

Wärmeerzeugung im Gebäudebestand mit erneuerbaren Energien

Wasser-Wasser-Wärmepumpe

Elektrische Wasser-Wasser-Wärmepumpen nutzen die Wärme von Wasser, beispielsweise von Grundwasser, zur Raumheizung und Warmwasserbereitung.

Funktionsweise/Aufbau

Hauptbestandteile einer Wasser-Wasser-Wärmepumpenanlage mit der Nutzung von Grundwasser sind:

- Wasser-Wasser-Wärmepumpe
- Saug- und Schluckbrunnen
- Heizungs-Pufferspeicher
- Trinkwarmwasserspeicher

Wasser-Wasser-Wärmepumpen nutzen direkt die Wärme des Grundwassers, das über Brunnen zur Wärmepumpe geführt wird, als Energiequelle. Im Verdampfer wird damit das Kältemittel erwärmt und verdampft. Das gasförmige

Kältemittel wird im Verdichter unter Einsatz von elektrischer Energie komprimiert und so auf ein höheres Temperaturniveau gebracht. Der erhitzte Kältemitteldampf überträgt seine thermische Energie auf das Heizungswasser, kühlt ab und kondensiert. Nach Entspannung des Kältemittels im Expansionsventil durchläuft es den Kreislauf erneut.

Wasser-Wasser-Wärmepumpen mit Invertertechnologie verfügen über einen leistungsgeregelten Kältekreis, wodurch die Leistung der Wärmepumpe an den jeweiligen Wärmebedarf des Gebäudes angepasst werden kann. Bei einer leistungsgeregelten Wärmepumpe wird häufiges Takten im Teillastbereich vermieden und die Effizienz (Jahresarbeitszahl) der Wärmepumpe erhöht.

Wasser-Wasser-Wärmepumpe

Wärmequelle: Grundwasser

Grundwasser weist über den gesamten Jahresverlauf eine konstante Temperatur von etwa 10 °C auf. Als Wärmequelle eignet es sich besonders, wenn es in ausreichender Menge, in wirtschaftlich nutzbarer Tiefe und in guter Qualität vorhanden ist.

Über einen Saugbrunnen wird das Grundwasser zur Wärmepumpe gefördert und überträgt dort die Wärme an den Kältekreislauf. Über einen Schluckbrunnen gelangt das abgekühlte Grundwasser zurück. Um eine gegenseitige Beeinflussung von Saug- und Schluckbrunnen zu vermeiden, müssen sie sich in einem ausreichenden Abstand voneinander befinden (mindestens 15 m). Zudem ist der Schluckbrunnen in Fließrichtung des Grundwassers hinter dem Saugbrunnen (stromabwärts) zu platzieren. Unter Umständen kann der Schluckbrunnen alternativ durch einen Sickerschacht ersetzt werden.

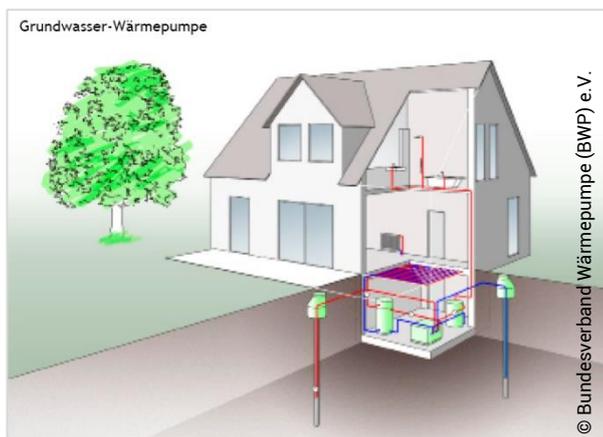


Abbildung 1: Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit Saug- und Schluckbrunnen

Die Nutzung von Grundwasser als Wärmequelle ist an besondere Bedingungen gebunden. Es ist die Genehmigung der zuständigen unteren Wasserbehörde einzuholen. Diese gibt auch Auskunft darüber, ob Grundwasser vorkommt und für den Einsatz mit einer Wärmepumpe genutzt werden darf. In Wasserschutzgebieten werden Genehmigungen nicht oder nur mit hohen Auflagen erteilt.

Eine ausreichende Grundwasserschicht mit entsprechender Wasserqualität findet man in der Regel zwischen 10 und 20 m Tiefe. Je tiefer die Bohrung, umso höher sind die Investitionskosten für die Brunnen sowie die Stromkosten für den Betrieb der Förderpumpe. Oberflächennahes Wasser bis 10 m Tiefe weist oft nicht die notwendige Qualität auf, beispielsweise durch Umweltverschmutzungen, und unterliegt größeren Temperaturschwankungen im Jahresverlauf.

Das Grundwasser selbst muss auf seine hydrochemische Zusammensetzung untersucht werden, da Qualität und Wassermenge Einfluss auf die Effizienz beim Betrieb der Wärmepumpe haben. Die Wasserqualität muss die Grenzwerte des Herstellers der Wärmepumpe einhalten. Dies betrifft insbesondere die im Wasser enthaltenen Stoffe und Metalle wie Chloride, Sulfate, Eisen und Mangan, den pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit. Je nach Zusammensetzung des Grundwassers können sonst Schäden an der Wärmepumpe selbst entstehen oder es kann durch Bildung von Ablagerungen in den Brunnen und der Förderpumpe zu einem erhöhten Wartungsaufwand oder Betriebsstörungen kommen.

Zur Bewertung des Grundwasserdargebots (beispielsweise Ergiebigkeit, höchster und niedrigster Grundwasserstand oder Strömungsverhältnisse) und seiner Beschaffenheit ist oft eine Probebohrung erforderlich.

Der für die Deckung des Wärme- und Kühlbedarfs erforderliche wärmequellenseitige Volumenstrom (Nenndurchfluss in m³/h) ist eine Herstellerangabe und wird aus Verdampferleistung und der Temperaturspreizung des Grundwassers ermittelt.

Beispiel: Bei einer bereitzustellenden Wärmeleistung von 10 kW und einer Temperaturänderung des Wassers von 4 Kelvin ist ein Nenndurchfluss von 2,2 m³/h erforderlich.

Für die Übertragung der Wärme aus dem Grundwasser an das Kältemittel kommen in Abhängigkeit von der Qualität des Grundwassers Platten- oder Rohrbündel-Wärmeübertrager zum Einsatz. Platten-Wärmeübertrager sind etwas effizienter als Rohrbündel-Wärmeübertrager. Rohrbündel-Wärmeübertrager sind jedoch für die hohe Beanspruchung durch die Nutzung von Grundwasser auch bei schlechterer Wasserqualität geeignet.

Saug- und Schluckbrunnen selbst benötigen nur eine geringe Fläche. Für den notwendigen Abstand und die Einbringung muss das Grundstück jedoch genügend Platz und Zugang für das Bohrgerät bieten. Die Nutzung von Grundwasser als Wärmequelle für Wärmepumpen ist in Ein- und Zweifamilienhäusern aufgrund des relativ hohen Planungs- und Genehmigungsaufwands für die Erschließung der Wärmequelle selten.

In VDI 4640 Teil 2: 2019-06 „Thermische Nutzung des Untergrunds – Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen“ werden die Auslegung und Installation von Wärmepumpenanlagen für die thermische Nutzung des Grundwassers über Brunnenanlagen geregelt.

Wasser-Wasser-Wärmepumpe

Betrieb und Kombinationsmöglichkeiten

Wasser-Wasser-Wärmepumpen werden aufgrund der nahezu gleichbleibenden Quellentemperatur über das Jahr monovalent betrieben.

Ein effizienter Betrieb von Wasser-Wasser-Wärmepumpen ist bei niedrigen Systemtemperaturen möglich. In Verbindung mit Heizkörpern sind Vorlauftemperaturen von 50 bis 60 °C anzustreben. Es sind aber auch Vorlauftemperaturen beispielsweise für die Warmwasserbereitung bis 70 °C möglich. In Bestandsgebäuden ist das deutliche Absenken der Systemtemperaturen oft nur mit einem (teilweisen) Heizflächenaustausch möglich. Es sind in jedem Fall eine Heizlastberechnung und ein hydraulischer Abgleich durchzuführen.

Für den Betrieb von Wärmepumpen werden von den Energieversorgern spezielle Wärmepumpentarife mit einem günstigeren Arbeitspreis je Kilowattstunde angeboten. Es ist ein zweiter Stromzähler erforderlich, für den ein jährlicher Grundpreis zu entrichten ist. Der Wärmepumpentarif ermöglicht es dem Energieversorger, bei hoher Stromnachfrage ein bis drei Stromabschaltungen pro Tag bis maximal zwei Stunden vorzunehmen. Dafür muss die Wärmepumpe von außen steuerbar sein. Die Zeit der Abschaltung wird durch Wärme im Pufferspeicher und/oder durch im Gebäude selbst gespeicherte Wärme überbrückt.

Mit Wasser-Wasser-Wärmepumpen ist eine passive Kühlung der Wohnräume möglich. Bei einer passiven Kühlung („Natural Cooling“) ist der Kältekreislauf der Wärmepumpe ausgeschaltet. Die Wärme wird direkt aus dem Heizkreis über den Schluckbrunnen zum Grundwasser transportiert. Damit ist eine Abkühlung der Wohnräume um einige Kelvin möglich.

Bei einem Betrieb in Verbindung mit einer Photovoltaik-Anlage kann die Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit selbst erzeugtem Strom betrieben werden. Die Ansteuerung erfolgt über einen auf Smart Grid Ready (SG-Ready) oder Photovoltaik Ready (PV-Ready) ausgelegten Eingang. Eine optimierte Nutzung des Stroms aus Photovoltaik-Anlagen ist bei Wärmepumpen mit Invertertechnologie möglich, da bei ihnen der Strombedarf durch die Anpassung an die benötigte Heizleistung sinkt und der PV-Strom kontinuierlich verbraucht wird. Sinnvoll ist die Kombination mit einem Stromspeicher. Der Strom kann auch indirekt durch Erhöhung der Temperatur im Puffer- bzw. Warmwasserspeicher oder in einer Flächenheizung gespeichert werden. Die Nutzung des selbst erzeugten Stroms erhöht den Eigenstromanteil und damit die Wirtschaftlichkeit der Photovoltaik-Anlage.

Umweltwirkung

Kältemittel: Die Regelung der Verfügbarkeit und Nachfrage sowie der Kontrolle von Emissionen durch Kältemittel erfolgt im Rahmen der F-Gase-Verordnung. Mit dem Global Warming Potential (GWP) wird das Treibhauspotenzial in Bezug auf CO₂-Äquivalente angegeben. Die GWPs gängiger in Wasser-Wasser-Wärmepumpen eingesetzter Kältemittel sind:

■ R290 (Propan)	3 kg CO ₂ -Äq.
■ R1234ze (Hydrofluorolefine)	7 kg CO ₂ -Äq.
■ R134A	1.430 kg CO ₂ -Äq.
■ R407C	1.770 kg CO ₂ -Äq.
■ R410A	2.088 kg CO ₂ -Äq.

Schallemissionen: Moderne Wasser-Wasser-Wärmepumpen weisen einen gemessenen Schallleistungspegel von etwa 40 bis 50 dB(A) auf und sind damit deutlich leiser als Luft-Wasser-Wärmepumpen. Bei der Aufstellung des Geräts im Gebäude und der Anbindung an die Wärmeverteilung sollten dennoch Maßnahmen vorgesehen werden, um Betriebsgeräusche in den Wohnräumen und die Übertragung von Schwingungen zu vermeiden.

Effizienz und Erfüllung der Vorgabe zum Betrieb mit 65 Prozent erneuerbarer Energie

Neu eingebaute oder aufgestellte Heizungsanlagen müssen im Regelfall entsprechend Gebäudeenergiegesetz (GEG) (ab 01.01.2024) mindestens 65 Prozent der von der Anlage bereitgestellten Wärme (Erzeugernutzwärmeabgabe) mit erneuerbarer Energie oder unvermeidbarer Abwärme erzeugen. Bei verbundenen Anlagen zur Raumheizung und Trinkwassererwärmung gilt dies für das Gesamtsystem. Bei getrennter Erzeugung von Raumwärme und Warmwasser gilt die Vorgabe jeweils für das Einzelsystem, das neu eingebaut oder aufgestellt wird.

Bei Einbau einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe gilt die Vorgabe als erfüllt, wenn die Wärmepumpe zur vollständigen Raumheizung und Trinkwassererwärmung eingesetzt wird. Erfolgt eine von der Wärmepumpe getrennte dezentrale elektrische Trinkwassererwärmung, gilt die Anforderung an die Warmwasserbereitung ebenfalls als erfüllt. Bei Einsatz elektrischer Durchlauferhitzer müssen diese elektronisch geregelt sein.

Wasser-Wasser-Wärmepumpe

Die Effizienz von Wärmepumpen ist von der Quellentemperatur und der Vorlauftemperatur des Heizungssystems abhängig. Mittlere Leistungszahlen für marktgängige Wasser-Wasser-Wärmepumpen geprüft nach DIN EN 14825 sind:

Quellentemperatur	Temperaturniveau niedrig 35/28 °C		Temperaturniveau mittel 55/45 °C	
	Vorlauftemperatur	COP	Vorlauftemperatur	COP
10 °C	34 °C	5,8	52 °C	3,9
10 °C	30 °C	6,9	42 °C	5,2
10 °C	27 °C	7,4	36 °C	5,9

Im Betrieb kann mit einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe bei einem mittleren Temperaturniveau typischerweise eine Jahresarbeitszahl von 4,5 erzielt werden.

Kennwerte und Kosten

Wasser-Wasser-Wärmepumpen werden über die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM) – Zuschuss: Anlagen zur Wärmeerzeugung gefördert. Die Förderrichtlinie wurde 2023 überarbeitet und trat am 01.01.2024 in Kraft (weitere Informationen siehe Hintergrund-Factsheet).

Neben der Wärmepumpen-Grundförderung von 30 Prozent erhalten Wärmepumpen, die Wasser als Wärmequelle nutzen, einen Bonus von 5 Prozentpunkten. Für eine Förderung müssen Wärmepumpen ab 01.01.2024 eine Mindest-Jahresarbeitszahl von 3,0 einhalten. Der Nachweis erfolgt in der Regel nach dem Berechnungsverfahren der VDI 4650 Blatt 1. Ist zur Absenkung der Systemtemperaturen und damit zum effizienten Betrieb der (teilweise) Austausch der Heizkörper erforderlich, sind diese ebenso förderfähig.

Zusätzliche Förderkomponenten, abhängig vom Ambitionsniveau und der persönlichen Situation, sind im Hintergrund Factsheet übersichtlich dargestellt. Die Obergrenze einer Förderung liegt bei 55 Prozent, selbstnutzende Eigentümer können bis zu 70 Prozent Förderung erhalten.

Wasser-Wasser-Wärmepumpe	
Energieverbrauch (Strom)	
geringer Verbrauch	3.100 kWh/a
hoher Verbrauch	5.800 kWh/a
Energiekosten mit WP-Tarif	
geringer Verbrauch	1.100 €/a
hoher Verbrauch	1.900 €/a
Investitionskosten	
Wasser-Wasser-Wärmepumpe	31.500 €
Saug- und Schluckbrunnen	k. A.
Heizflächenaustausch	6.000 €
Instandsetzungsaufwand	1,0 % der Investitionskosten
Wartungskosten / sonstige jährliche Kosten	150 € + ggf. Filterreinigung im Saugbrunnen
Lebensdauer	20 Jahre



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

Die Veröffentlichung dieser Publikation erfolgt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) unterstützt die Bundesregierung in verschiedenen Projekten zur Umsetzung der energie- und klimapolitischen Ziele im Rahmen der Energiewende.

Kontakt:

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Arne Höllen
Seniorexperte, Klimaneutrale Gebäude
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin
Tel.: +49 30 66 777-641
E-Mail: arne.hoellen@dena.de

E-Mail: info@dena.de / info@gebaeudeforum.de
Internet: www.dena.de / www.gebaeudeforum.de

Alle Rechte sind vorbehalten.
Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.