

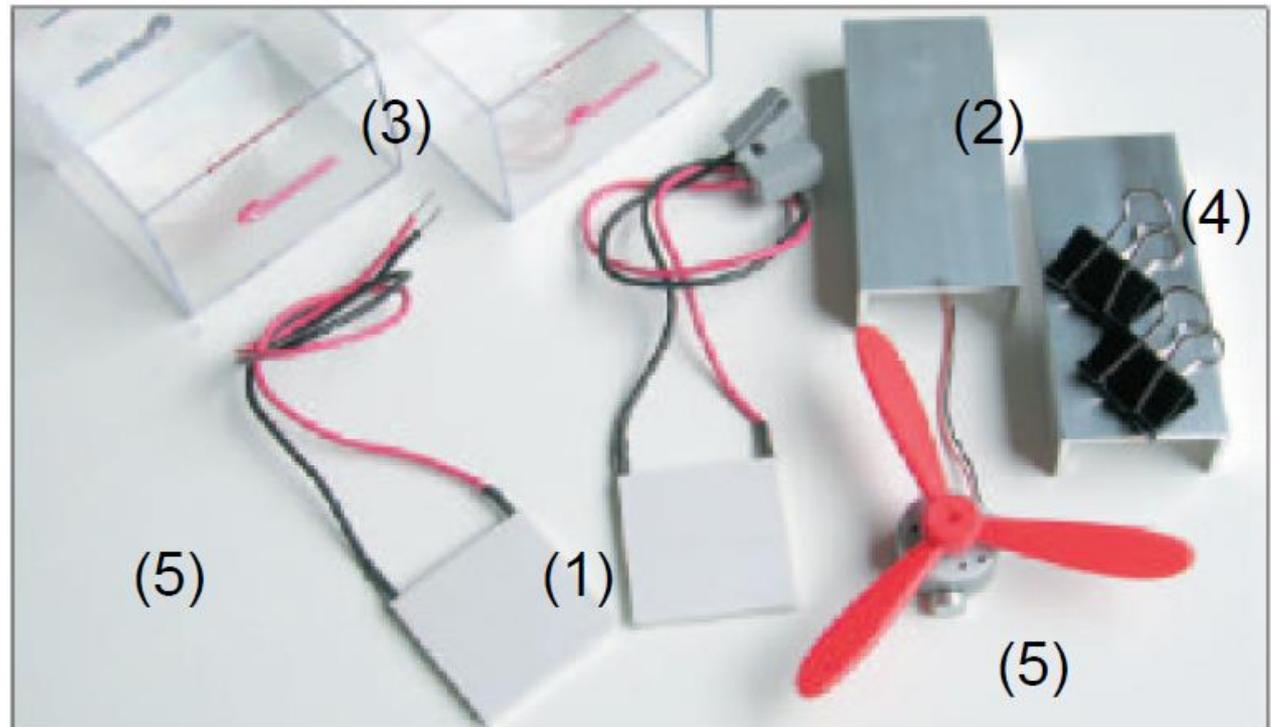
Hans M. Strauch

Experimente zur Wärmelehre

Das Quick-Cool-ThermoSchülerSet

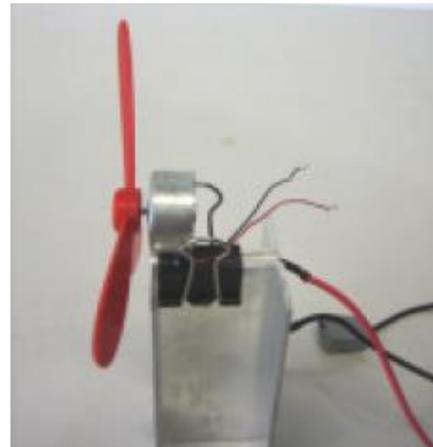
Das Quick-Cool-ThermoSchülerSet besteht aus

- zwei Peltierelementen (1),
- zwei Aluprofilen (2),
- zwei Behältern (3),
- zwei Kammern (4),
- einem Motor mit Propeller (5) mit einem Magnet zur Befestigung des Motors.



Versuchsaufbau:

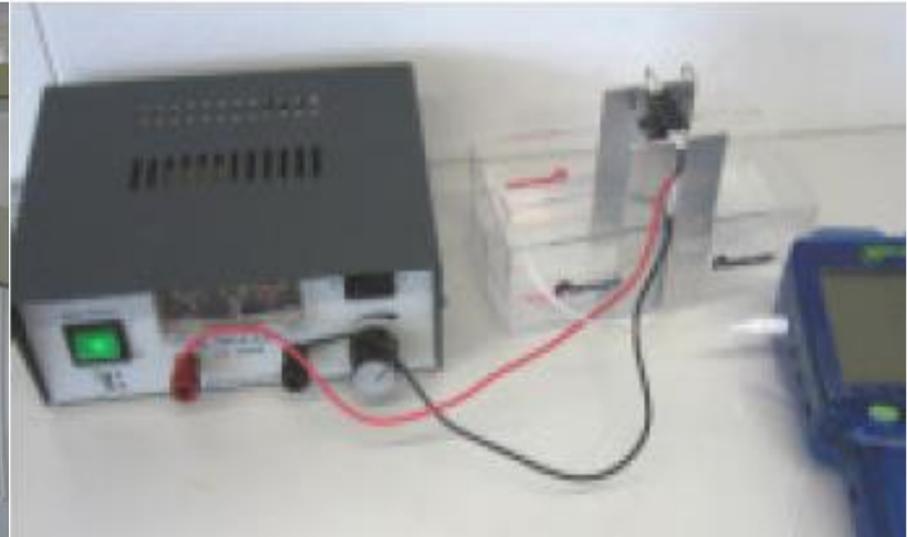
1. Lege das mit den Anschlussklemmen versehene Peltierelement auf ein Aluminiumprofil, dann das andere Aluminiumprofil auf das Peltierelement. Die Anschlüsse sollen seitlich heraus-schauen.
2. Mit der Kammer das Peltierelement zwischen den Aluminiumprofilen festklemmen.
3. Den Magneten ganz vorne an der Klammer befestigen. Den Motor darauf geheftet, nachdem den Propeller auf der Achse gedrückt wurde. Der Propeller muss sich frei drehen können.
4. Die Anschlüsse von Motor und Peltierelement verbinden. Dazu die Klemme ganz eindrücken und das Kabel des Motors in die freigewordene Öffnung *tief* hineinstecken.
5. Die Behälter nebeneinander stellen und die Aluminiumprofile über die Behälterränder ziehen, so dass in jedem Behälter ein Profil steht.



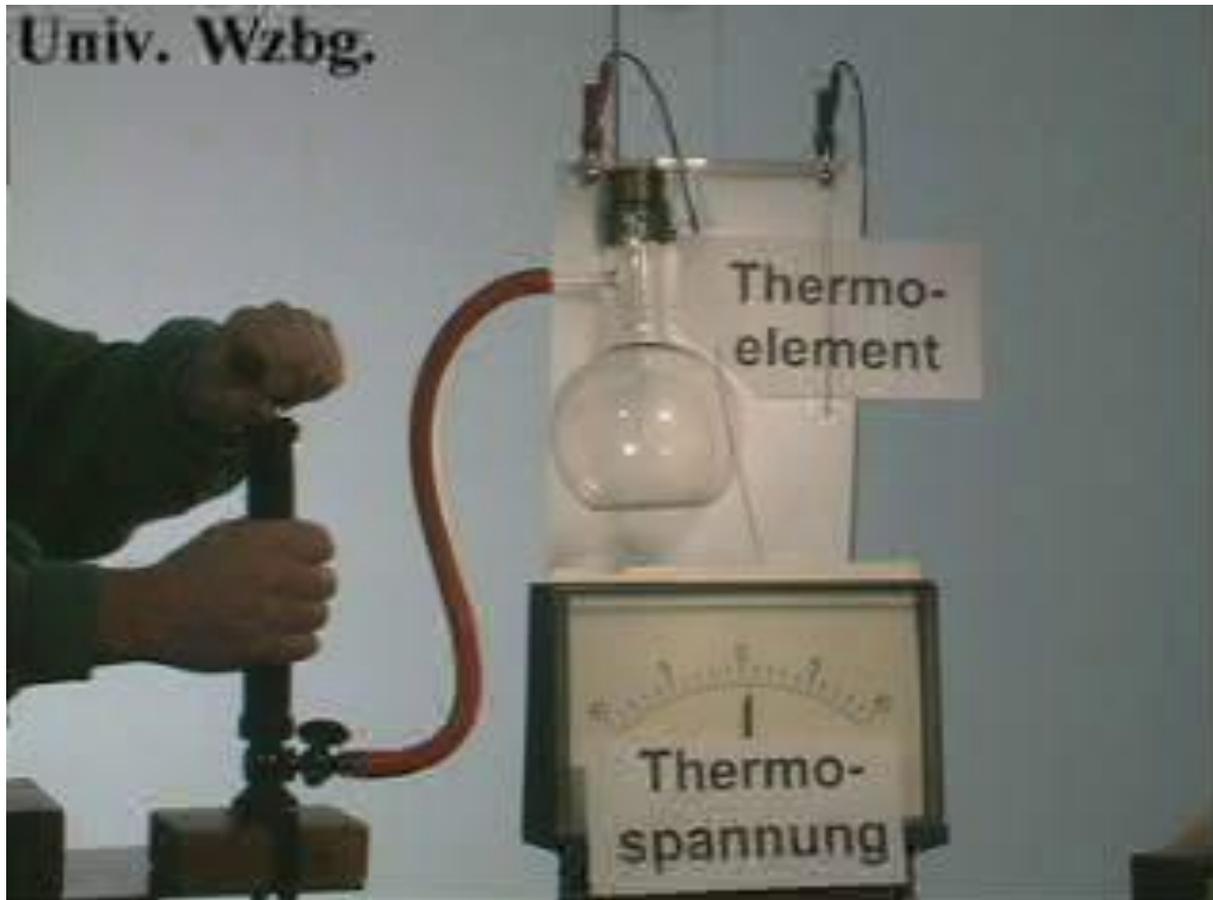
Die Wärmepumpe



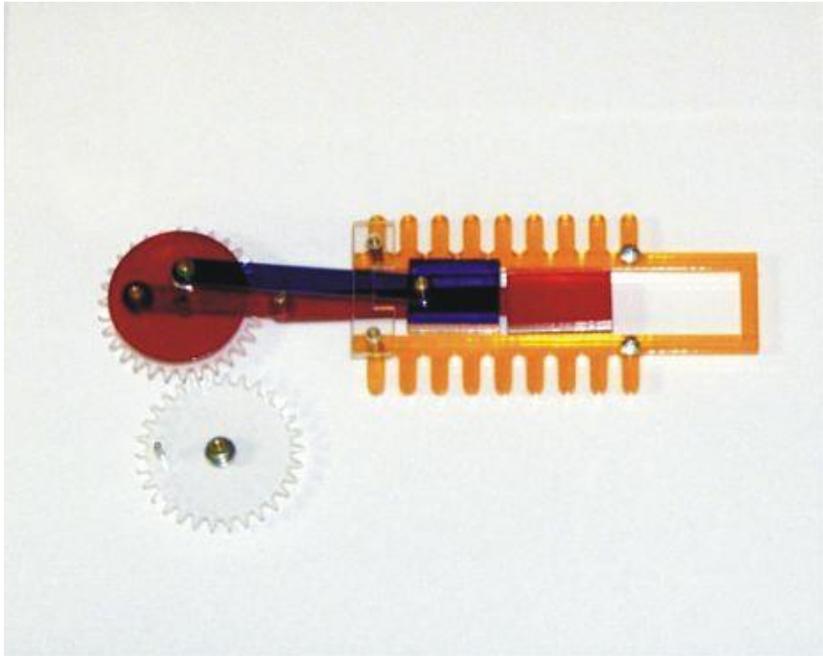
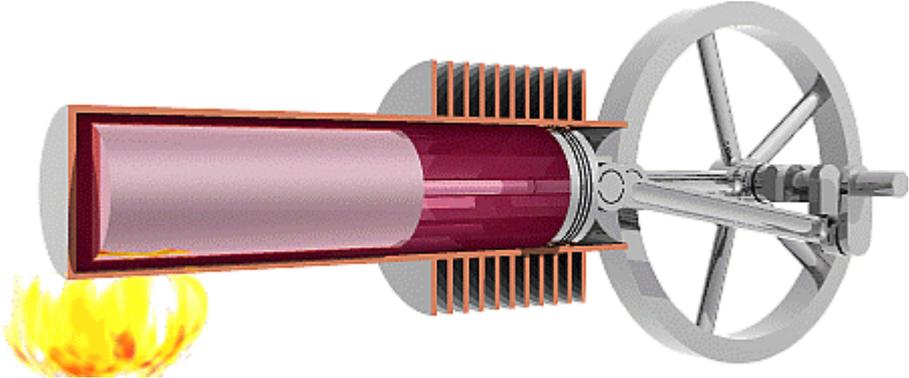
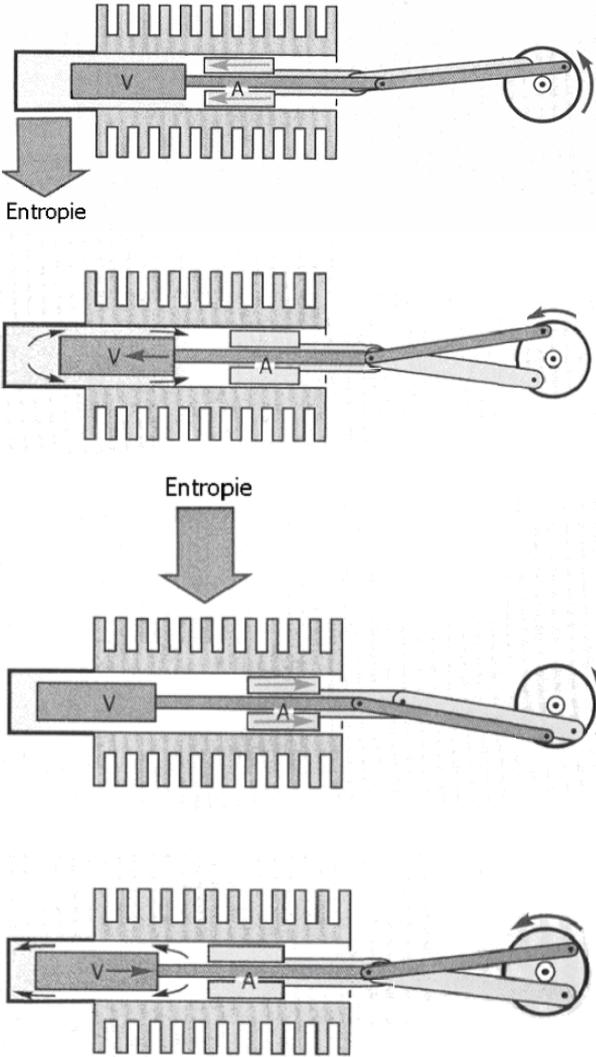
Entropieeingang: niedrigere Temperatur
Entropieausgang: höhere Temperatur.



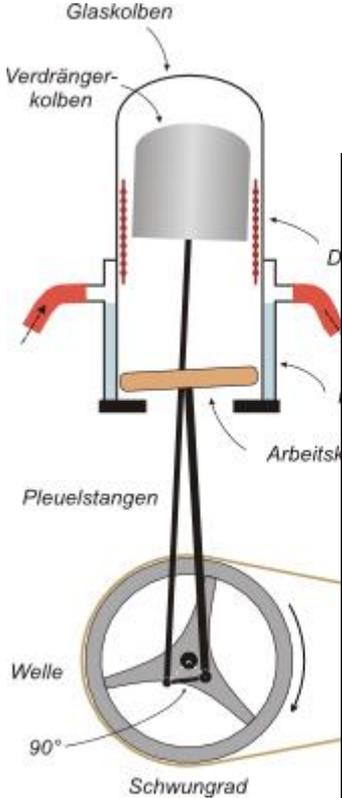
Funktionsweise einer gasgefüllten Wärmepumpe (Stirlingmotor)



Funktionsweise einer gasgefüllten Wärmepumpe (Stirlingmotor)



Funktionsweise einer gasgefüllten Wärmepumpe (Stirlingmotor)

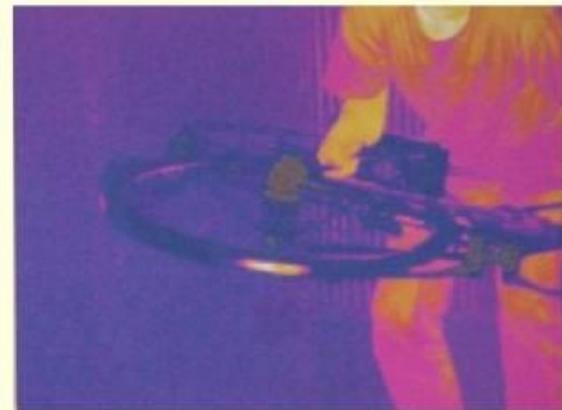


Die Wärmepumpe

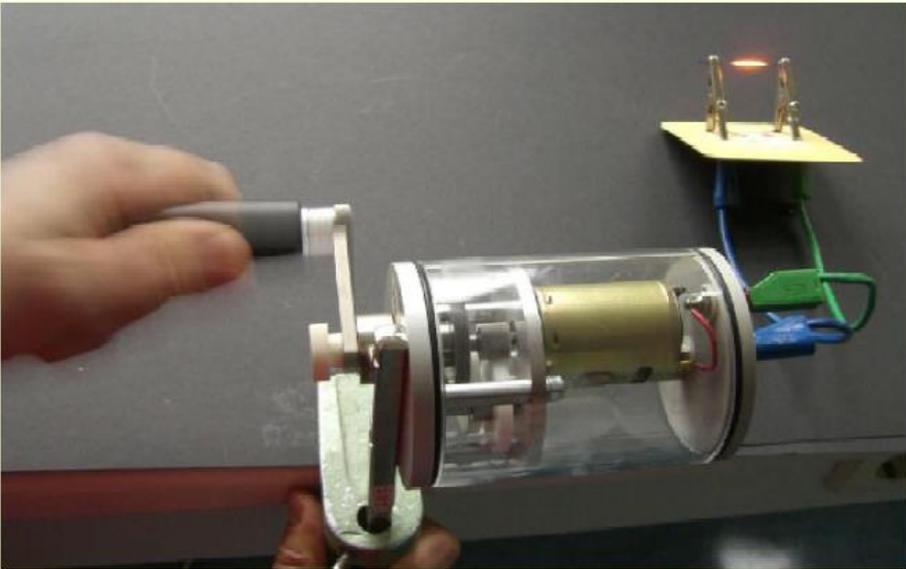


Abb. 9: Gefriert der Tropfen?

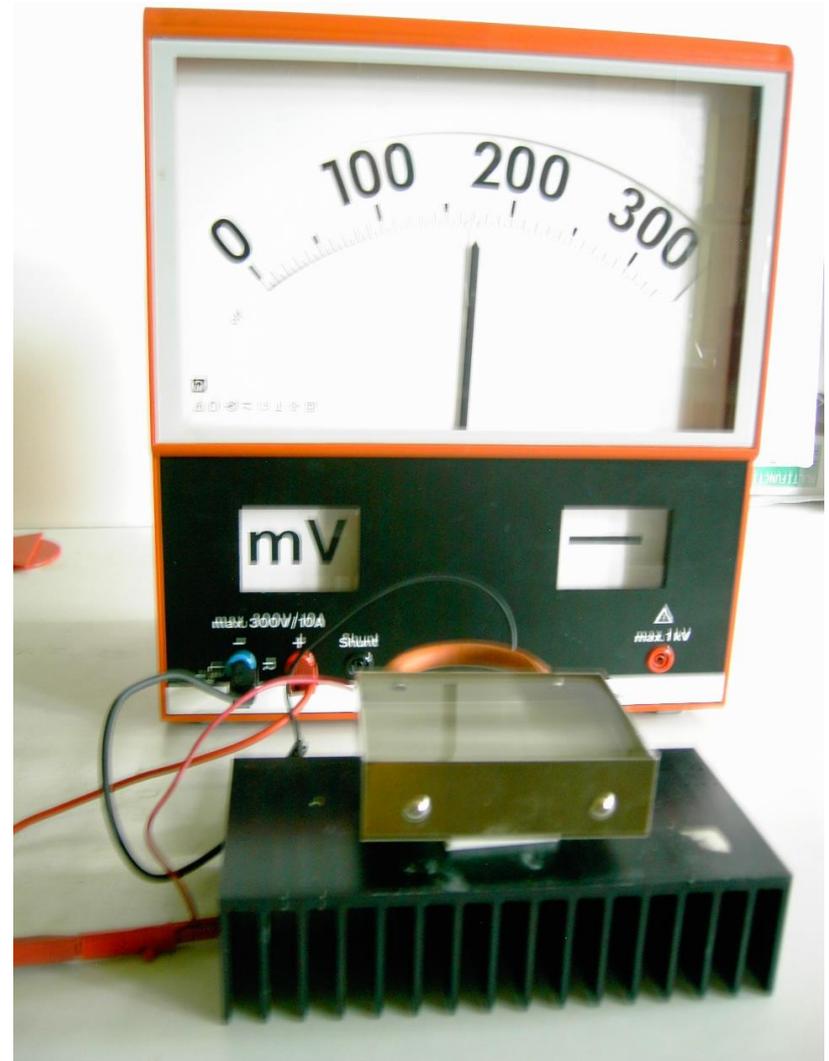
Entropieerzeugung



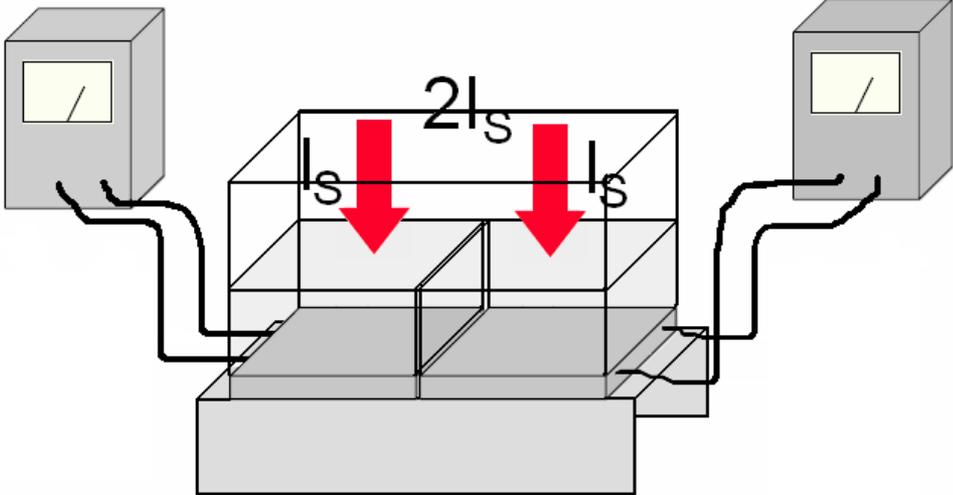
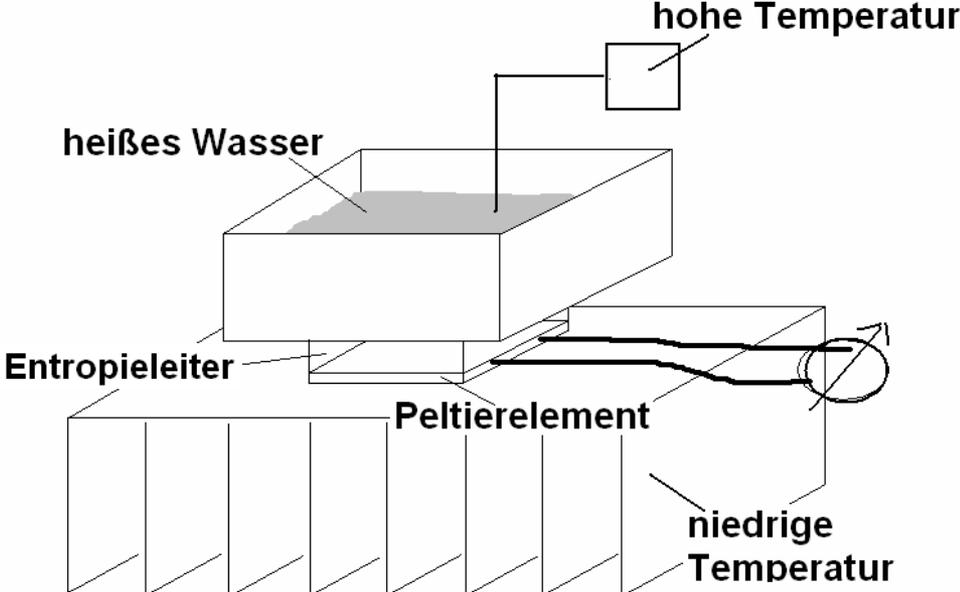
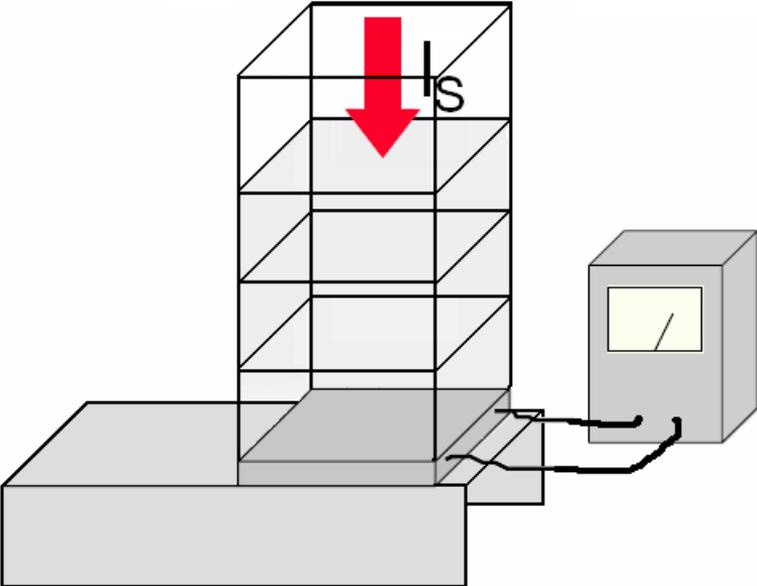
Entropieerzeugung



Messung von Entropiestromstärken mit dem Peltierelement



Abhängigkeiten der Entropiestromstärke



Entropie als Energieträger



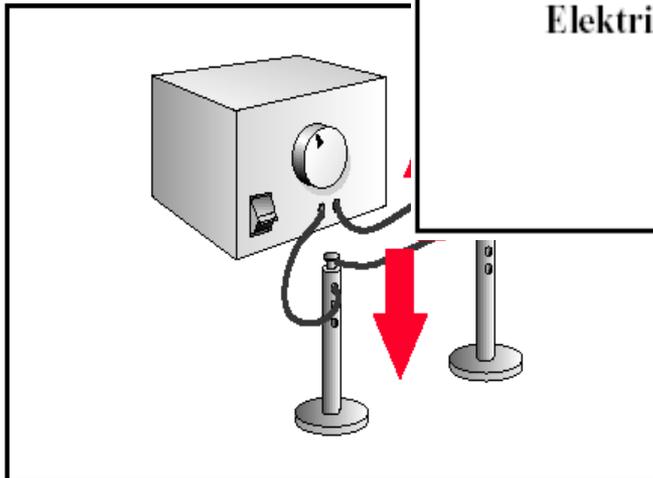
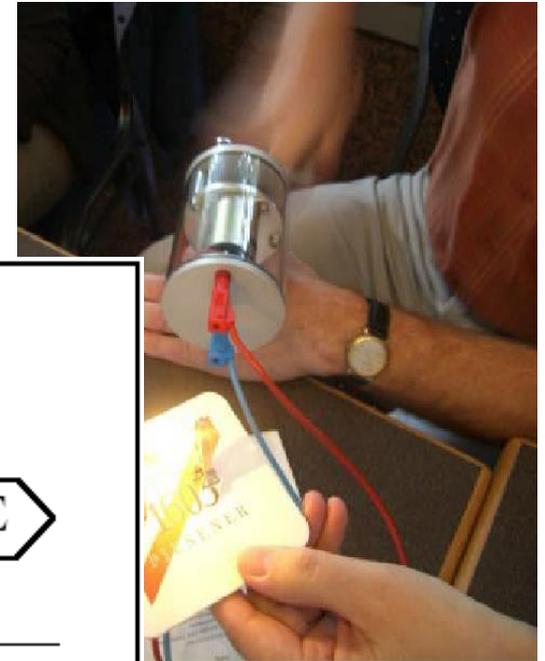
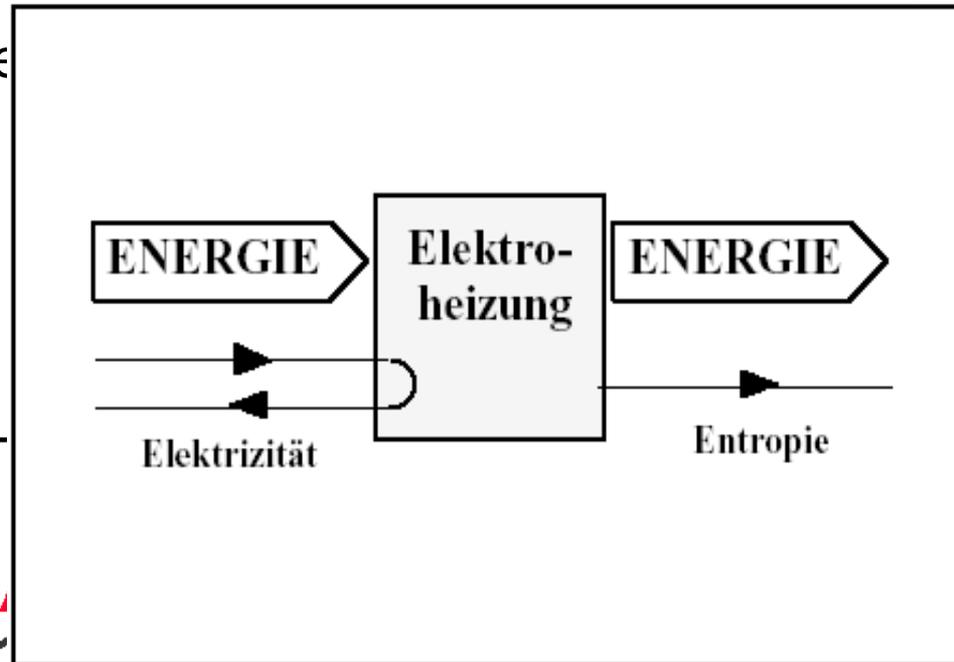
Experimente



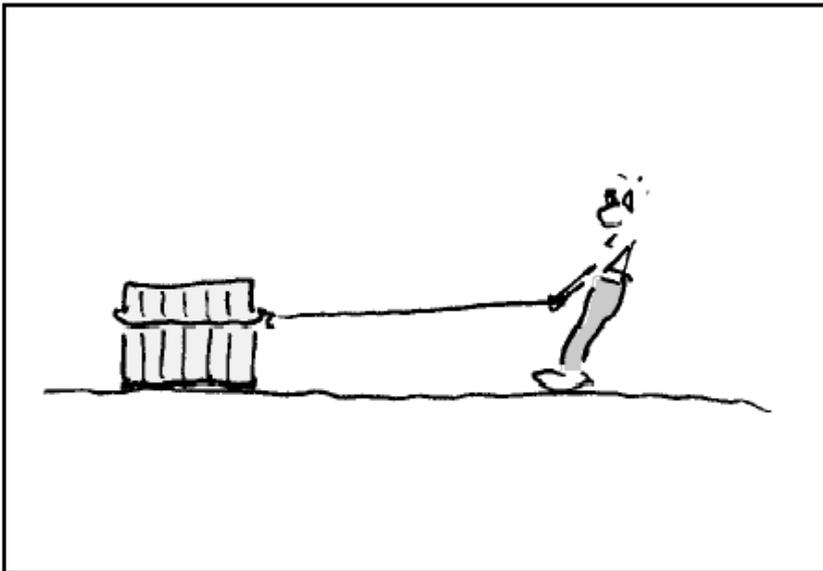
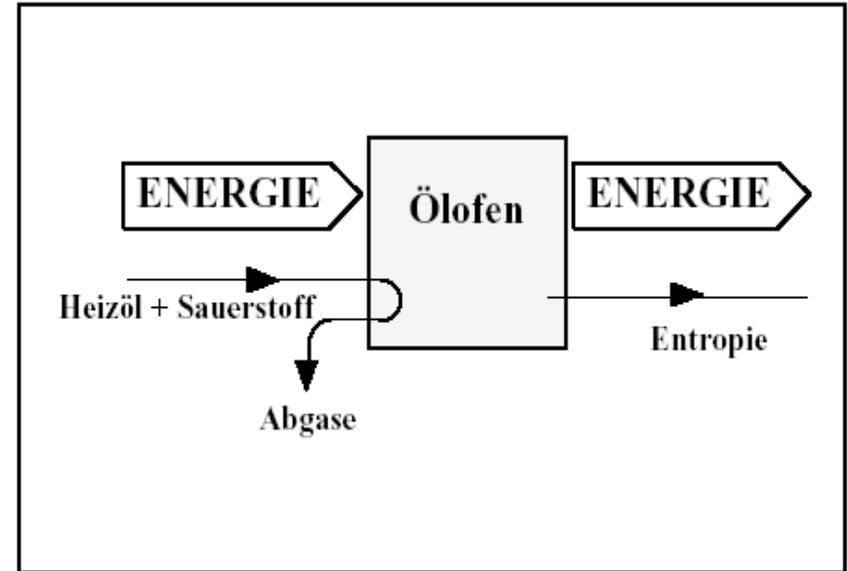
Entropie als Energieträger

Der stromdurchflossene Leiter gibt Energie ab

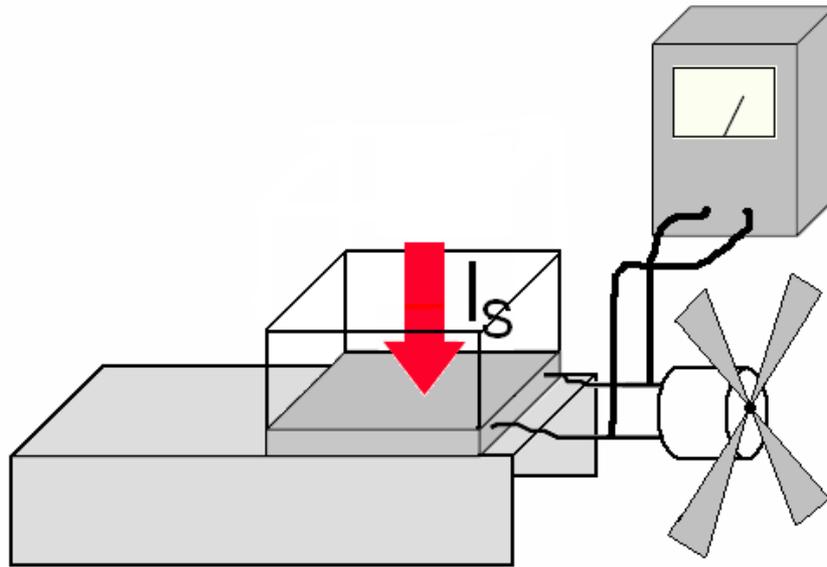
Entropie ist dabei



Entropie als Energieträger

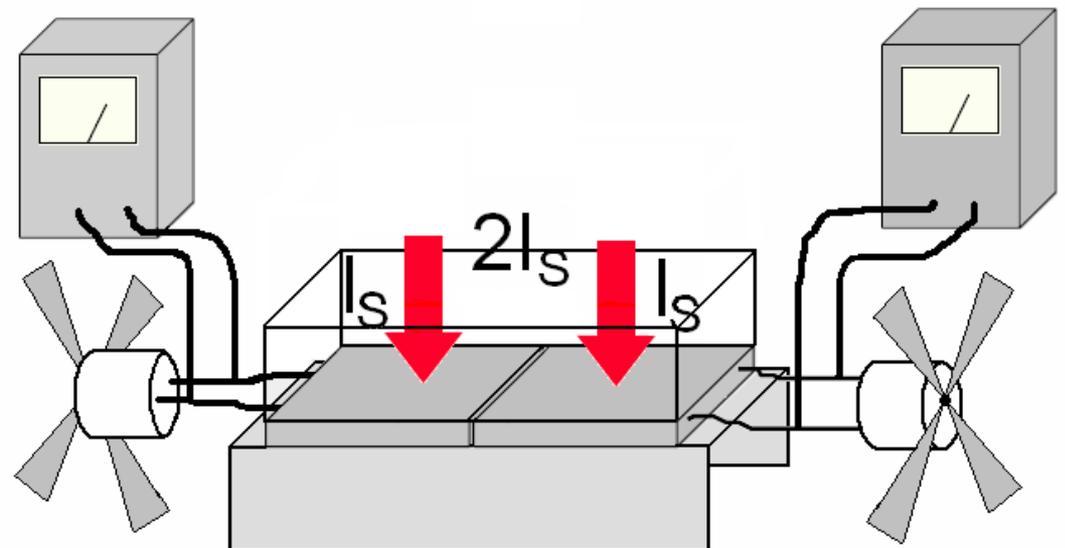


Zusammenhang zwischen Energiestromstärke P und Entropiestromstärke I_s

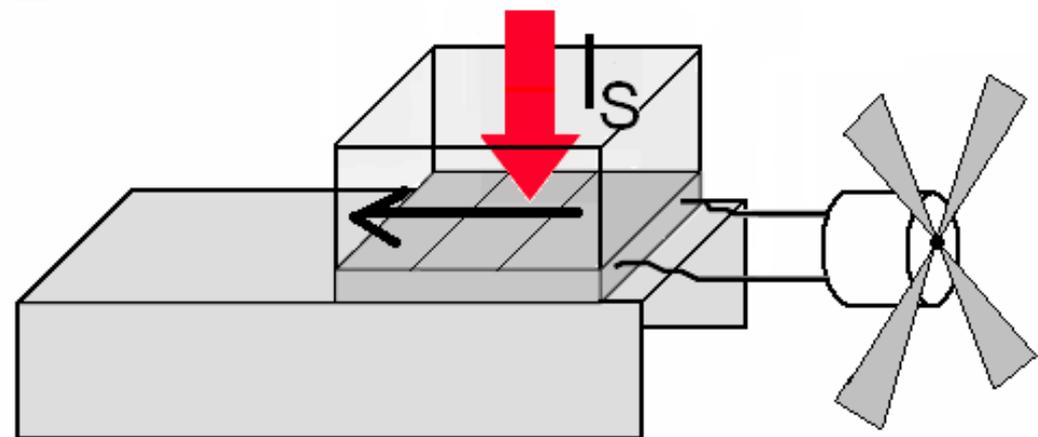


$$P \sim I_s$$

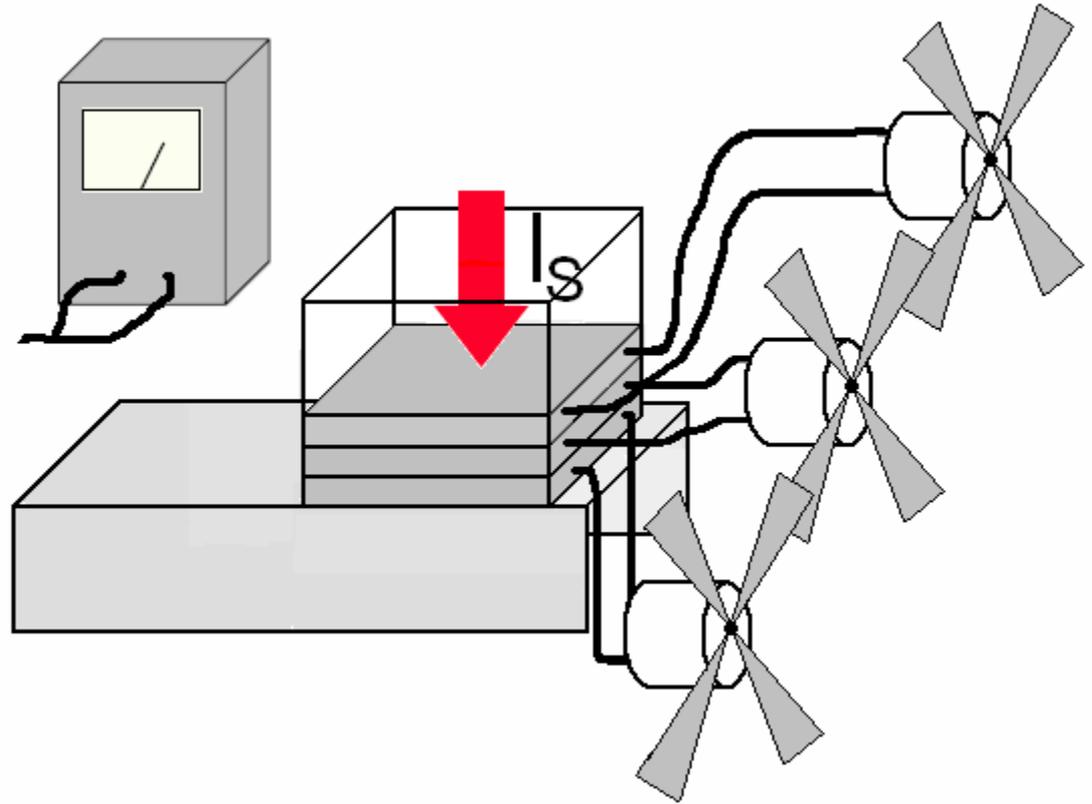
(bei gleichem ΔT)



Zusammenhang zwischen Energiestromstärke P und Entropiestromstärke I_s (Varianten)



Zusammenhang zwischen Energiestromstärke P und Entropiestromstärke I_S



ΔT	$3\Delta T$	$2\Delta T$	ΔT
P	$3P$	$2P$	P

$P \sim \Delta T$ (bei gleichem I_S)

Zusammenhang zwischen Energiestromstärke P und Entropiestromstärke I_S

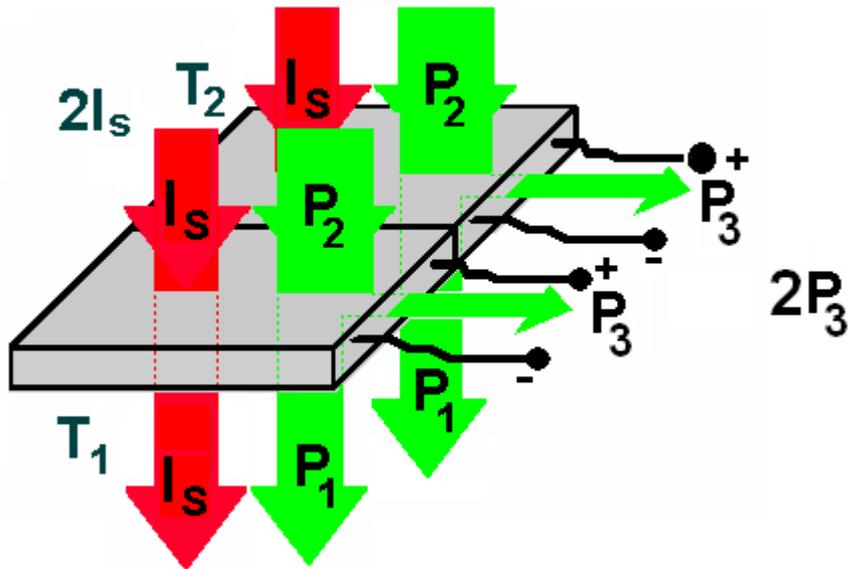
$$(1) P \sim I_S \text{ (bei gleichem } \Delta T \text{)}$$

$$(2) P \sim \Delta T \text{ (bei gleichem } I_S \text{)}$$

$$P = \Delta T \cdot I_S = (T_2 - T_1) \cdot I_S$$

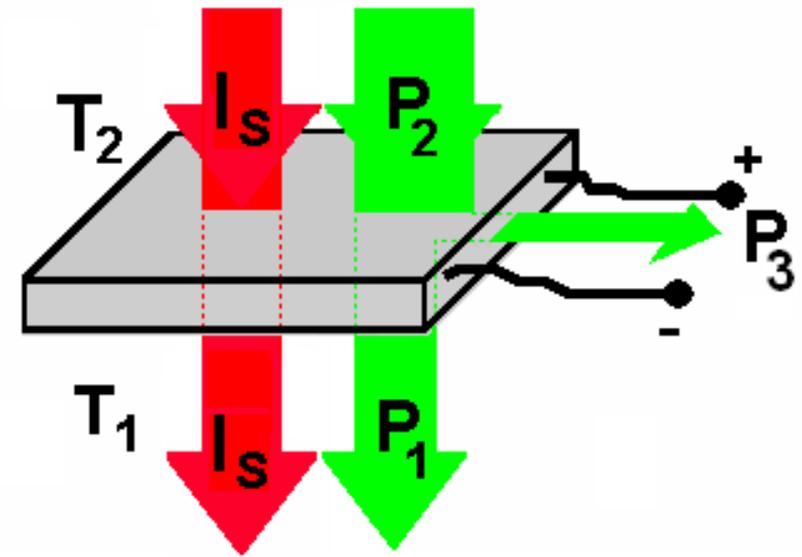
$$\text{Spezialfall } T_1 = 0K : \quad P = T \cdot I_S$$

Zusammenhang zwischen Energiestromstärke P und Entropiestromstärke I_s (Varianten)

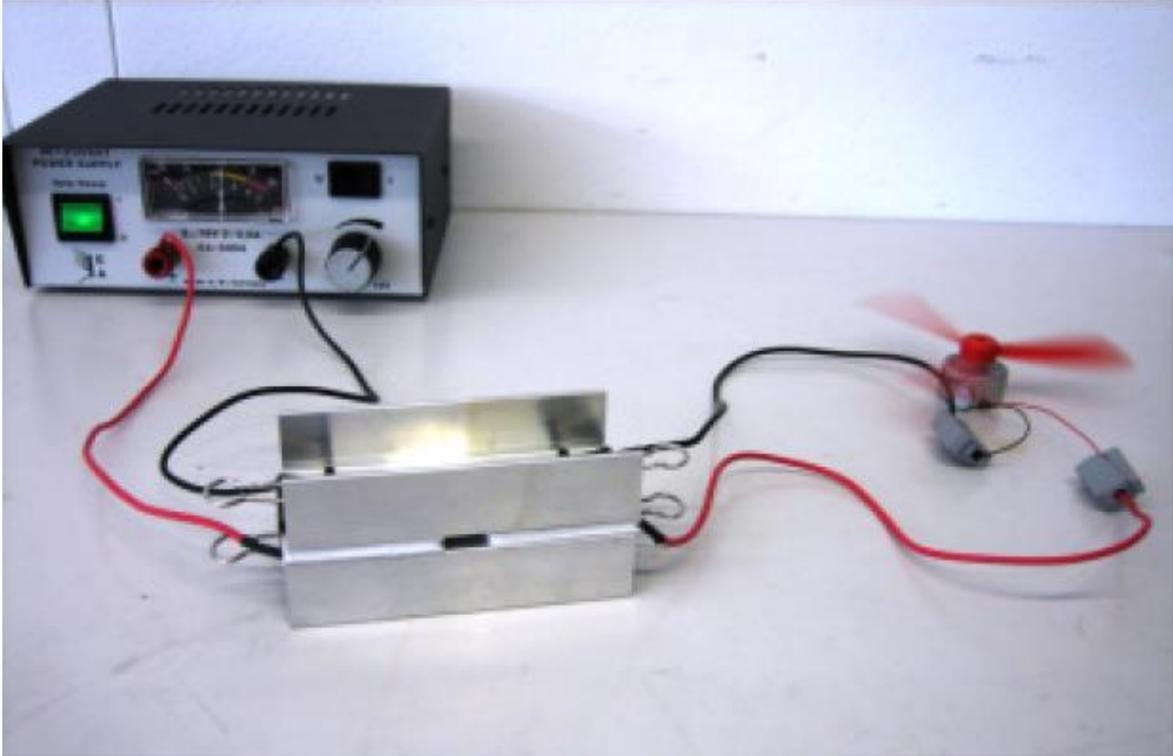


$$P_3 \sim I_s$$

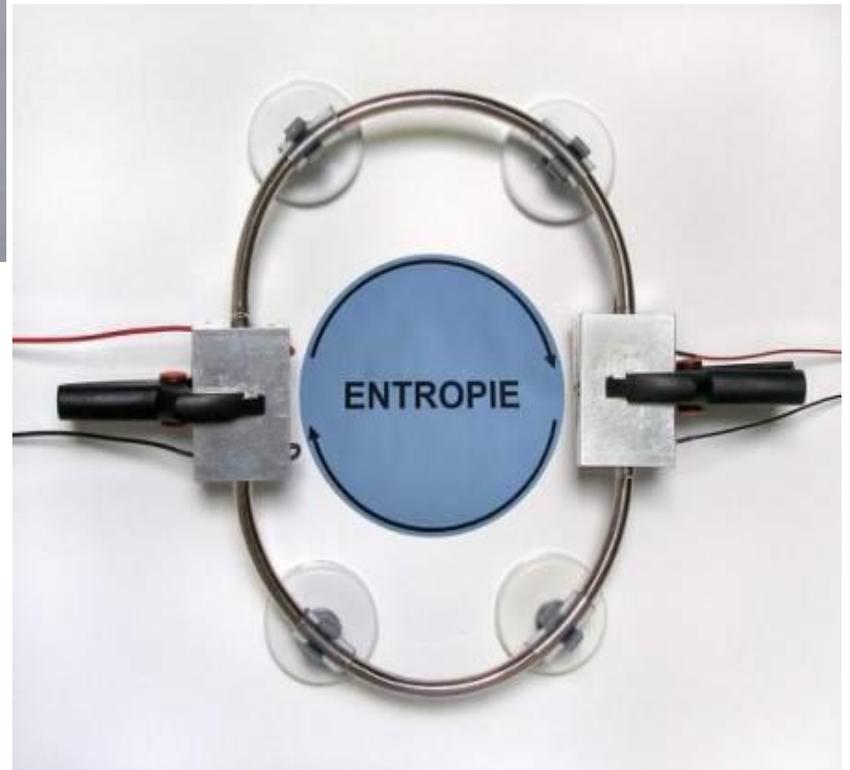
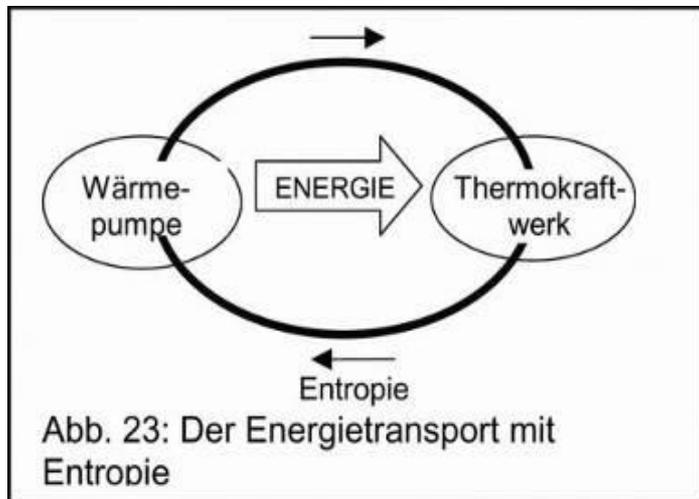
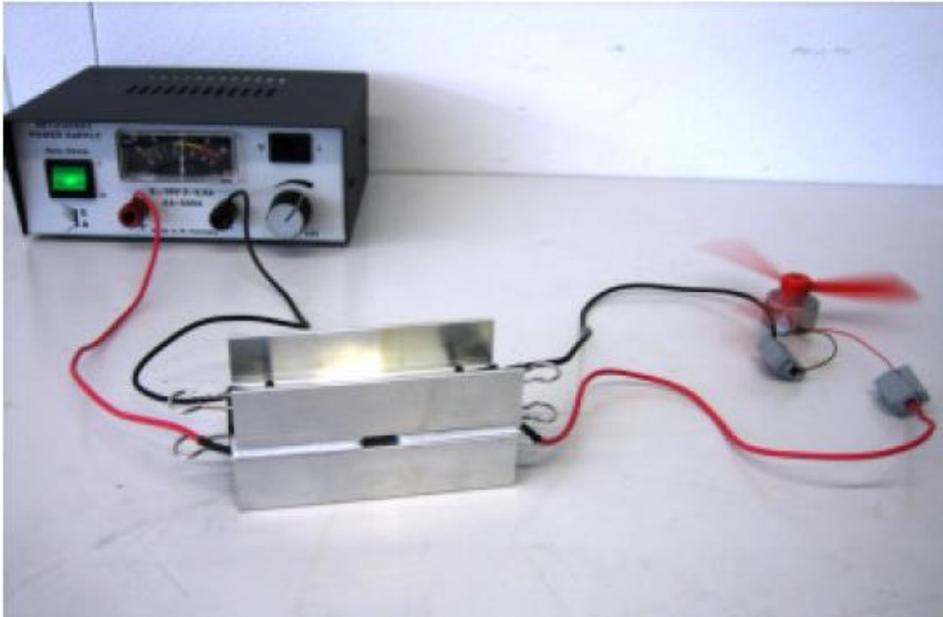
$$P_3 = T \cdot I_s$$



Entropiestromkreis

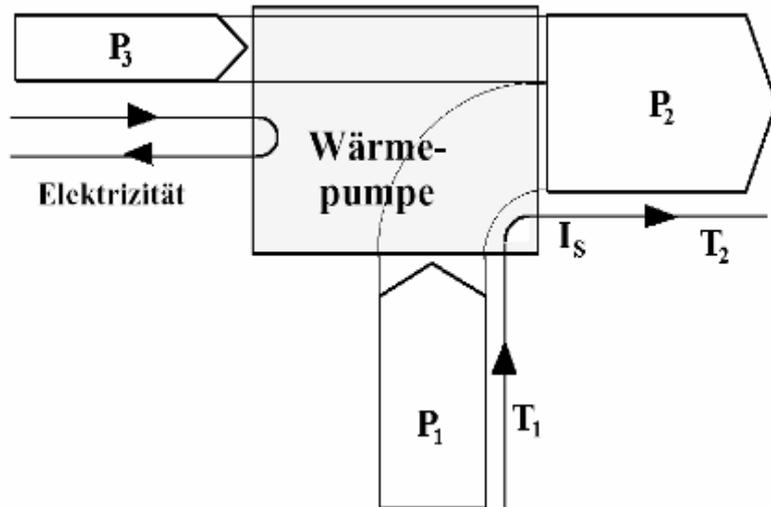


Thermischer Energieträger Stromkreislauf



Der Zusammenhang zwischen Energiestrom und Entropiestrom

$$P \sim I_S$$



Derselbe Entropiestrom I_S trägt zwei verschieden starke Energieströme P_1 und P_2 .
Weil $P_2 = P_1 + P_3$ gilt: $P_2 > P_1$

Da die einzige weitere Größe T ist und weil $T_2 > T_1$ ist, gilt: $P = T \cdot I_S$

$$P_1 = T_1 \cdot I_S, P_2 = T_2 \cdot I_S, P_3 = P_2 - P_1 \text{ ergibt:}$$
$$P_3 = (T_2 - T_1) \cdot I_S$$

$$P = (T_A - T_B) I_S$$

$$P = \Delta T I_S$$

$$P = (\varphi_A - \varphi_B) I_Q$$

$$P = U \cdot I$$

$$P = (v_A - v_B) I_p$$

$$P = v \cdot F$$

$$\Delta E = s \cdot F$$

Aufgabe

5. (a) Ein Haus wird mit einer Wärmepumpe geheizt. Die Außentemperatur beträgt 0 °C , die Temperatur im Haus 25 °C . Die Wärmepumpe fördert 30 Ct/s . Wie hoch ist ihr Energieverbrauch?
- (b) Dasselbe Haus wird mit einer gewöhnlichen Elektroheizung geheizt, d. h. die 30 Ct/s werden nicht von draußen hineingepumpt, sondern im Haus erzeugt. Wie hoch ist der Energieverbrauch?

Lösung

5. (a) Gegeben: $T_A - T_B = 25\text{ K}$ $I_S = 30\text{ Ct/s}$

Gesucht: P

$$P = (T_A - T_B) \cdot I_S = 25\text{ K} \cdot 30\text{ Ct/s} = 750\text{ K}\cdot\text{J}/(\text{K}\cdot\text{s}) = 750\text{ W}$$

(b) Gegeben: $T = (273 + 25)\text{K} = 298\text{ K}$ $I_S = 30\text{ Ct/s}$

Gesucht: P

$$P = T \cdot I_S = 298\text{ K} \cdot 30\text{ Ct/s} = 8940\text{ W}$$

Messung der Entropie

$$P = T \cdot I_S$$

$$I_S = \frac{P}{T}$$

$$\Delta S = I_S \cdot \Delta t$$



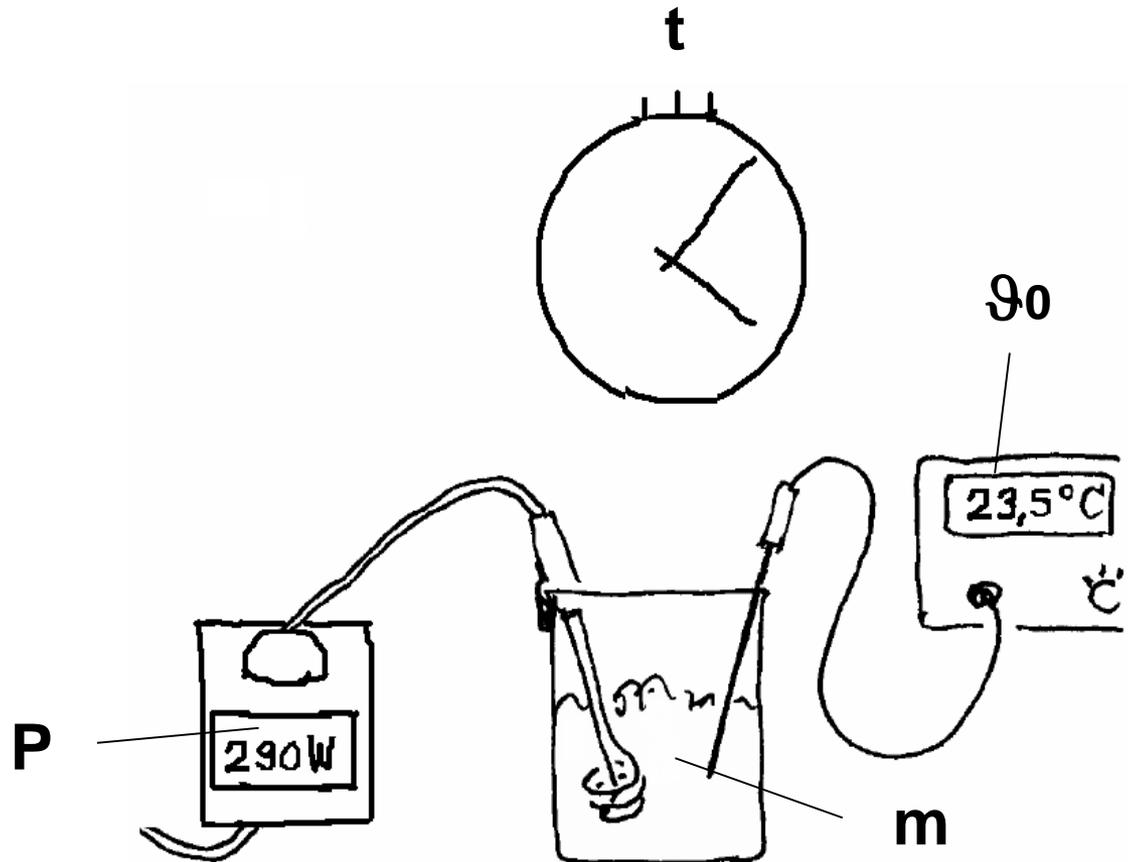
Messung durchführen

Vor Beginn:

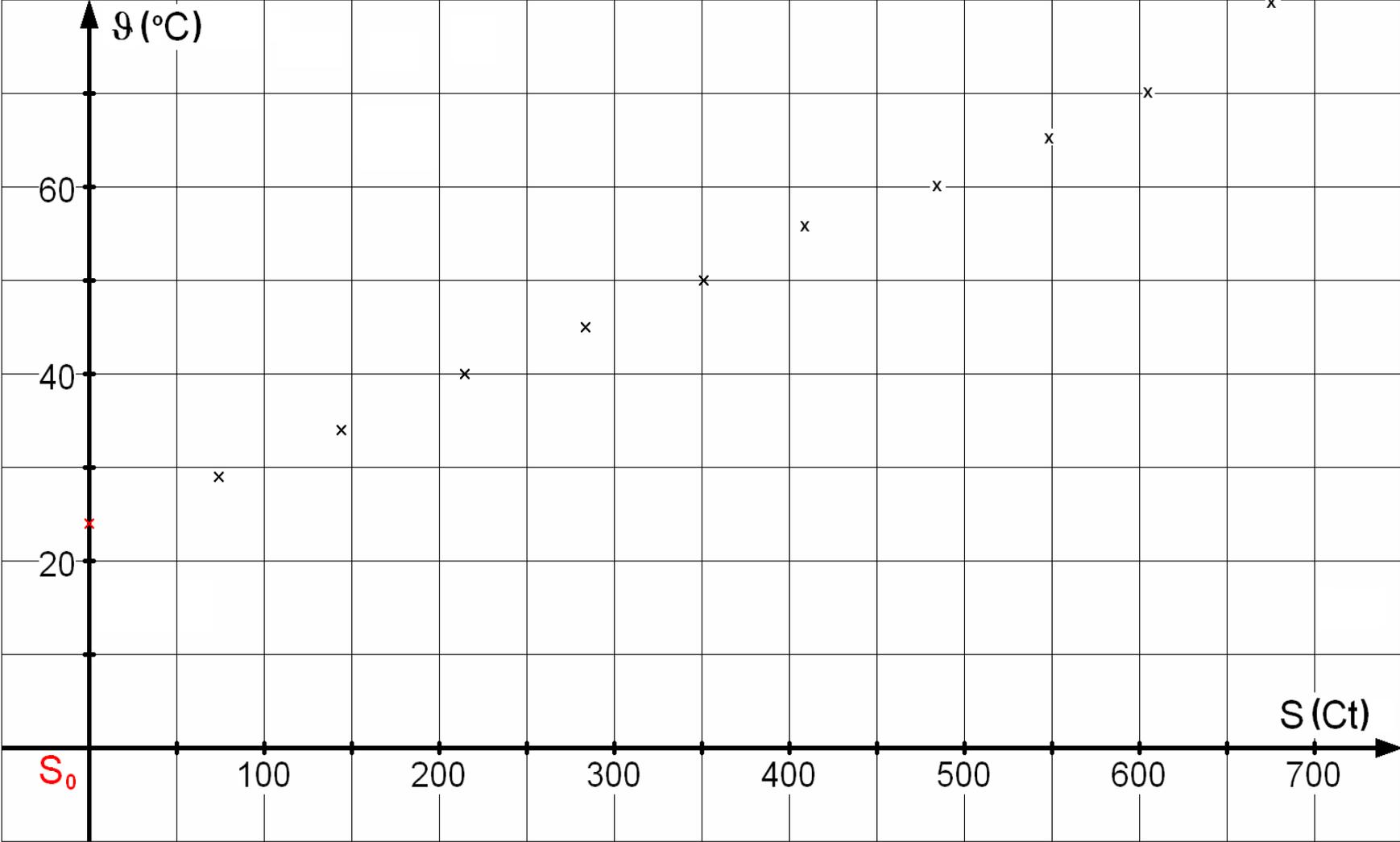
- Wassermasse m
- Anfangstemperatur ϑ_0
- Energiestromstärke P

Während der Messung:

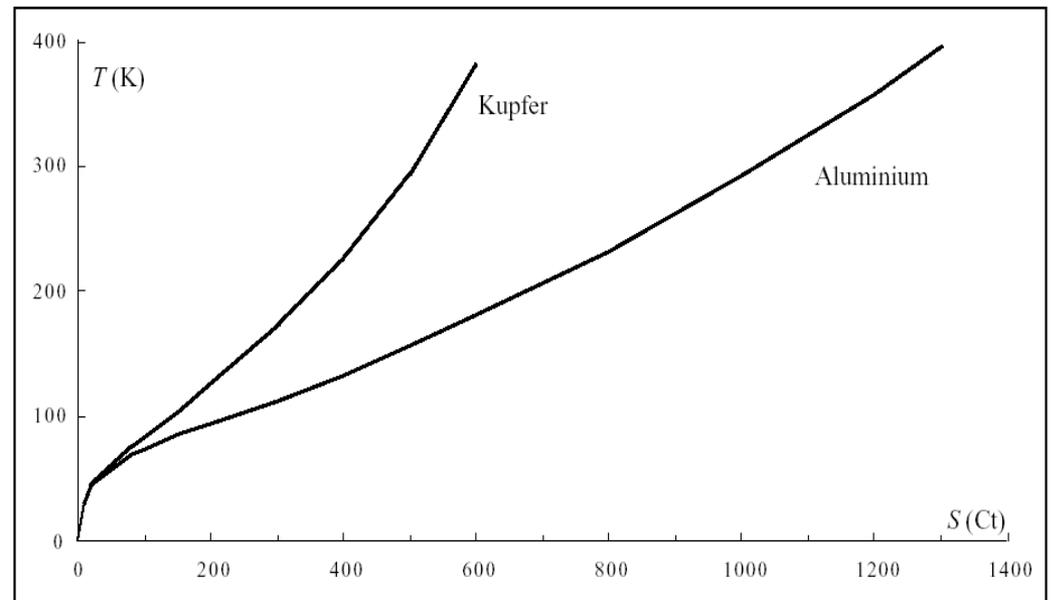
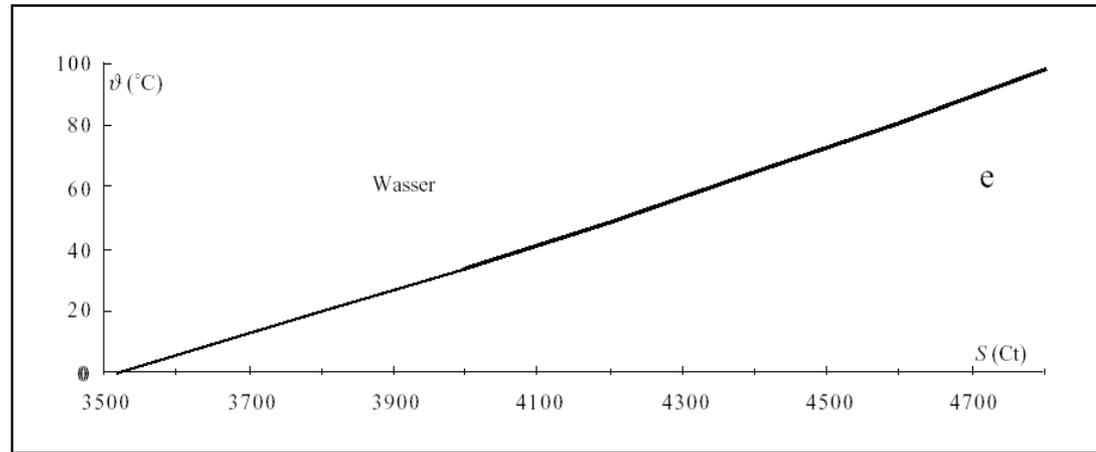
In Zeitschritten Δt die
Temperatur ablesen



Graphische Darstellung der Auswertung



Der Zusammenhang zwischen Entropieinhalt und Temperatur



Messung der Schmelzentropie von Wasser

Durchführung:

- Wasser von 0°C
- Eis wiegen ($m_{\text{Eis},1}$)
- Tauchsieder und Uhr starten
- Wattmeter ablesen
- Nach Δt Uhr und Tauchsieder ausschalten
- Eis wiegen ($m_{\text{Eis},2}$)



Auswertung der Messung

$$P = 292W \quad \Delta t = 120s$$

$$m_{Eis} = m_{Eis,1} - m_{Eis,2} = 278g - 180g = 98g$$

$$I_S = \frac{P}{T} = \frac{292W}{273,15K} = 1,07 \frac{Ct}{s}$$

$$\Delta S_{0,098kg} = I_S \cdot \Delta t = 1,07 \frac{Ct}{s} \cdot 120s = 128,4Ct$$

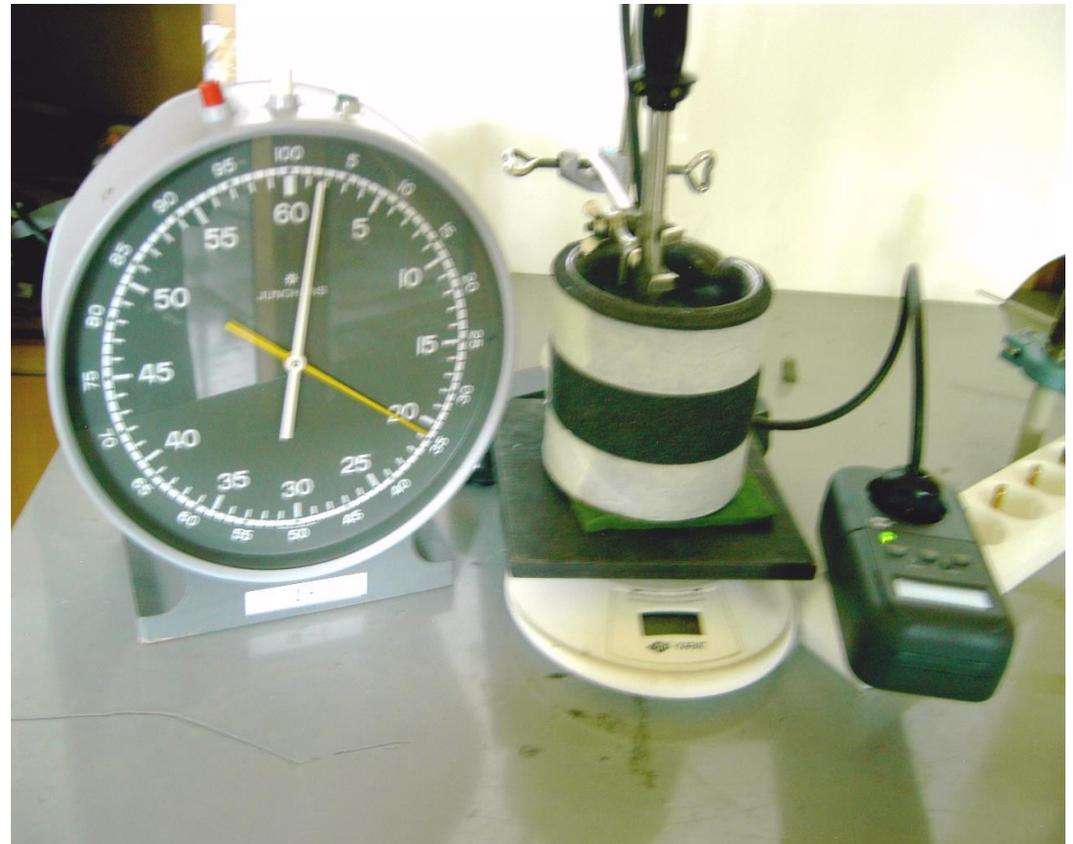
$$\Delta S_{1kg} = \frac{\Delta S_{0,098kg}}{0,098} = 1310Ct$$

$$\Delta S_{1kg, Literatur} = 1230Ct$$

Messung der Verdampfungsentropie von Wasser

Durchführung:

- Wasser mit Tauchsieder auf 100°C erhitzen
- Wassermenge ablesen ($m_{\text{Wasser},1}$)
- Uhr starten
- Wattmeter ablesen
- Nach Δt Uhr und Tauchsieder ausschalten
- Wassermenge ablesen ($m_{\text{Wasser},2}$)



Auswertung der Messung

$$P = 540W \quad \Delta t = 300s$$

$$m_{\text{Wasser}} = m_{\text{Wasser},1} - m_{\text{Wasser},2} = 574g - 503g = 71g$$

$$I_S = \frac{P}{T} = \frac{540W}{373,15K} = 1,45 \frac{Ct}{s}$$

$$\Delta S_{0,071kg} = I_S \cdot \Delta t = 1,45 \frac{Ct}{s} \cdot 300s = 435Ct$$

$$\Delta S_{1kg} = \frac{\Delta S_{0,071kg}}{0,071} = 6126,7Ct \quad \Delta S_{1kg,Literatur} = 6051,2Ct$$