



## Hinweise zum Energiesparen



## Wärmepumpen

- 01\_ Vorschriften und technische Regeln
- 02\_ Begriffe im Bau- und Heizungsbereich
- 03\_ Baugenehmigung für energiesparende Maßnahmen
- 04\_ Der private Bauherr
- 05\_ Heizkostenabrechnung
- 06\_ Modernisierung mit Mietern
- 07\_ Baumängel – Bauschäden – Mängelansprüche
- 08\_ Feuchte Wände und Schimmelbildung
- 09\_ Mauerfeuchtigkeit
- 10\_ Raumklima und Behaglichkeit
- 11\_ Vom Mindestwärmeschutz zum Niedrigstenergiegebäude
- 12\_ Wärmeschutz an Fenstern
- 13\_ Fensterabdeckungen – Schutz vor Wärme und Kälte
- 14\_ Wärmeschutz an der Außenwand
- 15\_ Wärmeschutz am Dach
- 16\_ Wärmeschutz im Kellergeschoss
- 17\_ Wärmedämmung – Wärmespeicherung
- 18\_ Wärmebrücken
- 19\_ Luftdichtheit der Gebäudehülle
- 20\_ Wärmeschutz – Schallschutz
- 21\_ Dämmstoffe
- 22\_ Baustoffe für tragende Bauteile
- 23\_ Putze und Anstriche
- 24\_ Wärmedämm-Verbundsysteme (WDVS)
- 25\_ Vorgehängte hinterlüftbare Fassaden (VHF)
- 26\_ Baubiologie und Wärmeschutz
- 27\_ Passive Sonnenenergienutzung
- 28\_ Unbeheizte Wintergärten
- 29\_ Natürliche Klimatisierung
- 30\_ Bauwerksbegrünung
- 31\_ EnEV – Altbausanierung
- 32\_ Heizen und Lüften
- 33\_ Stromsparen im Haushalt
- 34\_ Abstimmung von Gebäude und Heizung
- 35\_ Bestandteile einer Heizungsanlage
- 36\_ Brennertypen
- 37\_ Moderne Heizungsregelung
- 38\_ Kamine und andere Abgasanlagen
- 39\_ Heizwärmeverteilung im Gebäude
- 40\_ Thermostatventile
- 41\_ Brennstoffe
- 42\_ Verbesserungsvorschläge für bestehende Heizungen
- 43\_ Warmwasserbereitung
- 44\_ Heizkessel
- 45\_ Holzfeuerungen
- 46\_ Wärmepumpen**
- 47\_ Aktive Sonnenenergienutzung
- 48\_ Kosten und Wirtschaftlichkeit einzelner Maßnahmen

Eine Wärmepumpe ist eine Maschine, die Umgebungswärme (in Luft, Wasser, Erde) unter Aufwendung von Antriebsenergie (meist Strom, seltener auch Gas oder Diesel) in einem thermodynamischen Kreisprozess auf eine nutzbare Temperatur anhebt, so dass sie z. B. für Heizzwecke einsetzbar wird. Die dabei „gewonnene“ Umgebungswärme ist kostenlos, nur die Antriebsenergie muss bezahlt werden. Das gleiche technische Prinzip wird auch bei jedem Kühlschrank angewendet, nur dass hier das Ziel nicht die Erzeugung von „Wärme“, sondern die Bereitstellung von „Kälte“ ist.

Wichtige Kenngröße zur Beurteilung der Energieeffizienz einer Wärmepumpe ist der COP-Wert, in dem das Verhältnis der abgegebenen nutzbaren Wärmeleistung zur aufgewendeten Antriebsleistung angegeben wird. Der COP-Wert ist abhängig von der Temperatur der Umweltwärmequelle (Luft, Grundwasser, Erdreich) und der für die Beheizung erforderlichen Vorlauftemperatur des Heizsystems.

Je geringer diese Temperaturdifferenz, desto höher ist der COP-Wert und somit die Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpe.

In den Herstellerangaben sind die COP-Werte in Abhängigkeit der Einsatzbedingungen angegeben z. B. W10/W35 (EN14511) = 5,5 für eine Wärmepumpe unter den Einsatzbedingungen Grundwasser 10 °C, Heizungswasser 35 °C, oder W10/W65 = 2,5 bei Warmwasserbereitung mittels Grundwasserwärmepumpe. Beste Voraussetzungen für einen wirtschaftlichen Betrieb bieten Flächenheizungen, wie Fußbodenheizung, Wandflächenheizung, Betonkernaktivierung etc., die über entsprechend niedrige Vorlauftemperaturen verfügen.

Die Jahresarbeitszahl (JAZ) ist der Quotient von jährlich abgegebener Wärmeenergie und zugehörigem Energieverbrauch – inklusive aller Nebenverbraucher (Grundwasserpumpe, Soleumwälzpumpe, Regelung, etc.) die für den Betrieb der Wärmepumpenanlage notwendig sind. Die Jahresarbeitszahl ist daher aussagekräftiger als der COP-Wert.

Nach dem EEWärmeG in der derzeit gültigen Fassung ist bei elektrisch angetriebenen Wärmepumpen mindestens eine Jahresarbeitszahl von 3,5 für Luft/Wasser- und Luft/Luft-Wärmepumpen, 4,0 für alle anderen Wärmepumpen nachzuweisen.

Wenn die Warmwasserbereitung des Gebäudes durch die Wärmepumpe oder zu einem wesentlichen Anteil durch andere Erneuerbare Energien erfolgt, gelten jeweils um 0,2 verminderte Grenzwerte.

Zur Erfassung und Überprüfung der Jahresarbeitszahl müssen Wärmemengen und Stromzähler eingebaut sein. Bei Sole/Wasser- und Wasser/Wasser-Wärmepumpen ist der Einbau von Messeinrichtungen nicht vorgeschrieben, sofern die Vorlauftemperatur der Heizung weniger als 35 °C erfordert (z. B. Fußbodenheizung mit Verlegeabstand 10 cm in einem Gebäude mit weniger als 45 W/m<sup>2</sup> Wärmebedarf ohne Warmwasserbereitung).

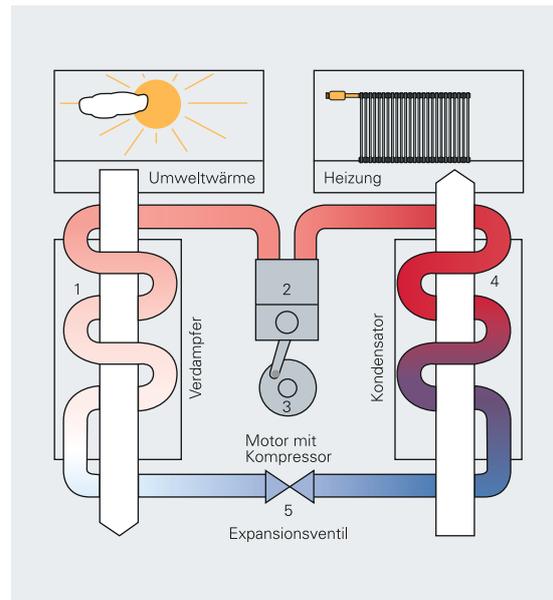


Abbildung 1

Prinzip der Kompressionswärmepumpe

### Kompressionswärmepumpe

Für Heizzwecke werden überwiegend Kompressionswärmepumpen mit elektromotorischem Antrieb eingebaut. Kompressionswärmepumpen arbeiten alle nach dem in **Abbildung 1** dargestellten Prinzip.

Umgebungswärme wird auf niedrigem Temperaturniveau im Verdampfer aufgenommen. Dieser wird von einem Kältemittel durchströmt, welches bereits bei niedrigen Temperaturen verdampft (1). Ein Kompressor komprimiert den Kältemitteldampf, wodurch dieser auf ein höheres Temperaturniveau gebracht wird (ähnlich der Erwärmung einer Luftpumpe). Der Kompressor benötigt Antriebsenergie – meist in Form von elektrischem Strom. In einem zweiten Wärmetauscher, dem Kondensator (4), gibt der nun heiße Kältemitteldampf Wärme an die Heizung oder an das Brauchwasser ab. Die Abkühlung führt zur Verflüssigung des Kältemitteldampfes. Durch ein Expansionsventil (5) wird das noch unter Druck stehende Kältemittel entspannt, wobei es noch weiter, bis unter die Temperatur der Umgebungswärmequelle, abkühlt. Der Kreislauf kann nun von neuem beginnen. Bei diesem Prozess werden in Abhängigkeit von Wärmequelle und Wärmeverteilsystem Jahresarbeitszahlen von 3 bis 5 erreicht, d. h. nur 1/3 bis 1/5 der gewonnenen Wärme muss als Antriebsenergie bereitgestellt werden, 2/3 bis 4/5 sind kostenlose und umweltfreundliche Umgebungswärme.

Als Kältemittel werden heute ausschließlich FCKW-freie Kältemittel eingesetzt.

Handelsübliche Kompressionswärmepumpen erreichen aufgrund der eingesetzten Kältemittel maximale Heizwassertemperaturen von ca. 55 °C – völlig ausreichend für den Betrieb einer Niedertemperaturheizung.

Höhere Temperaturen, speziell zur Trinkwarmwasserbereitung, sind mit R134a und R290 (Propan) erreichbar – zur Versorgung größerer Einheiten (Mehrfamilienhäuser, Nahwärmeversorgung) sind auch Anlagen verfügbar, die eine kaskadierte Wärmeversorgung auf den geforderten Temperaturniveaus bei optimalen COP-Werten erreichen.

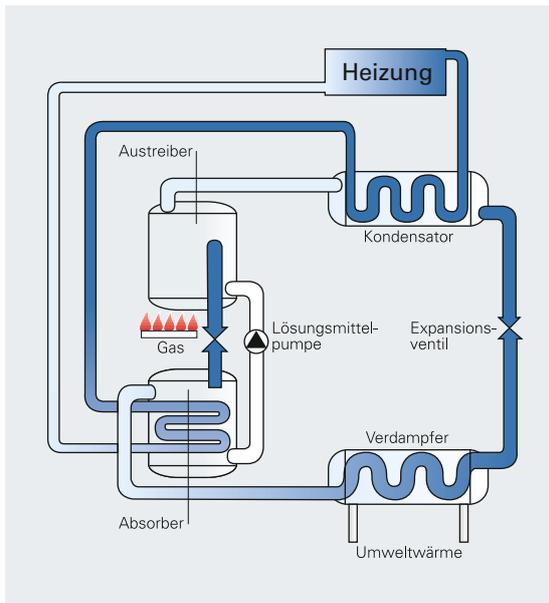


Abbildung 2

Prinzip der Absorptionswärmepumpe

## Absorptionswärmepumpe

Absorptionswärmepumpen arbeiten mit einem „thermischen Kompressor“. Ähnlich dem vom Camping bekannten Absorberkühlschrank haben Absorptionswärmepumpen kaum bewegte Teile. Daher ist eine hohe Lebensdauer zu erwarten.

Als Antriebsenergie dient bei Absorptionswärmepumpen anstelle von Strom für die Erzeugung der mechanischen Antriebsenergie meist Erdgas zur Bereitstellung der thermischen Antriebsenergie. Durch die Verbrennung entsteht Wärmeenergie auf hohem Temperaturniveau, womit der Wärmepumpenprozess aufrechterhalten wird (**Abbildung 2**).

Im Absorber treffen kältemittelarmes Absorptionsmittel (Ammoniak/Wasser- oder Lithium/Bromid/Wasser-Gemisch) und Kältemittel aufeinander, wobei eine Auflösung des Kältemittels im Lösungsmittel erfolgt. Hierbei entsteht Absorptionswärme (Kondensations- und Lösungswärme), welche vom Heizungswasser aufgenommen wird. Die an Kältemittel angereicherte Lösung wird anschließend von einer kleinen Lösungsmittelpumpe im flüssigen Zustand auf das höhere Druckniveau des Kondensators gebracht und in den so genannten Austreiber gefördert. In diesem Austreiber wird die angereicherte Lösung „ausgekocht“, wodurch das Kältemittel wieder freigesetzt wird. Im Kondensator

überträgt sich die Kondensationswärme ebenfalls an das Heizungswasser. Die verbleibende „arme“ Lösung wird an einem Expansionsventil auf geringeren Druck entspannt und wieder dem Absorber zugeführt. Das kondensierte, flüssige Kältemittel wird über ein Expansionsventil ebenfalls auf geringeren Druck entspannt und über den Verdampfer, wo es Umweltwärme bei geringem Temperaturniveau aufnimmt erneut dem Absorber zugeführt.

Absorptionswärmepumpen finden ihren Einsatz speziell in der Versorgung größerer Einheiten.

## Wärmequellen

Bei der Auswahl der Wärmequelle ist viel Sorgfalt notwendig, denn diese bestimmt mehr noch als die Wärmepumpe selbst die Effizienz der Anlage. Grundsätzlich sollte eine optimale Wärmequelle eine möglichst gleichbleibend hohe Temperatur über das gesamte Jahr haben. Als Wärmequellen kommen Außenluft, Erdreich und Grundwasser in Betracht.

### Außenluft

Ein Vorteil der Außenluft ist, dass diese überall verfügbar ist. Da sie aber jahreszeitlich starken Temperaturschwankungen unterliegt, ist ihr Einsatz zu Heizzwecken nur sehr bedingt möglich. Bei Luftwärmepumpen wird die Luft von außen über einen Ventilator angesaugt und am Verdampfer vorbeigeleitet oder der Verdampfer wird mit Ventilator gleich im Freien aufgestellt (Split-Gerät) und über Kältemittelleitungen mit dem Heizkeller verbunden. Bei Freiaufstellung sind die Vorgaben der TA Lärm (VDI 2058) einzuhalten. Da sich bereits ab Lufttemperaturen unter 5 °C Reif auf den Wärmetauscherflächen niederschlagen kann, ist eine Abtauvorrichtung (elektrisch, Heißgas-Bypass, Kreislaufumkehr) unerlässlich.

Falls im Haus ein zweiter Wärmeerzeuger vorhanden ist (Kachelofen, Kaminofen etc.) kann die Luft-/Wasser-Wärmepumpe trotzdem sinnvoll eingesetzt werden, da sie bis 5 °C Außentemperatur etwa 80 % der Jahresheizarbeit abdeckt. Bei hocheffizient gedämmten Häusern ist meist eine elektrische Nachheizung zur Deckung des geringen Restwärmeanteils die kostengünstigste Variante.

**■ Erdreich**

Sind große, nicht versiegelte Flächen vorhanden, bietet sich ein Erdreichkollektor als Wärmesammler an. Bei diesem System werden in frostfreier Tiefe (mind. 1,1 m) großflächig mehrere Kreise aus PE-Rohr oder auch Matten aus PP-Rohr verlegt und über einen Sammler zusammengeführt.

Je nach Bodenbeschaffenheit erreichen diese Absorber Wärmeentzugsleistungen von etwa 35 W/m<sup>2</sup> Absorberfläche. Damit sich das Erdreich regenerieren kann, d. h. nicht dauerhaft auskühlt, ist unbedingt eine große unversiegelte Fläche notwendig, welche auch Versickerung von Niederschlägen zulässt.

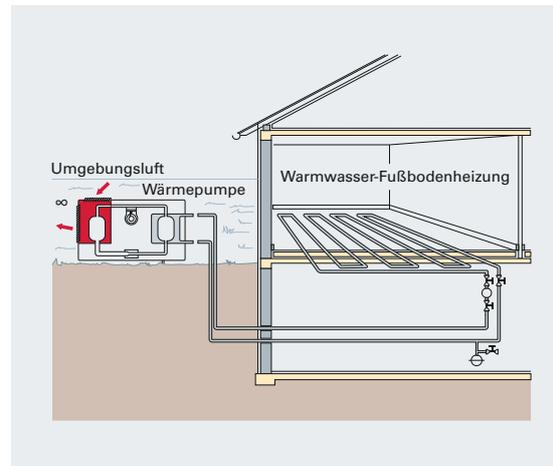
Ist keine ausreichend große Fläche vorhanden, kann der Wärmesammler auch als vertikale Erdwärmesonde ausgeführt werden. Eine Erdwärmesonde benötigt keine freie Fläche und kann unter beengten Platzverhältnissen ausgeführt werden. Hierbei wird ein Rohrkreis aus PE-HD oder besser PEXa in eine bis zu 400 m tiefe Bohrung eingeführt. Die Entzugsleistung beträgt je nach Bodenbeschaffenheit 30 bis 70 W pro m Sondenlänge (Auslegung nach VDI 4640, 05-2010). Bei höherem Wärmebedarf werden entsprechend mehrere Sonden gebohrt und über einen Sammler an die Wärmepumpe angeschlossen.

Zur Durchführung einer Bohrung ist eine Bohranzeige bei der zuständigen Kreisverwaltungsbehörde nach Art. 30 BayWG einzureichen. Bei Bohrungen > 100 m ist die Bergbehörde nach BBergG und die Wasserwirtschaftsämter zuständig.

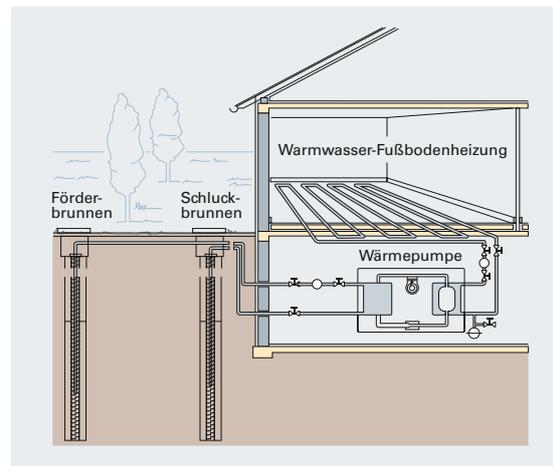
Zu beachten ist, dass bei Neubauvorhaben die Wärmepumpenheizungen mit Erdreich als Wärmequelle nicht zur Baubeheizung (Aufheizen des Estriches, Trockenheizen etc.) verwendet werden kann, da die Wärmeentzugsleistungen durch den nicht für den Auslegungsfall konzipierten Betrieb zur Vereisung – insbesondere von Erdwärmesonden – führen kann. Eine Regenerierung dauert dann Jahre und der Heizbetrieb ist nicht gewährleistet. In diesen Fällen ist eine temporäre Heizung bis zum Bezug der Gebäude unbedingt zu empfehlen. Auch für den Regelbetrieb ist eine ausreichende Dimensionierung der Sondenlänge wichtig. Eine Unterkühlung des Erdreichs führt nachhaltig zu einer Erhöhung der Energiekosten.

Die Nutzung der Erdwärmesonde zur Gebäudekühlung im Sommer, bei der Wärme aus dem Gebäude dem Erdreich zugeführt wird, führt zu einer verbesserten Regenerierung der Umgebungstemperatur im Erdreich. Der Leitfaden „Erdwärmesonden in Bayern“ beschreibt detailliert die rechtlichen, geologischen und technischen Anforderungen.

Erdwärmennutzung bietet in Verbindung mit solarthermischen Kollektoren eine gute Möglichkeit Sonnenenergie auch saisonal zu speichern. Neben der klassischen thermischen Nutzung von solarer Strahlungsenergie zur Brauchwassererwärmung



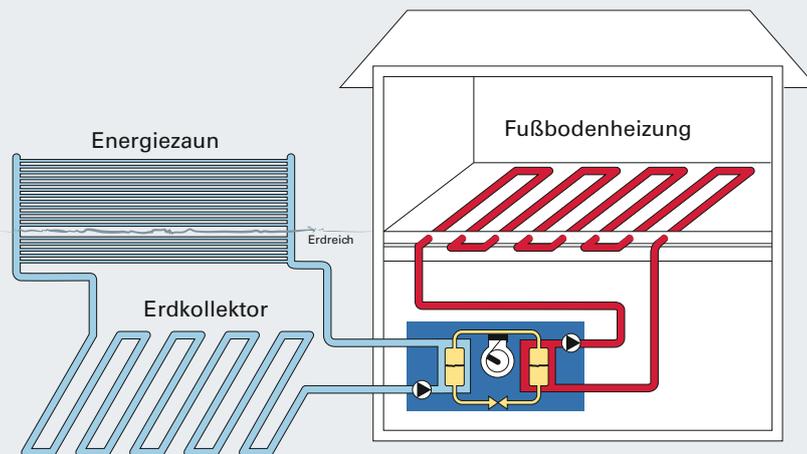
**Abbildung 3**  
Luft-/Wasser-Wärmepumpe



**Abbildung 4**  
Grundwasser Wärmepumpe

Abbildung 5

Sole-/Wasser-  
Wärmepumpe



und Heizungsunterstützung bietet die Kombination mit Erdwärmekollektoren darüber hinaus auch die Möglichkeit überschüssige solare Erträge und solche auf geringem Temperaturniveau zur Regenerierung der Temperatur im Erdreich zu verwenden.

### ■ Grundwasser

Jahreszeitlich unabhängig gleich bleibend „hohe“ Temperaturen von 8 bis 10 °C machen Grundwasser zu einer günstigen Wärmequelle für den Wärmepumpenbetrieb. Zur Nutzung des Grundwassers ist ein Saugbrunnen und in mindestens 10 m Abstand (in Grundwasserfließrichtung) ein Schluckbrunnen zu errichten. Eine Pumpe fördert aus dem Saugbrunnen Grundwasser zum Verdampfer der Wärmepumpe, in der dieses um etwa 3 °C (max. 5 °C nach Wasserhaushaltsgesetz) abgekühlt wird. Von dort wird es über den Schluckbrunnen wieder in den Grundwasserleiter eingeleitet.

Die Ergiebigkeit des Grundwassers sollte im Vorfeld durch einen Pumpversuch abgeklärt werden. Die Nutzung des Grundwassers ist genehmigungspflichtig!

### Trinkwassererwärmung mit Wärmepumpen

Speziell für die Trinkwasserbereitung werden Wärmepumpenkompaktgeräte angeboten, welche unabhängig von der Heizungswärmepumpe die Brauchwasserbereitung übernehmen. Der technische Hintergrund ist, dass für die Trinkwassererwärmung (Vorlauftemperatur i. d. R. mind. 50 °C, aus Legionellenschutzgründen ggf. intervallweise Erwärmung über 60 °C notwendig) wesentlich höhere Temperaturen notwendig sind als für den Heizbetrieb (Fußbodenheizung mit Vorlauftemperaturen < 35 °C); das wiederum senkt die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe erheblich.

Faustformel: Eine Temperaturerhöhung um 1 °C bedeutet 3,5 % Mehrverbrauch an Antriebsenergie, bei 50 °C anstelle von 35 °C Vorlauftemperatur würde sich ein Energiemehrbedarf von über 50 % ergeben. Damit die Wärmepumpe auch Trinkwasser erwärmen kann, ist ein Umschalten für kurze Zeit auf Brauchwasserbereitung in einem Brauchwasserspeicher bei höheren Temperaturen sinnvoll.

Zu beachten ist dabei die hydraulisch richtige Einbindung der Brauchwasserbereitung in den Heizkreis (ohne Mischer, aber mit Umschaltventil) und eine ausreichend große Dimensionierung der Trinkwarmwasserbevorratung. Das erspart zusätzliche Investitionskosten in eine separate Trinkwassererwärmung und ist bei richtiger Planung auch wesentlich energieeffizienter als eine separate Lösung.

Die Bestimmungen zum Legionellenschutz nach DVGW Arbeitsblatt W 551 553 (Ausgabe 04-2004) sind insbesondere zu beachten.

## Gebäudeheizung und -kühlung mit Wärmepumpen

Besonders vorteilhaft sind Wärmepumpenanlagen, wenn in einem Gebäude sowohl Kühl- als auch Heizlasten anfallen (Schwimmbad mit Eisstadion, Bürogebäude, Restaurants, Krankenhäuser etc.). In solchen Fällen kann die Wärmepumpe sowohl das Beheizen (Wärme von Kondensatorseite) als auch das Kühlen (Kälte an der Verdampferseite) übernehmen. Zur Gebäudeklimatisierung ist es zumeist ausreichend, die mit 10 bis 14 °C kalten „Wärmequellen“ Grundwasser oder Erdreich direkt zur Gebäudekühlung heranzuziehen.

Hierzu sind Kühlflächen (Bauteilaktivierung, Kühldecken etc.) oder Konvektionsgeräte notwendig. Bei Bedarf an Tieftemperaturkälte wird die kalte Verdampferseite der Wärmepumpe „angezapft“, die Wärmepumpe arbeitet nun wie eine Kältemaschine.

Vorteilhaft sind die niedrigeren Investitionskosten und insbesondere die Betriebskosten fallen sehr viel niedriger aus als bei getrennten Systemen zur Kühlung und Beheizung.

Bei Betrieb der Wärmepumpe bzw. deren „Wärmequelle“ zur Gebäudeklimatisierung gewähren viele Stromversorger den günstigeren Wärmepumpentarif auch für den Betrieb der damit verbundenen sonstigen Klimakomponenten (Umwälzpumpen, Lüftungsanlage etc.).

Die zumeist komplexen Anlagen erfordern eine sorgfältige Planung und Abstimmung der verschiedenen Gewerke bereits in der Konzeptionsphase.

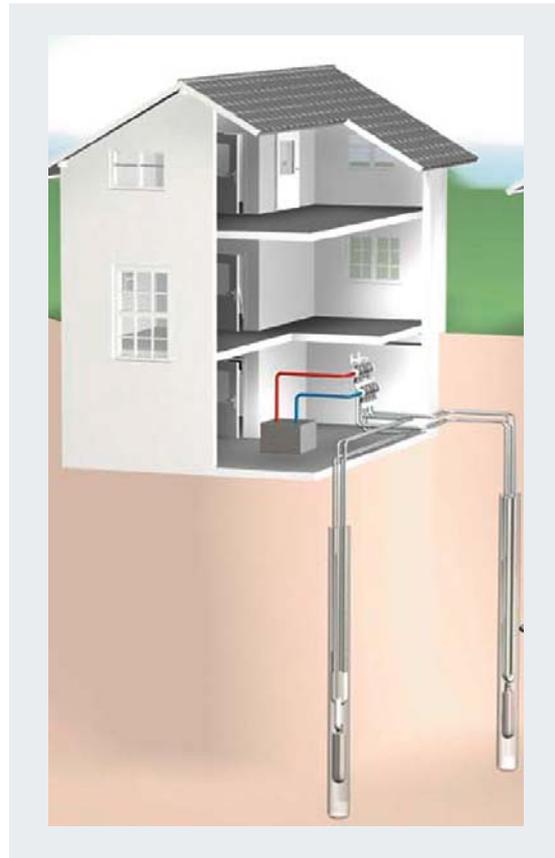


Abbildung 6

Sole-/Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmesonden

## Impressum



Herausgeber: Bayerisches Staatsministerium für  
Wirtschaft und Medien, Energie  
und Technologie

Oberste Baubehörde im  
Bayerischen Staatsministerium  
des Innern, für Bau und Verkehr

Postanschrift: 80525 München

Hausadresse: Prinzregentenstr. 28 | 80538 München

Telefon: 089 2162-2303 | 089 2162-0

Fax: 089 2162-3326 | 089 2162-2760

E-Mail: [info@stmwi.bayern.de](mailto:info@stmwi.bayern.de)  
[poststelle@stmwi.bayern.de](mailto:poststelle@stmwi.bayern.de)

Internet: [www.stmwi.bayern.de](http://www.stmwi.bayern.de)  
[www.energie.bayern.de](http://www.energie.bayern.de)

Titelbilder: SWM, Alexander Walter |  
©PantherMedia/Harald Richter | Corel |  
toenje „Feuer im Ofen“ [www.piqs.de](http://www.piqs.de)

Text: Dipl.-Ing. (FH) Richard Krahmer,  
München

Bilder: Ingenieurbüro ITEM, München/  
FP-Werbung F. Flade GmbH, München  
(Abb. 1–5)  
REHAU AG + Co, Rehau (Abb. 6)

Gestaltung: Technisches Büro im StMWi

Stand: September 2014

## Hinweis

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden.

Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben von parteipolitischen Informationen oder Werbemitteln. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Die Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit des Inhalts kann dessen ungeachtet nicht übernommen werden.