

Der Karlsruher Physikkurs

www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de

friedrich.herrmann@physik.uni-karlsruhe.de

1. Warum ein neuer Physikkurs?
2. Physikalische Grundlagen
3. Beispiele

1. Warum ein neuer Physikkurs?

1. Strategie: Gemeinsamkeiten ausnutzen

2. Strategie:

biogenetische Grundregel (Ernst Haeckel):

“Ontogenese wiederholt Phylogenese”

1. Warum ein neuer Physikkurs?

1. Strategie: Gemeinsamkeiten ausnutzen

2. Strategie: historische “Altlasten” entfernen

Altlasten der Physik

www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de

2. Physikalische Grundlagen

extensive Größen (“mengenartige Größen”):

Energie E

elektrische Ladung Q

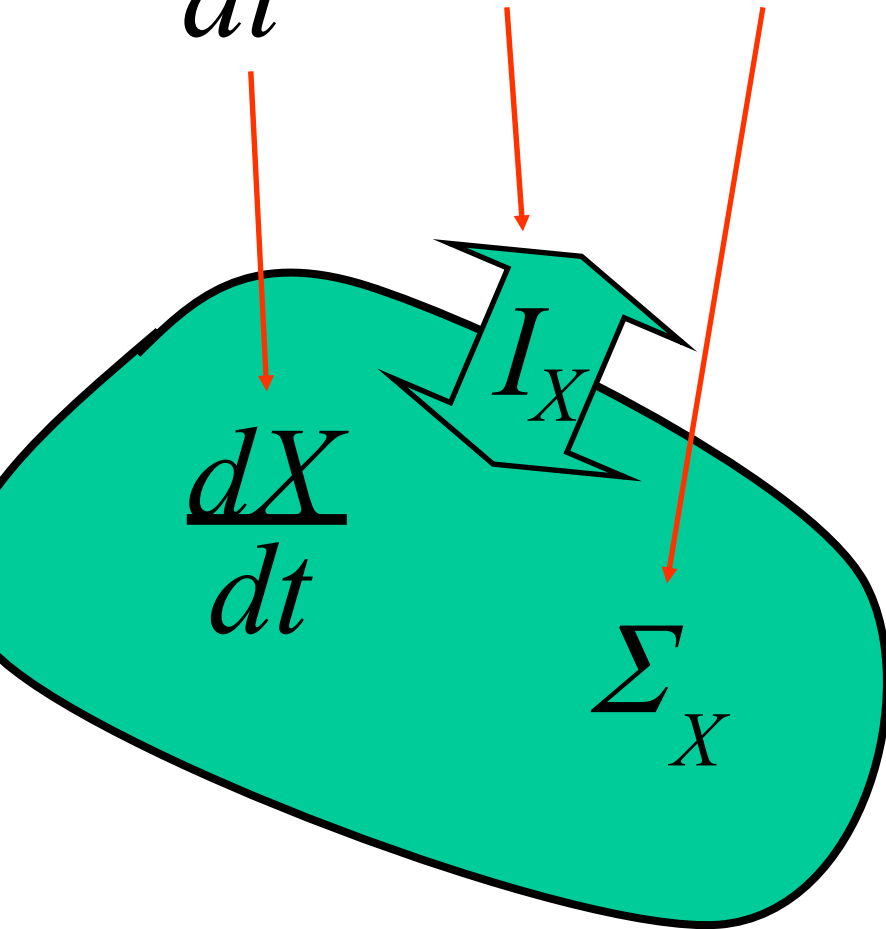
Impuls p

Drehimpuls L

Entropie S

Stoffmenge n

$$\frac{dX}{dt} = I_X + \Sigma_X$$



Bilanz von X

Für manche X ist Σ_X immer gleich null: erhaltene Größen.

$$\frac{dQ}{dt} = I$$

elektrische Stromstärke

$$\frac{dp}{dt} = F$$

Impulsstromstärke, Kraft

$$\frac{dE}{dt} = P$$

Energiestromstärke, Leistung

$$\frac{dS}{dt} = I_S + \Sigma_S$$

Entropiestromstärke

$$\frac{dn}{dt} = I_n + \Sigma_n$$

Stoffstromstärke

Vorteile für den Unterricht

Der sprachliche Umgang mit physikalischen Größen

Kraft: “wirkt”
“wird ausgeübt”

Arbeit: “wird verrichtet”
“wird geleistet”

elektrische Ladung: “ist”
“hat”
“sitzt auf”
“steckt darin”
“fließt”
“strömt”
“geht”
“kommt”
“verlässt”
“anhäufen”
“konzentrieren”
“verteilen”

Strukturen in der Physik

	<i>extensive Größe</i>	<i>intensive Größe</i>
<i>E-Lehre</i>	elektrische Ladung	elektrisches Potenzial
<i>Mechanik</i>	Impuls	Geschwindigkeit
<i>Wärmelehre</i>	Entropie	Temperatur
<i>Chemie</i>	Stoffmenge	chemisches Potenzial

	<i>extens. Größe</i>	<i>intens. Größe</i>	<i>Ströme</i>	<i>Widerstand</i>	<i>Kapazität</i>
<i>E-Lehre</i>	Q	φ	I		
<i>Mechanik</i>	p	v	F		
<i>Wärmelehre</i>	S	T	I_S		
<i>Chemie</i>	n	μ	I_n		

Bilanzgleichungen

Energiestrom

E-Lehre

$$dQ/dt = I$$

$$P = U \cdot I$$

Mechanik

$$dp/dt = F$$

$$P = \mathbf{v} \cdot \mathbf{F}$$

Wärmelehre

$$dS/dt = I_S + \Sigma_S$$

$$P = T \cdot I_S$$

Chemie

$$dn/dt = I_n + \Sigma_n$$

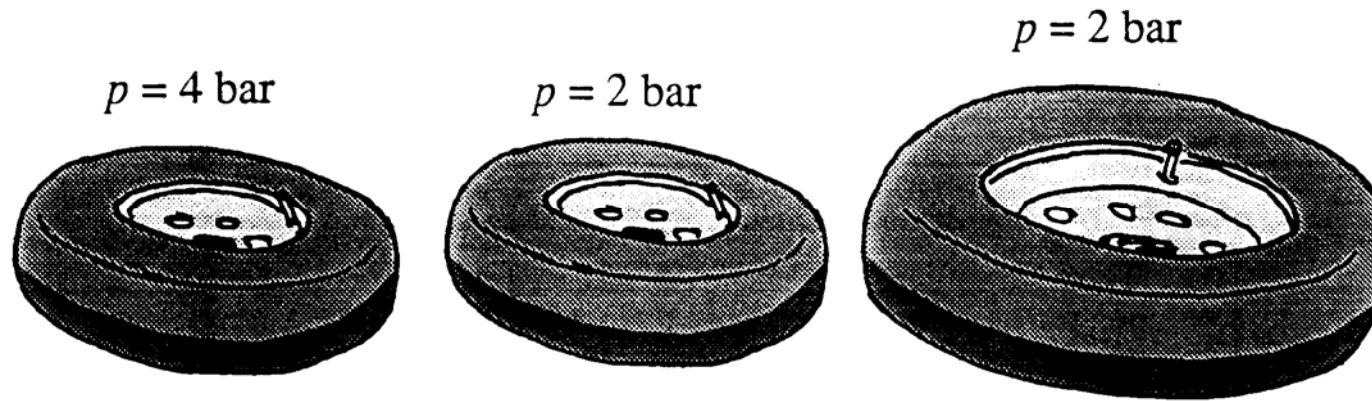
$$P = \mu \cdot I_n$$

“Energie fließt nie allein.”

“Energieträger”

Strom, Antrieb, Widerstand

$$U = R \cdot I$$

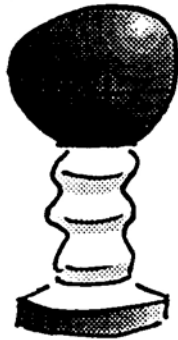


In einem Reifen befindet sich umso mehr Luft

- je größer sein Volumen ist;
- je höher der Druck ist.



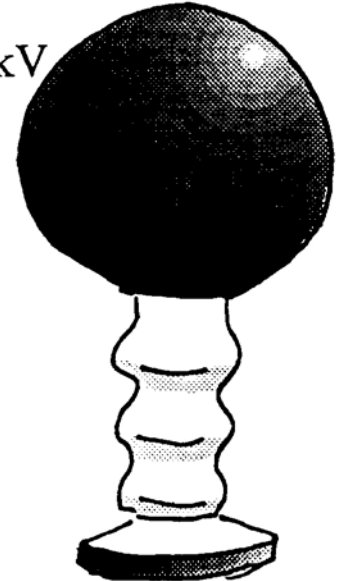
$$\varphi = 12 \text{ kV}$$



$$\varphi = 6 \text{ kV}$$

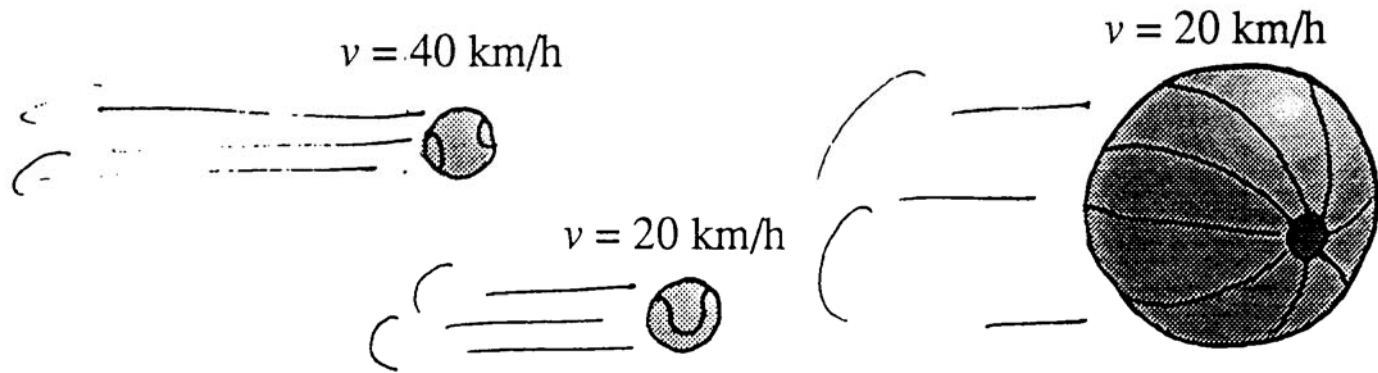
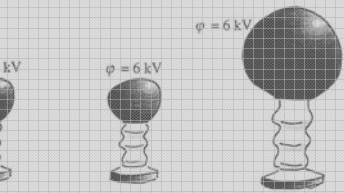
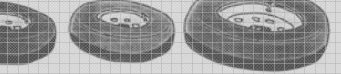


$$\varphi = 6 \text{ kV}$$



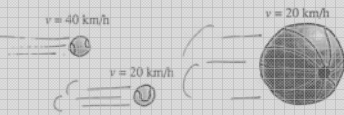
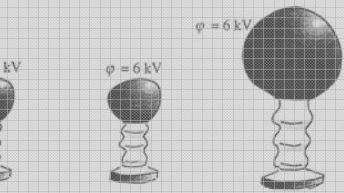
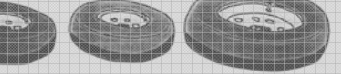
Auf der Kugel sitzt umso mehr elektrische Ladung

- je größer sie ist;
- je höher das elektrische Potenzial ist.

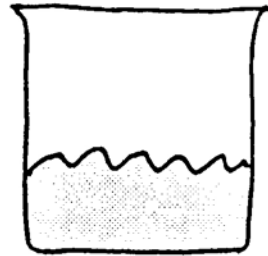


Ein Körper enthält umso mehr Impuls

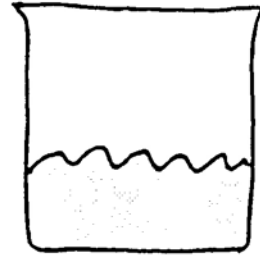
- je größer seine Masse ist;
- je größer seine Geschwindigkeit ist.



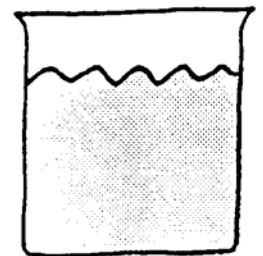
$\vartheta = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$



$\vartheta = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$

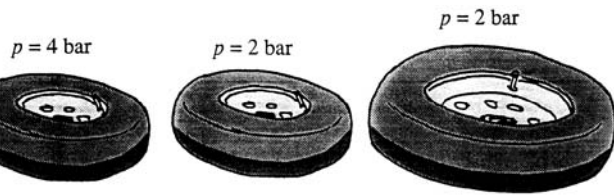


$\vartheta = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$



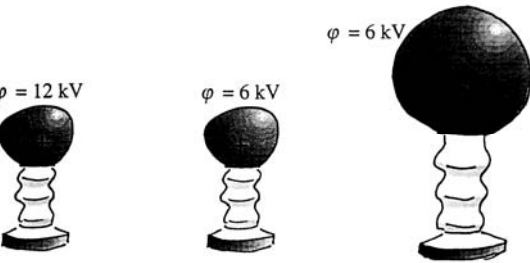
Ein Körper enthält umso mehr Entropie

- je größer sein Volumen ist;
- je höher seine Temperatur ist.



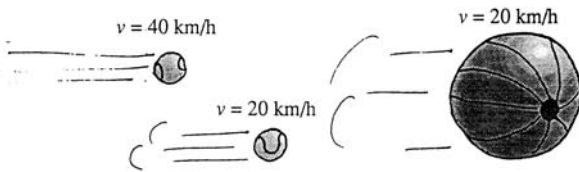
In einem Reifen befindet sich umso mehr Luft

- je größer sein Volumen ist;
- je höher der Druck ist.



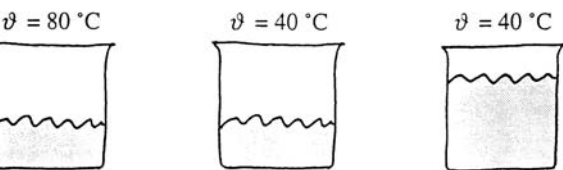
Auf der Kugel sitzt umso mehr elektrische Ladung

- je größer sie ist;
- je höher das elektrische Potenzial ist.



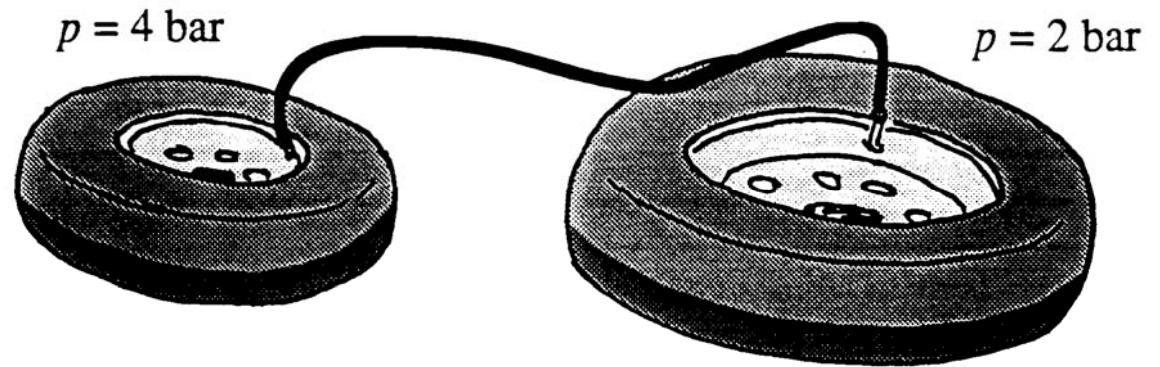
Ein Körper enthält umso mehr Impuls

- je größer seine Masse ist;
- je größer seine Geschwindigkeit ist.

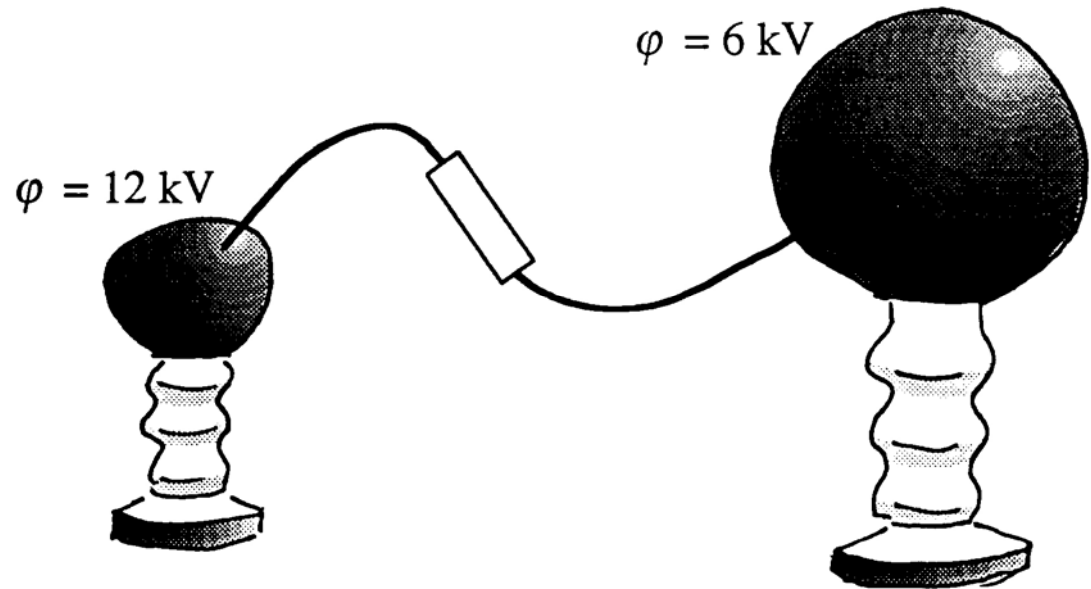
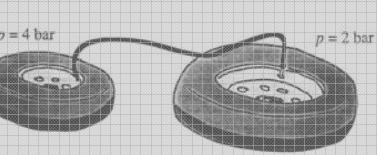


Ein Körper enthält umso mehr Entropie

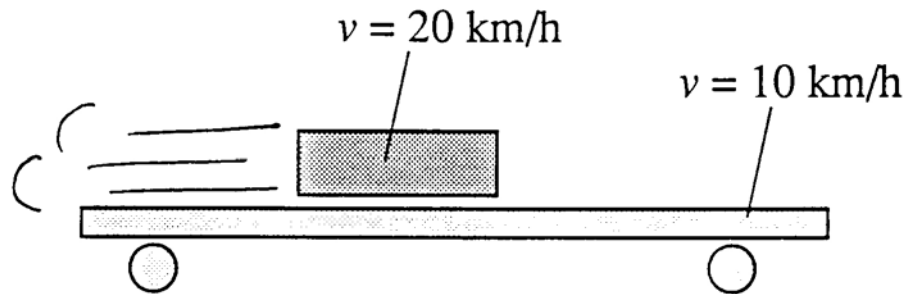
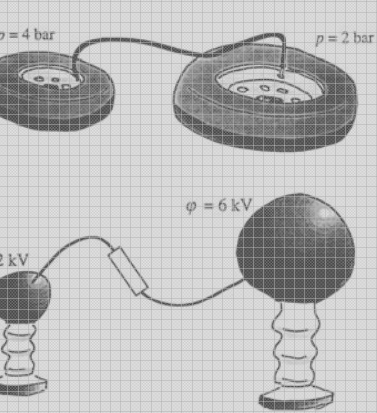
- je größer sein Volumen ist;
- je höher seine Temperatur ist.



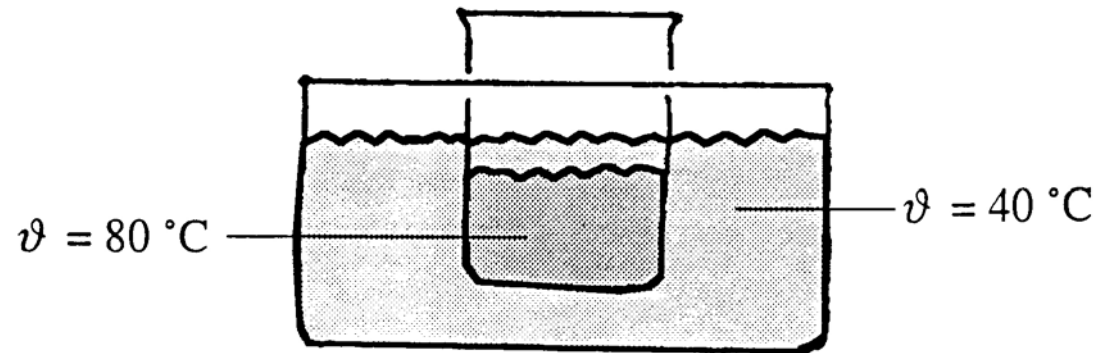
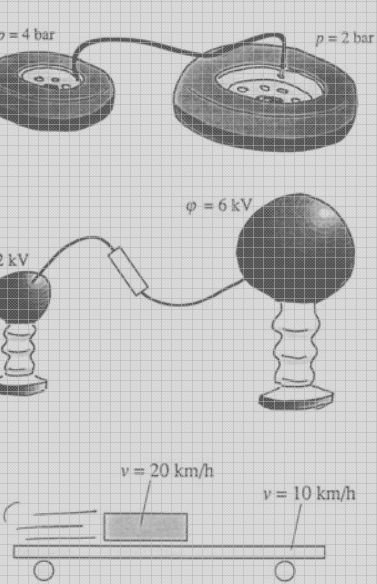
Luft strömt von selbst von Stellen höheren zu Stellen niedrigeren Drucks.



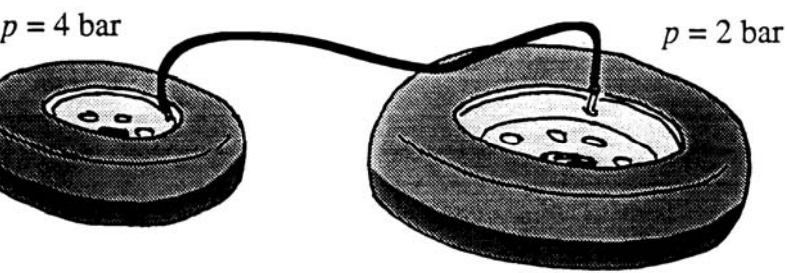
Elektrische Ladung strömt von selbst von Stellen höheren zu Stellen niedrigeren Potenzials.



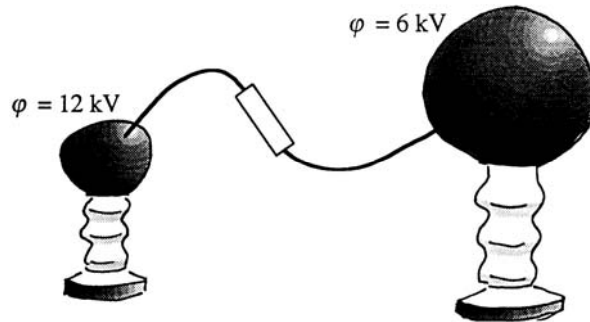
Impuls fließt von selbst von Körpern höherer zu Körpern niedrigerer Geschwindigkeit.



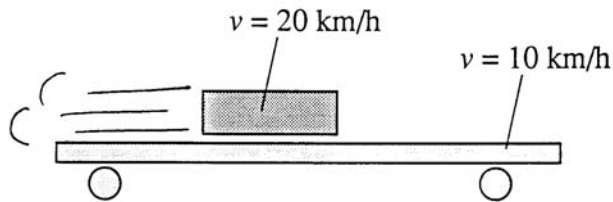
Entropie fließt von selbst von Stellen höherer zu Stellen niedrigerer Temperatur.



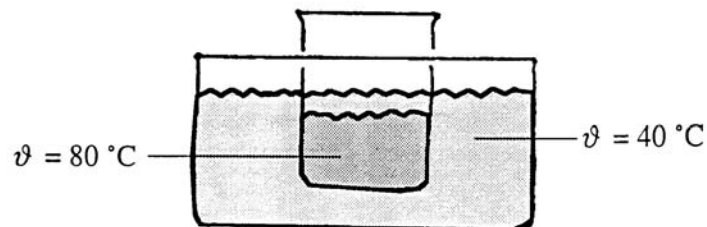
Luft strömt von selbst von Stellen höheren zu Stellen niedrigeren Drucks.



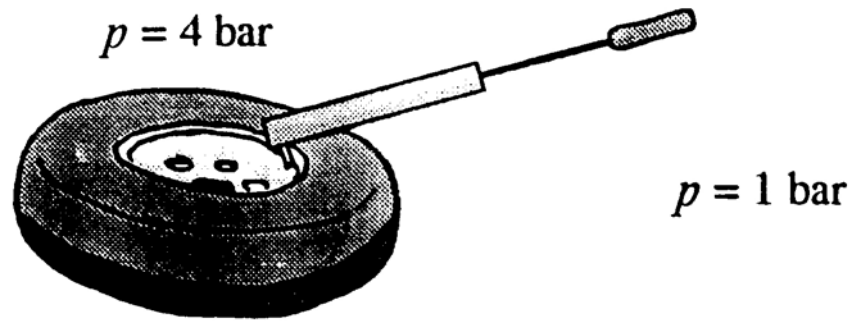
Elektrische Ladung strömt von selbst von Stellen höheren zu Stellen niedrigeren Potenzials.



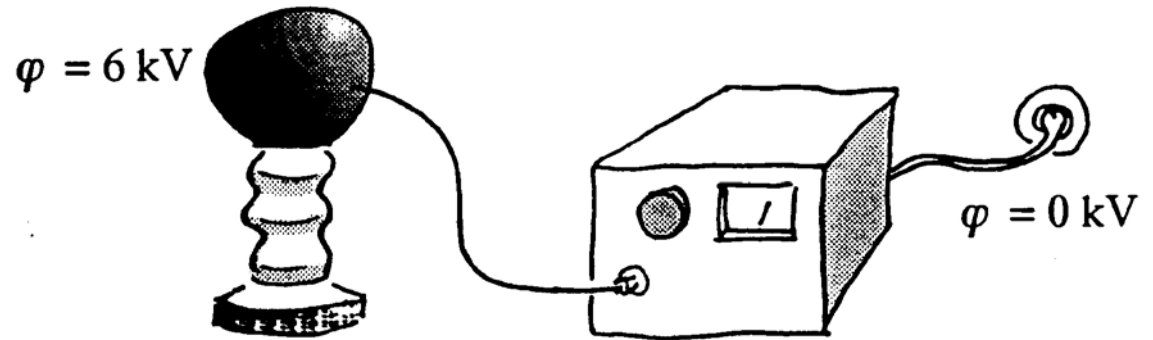
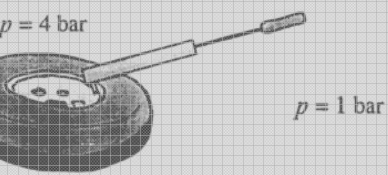
Impuls fließt von selbst von Körpern höheren zu Körpern niedrigerer Geschwindigkeit.



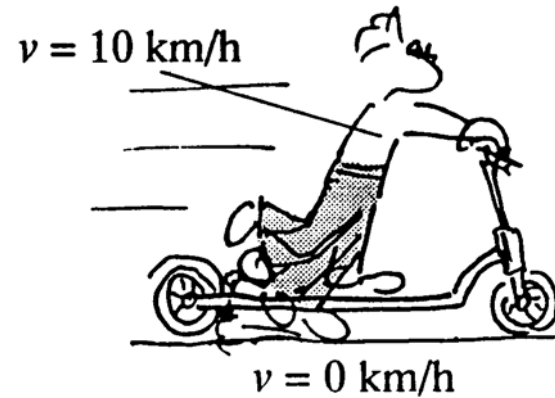
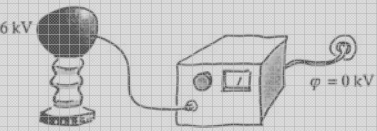
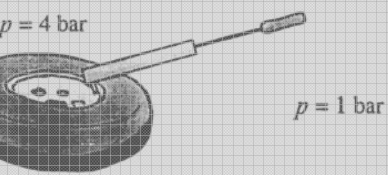
Entropie fließt von selbst von Stellen höheren zu Stellen niedrigerer Temperatur.



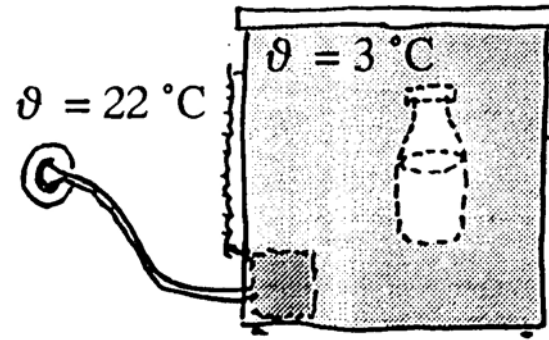
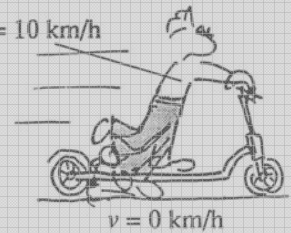
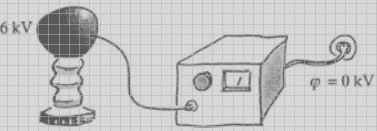
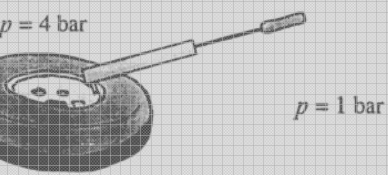
Um Luft von niedrigerem zu höherem Druck zu bringen, braucht man eine Luftpumpe.



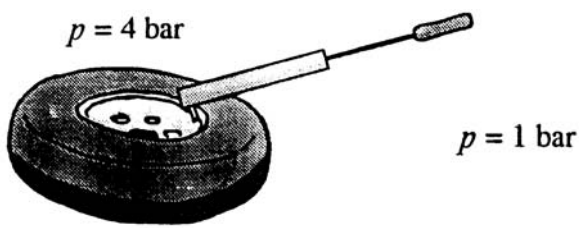
Um elektrische Ladung von niedrigerem zu höherem Potenzial zu bringen, braucht man eine “Elektrizitätspumpe” (Batterie, Generator).



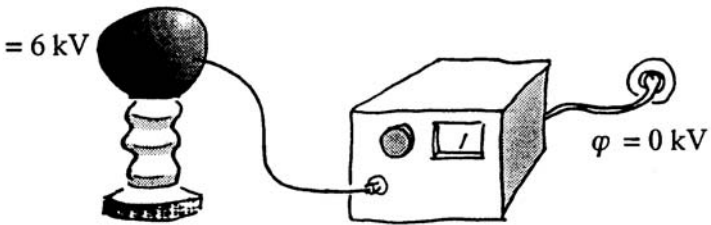
Um Impuls von niedrigerer zu höherer Geschwindigkeit zu bringen, braucht man eine “Impulspumpe” (Motor ...).



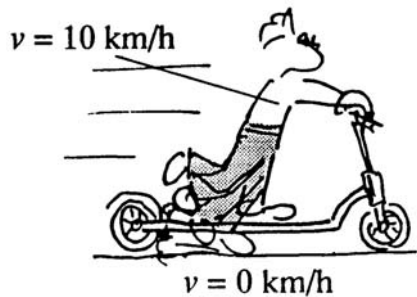
Um Entropie von niedrigerer zu höherer Temperatur zu bringen, braucht man eine “Entropiepumpe” (Wärmepumpe).



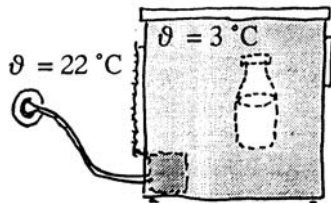
Um Luft von niedrigerem zu höherem Druck zu bringen, braucht man eine Luftpumpe.



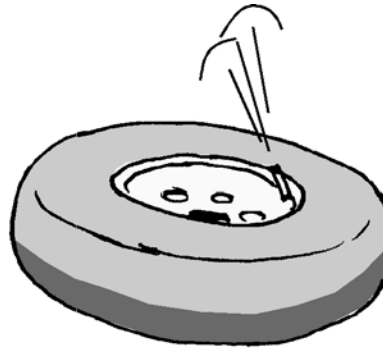
Um elektrische Ladung von niedrigerem zu höherem Potenzial zu bringen, braucht man eine “Elektrizitätspumpe” (Batterie, Generator).



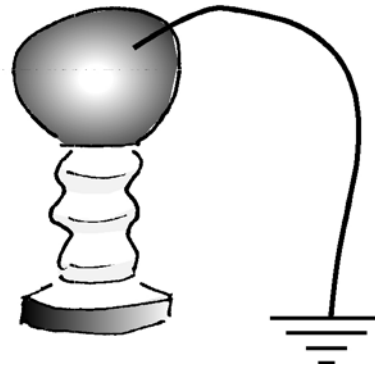
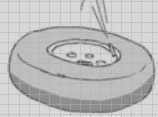
Um Impuls von niedrigerer zu höherer Geschwindigkeit zu bringen, braucht man eine “Impulspumpe” (Motor ...).



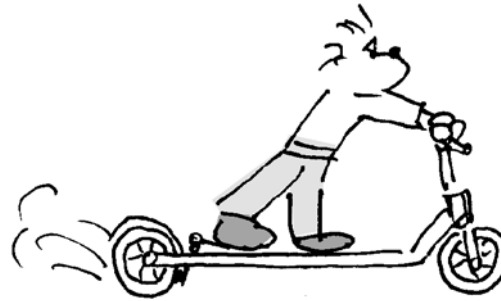
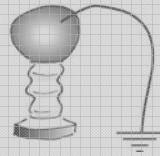
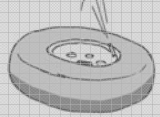
Um Entropie von niedrigerer zu höherer Temperatur zu bringen, braucht man eine “Entropiepumpe” (Wärmepumpe).



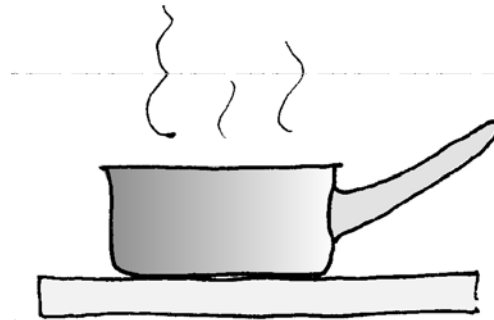
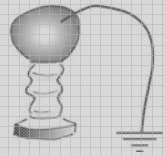
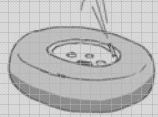
Wenn Luft in die Atmosphäre strömt, ändert sich deren Druck nicht, denn die Atmosphäre ist sehr groß.



Wenn elektrische Ladung in die Erde abfließt, ändert sich deren Potenzial nicht, denn die Erde ist sehr groß.



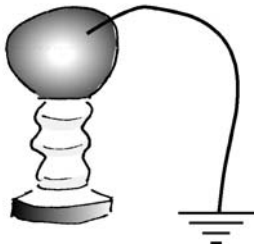
Wenn Impuls in die Erde abfließt, ändert sich deren Geschwindigkeit nicht, denn die Erde ist sehr groß.



Wenn Entropie in die Umgebung abfließt, ändert sich deren Temperatur nicht, denn die Umgebung ist sehr groß.



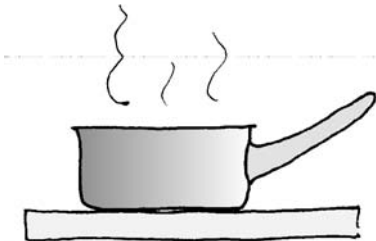
Wenn in die Atmosphäre strömt, ändert sich deren Druck nicht, denn die Atmosphäre ist sehr groß.



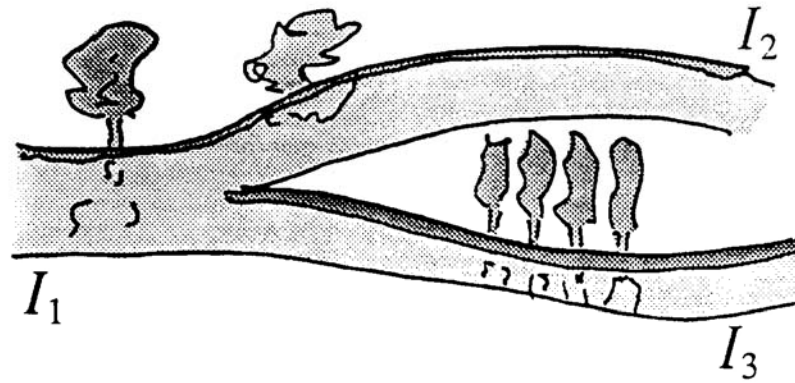
Wenn elektrische Ladung in die Erde abfließt, ändert sich deren Potenzial nicht, denn die Erde ist sehr groß.



Wenn Impuls in die Erde abfließt, ändert sich deren Geschwindigkeit nicht, denn die Erde ist sehr groß.

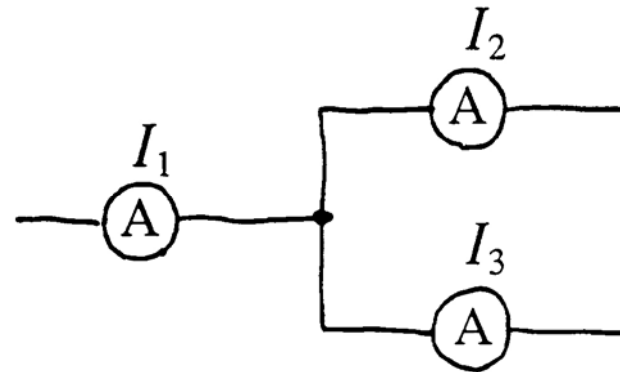
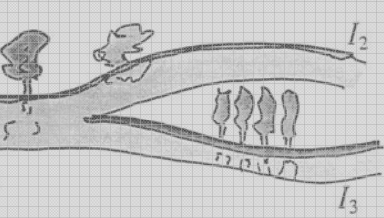


Wenn Entropie in die Umgebung abfließt, ändert sich deren Temperatur nicht, denn die Umgebung ist sehr groß.



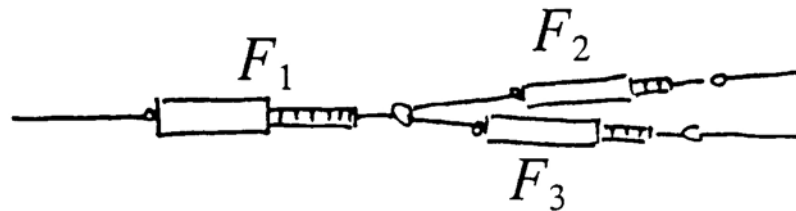
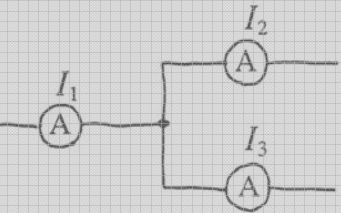
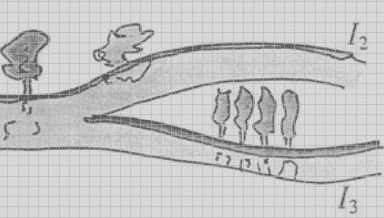
$$I_1 = I_2 + I_3$$

Die Stromstärke der zum Knoten hinfließenden Ströme ist genauso groß wie die der wegfließenden.



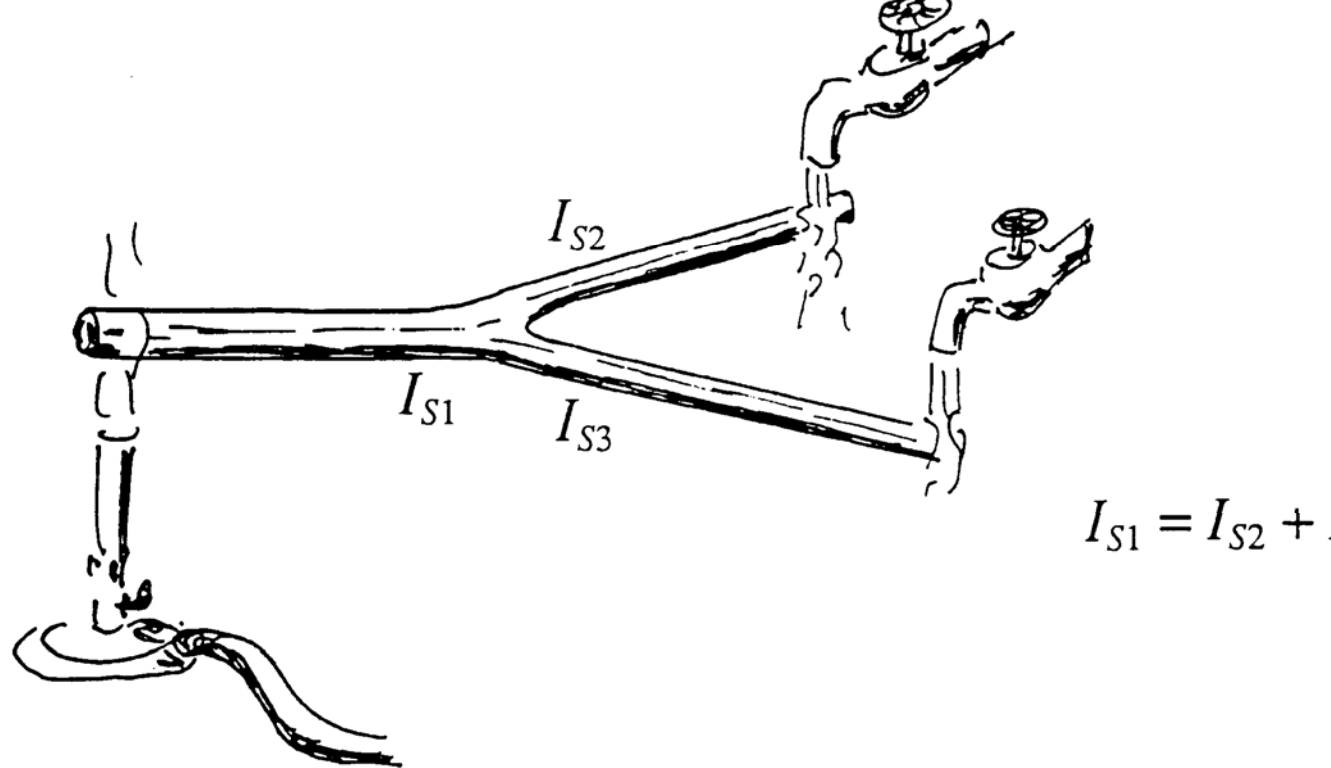
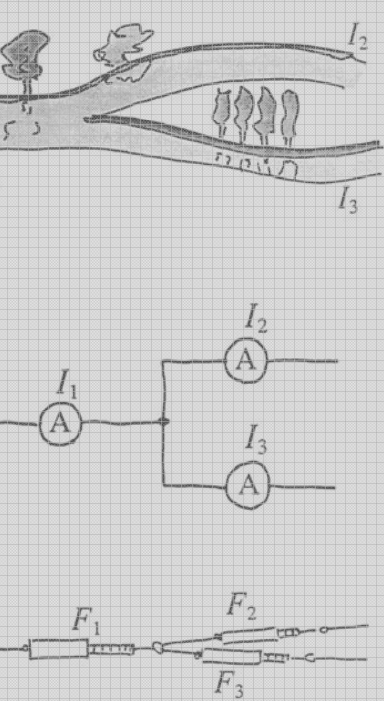
$$I_1 = I_2 + I_3$$

Die Stromstärke der zum Knoten hinfließenden Ströme ist genauso groß wie die der wegfließenden

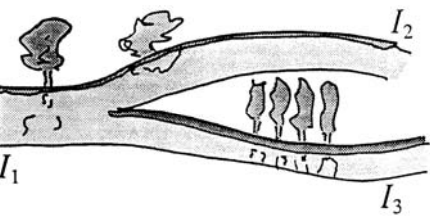


$$F_1 = F_2 + F_3$$

Die Stromstärke der zum Knoten hinfließenden Ströme ist genauso groß wie die der wegfließenden.

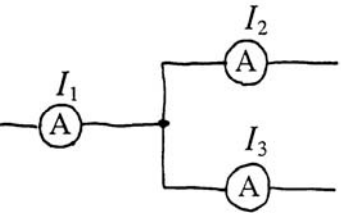


Die Stromstärke der zum Knoten hinfließenden Ströme ist genauso groß wie die der wegfließenden.



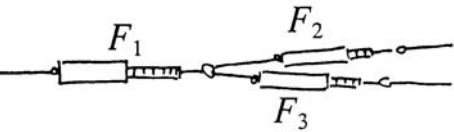
$$I_1 = I_2 + I_3$$

Die Stromstärke der zum Knoten hinfließenden Ströme ist genauso groß wie die der wegfließenden.



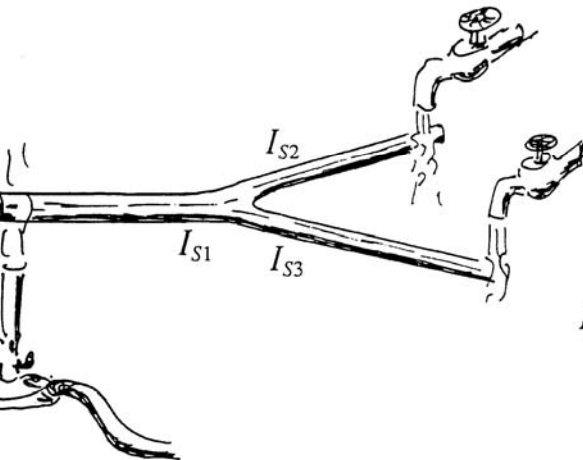
$$I_1 = I_2 + I_3$$

Die Stromstärke der zum Knoten hinfließenden Ströme ist genauso groß wie die der wegfließenden.



$$F_1 = F_2 + F_3$$

Die Stromstärke der zum Knoten hinfließenden Ströme ist genauso groß wie die der wegfließenden.



$$I_{S1} = I_{S2} + I_{S3}$$

Die Stromstärke der zum Knoten hinfließenden Ströme ist genauso groß wie die der wegfließenden.

3. Beispiele

3.1 Impuls von Anfang an

Impuls: Mengenmaß für Bewegung (“Schwung”, “Wucht”, ...)

Descartes: quantitas motus (Bewegungsmenge)

Newton: motus (Bewegung)

Kraft = Impulsstrom

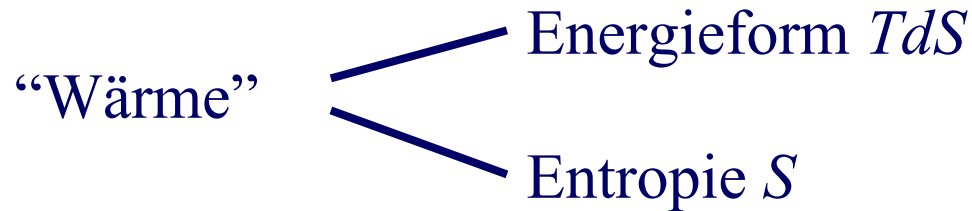
Vorteile:

- Analogie zu Elektrizitätslehre und Wärmelehre
- keine Fernwirkungen
- Vereinfachung der newtonschen Gesetze

- . Ein Körper ändert **seine Ladung** nicht, wenn **keine Ladung** in ihn hinein oder aus ihm heraus fließt.
- . Die zeitliche Änderung **der Ladung** eines Körpers ist gleich dem **elektr. Strom**, der in ihn hineinfließt: $dQ/dt = I$
- . Wenn **Ladung** von einem Körper A zu einem Körper B fließt, so ist der Strom beim Verlassen von A gleich dem beim Eintritt in B.

3.2 Entropie von Anfang an

Entropie: Mengenmaß für Wärme



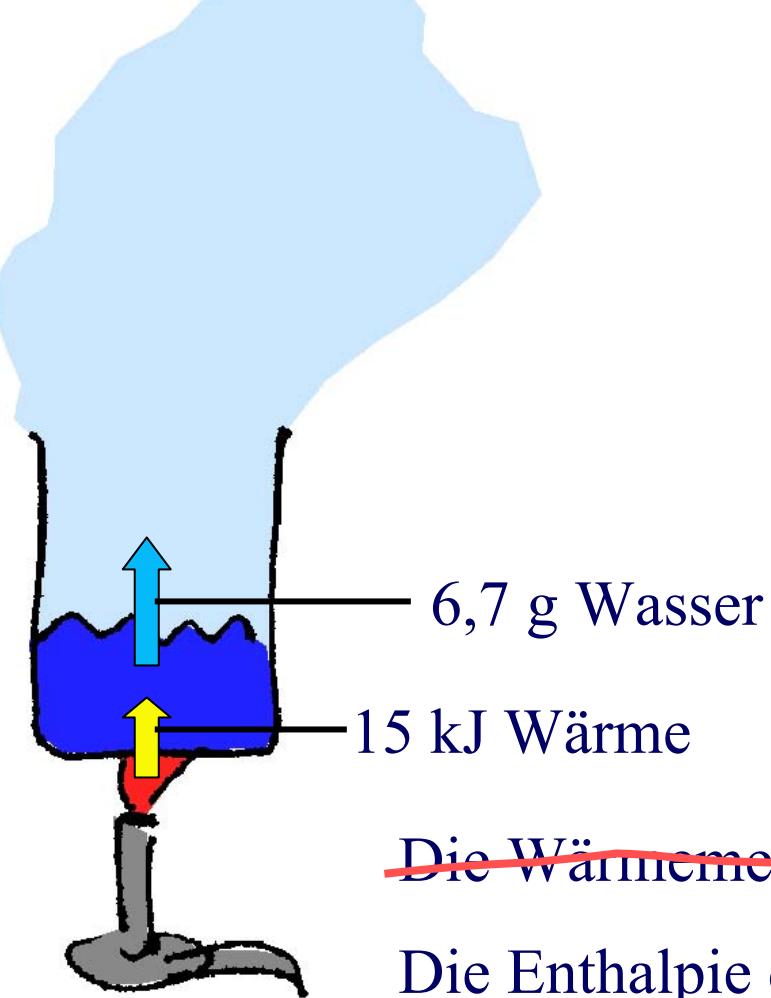
Black 1728 - 1799 “heat”: Zustandgröße, extensiv

Carnot 1796-1832 “chaleur”, “calorique”

Clausius 1822 - 1888 Neueinführung der alten Größe unter dem neuen Namen “Entropie”

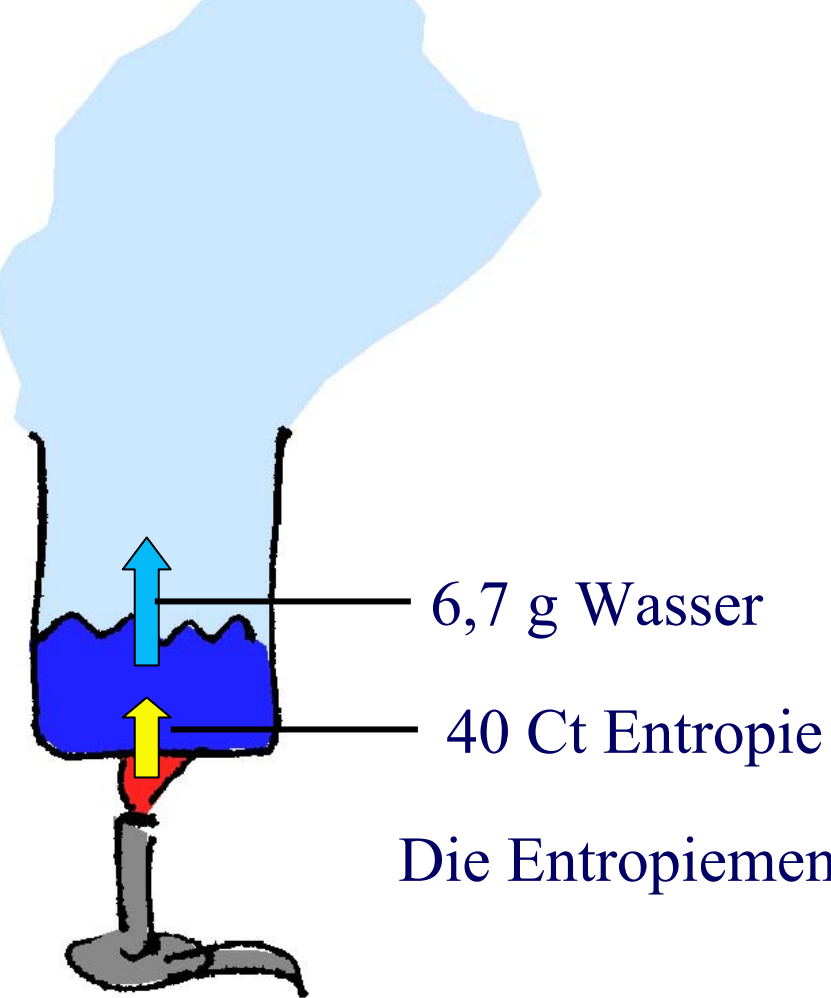
Callendar 1911





~~Die Wärmemenge der 6,7 g hat sich um 15 kJ erhöht.~~

Die Enthalpie der 6,7 g hat sich um 15 kJ erhöht.



Die Entropiemenge der 6,7 g hat sich um 40 Ct erhöht.



3.3 *Das chemische Potenzial als Antrieb für Stoffumsetzungen und Stofftransporte*



$A \rightarrow B$, wenn $\mu_A > \mu_B$

$A \leftarrow B$, wenn $\mu_A < \mu_B$

$A \leftrightarrow B$, wenn $\mu_A = \mu_B$, chemisches Gleichgewicht

Gottfried Falk

Georg Job

Peter Schmälzle

Lorenzo Mingirulli

Petra Zachmann

Karen Haas

Matthias Laukenmann

Holger Hauptmann

Erich Starauschek