

Heizen mit Wärmepumpen

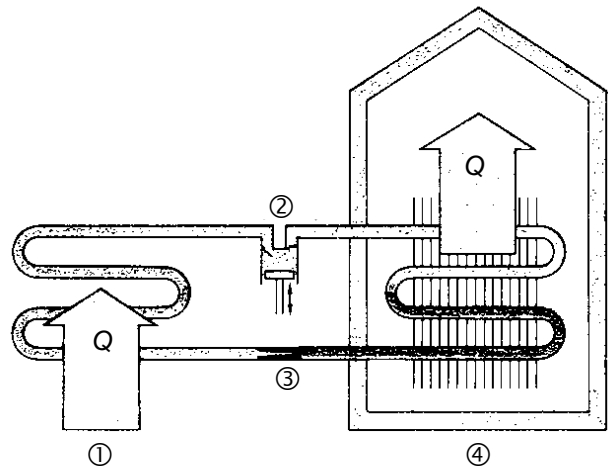
Einführung

Wärmepumpen funktionieren nach dem gleichen Prinzip wie ein Kühlschrank. Hier befindet sich der Verdampfer *ausserhalb des Hauses* und entzieht der Umgebung Wärme. Der Verflüssiger befindet sich *im Haus* und gibt dort Wärme ab. Die Wärmepumpe kühlt die Umgebung und erhöht die Temperatur im Haus.

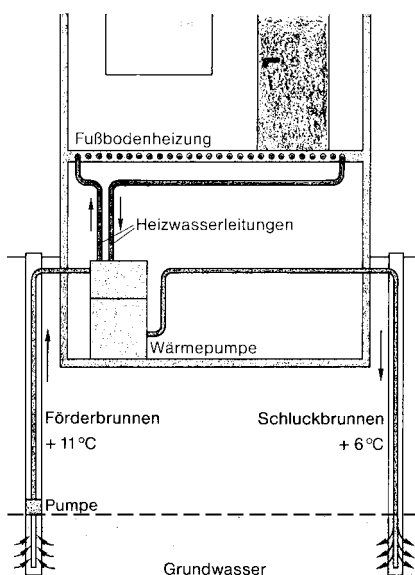
Aufgabe

Beschreibe anhand der Zeichnung, wie eine Wärmepumpe funktioniert. Nimm deine Notizen zur Funktionsweise des Kühlschranks zu Hilfe, falls notwendig! Schreibe die Zeichnung an:

- ★ Wo nimmt das Kältemittel Wärme auf, wo gibt es sie ab?
- ★ Wo wird das Kältemittel gasförmig, wo wird es flüssig?
- ★ Wie wird es zum Verdampfen, wie zum Kondensieren gebracht?
- ★ Wo ist der Druck hoch, wo niedrig?
- ★ Wo befinden sich Verdampfer, Verflüssiger, Kompressor, Kapillarrohr?
- ★ In welcher Richtung zirkuliert das Kältemittel? (Uhrzeiger oder Gegenuhrzeigersinn?)



Information

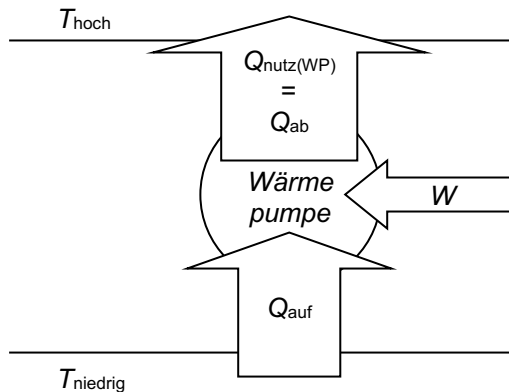


Meistens entnimmt die Wärmepumpe dem Boden Wärme. Dazu werden ca. 100 m tiefe Bohrungen angelegt und die geringe Erdwärme wird genutzt. Eher selten wird einem Fluss, See oder gar der Luft oder dem Grundwasser Wärme entzogen. Da das Medium, welchem die Wärme entzogen wird, auf jeden Fall kälter ist als das Haus, fließt die Wärme nicht von selbst in die gewünschte Richtung (sondern entgegen); erst die Wärmepumpe macht dies mit etwas Energieaufwand möglich. Der Kompressor braucht eine bestimmte Menge an elektrischer Energie, um diese Wärme von aussen nach innen zu verlagern. Die Wärmepumpe erzeugt also nicht Wärme, sie *verlagert* (oder «pumpt») sie nur von aussen nach innen. Je nach Konstruktion der Anlage braucht der Kompressor 1/3 der Energie, die Umwelt liefert 2/3. Der Energiebedarf der Wärmepumpe ist also geringer als derjenige der Ölheizung bei gleicher Heizleistung. Es kann billiger sein, eine Wärmepumpe zu betreiben, als mit Öl zu heizen. Das hängt jedoch von den Strom- und Heizölpreisen ab.

Energiebilanz

Mit einer Wärmepumpe wird, unter Zufuhr von Arbeit, Wärme von einem kalten Ort zu einem warmen Ort gepumpt.

Solche Zusammenhänge kann man mit einem **Energieflussdiagramm** (siehe Abbildung) darstellen. In einem Energieflussdiagramm steht ein breiter Pfeil für eine grosse Energiemenge und ein schmaler Pfeil für eine kleine Energiemenge. Die Richtung des Pfeils gibt an, in welche Richtung die Energie fliesst.



Hier fließen die Arbeit W und die am kalten Ort aufgenommene Wärme Q_{auf} in die Wärmepumpe hinein, summieren sich dort und fliesst dann als $Q_{ab} = Q_{nutz(WP)}$ aus der Wärmepumpe heraus, und wird am warmen Ort abgegeben.

Bei niedriger Temperatur $T_{niedrig}$ wird die Wärme Q_{auf} aufgenommen und mithilfe der mechanischen Arbeit W bei höherer Temperatur T_{hoch} die Wärme $Q_{ab} = Q_{nutz(WP)}$ abgegeben. Die genutzte Wärme $Q_{nutz(WP)}$ ist grösser als die hineingesteckte Arbeit W . Q_{auf} bekommt man sozusagen «gratis» dazu:

$$Q_{nutz(WP)} = Q_{ab} = W + Q_{auf}$$

Die Leistungszahl einer Wärmepumpe

Die Leistungszahl ε_{WP} (auch: COP, «coefficient of performance») gibt an, um wieviel mal grösser die Nutzwärme ist im Vergleich zur mechanischen Arbeit (der Pumpe).

Sie ist so definiert:

$$\varepsilon_{WP} = \frac{Q_{nutz(WP)}}{W} = \frac{Q_{ab}}{W} = \frac{Q_{ab}}{Q_{ab} - Q_{auf}}$$

Weil die übertragene Wärme Q zur Temperatur T in Kelvin proportional ist, gilt:

$$\varepsilon_{WP} = \frac{T_{hoch}}{T_{hoch} - T_{niedrig}}$$

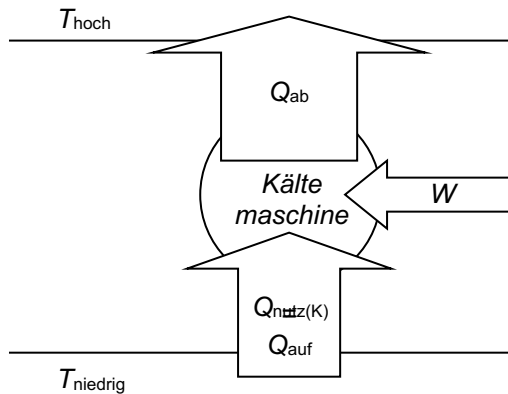
Beispiel: Wenn die Wärmepumpe die Arbeit $W = 25 \text{ J}$ verrichtet und dafür $Q_{nutz(WP)} = Q_{ab} = 100 \text{ J}$

zum Heizen erhält, beträgt die Leistungszahl $\varepsilon_{WP} = \frac{Q_{nutz(WP)}}{W} = \frac{Q_{ab}}{W} = \frac{100 \text{ J}}{25 \text{ J}} = 4$. Man hat 4mal so viel Wärme bekommen, wie die Pumpe Arbeit verrichtet hat!

Der Rest: $Q_{auf} = 100 \text{ J} - 25 \text{ J} = 75 \text{ J}$ wurde aus dem Boden aufgenommen – gratis!

Die Leistungszahl einer Kältemaschine

Beim Kühlschrank oder einer Klimaanlage ist der Nutzen die Kühlung, das heisst die Wärme, die vom Kühlschrank (oder der Klimaanlage) aufgenommen wird:



Hier fließen die Arbeit W und die am kalten Ort aufgenommene Wärme $Q_{\text{auf}} = Q_{\text{nutz(K)}}$ in die Kältemaschine hinein, summieren sich dort und fließt dann als Q_{ab} aus der Kältemaschine heraus, und wird am warmen Ort abgegeben.

Bei niedriger Temperatur T_{niedrig} wird die Wärme $Q_{\text{auf}} = Q_{\text{nutz(K)}}$ aufgenommen und mithilfe der mechanischen Arbeit W bei höherer Temperatur T_{hoch} die Wärme Q_{ab} abgegeben:

$$Q_{\text{nutz(K)}} = Q_{\text{auf}} = Q_{\text{ab}} - W$$

Die Leistungszahl ε_K (auch: EER, «energy efficiency ratio») gibt das Verhältnis der aufgenommenen Wärme zur mechanischen Arbeit (der Maschine) an.

Sie ist so definiert:

$$\varepsilon_K = \frac{Q_{\text{nutz(K)}}}{W} = \frac{Q_{\text{auf}}}{W} = \frac{Q_{\text{auf}}}{Q_{\text{ab}} - Q_{\text{auf}}}$$

Weil die übertragene Wärme Q zur Temperatur T in Kelvin proportional ist, gilt:

$$\varepsilon_K = \frac{T_{\text{niedrig}}}{T_{\text{hoch}} - T_{\text{niedrig}}}$$

Beispiel: Wenn die Kältemaschine die Arbeit $W = 25 \text{ J}$ verrichtet und dafür $Q_{\text{nutz(K)}} = Q_{\text{auf}} = 75 \text{ J}$

zum Kühlen erhält, beträgt die Leistungszahl $\varepsilon_K = \frac{Q_{\text{nutz(K)}}}{W} = \frac{Q_{\text{auf}}}{W} = \frac{75 \text{ J}}{25 \text{ J}} = 3$. Man hat 3mal so viel «Kälte» bekommen, wie die Maschine Arbeit verrichtet hat!

Dabei wurde $Q_{\text{ab}} = 75 \text{ J} + 25 \text{ J} = 100 \text{ J}$ in Form von Wärme in die Küche abgegeben.