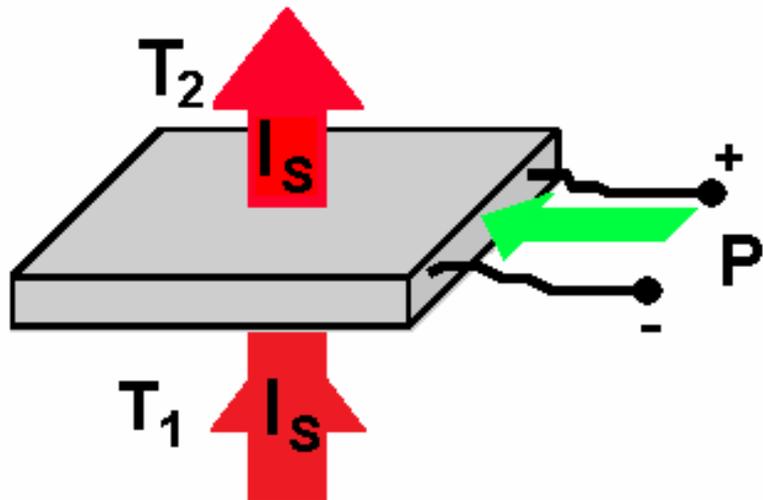


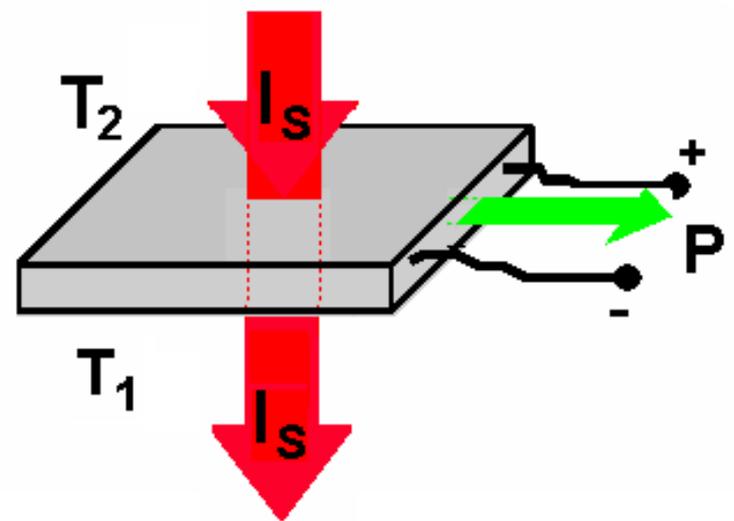
# **Entropie und Energie**

Hans M. Strauch

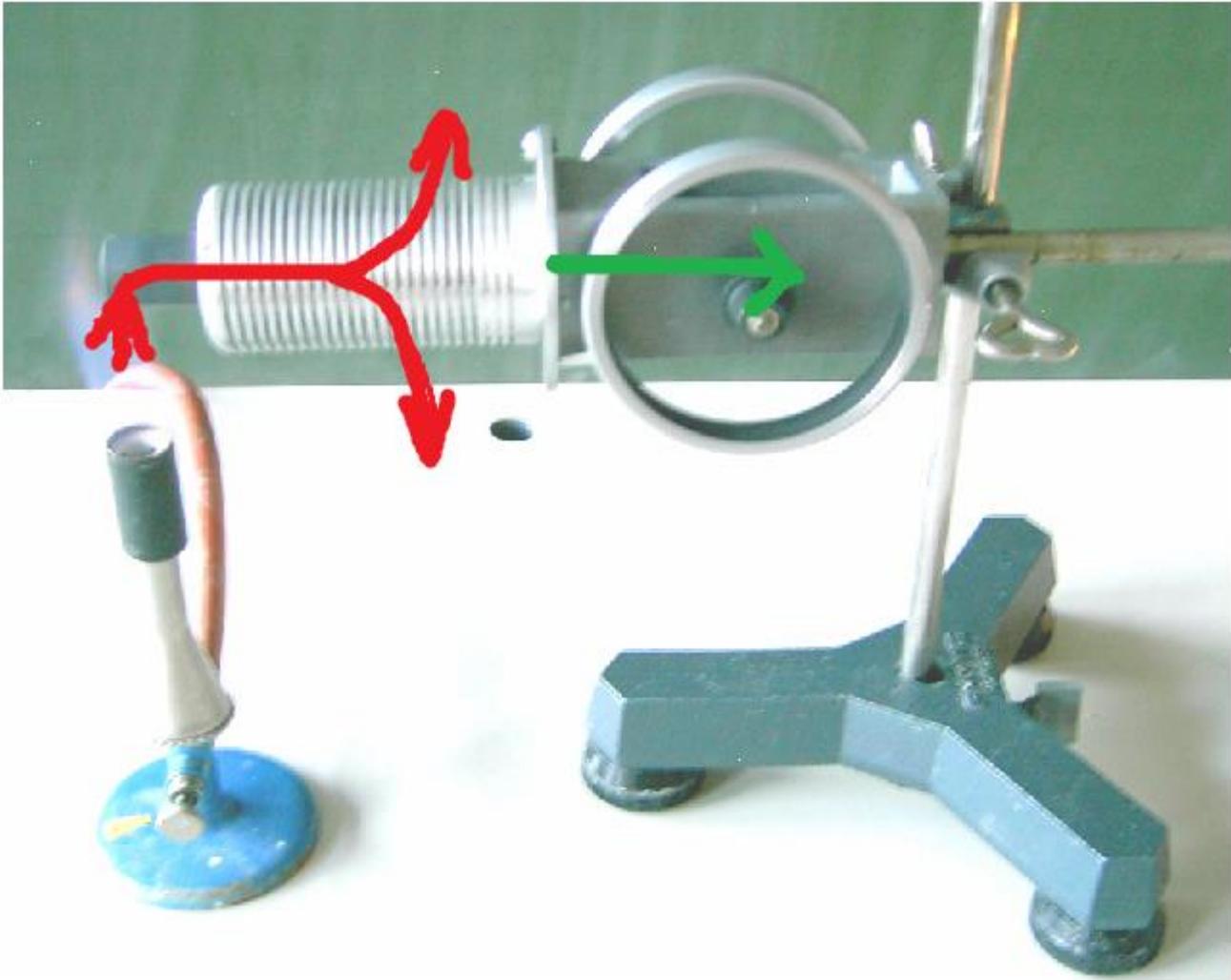
# Wärmepumpe



# Thermogenerator



# Wärmemotor



# Entropie als Energieträger



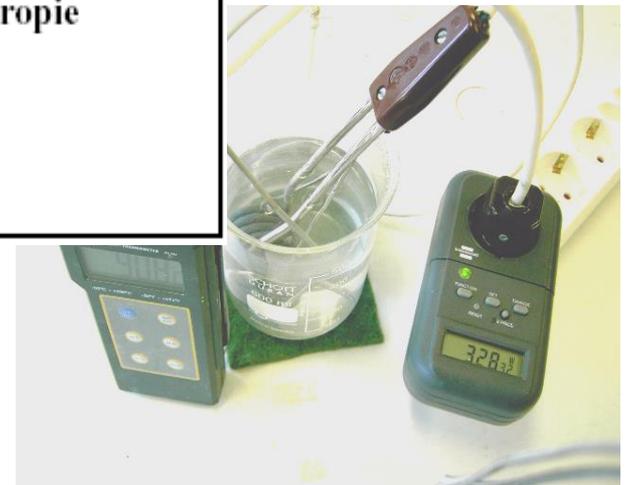
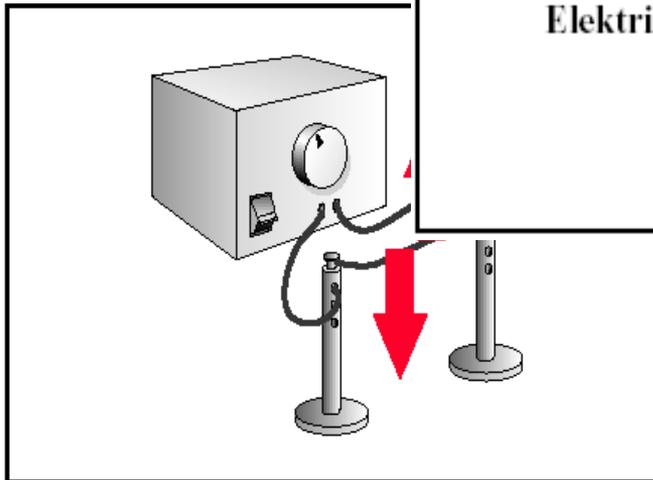
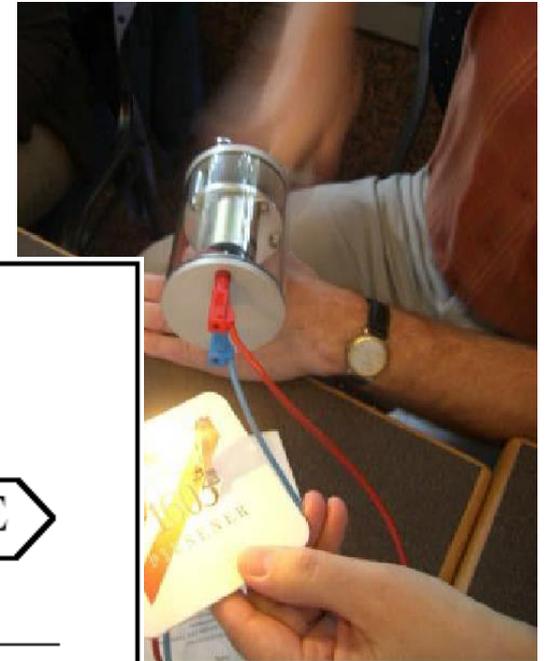
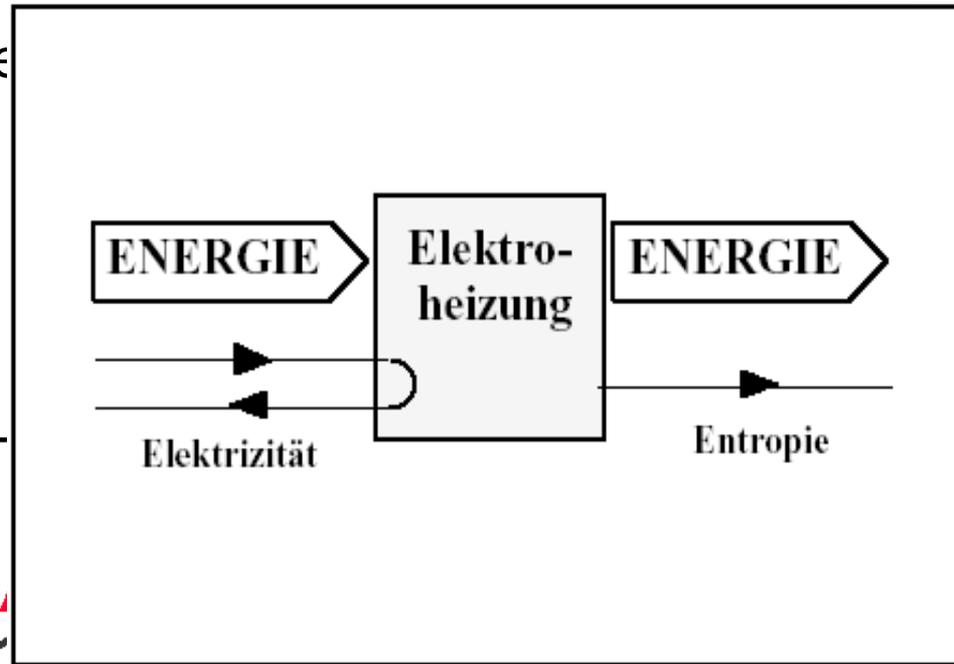
## Experimente



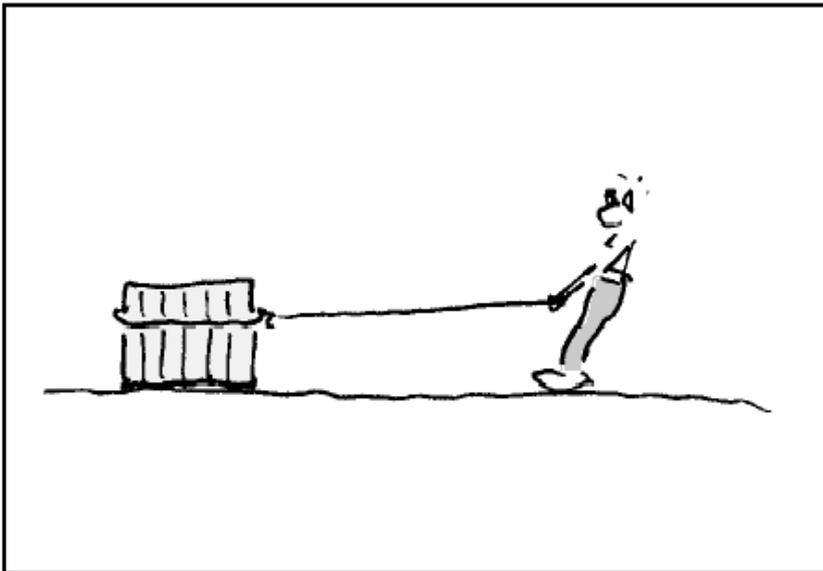
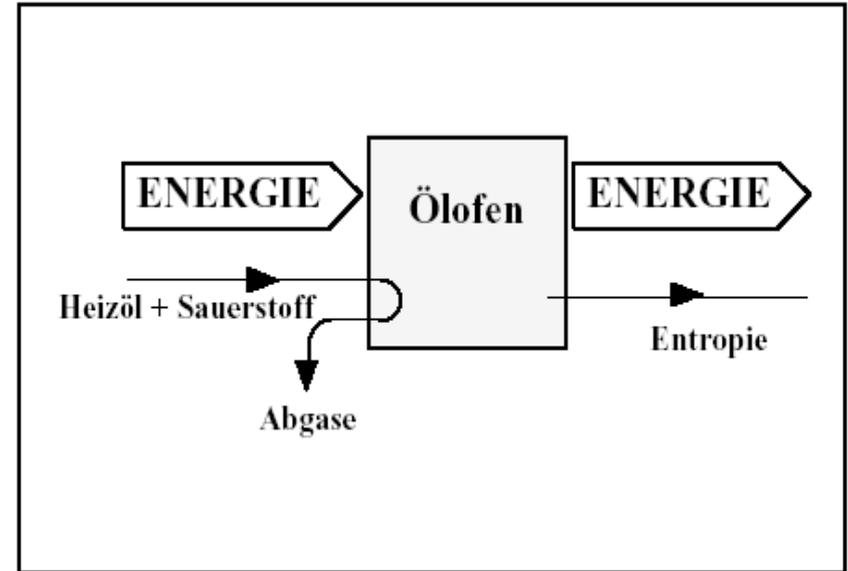
# Entropie als Energieträger

Der stromdurchflossene Leiter gibt Energie ab

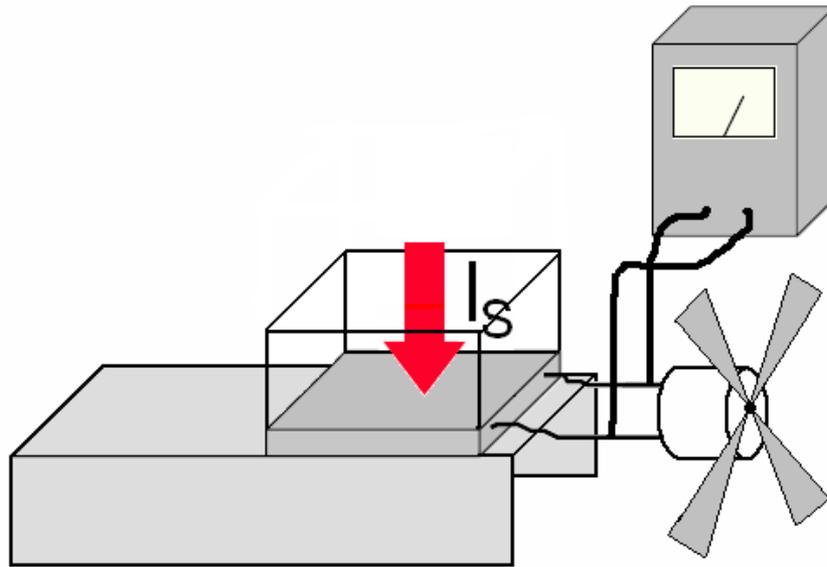
Entropie ist dabei



# Entropie als Energieträger

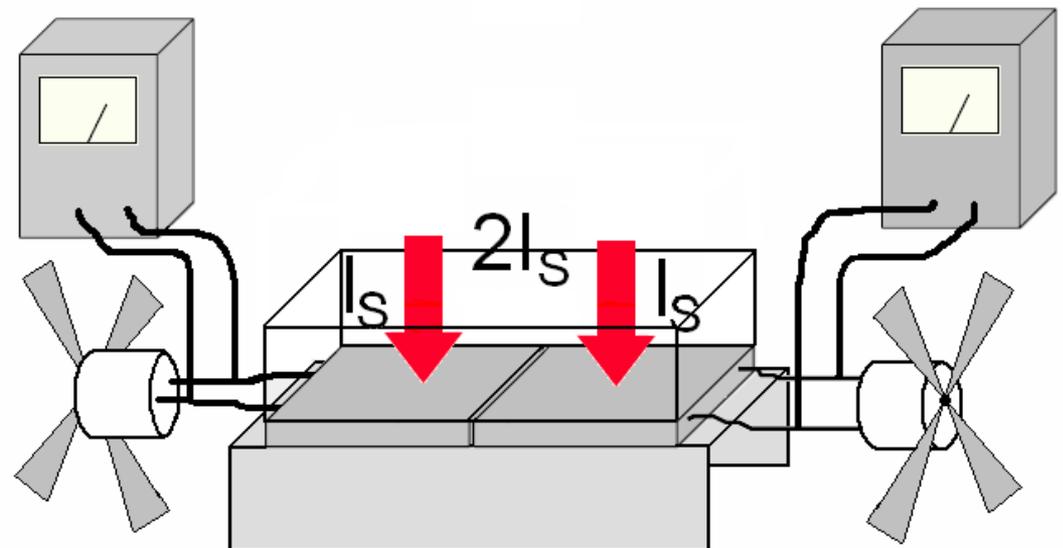


# Zusammenhang zwischen Energiestromstärke $P$ und Entropiestromstärke $I_s$

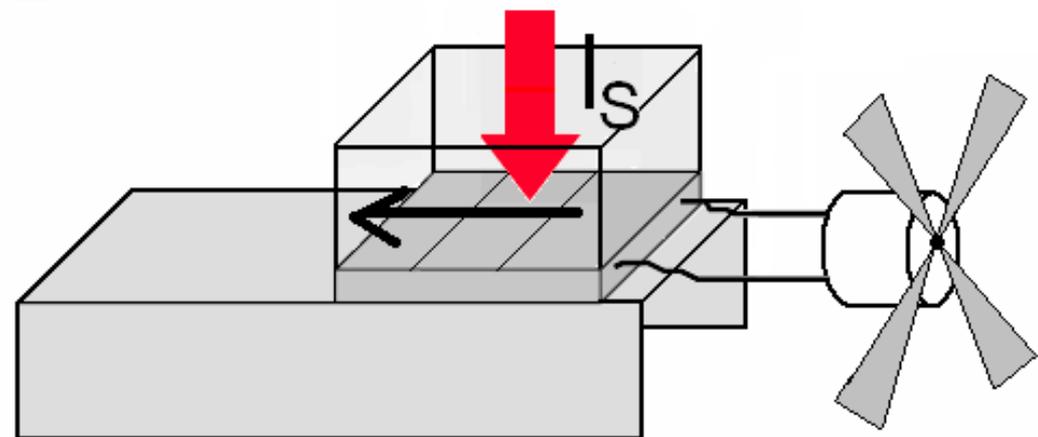


$$P \sim I_s$$

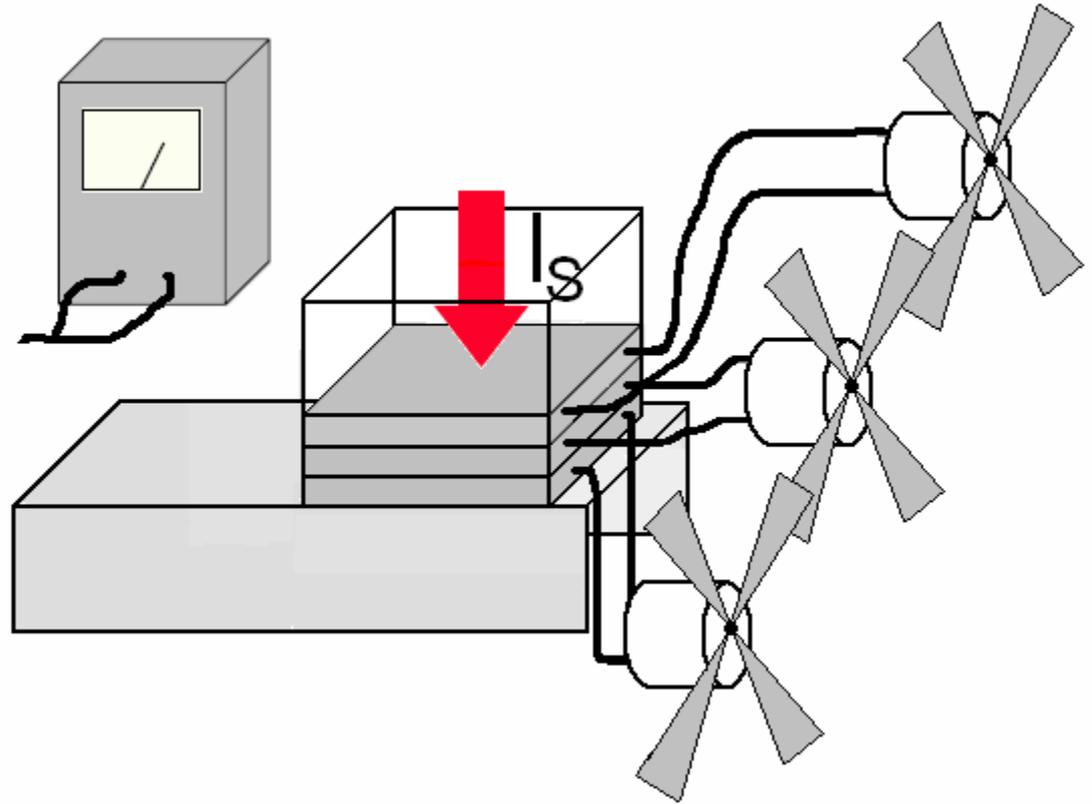
*(bei gleichem  $\Delta T$ )*



# Zusammenhang zwischen Energiestromstärke $P$ und Entropiestromstärke $I_s$ (Varianten)



# Zusammenhang zwischen Energiestromstärke $P$ und Entropiestromstärke $I_S$



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

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

## Zusammenhang zwischen Energiestromstärke $P$ und Entropiestromstärke $I_S$

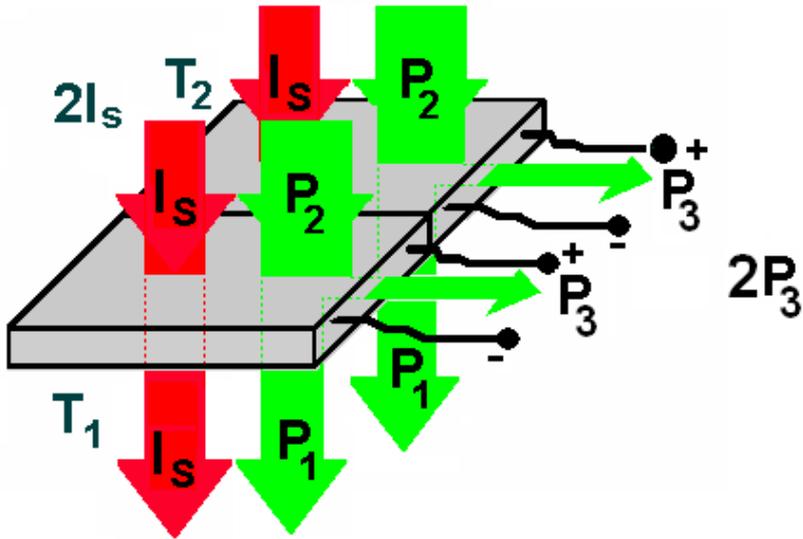
$$(1) P \sim I_S \text{ (bei gleichem } \Delta T)$$

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

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

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

# Zusammenhang zwischen Energiestromstärke $P$ und Entropiestromstärke $I_s$ (Varianten)

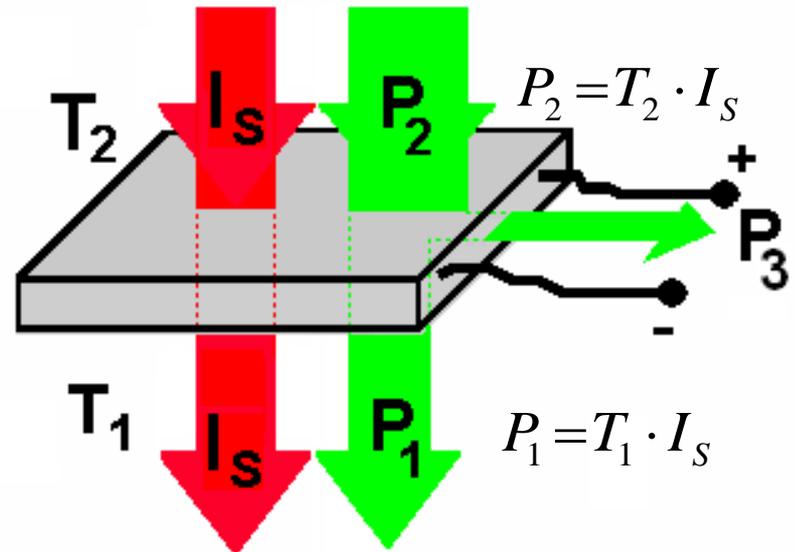


$$P_3 \sim I_s$$

Wegen  $P_3$  ist  $P_1 < P_2$

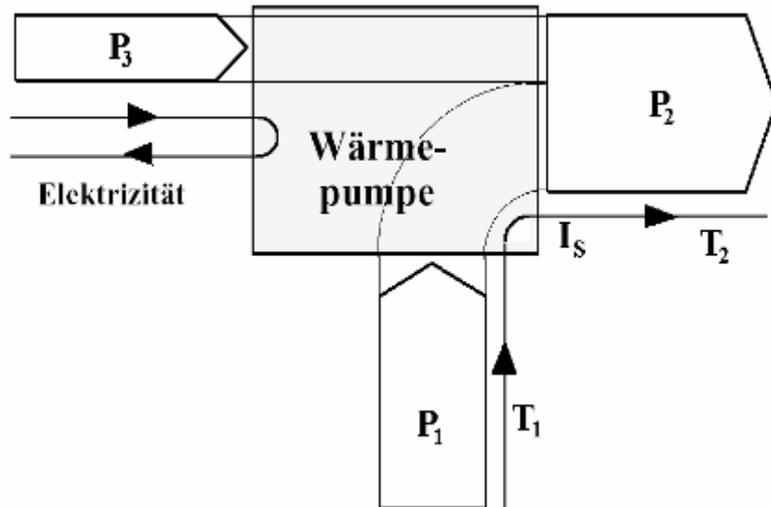
Faktor gesucht, der bei 2 größer ist  
als bei 1:  $T_2 > T_1$

$$P_3 = T \cdot I_s$$



# 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:  **$P = T \cdot I_S$**

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

## Vergleich der Formeln

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

$$P = \Delta T I_S$$

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

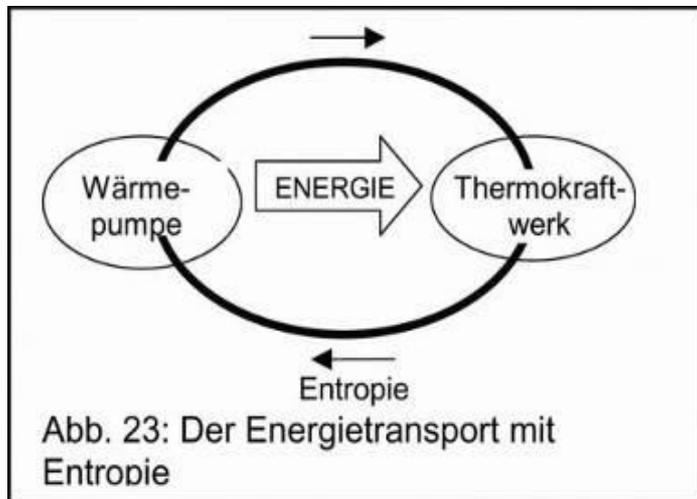
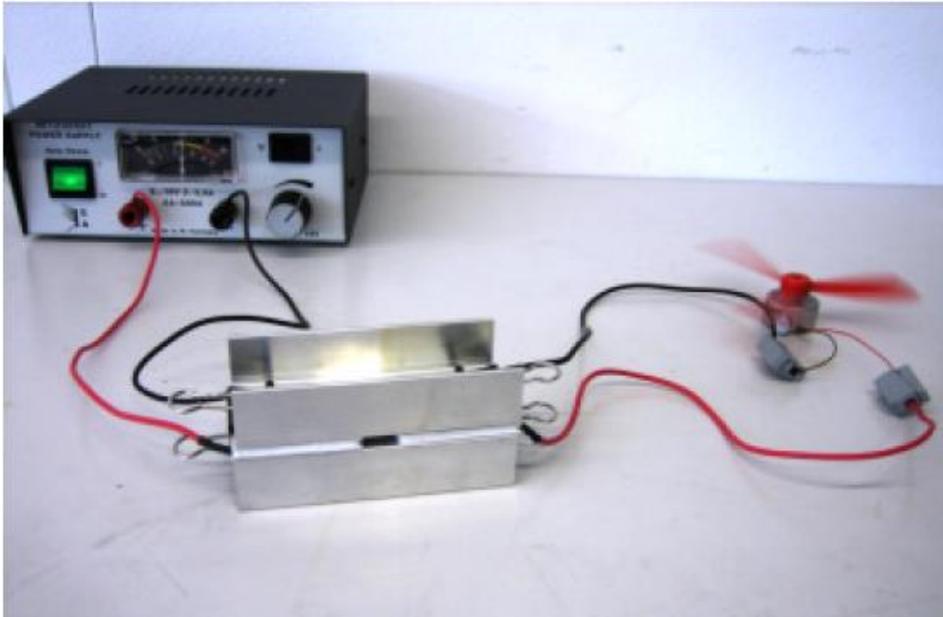
$$P = U \cdot I$$

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

$$P = v \cdot F$$

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

# Thermischer Energieträger Stromkreislauf



## Messung der Entropie

$$P = T \cdot I_S$$

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

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



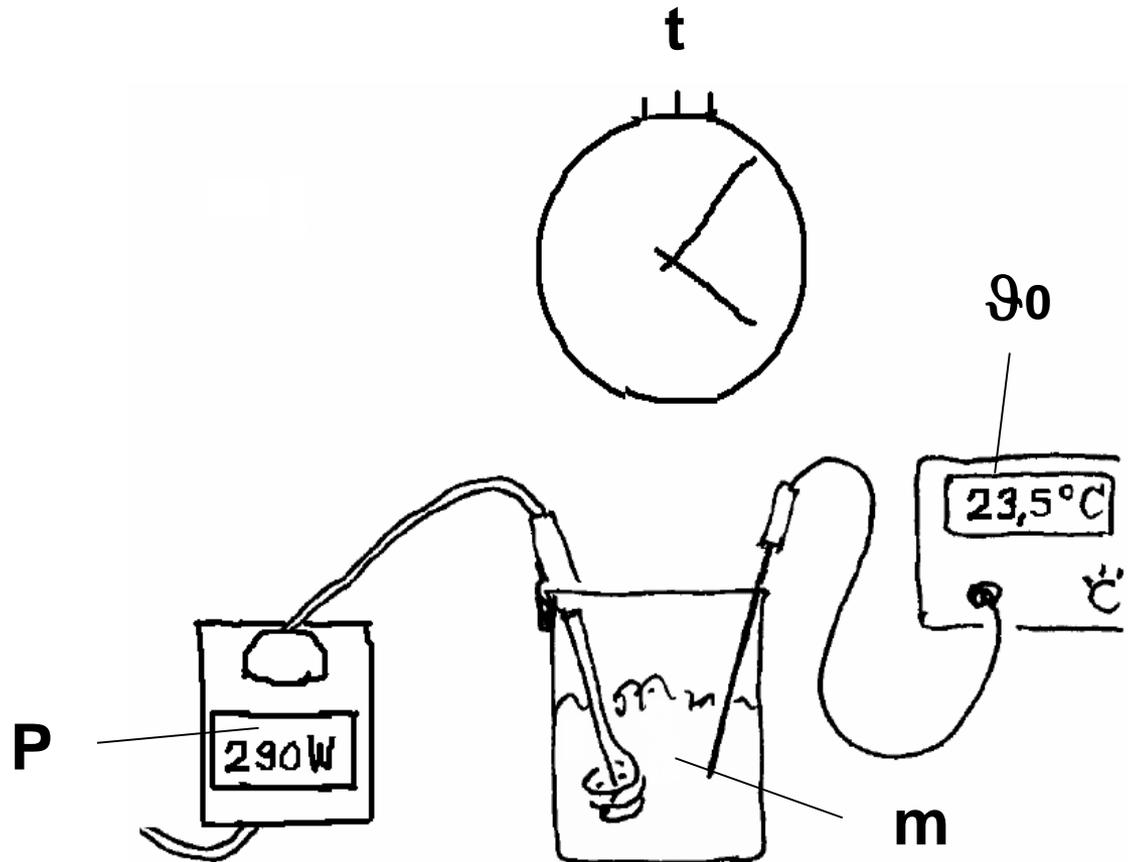
## Messung durchführen

### Vor Beginn:

- Wassermasse  $m$
- Anfangstemperatur  $\vartheta_0$
- Energiestromstärke  $P$

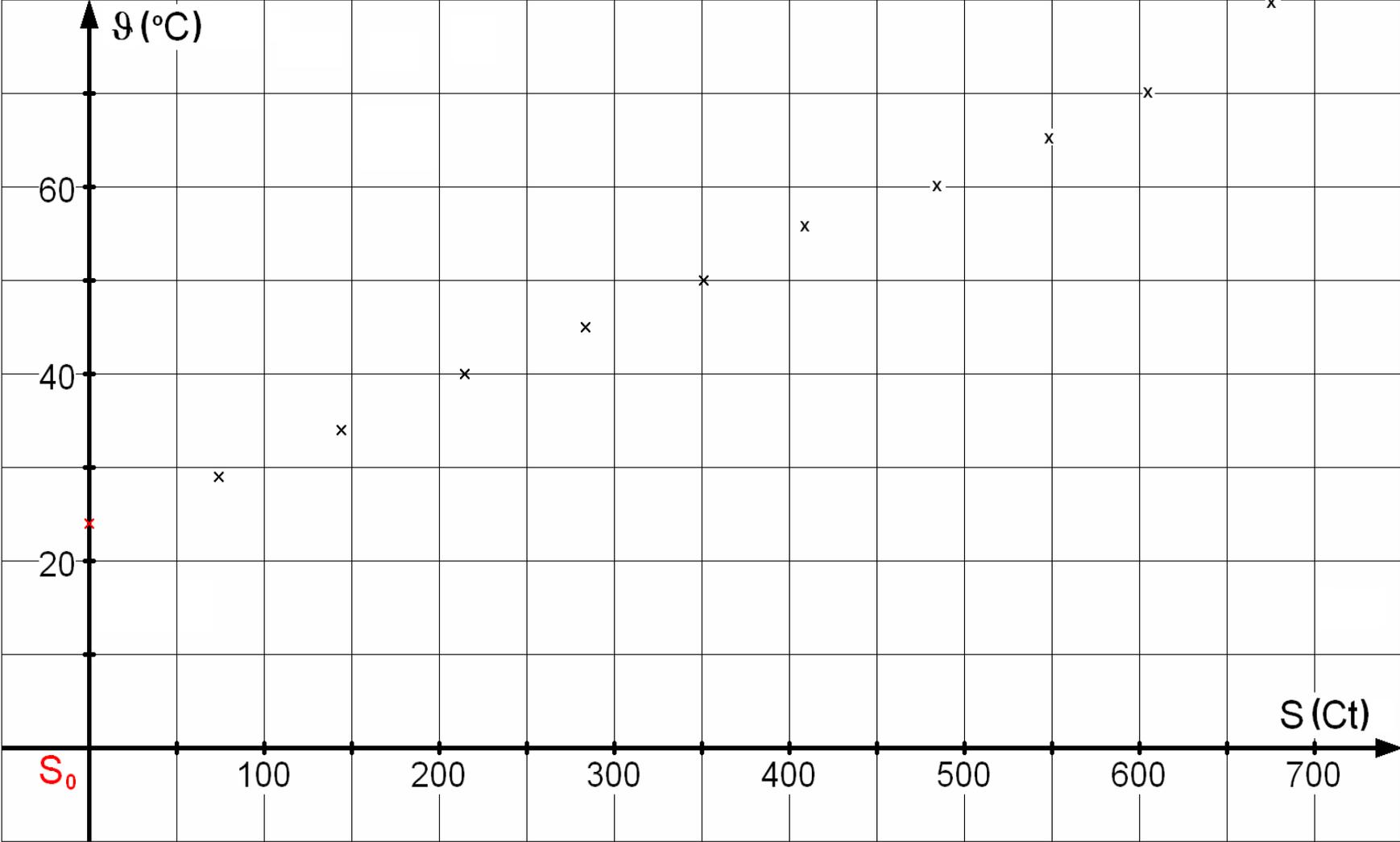
### Während der Messung:

In Zeitschritten  $\Delta t$  die  
Temperatur ablesen

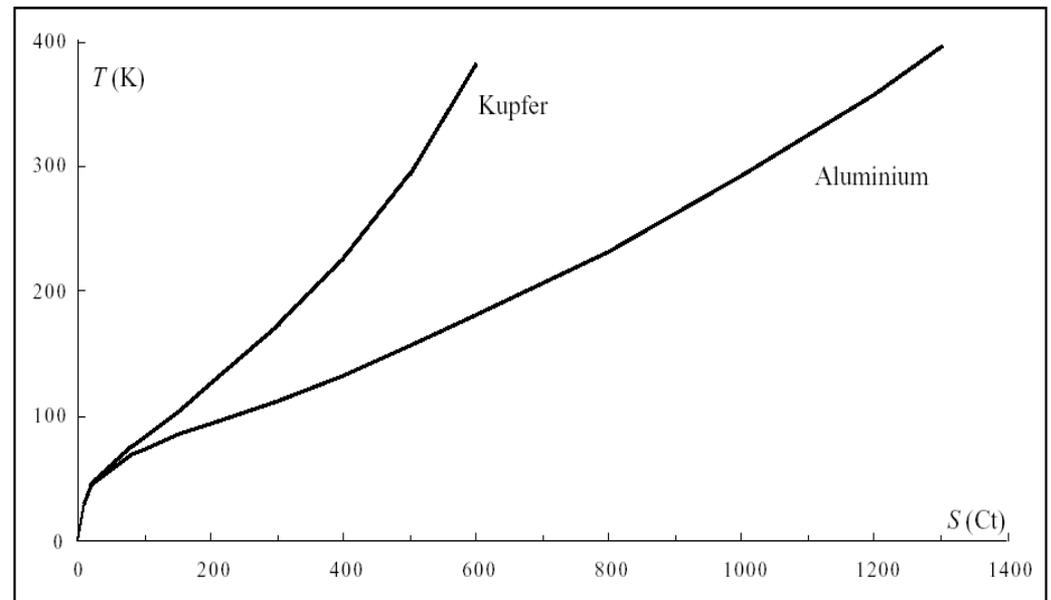
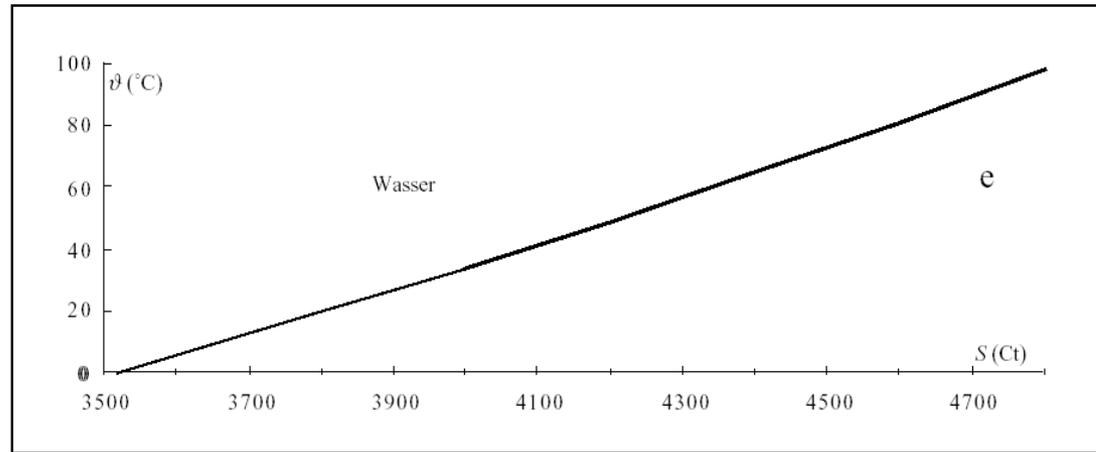




# Graphische Darstellung der Auswertung



# Der Zusammenhang zwischen Entropieinhalt und Temperatur



## Messung der Schmelzentropie von Wasser

$$P = T \cdot I_S$$

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

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

### Durchführung:

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



## Auswertung der Messung

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

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

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

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

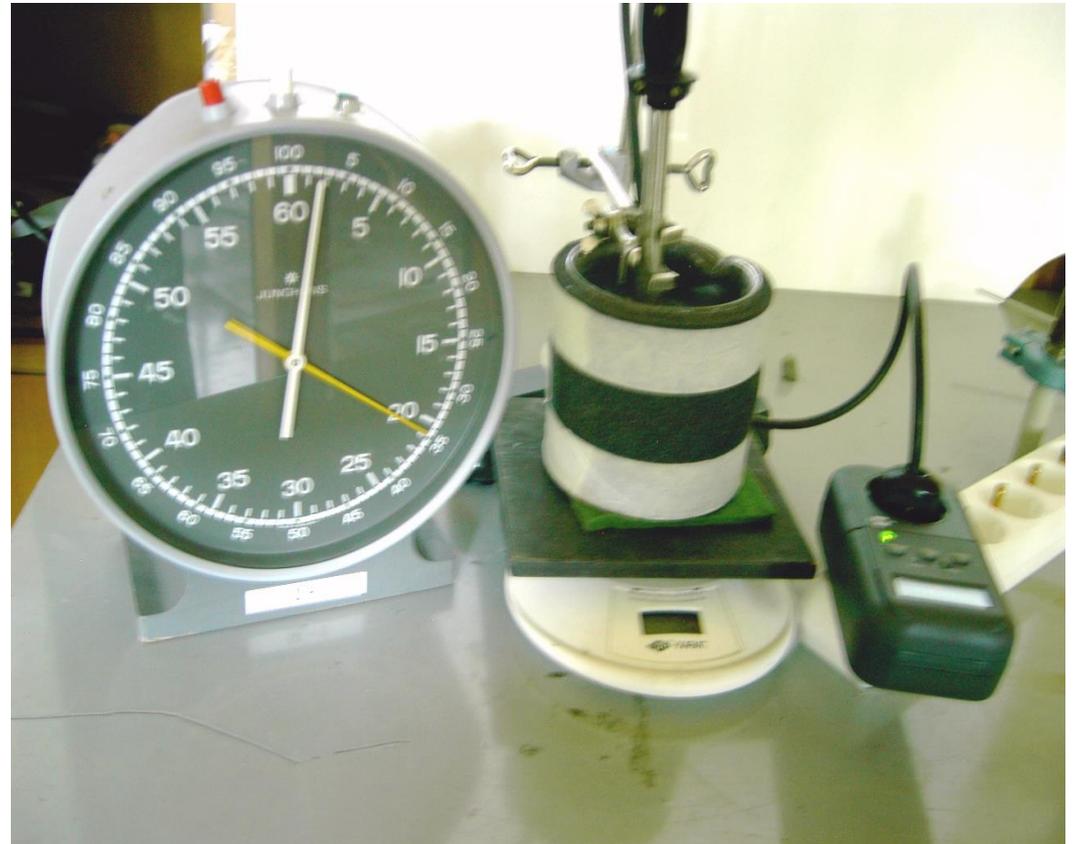
$$\Delta S_{1kg} = \frac{\Delta S_{0,098kg}}{0,098} = 1310Ct$$

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

# Messung der Verdampfungsentropie von Wasser

## Durchführung:

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



## Auswertung der Messung

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

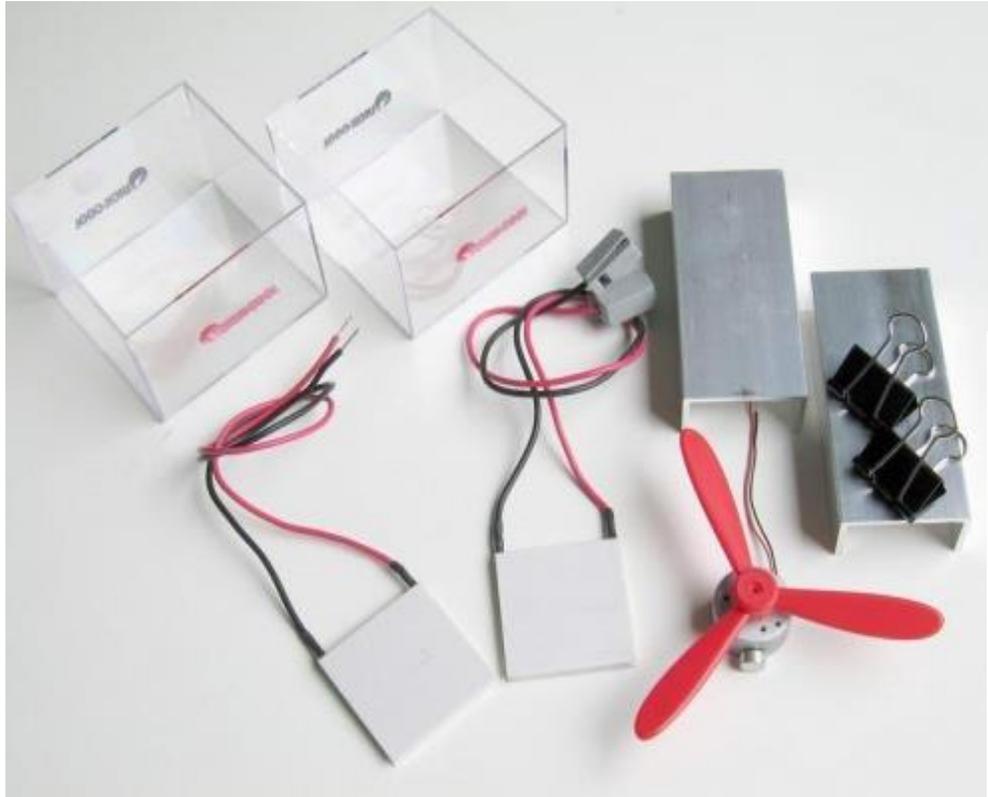
$$m_{\text{Wasser}} = m_{\text{Wasser},1} - m_{\text{Wasser},2} = 574g - 503g = 71g$$

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

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

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

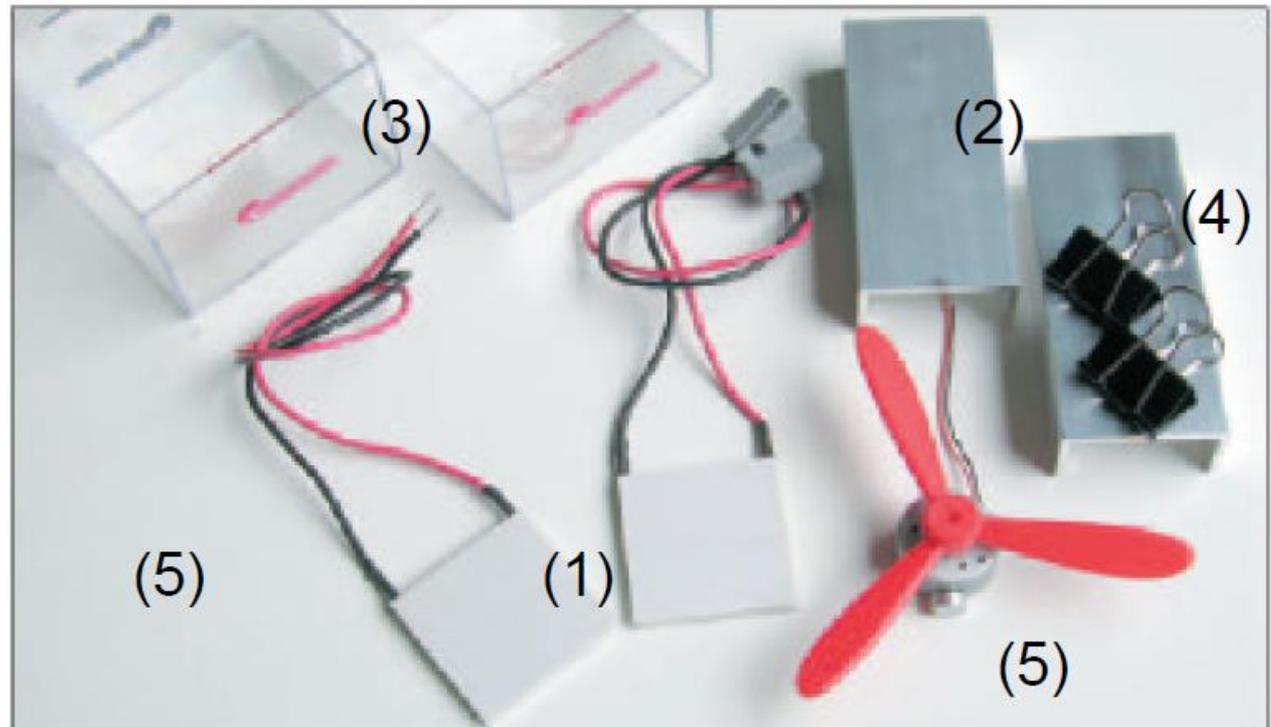
# Modell Wärmekraftwerk



# 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.

