



Wärme-Pumpe

Sabine Bethke, WS 09/10

Gliederung

1	Wärme-Pumpe und Funktionsweise.....	1
2	Wärmepumpen-Arten	3
2.1	Allgemeine Vor- und Nachteile einer Wärme-Pumpe	4
2.2	Wasser/Wasser-Wärmepumpe	4
2.3	Erdboden(Sole)/Wasser-Wärmepumpe.....	5
2.4	Luft/Wasser-Wärmepumpe.....	6

Einstieg: Private Haushalte verbrauchen ca. 27% der weltweiten Energie. Dieser Energie-Verbrauch setzt sich wie in Abb. 1 dargestellt, wie folgt zusammen.

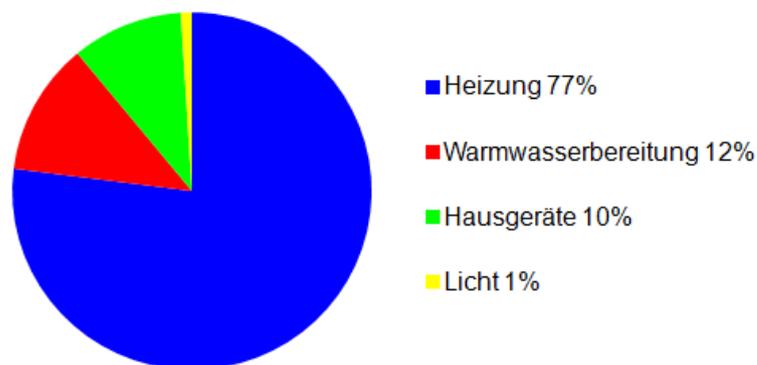


Abb. 1: Verbrauch der Energie in privaten Haushalten

Die Primär-Energie wird durch Heizen mit fossilen Energie-Trägern unwiederbringlich vergeudet. Ist es daher heutzutage sinnvoll eine Wärme-Pumpe zu benutzen?

1 Wärme-Pumpe und Funktionsweise

Wärme-Pumpen wandeln Wärme niedriger Temperatur in Wärme hoher Temperatur um. Es gibt drei verschiedene Wärme-Quellen, die genutzt werden können, die Luft, der Erdboden und das Grundwasser.

Bei der Wärme-Pumpe handelt es sich um einen linksgängigen Carnotprozess, bei dem mechanische Energie in Wärme-Energie umgewandelt wird. Dieser Kreis-Prozess lässt sich durch ein T/S-Diagramm oder in p/V-Diagramm [Abb. 2] beschreiben. In diesem Kreis-Prozess gibt es vier aufeinanderfolgende Zustandsänderungen. Man unterscheidet adiabatische und isotherme Kompression und Expansion.

Bei einem adiabatischen Prozess kommt es zu einer Zustandsänderung des Arbeitsmittels, wobei kein Wärme-Austausch stattfindet, also keine Energie mit der Umgebung ausgetauscht wird. Bei einem isothermen Prozess kommt es ebenfalls zu einer Zustandsänderung des Arbeitsmittels, wobei die Temperatur konstant bleibt, der Druck und das Volumen sich ändern; an diesen Stellen kann Energie ausgetauscht werden. Der erste und zweite Hauptsatz (Energieerhaltungssatz und Entropie-Zunahme) treffen demnach zu.

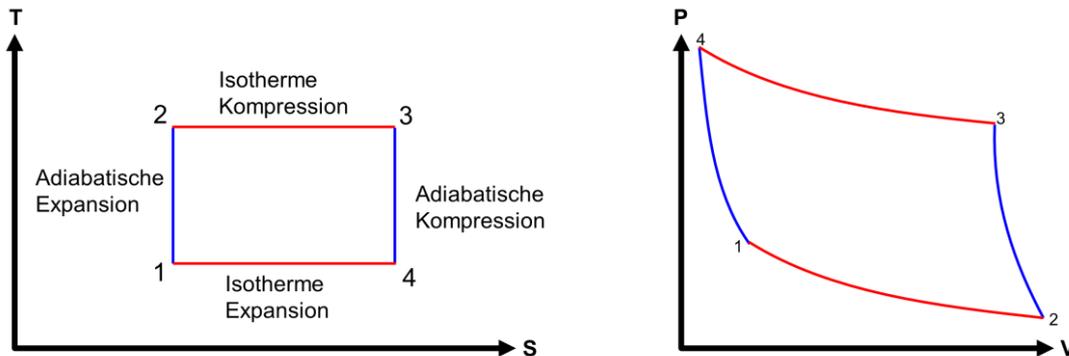


Abb. 2: T/S -Diagramm (links) und p/V -Diagramm (rechts). Die Zahlen 1 - 4 stehen hierbei für $T_1 - T_4$, analog wie bei S , p und V . (T = Temperatur; S = Entropie, p = Druck und V = Volumen)

Eine Wärme-Pumpe besteht aus drei verschiedenen Kreisläufen, dem Wärme-Quellen-kreislauf, dem Wärmepumpen-Kreislauf und einem Heiz-System [Abb. 3]. Im Wärmequellen-Kreislauf befindet sich ein Wasser-/Frostschutzmittel-Gemisch, die sogenannte Sole, damit dieses bei tiefen Temperaturen nicht einfriert. Der Wärmepumpen-Kreislauf enthält ein Arbeitsmittel, ein sogenanntes Kälte-Mittel, das schon bei niedrigen Temperaturen leicht verdampft, da es einen niedrigen Siedepunkt und gleichzeitig eine hohe Wärmekapazität hat.

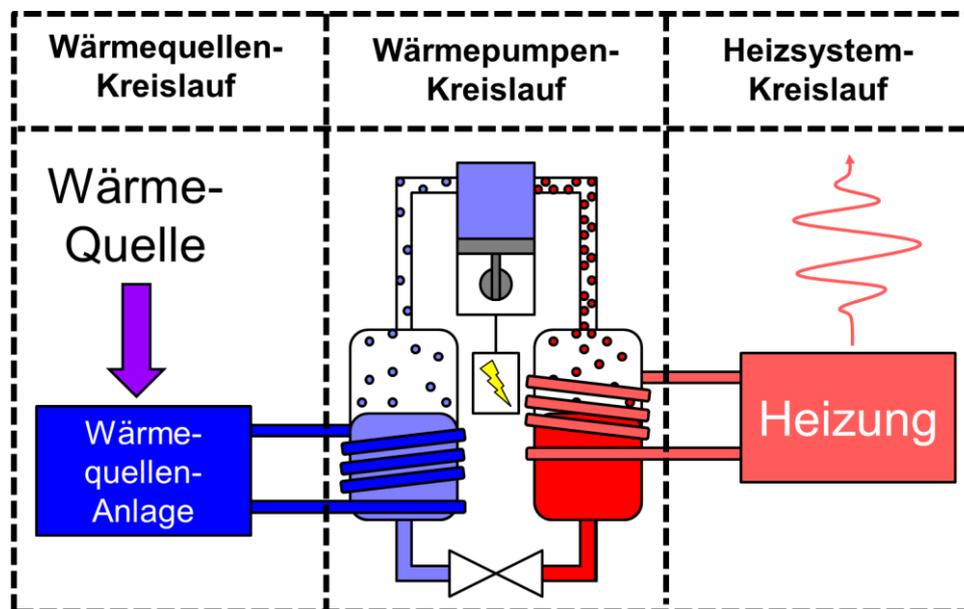


Abb. 3: Wärme-Pumpe unterteilt in ihre drei Kreisläufe.

Der Wärmepumpen-Kreislauf ist ein geschlossener Kreislauf, der sich aus dem Verdampfer, Verdichter, Verflüssiger und dem Drossel- bzw. Expansionsventil (Entspanner) zusammensetzt, bei denen das Arbeitsmittel abwechselnd flüssig und gasförmig ist.

Funktion einer Wärmepumpe

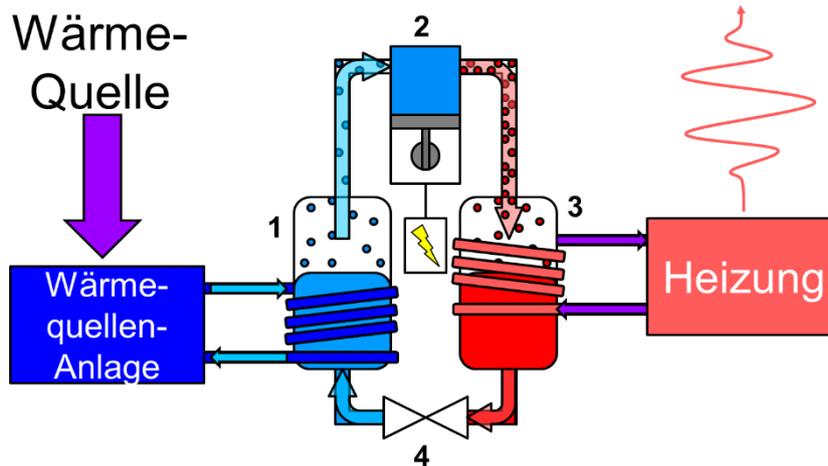


Abb. 4: Funktionsweise der Wärmepumpe; 1: Verdampfer; 2: Verdichter; 3: Verflüssiger; 4: Expansionsventil (Entspanner).

Die Wärme-Quelle gibt Energie an das Wasser-/Frostschutzmittel-Gemisch (Sole) im Wärmequellen-Kreislauf ab. Die Sole hat eine höhere Temperatur als das im Verdampfer befindliche Kälte-Mittel, welches einen niedrigen Siedepunkt hat. Die Temperatur-Differenz zwischen der Sole und dem Kälte-Mittel bewirkt einen Wärme-Austausch. Durch die Zufuhr von Wärme-Energie verdampft das Kälte-Mittel. Es handelt sich hierbei um die isotherme Expansion. Das Volumen des Kälte-Mittels steigt, wohingegen der Druck gering ist, die Temperatur bleibt konstant. Durch das Erreichen des gasförmigen Zustandes, steigt auch die Entropie an (Abb. 4: Punkt Nr.1 Verdampfer). Der Verdichter saugt nun das gasförmige Kälte-Mittel an und komprimiert es. Bei diesem Schritt der Wärme-Pumpe muss nun mechanische Energie zugeführt werden. 100% Heizungsenergie setzt sich bei der Wärme-Pumpe wie folgt zusammen. 25% erhält man aus mechanischer Energie und 75% aus der Umwelt-Energie. Es handelt sich hierbei um die adiabatische Kompression. Das Volumen verringert sich, der Druck und die Temperatur, sowie die Entropie, nehmen zu (Abb. 4: Punkt Nr.2 Verdichter). Das heiße Gas gelangt nun in den Verflüssiger. Das heiße Gas kondensiert und die dabei frei werdende Wärme wird auf das Heiz-Wasser des Heiz-Kreislaufes übertragen. Es handelt sich bei diesem Schritt um die isotherme Kompression, das Volumen verringert sich, wodurch sich das Kälte-Mittel wieder verflüssigt. Die Temperatur und der Druck bleiben wiederum konstant und die Entropie steigt weiter an (Abb. 4: Punkt Nr.3 Verflüssiger). Beim Expansionsventil (Entspanner) findet die adiabatische Expansion statt. Der Druck des Kälte-Mittels wird schlagartig verringert. Die Temperatur nimmt ab und das Volumen steigt an. Es entsteht wieder das kalte, flüssige Kältemittel, das einem neuem Wärmepumpen-Kreislauf zur Verfügung steht (Abb. 4: Punkt Nr.4 Expansionsventil).

2 Wärmepumpen-Arten

Je nach Wärme-Quelle und Wärme-Träger im Heiz-System wird von Luft/Wasser-, Wasser/Wasser- und Erdreich(Sole)/Wasser-Wärmepumpen-Anlagen gesprochen. Das erste Wort steht immer für die Wärme-Quelle, das zweite gibt den Wärme-Träger an, an den die Wärme abgegeben wird.

2.1 Allgemeine Vor- und Nachteile einer Wärme-Pumpe

Vorteile:

- Der CO₂-Ausstoß ist geringer gegenüber vergleichbaren Heiz-Systemen. Sie entlasten nachhaltig die Umwelt (bessere Emissionswerte).
- nutzen kostenlose Umwelt-Energie (nur ein Viertel mechanische Energie erforderlich)
- Verbrauchs- und Betriebskosten sind niedriger
- Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen. Man unterliegt somit nicht mehr den Schwankungen der Ölpreise.
- Platzbedarf wird minimiert, da keine Brennstoffe mehr gelagert werden müssen.
- Kosten für Schornsteinfeger fallen weg und geringere Kosten für die Wartung

Nachteile:

- Installation einer Wärme-Pumpe hängt von den örtlichen Gegebenheiten ab, denn wenn z. B. der Grundwasser-Spiegel zu gering ist, ist eine Wasser-Wärmepumpe nicht erlaubt bzw. unmöglich.

2.2 Wasser/Wasser-Wärmepumpe

Die Wasser/Wasser-Wärmepumpe (Abb. 5) nutzt die im Grundwasser gespeicherte Sonnen-Strahlung. Der Förder-Brunnen transportiert das Grundwasser zum Verdampfer der Wärme-Pumpe. Dort verläuft der Vorgang wie oben beschrieben. Die Wärme-Pumpe entzieht dem Wasser die Wärme und gelangt durch den Schluck-Brunnen wieder ins Grundwasser.

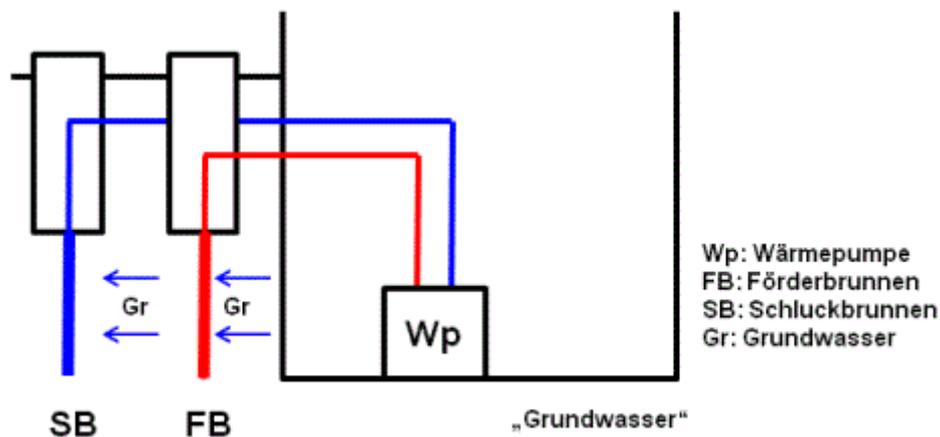


Abb. 5: Wasser/Wasser-Wärmepumpe

Vorteil:

- Lauft ganzjährig, da auch im Winter das Grundwasser eine konstante Temperatur von ca. 10°C hat
- Höchste Jahresnutzungswerte (auf die Effizienz bezogen, erreicht sie die besten Arbeitswerte)
- Meist monovalente Betriebsweise (d. h. sie ist das einzige Heizsystem).

Nachteil:

- Hoher Planungsaufwand (Genehmigungsverfahren Normen und Richt-Linien wie z. B. Brunnenbau, Grundwasser-Fließrichtung)
- Verhältnismäßig großer Anteil von Hilfsenergie für die Wasser-Pumpen.
- Höherer Erschließungs- und Bau-Aufwand gegenüber den anderen Wärmepumpen-Arten (Förder- und Schluck-Brunnen, Rohr-Leitungen, Brunnen-Kopf und Brunnen-Pumpe) gewährleistet, daher auch hohe Investitionskosten
- Brunnen ist technisch problematisch (z. B. Grundwasser-Senkung, Brunnen-Alterung, Korrosion).

2.3 Erdboden(Sole)/Wasser-Wärmepumpe

Bei dieser Wärme-Pumpe gibt es zwei Möglichkeiten der Energie-Gewinnung, die Erdsonde und die Flächen-Kollektoren (Abb. 6). Die vertikale Erdsonde reicht ca. 50 - 100 m tief ins Erdreich hinein. Die Tiefe hängt dabei vom Wärme-Bedarf und der Wärme-Leitfähigkeit des Bodens ab. Die Wärme-Leitfähigkeit des Erdreiches nimmt dabei mit steigendem Wasser-Gehalt zu (ideal: lehmig-feuchte Böden). Ein frostsicherer Hilfskreislauf (Sole = Monoethylenglykol/Wasser-Gemisch) nimmt die Erdwärme auf und überträgt diese Wärme auf die Wärme-Pumpe. Die Flächen-Kollektoren werden in waagerechten Schleifen im Boden des Grundstückes, bei einer Tiefe von 1 - 1,5 m (unter der Frostschutz-Grenze) verlegt. Die Flächen-Kollektoren müssen das 2 - 3fache der beheizten Wohn-Fläche besitzen und dürfen nicht überbaut werden, da die Wärme sonst nicht in den Boden gelangen kann durch Regen, direkte Sonnen-Einstrahlung und Wind.

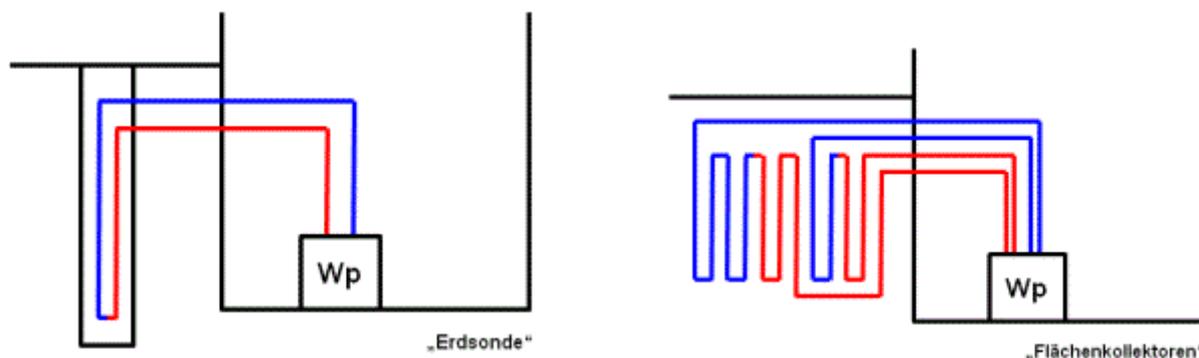


Abb. 6. Erdboden(Sole)/Wasser-Wärmepumpe, links wird die Wärme mithilfe der Erdsonde gewonnen, rechts mithilfe der Flächen-Kollektoren (zwei Kreise).

Vorteil:

- Die Erdsonde ist ganzjährig verfügbar, denn auch im Winter ist bei einer Tiefe von ca. 10 m eine konstante Temperatur um die 10°C vorhanden. Bei den Flächen-Kollektoren schwankt die Temperatur von -5°C - +25°C.
- Kann monovalent eingesetzt werden

Nachteil:

- Hoher Erschließungsaufwand, aber geringerer Planungsaufwand im Gegensatz zur Wasser/Wasser-Wärmepumpe. Es muss aber auch die Boden-Beschaffenheit, Witterungseinflüsse, Wärme-Leitfähigkeit des Bodens überprüft und eine wasserrechtliche Erlaubnis eingeholt werden.
- Erd-Kollektoren kosten sehr viel Platz.

2.4 Luft/Wasser-Wärmepumpe

Die Luft/Wasser-Wärmepumpe (Abb. 7) entzieht der Luft aus der Umwelt ihre Wärme und gibt diese entsprechend an das Heizungssystem ab. Ventilator und Verdampfer befinden sich außen am Haus, auf diese Weise ist die Luft/Wasser-Wärmepumpe in der Lage, auch dann noch Wärme zu entziehen, wenn die Temperaturen bereits schon auf -10°C gesunken sind. Dadurch steigt aber die zusätzliche Energie, die zugefügt werden muss.

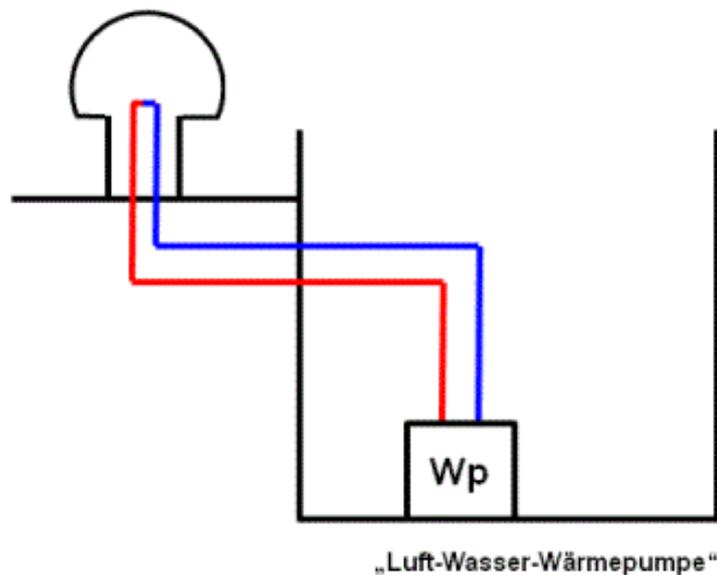


Abb. 7: Luft/Wasser-Wärmepumpe.

Vorteil:

- Preiswerteste Wärme-Pumpe
- Geringster Aufwand zur Gewinnung von Umwelt-Wärme
- Baulicher Aufwand ist gering, kann extrem einfach und überall erschlossen werden

Nachteil:

- Benötigt eine unterstützende Heizung, da die Energie-Ausbeute nicht planbar ist
- Geringste Jahresnutzungsgrade
- Außentemperatur ist nie konstant

Zusammenfassung:

- Nutzt kostenlose Umwelt-Energie und ist in 3 Kreisläufe aufgeteilt
- Wärmepumpen-Kreislauf durchläuft den Verdampfer, Verdichter, Verflüssiger und Expansionsventil, wobei sich der Aggregatzustand des Kältemittels ändert
- Wärmepumpen-Kreislauf entspricht einem linksläufigen Carnotprozess, 1. und 2. Hauptsatz der Thermodynamik treffen zu
- Umweltfreundlich, günstige Betriebs- und Verbrauchskosten, unabhängig von fossilen Energieträgern
- Wärme-Pumpen sind aus den oben genannten Punkten sinnvoll

Quellen:

1. Atkins, P., Kurzlehrbuch der physikalischen Chemie, 2008, 4.Aufl. Wiley VCH, Weinheim
2. Dimplex Wärmepumpen-Truck, Forchheim 27.3.10, persönliche Mitteilung.
3. <http://www.dimplex.de>; (12.3.2012)
4. <http://www.heizung-waermepumpe.de>; (12.3.2012)
5. <http://www.elektrotechnik-escher.de>; (12.3.2012)
6. <http://www.thema-energie.de>, Stichwort Wärmepumpe (12.3.2012)
7. <http://www.waermepumpe.de/endverbraucher/die-waermepumpe/technik/funktion.html>; (12.3.2012)
8. <http://www.waerme-plus.de>; (12.3.2012)
9. <http://www.hs-weingarten.de>, Stichwort Wärmepumpe (12.3.2012)
10. <http://www.energieagentur.nrw.de>, Stichwort Wärmepumpe (12.3.2012)
11. <http://www.ochsner.de>; (16.3.2010)