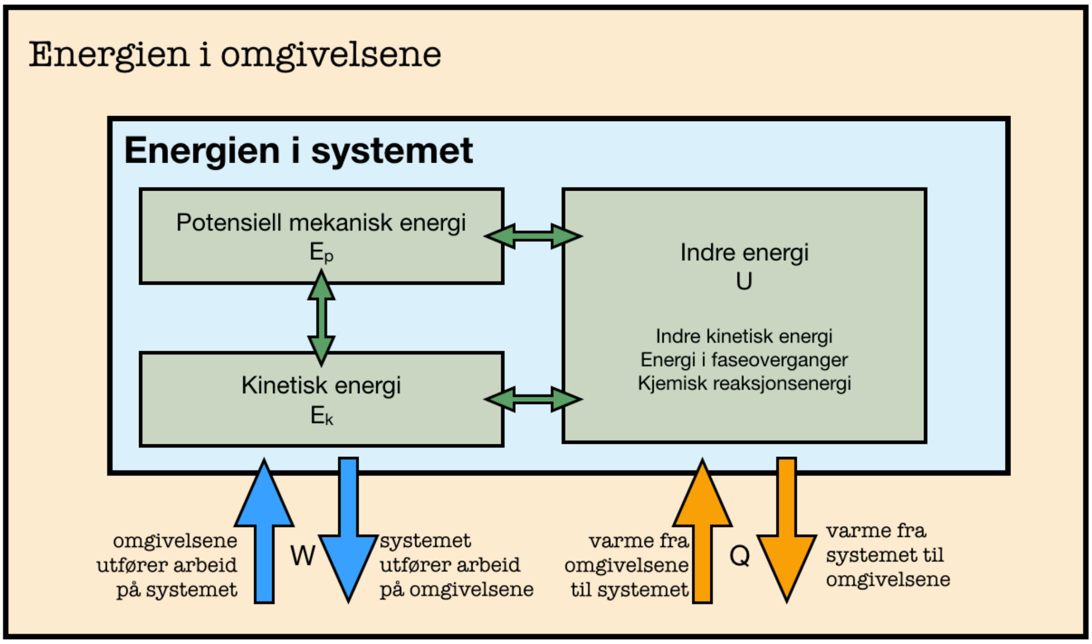
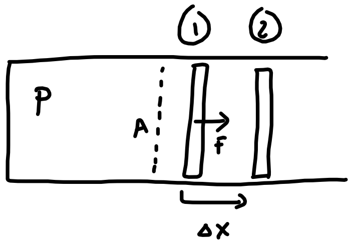

Hvordan kan bensin bli til bevegelse?

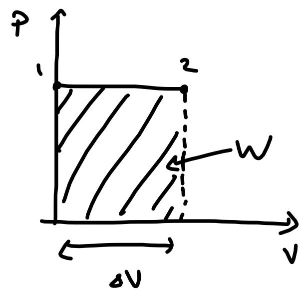

Energien i omgivelsene
Energien i systemet
Potensiell mekanisk energi
Ep
Kinetisk energi
Ek
Indre energi
U
Indre kinetisk energi
Energi i faseoverganger
Kjemisk reaksjonsenergi
omgivelsene utfører arbeid på systemet
W
systemet utfører arbeid på omgivelsene
varme fra omgivelsene til systemet
Q
varme fra systemet til omgivelsene

Termodynamisk arbeid



$F = pA$

Definert
$W > 0$
når systemet gjør arbeid på omgivelsene

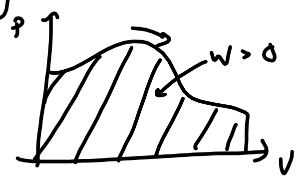


$W = F\Delta x$

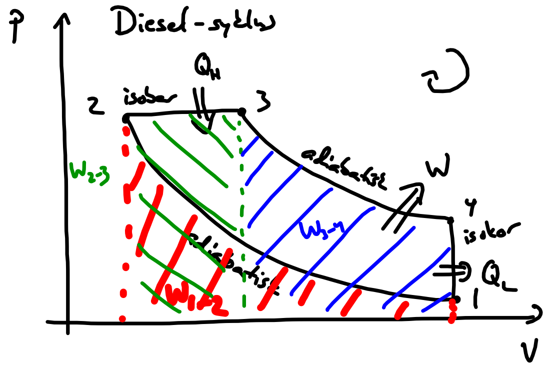
$= pA\Delta x \qquad A\Delta x = \Delta V$

$$W = p\Delta V$$

↑ konstant p



pV-løkker



	W	Q	ΔU
1-2	<0	0	>0
2-3	>0	>0	>0
3-4	>0	0	<0
4-1	0	<0	<0
	>0	>0	0

$Q = \Delta U + W$ $\quad Q - W = \Delta U$

1-2: $0 \quad >0 \quad <0$

$$Q_H = W + Q_L$$

3-4: $Q = 0$

$Q = \Delta U + W$

$0 \quad <0 \quad >0$

2-3: $pV = nRT$

$\frac{V}{T} = \frac{nR}{p}$

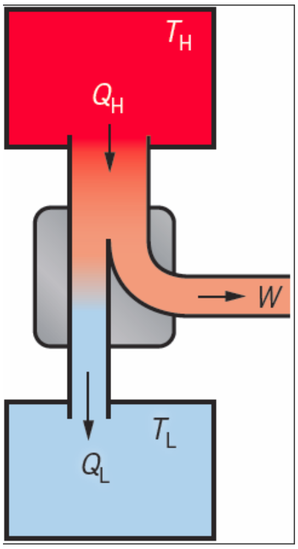
$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \Rightarrow T_3 = \frac{V_3}{V_2} T_2$

$T_3 > T_2 \Rightarrow \Delta U > 0$

4-1: $W = 0$

$\Delta U < 0$

Varmemaskiner



$Q_H = W + Q_L$

Virkningsgrad

$\eta = \frac{W}{Q_H}$

$\eta_{dieselmotor} = 35-40\%$

$\eta_{bensinmotor} = 20-30\%$

$\eta_{elbil} = 90-99\%$

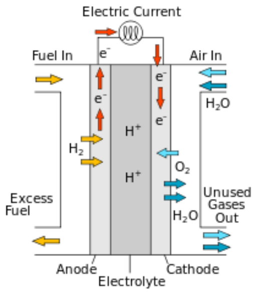
Hvilke av disse er varmemaskiner?


Bilmotor


Kroppen vår


Solceller

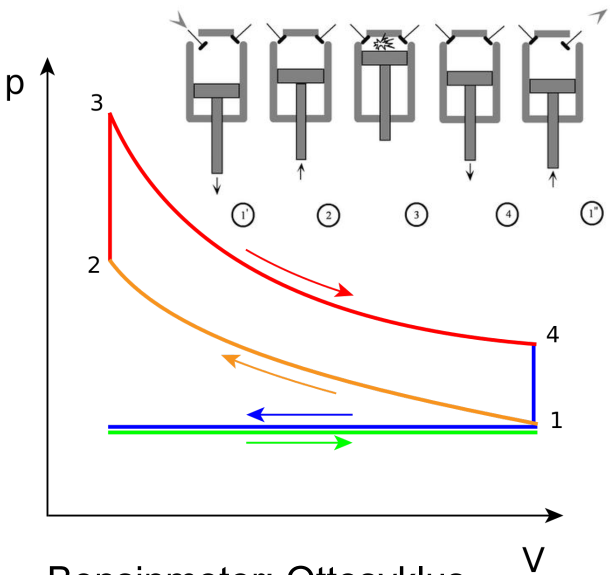

Kjernekraftverk



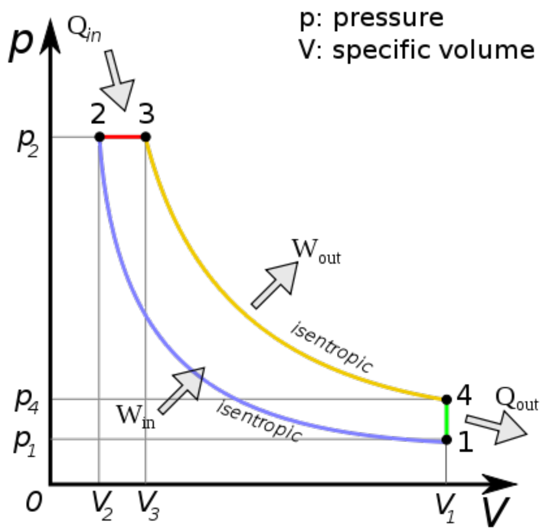
Brenselscelle


Elektromotor

Forbrenningsmotorer



Bensinmotor: Ottosyklus



Dieselsyklus

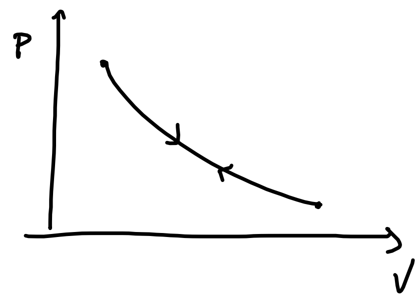
Reversibilitet

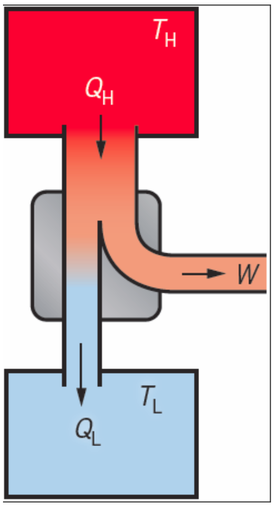
En termodynamisk prosess er reversibel dersom man kan komme tilbake til nøyaktig den samme tilstanden som man startet fra ved å kjøre prosessen baklengs.

I Carnotsyklusen er alle prosessene reversible.

Slike prosesser finnes ikke i virkeligheten.

beste mulige





Maksimal virkningsgrad

Carnotvirkningsgrad

$$\eta_c = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

Virkelige varmemaskiner har alltid

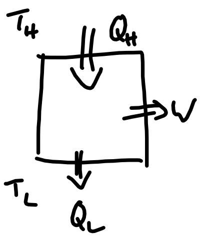
$$\eta < \eta_c$$


Hvordan kan bensin bli til bevegelse?

Kan du kjøle ned kjøkkenet ved å åpne kjøleskapet?

En varmemaskin opererer mellom 100 og 0 °C, med $Q_H = 100$ J, $Q_K = 70$ J og $W_{ut} = 30$ J.

Er dette mulig?



$T_H = 100°C = 373K$

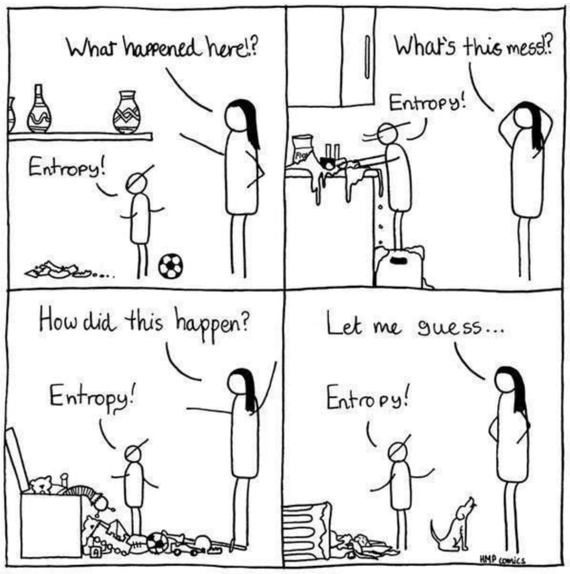
$T_L = 0°C = 273K$

$Q_H = W + Q_K$ ✓

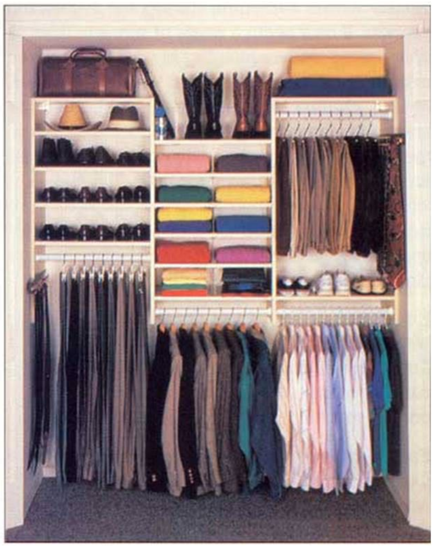
$\eta = \frac{W}{Q_H} = \frac{30J}{100J} = 0{,}30$

$\eta_c = 1 - \frac{273K}{373K} = 0{,}27$

$\eta > \eta_c$ NEI



This is why we don't teach our children about entropy until much later...



tilstand = rotete

mange ulike tilstander
som ikke kan skilles fra hverandre
= høy entropi

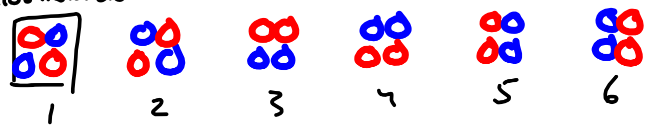
tilstand = ryddig

bare en (eller få) tilstander ⇒ lav entropi

Entropi: Mål på antall mulige tilstander (antall frihetsgrader)

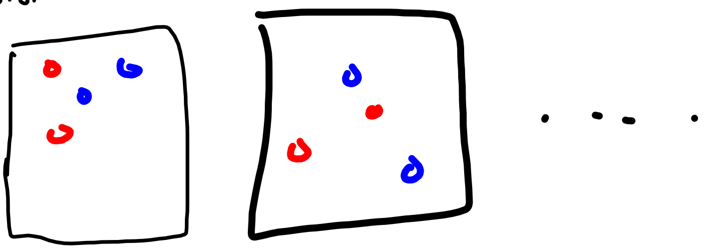
Makrotilstand 2 røde + 2 blå i en liten boks

Mikrotilstander:



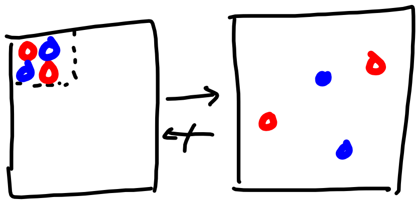
6 frihetsgrader

Stor boks



antall frihetsgrader >>6

stor entropi: S



irreversibel prosess (diffusjon)

Entropiendring

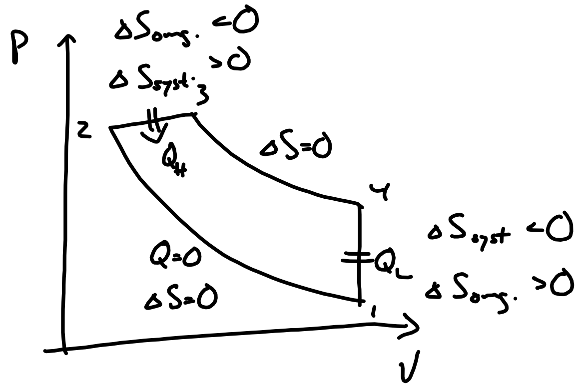
$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

Termofysikkens 2. lov

- Ingen syklisk varmemaskin kan ha som eneste resultat at varme blir fullstendig omformet til arbeid.
- I alle prosesser blir den samlede energikvaliteten lavere.
- Varme går ikke av seg selv fra et legeme med lav temperatur til et legeme med høy temperatur.
- Den samlede entropien til et system og dets omgivelser øker i alle naturlige (irreversible) prosesser

$$\Delta S_{system} + \Delta S_{omgivelser} > 0$$

Entropistrøm i varmemaskin



totalt $\Delta S_{syst.} = 0$

$$\Delta S_{omg.} = -\frac{Q_H}{T_H} + \frac{Q_L}{T_L}$$

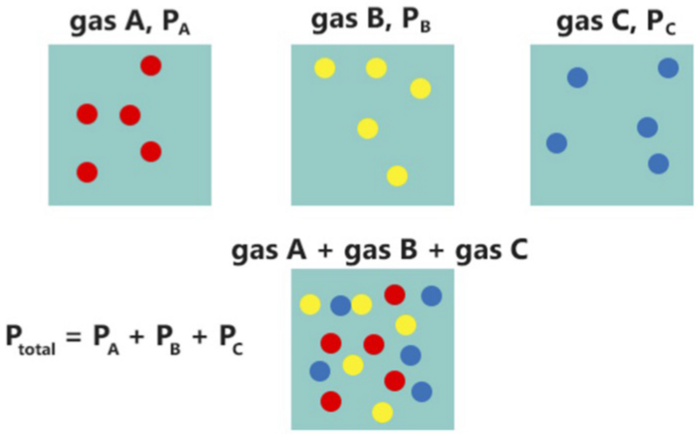
reversibel (Carnot):

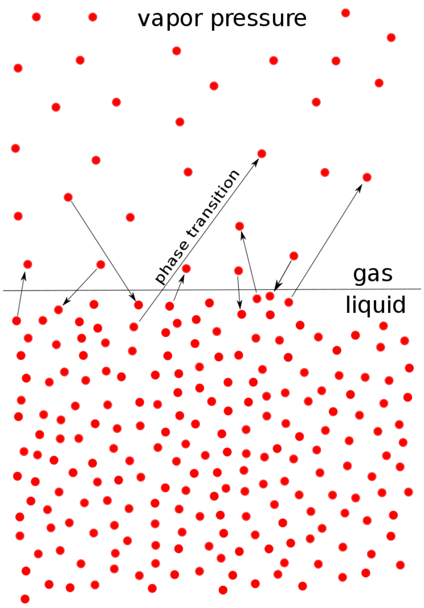
$$\Delta S_{omg} = 0 \Rightarrow \eta_C = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

i virkeligheten

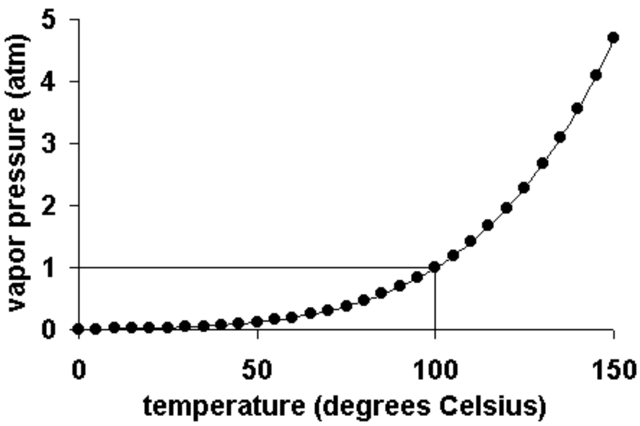
$$\Delta S_{omg.} > 0$$

Partialtrykk

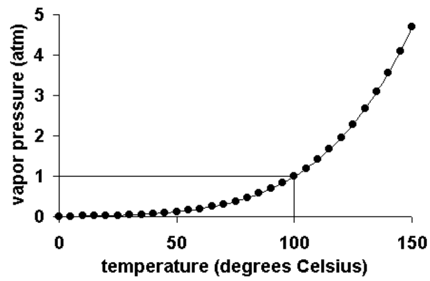


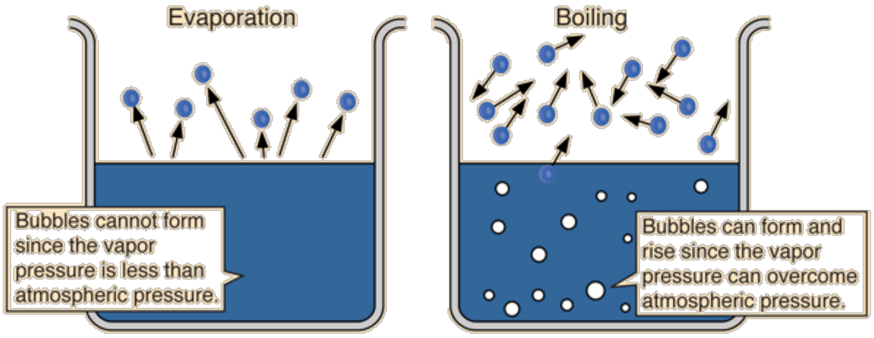

vapor pressure
phase transition
gas
liquid

Damptrykk

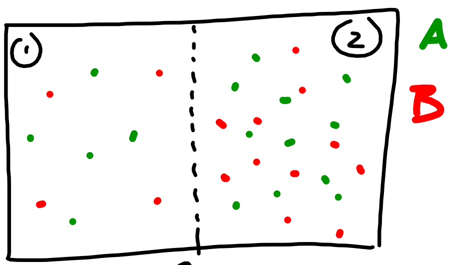

vapor pressure (atm)
temperature (degrees Celsius)
0
1
2
3
4
5
0
50
100
150

Kokepunkt og trykk





Osmose



semipermeabel membran

bare A slipper gjennom

(1) $p_1 = p_{A1} + p_{B1} = (c_{A1} + c_{B1})RT$

(2) $p_2 = p_{A2} + p_{B2} = (c_{A2} + c_{B2})RT$

Likevekt: $p_{A1} = p_{A2}$

$$pV = nRT$$

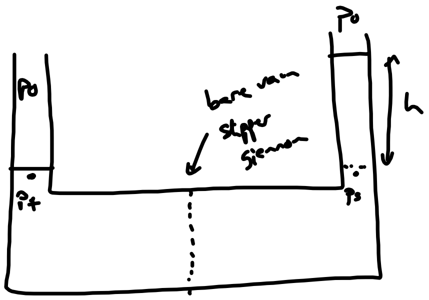
$$p = \frac{n}{V}RT \qquad \frac{n}{V} = c$$

$$p = cRT$$

$$\Delta\Pi = p_2 - p_1 = (c_{B2} - c_{B1})RT$$

$\Delta\Pi$: osmotisk trykk

Osmotisk trykk



ferskvann saltvann

$c_f = 0$ $c_s = 1{,}13 \cdot 10^3\ \text{mol}/\text{m}^3$

$p_f = p_0$

$p_s = p_0 + \rho g h$

$p_s - p_f = \Delta\Pi = c_s R T$

$\cancel{p_0} + \rho g h - \cancel{p_0} = c_s R T$

$$h = \frac{c_s R T}{\rho g}$$

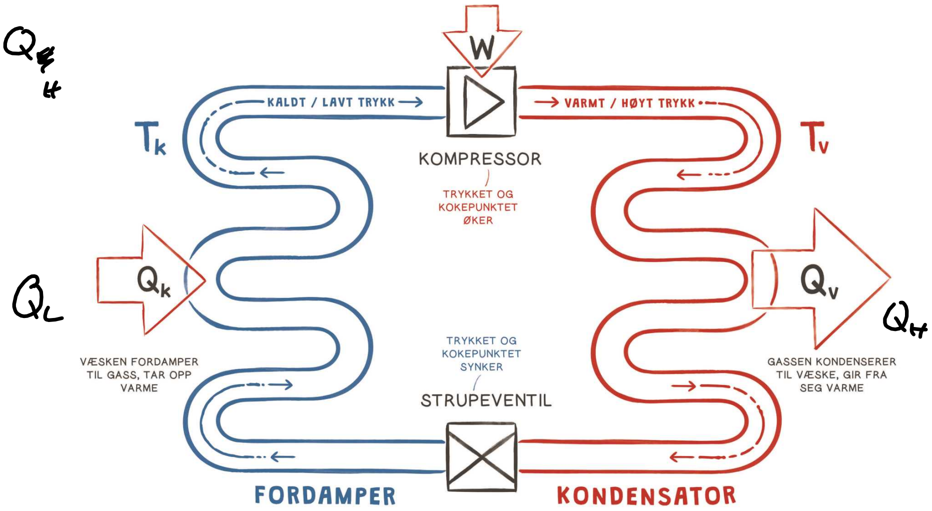
$\rho_s = 1029\ \text{kg}/\text{m}^3$

$T = 293\ \text{K}$

$h = 273\ \text{m}$

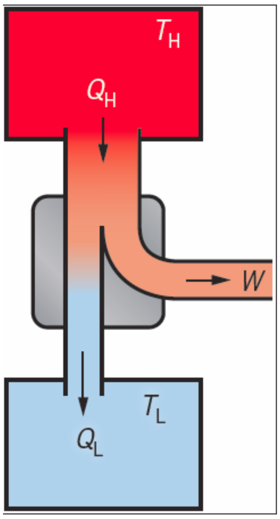
Varmepumpe

$Q_L + W = Q_H$

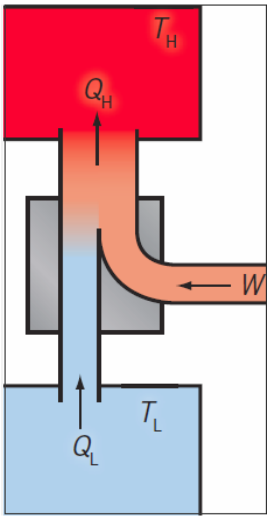


illustrasjon: Linnea Vestre (Røyne: Fysikk - enkelt forklart, 2020)

Varmemaskin



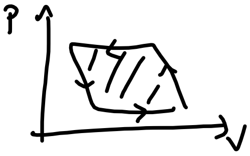
Varmepumpe

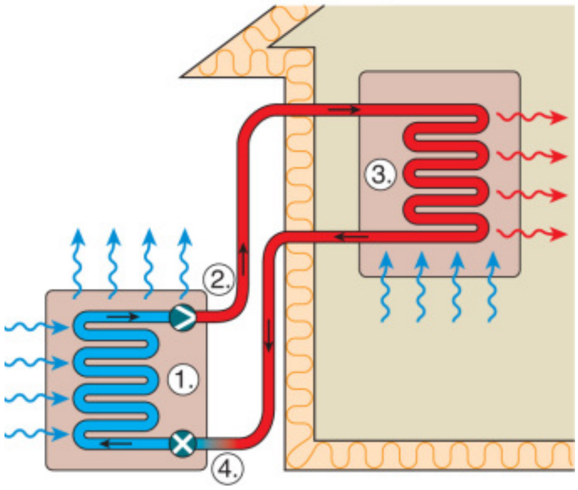


Varmepumpe

Effektfaktor

$f = \frac{Q_H}{W}$





Kan du kjøle ned kjøkkenet ved å åpne kjøleskapet?