

Abb. 5.2: Schematisch das Innenleben einer Solewärmepumpe mit angeschlossener Erdwärmesonde und Sonnenkollektoren (Grafik: Solvis)

Es gibt zahlreiche Anbieter von Solarwärmepumpensystemen mit aufeinander abgestimmten Komponenten, auch für Altbauten. Zu Ihnen zählen z. B. Bioenergeteam, Bosch Thermotechnik (Buderus), Brödtje, Capito Heiztechnik, IDM Energiesysteme, Immosolar, Ratiotherm, Rennergy Systems, Rotex Heating Systems, Roth Werke, Siko Solar, Vaillant, Viessmann, Weishaupt und Wolf.

5.1 Solarthermische Warmwasserbereitung

Das Erwärmen von Wasser erfordert im Gebäudebestand etwa 10 bis 15 % der Heizenergie, in Niedrigenergiehäusern sogar bis zu 30 %. Rund 4 bis 5 m² Kollektorfläche und ein Wasserspeicher mit 300 l Inhalt reichen aus, um den Warmwasserbedarf einer vierköpfigen Familie im Jahresmittel etwa zu 60 % zu decken.

Richtige Größe für Warmwasser

Wenn die Anlage nur Warmwasser bereiten soll, können Sie von folgenden Werten ausgehen: Der mittlere Warmwasserbedarf beträgt bei einer Warmwassertemperatur von 45 °C 30 bis 50 l pro Person und Tag. Geschirrspülgerät und Waschmaschine mit Warmwasseranschluss entsprechen 1/4 bis 1/2 Person. Je Person ist eine Kollektorfläche von einem bis 1,5 m² erforderlich. Eine exakte Berechnung berücksichtigt auch die geografische Lage, die Ausrichtung zur Sonne und die Dachneigung. Optimal ist ein schattenfreies Dach in Südlage, das um 35 bis 50 Grad geneigt ist. Sind die Kollektoren vollständig nach Osten oder Westen ausgerichtet, sind etwa 20 % mehr Kollektorfläche erforderlich. Genaue Werte liefern spezielle Berechnungsprogramme der Hersteller oder Installateure. Sehr gute Komplettanlagen für Warmwasser sind schon für weniger als 4.000 € erhältlich.

Die solarthermische Warmwasserbereitung ist ohne Probleme mit der Wärmepumpe kombinierbar. Eine Möglichkeit ist, eine beliebige Heizung und die Warmwasserbereitung in zwei Regelkreise zu trennen. So wird warmes Wasser in den Sommermonaten komplett durch Sonnenkollektoren und eine Wärmepumpe erzeugt. Sie können die Heizungsanlage dann komplett ausschalten.

Der Hersteller Schüco verspricht bei seinem System, dass der Stromanteil an der Warmwasserversorgung nur 15 % beträgt und für etwa 5 € monatlich warmes Wasser bereitsteht.



Abb. 5.3:
Solargestützte
Wärmepumpe
mit integriertem
Warmwasser-
speicher (Foto:
Schüco)

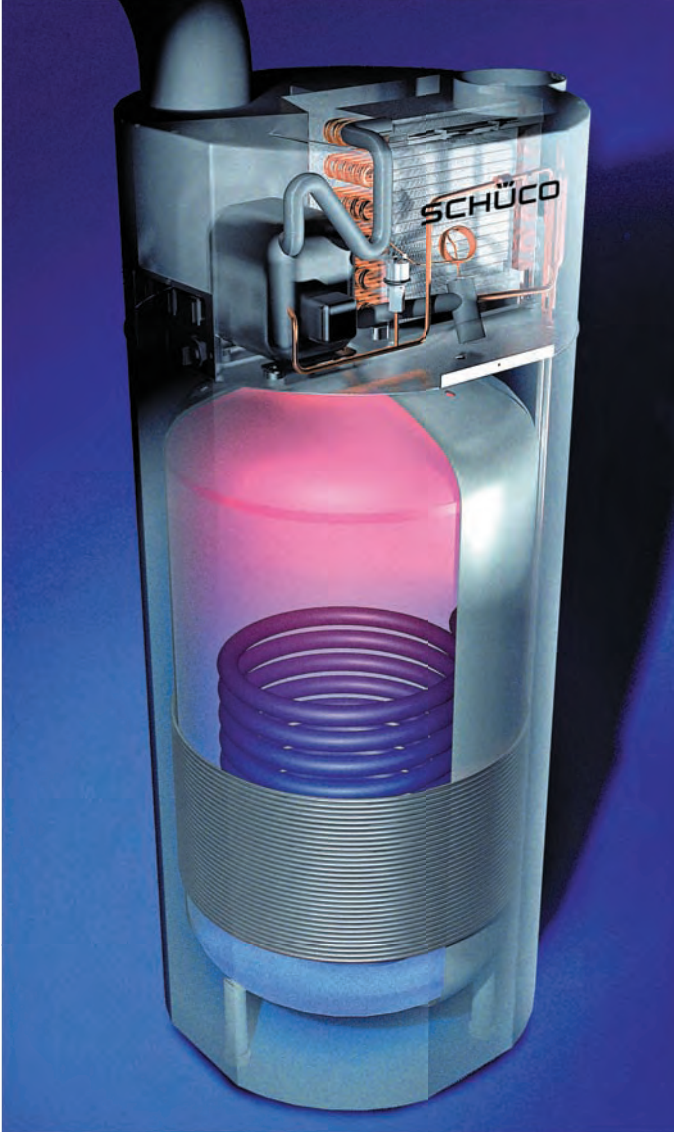


Abb. 5.4:
Schnittbild einer
solargestützten
Wärmepumpe
(Grafik: Schüco)

5.2 Unterstützung der Raumheizung

Kombispeicher zur Heizungsunterstützung

Solarwärmeanlagen, die in einem Vier-Personen-Haushalt, neben dem Bereiten von Warmwasser, zusätzlich die Heizung unterstützen können, haben eine Kollektorfläche ab etwa 10 m². Neben dem Brauchwasserspeicher besitzen diese Kombianlagen einen weiteren Speicher für Heizungswasser. Wenn eine solche Anlage mit einem Wärmeüberschuss Gebäudefundamente und andere Bauteile erwärmt, kann das ausreichen, um kurze Kälteeinbrüche zu überbrücken.

Besonders preisgünstig sind Speicher nach dem Tank-in-Tank-Prinzip. Die Wärmeübertragung vom außen liegenden Heizungswasser zum Trinkwasser wird begünstigt, wenn der innere Trinkwasserspeicher aus Edelstahl besteht. Diese Speicher haben einen besseren Wirkungsgrad als reine Brauchwasserspeicher. Die optimale Speichergröße ergibt sich aus dem Warmwasserbedarf und der Kollektorfläche.

Eine weitere Möglichkeit ist die Erwärmung von Frischwasser nur bei Bedarf – ähnlich dem Prinzip eines Durchlauferhitzers. Der Speicher wird mit einem Plattenwärmetauscher kombiniert, der von kaltem Leitungswasser und in entgegengesetzter Richtung von warmem Speicherwasser durchflossen wird. So wird das benötigte Brauchwasser innerhalb der kurzen Durchlaufzeit auf die gewünschte Temperatur gebracht. Die Hersteller versprechen, dass auf diese Art verhindert wird, dass sich Legionellen im warmen Trinkwasser ausbreiten. Diese Gefahr besteht allerdings erst bei einer stehenden Trinkwassermenge von mehr als 400 l.

Ein Pufferspeicher mit Frischwasserstation benötigt eine weitere Pumpe und einen zusätzlichen Regler, der für gleichmäßig warmes Brauchwasser sorgt. Deshalb ist er teurer, aber der Puffer hat den Vorteil, dass er auf 95 °C aufgeheizt werden und entsprechend mehr Wärme speichern kann. Deshalb können Pufferspeicher mehr Wärme aufnehmen als Kombispeicher. In Kombispeichern sind so hohe Temperaturen nämlich zu vermeiden: Ab 65 °C setzt verstärkt Kalkbildung aus dem heißen Brauchwasser ein, besonders in der Trinkwasserblase oder im Wellrohr. Die anwachsende Kalkschicht behindert zunehmend den Wärmeübergang, die Leistung geht mit der Zeit merklich zurück. Notfalls werden Entkalkungen erforderlich.



Abb. 5.5: Schnittbild eines Kombispeichers: oben ist der Trinkwasserbehälter angeordnet, unten der Wellrohrwärmtauscher. Als Material bevorzugen die Hersteller Stahl, die Trinkwasserführenden Teile sind oft aus Edelstahl. Die angebotenen Speichergrößen liegen zwischen 350 und 5.000 l. (Grafik: Paradigma)

Die Unterstützung der Wärmepumpe durch Sonnenkollektoren ist, rein wirtschaftlich betrachtet, allenfalls bei hoch wärmegeprägten Häusern sinnvoll. Wenn eine kombinierte Wärmepumpen- und Solarthermieanlage z. B. 30.000 € kostet, rechnet sich diese Investition bei dem kleinen Heizenergiebeitrag, den Sonnenkollektoren in einem schlecht gedämmten Haus leisten, nicht.

Grundsätzlich ist eine Schichtung im Speicher vorteilhaft: unten kalt und oben warm. Die heißeste Zone im oberen Bereich enthält warmes Trinkwasser. Die mittlere Zone speist den Heizkreis. Unten ist die kühlfte Region, die nicht durch den Heizkessel oder die Wärmepumpe nachgeheizt werden sollte, wenn die Sonne scheint. Spezielle Schichtenspeicher erreichen durch kontrollierte Temperaturschichtung des Speichermediums einen noch besseren Wirkungsgrad. Dazu sind allerdings mehrere Anschlüsse am Speicher und eine aufwendigere Regelung erforderlich, was einen höheren Preis bedingt.

Legionellen sind Bakterien, die sich in 20 bis 55 °C warmem Wasser vermehren können. Wenn sie durch die Atemwege in den Körper gelangen, können sie lebensgefährliche Infektionen hervorrufen, z. B. die „Legionärskrankheit“, eine schwere Lungenentzündung. Vorsichtsmaßnahme: Mindestens einmal im Monat die Temperatur im Warmwasserspeicher auf 60 °C erhöhen, da Legionellen diese Temperatur nicht überleben.

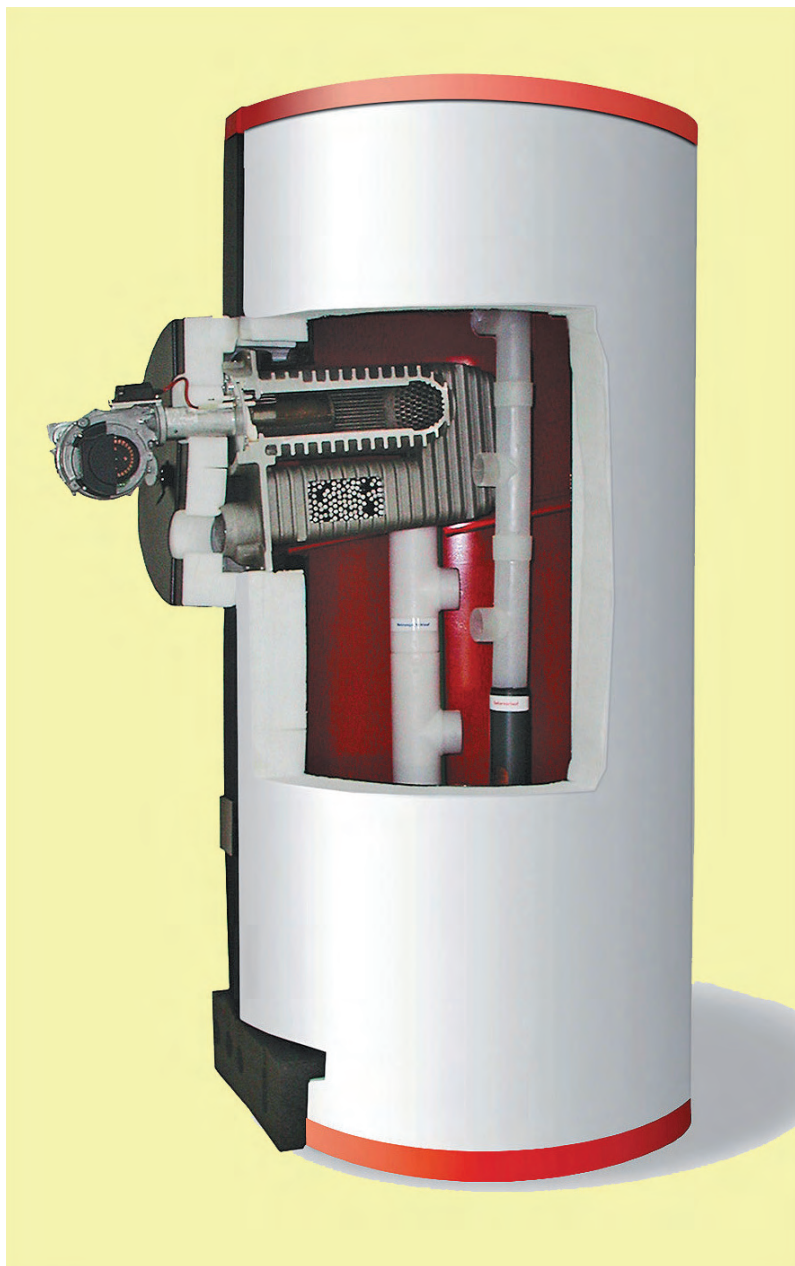


Abb. 5.6: „Innenleben“ eines Schichtenspeichers (Grafik: Solvis)

Einen guten Speicher erkennt man schon an der Dicke des Dämmstoffs. Seine Wasseranschlüsse sollten nicht nach oben ragen, sondern in einem Bogen nach unten durch die Dämmung führen (Wärmesiphon). Optimale Modelle haben außerdem sogenannte *Konvektionsbremsen*, die verhindern, dass warmes Wasser durch die Anschlüsse in die Rohrleitung aufsteigt. Am wichtigsten ist jedoch, dass der Installateur ordentlich arbeitet und alle Anschlüsse gut dämmt, sonst können hier bis zu 60 % der Wärme verloren gehen.

5.3 Innovative Solar-Wärmepumpenheizungen

Das Erdreich ist keine unendliche Wärmequelle. Selbst bei gut ausgelegten Systemen sinkt die Durchschnittstemperatur des Bodens über 20 Jahre um 2 °C. Bei schlechten kann es sogar zu Permafrost kommen. Die Effizienz einer Solarwärmepumpenheizung mit Erdsonden soll beträchtlich steigen, wenn die Sonnenkollektoren im Sommer überschüssige Wärme in das Erdreich einleiten. Das funktioniert in entsprechend geringerem Maß auch in der kalten Jahreszeit. Die Firma Schüco hat in einem Feldtest 30 % Einsparung bei den Betriebskosten bei derart mit Sonnenkollektoren kombinierten Wärmepumpen ermittelt; Objekt: Niedrigenergiehaus, Vier-Personen-Haushalt, Wärmepumpe mit Solarkopplung, 10 m² Kollektorfläche, Tiefe der Sondenbohrung 70 m, Warmwasserbereitung über einen Kombispeicher.

Wärmequelle regenerieren

Die Temperatur des Erdreichs um die Erdsonde war nach der Heizperiode wieder auf dem ursprünglichen Temperaturniveau. Messtechnisch wurde nachgewiesen, dass sich das Erdreich regeneriert hat.

Die Betriebsstunden der solarunterstützten Wärmepumpe lagen 20 % unter denen einer normal ohne Solarthermie-Anlage ausgelegten Wärmepumpe. Das Gesamtsystem mit Solarkopplung kam auf eine Jahresarbeitszahl von 4,4 gegenüber 3,0 beim System ohne Solarkopplung. Bei ausgeklammerter Trinkwassererwärmung ist die Systemeffizienz mit Solarkopplung sogar doppelt so hoch wie ohne (3,6 gegenüber 1,8). Außerdem bedeuten weniger Kompressorstarts eine längere Lebensdauer der Wärmepumpe.

Es gibt Wärmepumpenexperten, die diesen Systemen kritisch gegenüberstehen. Sie sagen, dass hier mit hohem technischen Aufwand und erheblichen Mehrkosten versucht würde, mit der Wärmepumpe einen halben Jahresarbeitszahlpunkt nach oben zu kommen. Mitarbeiter des Freiburger Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) haben berichtet, dass grundsätzlich mit zunehmender Komplexität einer Wärmepumpenanlage ihre Energieeffizienz eher abnimmt. Oft wird der Installateur

Index

A

Anschlussantrag 162
Anschlussgruppe 161
Aufstellungsort 84

B

Bauteile der Wärmepumpe 50
Betriebsarten 77, 83
Bivalenzpunkt 110, 111
Bohrverfahren 92, 143
Brauchwassererwärmung 80

C

CO₂-Erdsonde 36

D

Direkterwärmung 54
Direktverdampfung 92
Drainage 89, 91, 150

E

Einschaltverzögerung 205
Einweisung 163
Einzelraumregelung 129, 206
Eisbildung 89
Elektroanschluss 162
Energieeffizienz 34
Entzugsleistung 59
Erdwärmekörbe 90
Erdwärmetauscher 122

F

Fachunternehmererklärung 226
Flächenheizung 128
Förderfähigkeit 14

G

Grabenkollektoren 90
Grundwassermenge 97

H

Heizgrenze 204
Heizkostenvergleich 24
Heizkreis 158
Heizkreispumpe 206, 210
Heizkurve 204
Heizlastberechnung 78
Heizleistung 78
Heizstab 28, 38, 47, 75, 83, 130, 212
Hüllflächenverfahren 79
Hydraulische Trennung 161

I

Installationsort 133
Investitionskosten 16

J

Jahresarbeitszahl 13, 15, 17, 30, 40, 49, 73
Jahresbetriebsstunden 96
Jahres-Heizwärmebedarf 80

K

Kältekreislauf 49
Kältemittel 51
Kompressor 17, 47, 209
Kühlung 124
Künettenkollektoren 90

L

Latentwärmespeicher 181
Legionellen 175

Leistungszahl 47
Luftwechsel 113

M

Mindestverlegeabstände 135
Mischventil 158

N

Nachtabsenkung 206

O

Ökopfahl-Kollektoren 90

P

Pufferspeicher 161

R

Radon 123
Regelung 201
Response-Test, thermischer 95

S

Sammelschacht 91
Schichtenspeicher 175
Simulationssoftware 73
Solarstation 193
Solarthermieanlage 185
Sole 53

Soleausgleichsbehälter 152
Solekreislauf 86
Sole-Membran-Ausdehnungsgefäß 152
Sondenlänge 64
Sondentiefe 63
Sondertarif 20
Sperrzeiten 83
Stromverbrauch 209
System Direkterwärmung 54
System Direktverdampfung 92

T

Tauchpumpe 104
Thermischer Response-Test 95

U

Umwälzpumpe 128, 161

W

Wandheizung 130
Wärmekapazität 54
Wärmenutzungsanlage 156
Warmwasserbedarf 170
Wasserqualität 102

Z

Zwischenwärmetauscher 104

Reinhard Hoffmann

Heizen mit der Wärmepumpe

in Alt- und Neubauten

Wenn Sie sich für eine neue Heizungs- und Warmwasseranlage für Ihren Alt- oder Neubau entscheiden müssen, ist die Nutzung der Umweltwärme mithilfe einer Wärmepumpe eine interessante Alternative zum bisher weit verbreiteten Heizen mit fossilen Brennstoffen. Dieses Buch informiert Sie objektiv über die Nutzungsmöglichkeiten der Wärmepumpe. Es bietet leicht verständliche Funktionsbeschreibungen der verschiedenen Systeme und schildert mit vielen Abbildungen und Zeichnungen die notwendigen Arbeiten. Besondere Beachtung finden dabei Nachteile und Schwachstellen, auf die in den Hochglanzprospekten der Hersteller meist nicht hingewiesen wird.

Das wichtigste Anliegen des Autors ist, Sie vor Fehlinvestitionen und überhöhten Betriebskosten zu bewahren. Nur gut geplante und ausgeführte Wärmepumpenanlagen erreichen hohe Arbeitszahlen und sparen Primärenergie ein. Dieses Fachbuch enthält viele Tipps dazu, wann und unter welchen Bedingungen eine Wärmepumpe effektiv arbeitet. Dazu gehört zum Beispiel der oft „vergessene“ hydraulische Abgleich der Heizanlage.

Zum Autor

Reinhard Hoffmann ist Physiker, freier Fachjournalist und Autor mehrerer Bücher zu den Themen erneuerbare Energien, Altbausanierung und Haustechnik.

Aus dem Inhalt

- Kostenanalyse und Wirtschaftlichkeit
- Wärmebedarf ermitteln und passende Wärmequelle auswählen
- Qualitätsbewusst planen und installieren
- Wärmepumpen mit Solarthermieranlagen kombinieren
- So stellen Sie die Wärmepumpenheizung optimal ein

**Mit zahlreichen Checklisten,
Kosten-Nutzenvergleichen und Praxistipps**

Besuchen Sie uns im Internet: www.franzis.de

ISBN 978-3-645-65023-6



9 783645 650236

Euro 39,95 [D]