

# Wie erzeugt man Energie?

## Physik kompakt für Anfänger in 30 min

Priv. Doz. Dr. W. Doster , Physik TUM

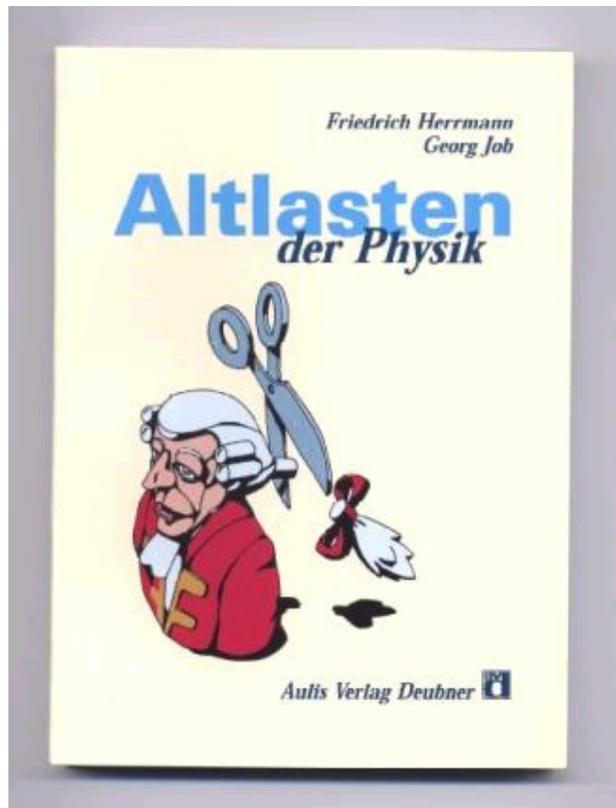


Garchingener Trichter

Energie kann nicht erzeugt werden,  
man kann Energie nur übertragen.  
Sie kann fließen oder gespeichert  
werden. Beim Transport bleibt die  
Gesamtmenge immer gleich!

lassen Sie sich vertummen!

lesenswerte Bücher zum Thema:



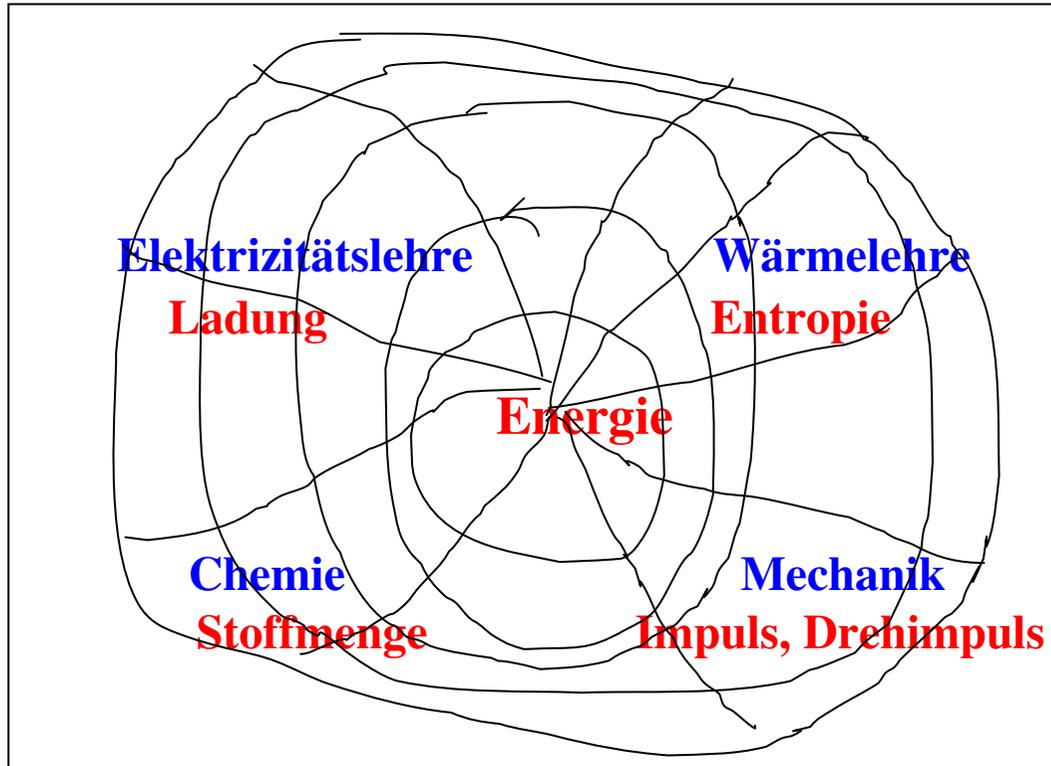
**„Der Karlsruher Physikkurs“**  
**primär für Anfänger**  
deutsch, spanisch, chinesisches,  
italienisch, englisch



Prof. F. Herrmann  
Didaktik der Physik  
Uni Karlsruhe  
WWW

Schulbücher S1/2 im Aulisverlag:

- 1) Energie, Strömungen, Mechanik  
Wärmelehre 6.50 €
- 2) Daten, Licht, Elektrizität
- 3) Physikalische Chemie, Atome, Kerne



**Energie spielt zentrale Rolle in der Natur und Technik**

Energie verknüpft verschiedene Teilbereiche der Physik:  
Elektromotor, Generator, Dampfturbine

## Wozu braucht man Energie?

### -Um etwas zu bewegen braucht man Energie

Fahrzeuge benötigen einen Treibstoff (Diesel, Elektrizität..)  
die Energie kommt mit dem Treibstoff ins Fahrzeug

### -Zum Heizen braucht man Energie

Die Energie kommt mit dem Brennstoff in die Heizung:  
Holz, Öl, Benzin, Dieselöl, Gas, Elektrizität

### -Lebewesen brauchen Energie

Die Energie kommt mit den Nahrungsmitteln in den Körper

Treibstoffe, Brennstoffe, Nahrungsmittel, Elektrizität sind  
Energieträger, Energie ohne Träger gibt es nicht

# Energieeinheiten

Energie ist eine mengenartige physikalische Grösse: E

Einheit der Energiemenge ist das Joule (J)

E(J)

1 kJ = 1000 J

1 MJ = 1000 kJ

Man braucht 4 J um 1 g Wasser  
um 1° C zu erwärmen

Wieviel um 1 l Wasser von 0° auf  
100°C zu erwärmen?? 400 kJ

## Energieinhalt einiger Brennstoffe

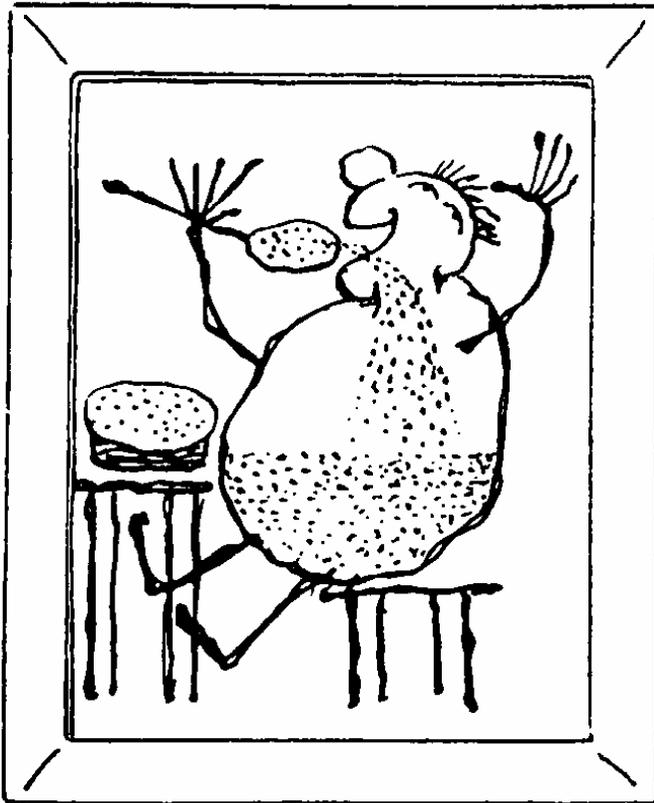
Steinkohle	30 000	kJ pro kg
Briketts	20 000	
frisches Holz	8 000	
Propangas	46 000	
Benzin	43 000	

## Energieinhalt einiger Lebensmittel

<b>Käse, Brie 50 %</b>	<b>15 000</b>	<b>kJ/kg</b>	<b>Fett</b>
<b>Romadur 20 %</b>	<b>7 700</b>		
<b>Butter</b>	<b>32 000</b>		<b>Fett</b>
<b>Margarine</b>	<b>30 000</b>		
<b>Huhn</b>	<b>5 600</b>		<b>Fett</b>
<b>Suppenhuhn</b>	<b>11 000</b>		
<b>Schwein, Speck</b>	<b>26 000</b>		
<b>Brot</b>	<b>10 000</b>		<b>Stärke</b>
<b>Kartoffel</b>	<b>3 000</b>		<b>Stärke</b>
<b>Chips</b>	<b>24 000</b>		<b>Stärke/Fett</b>
<b>Pommes</b>	<b>11 000</b>		<b>Stärke/Fett</b>
<b>Blumenkohl</b>	<b>1 000</b>		<b>Stärke</b>
<b>Nutella</b>	<b>22 000</b>		<b>Zucker/Fett</b>
<b>Gummibärchen</b>	<b>14 000</b>		<b>Zucker</b>
<b>Schokolade</b>	<b>23 000</b>		<b>Zucker/Fett</b>

**empfehlenswerte Energieaufnahme für einen  
Erwachsenen pro Tag: 11 000 kJ (m), 9 000 kJ (w)**

## Energie strömt mit dem Stoff Grüte in der Körper



Hier thront der Mann auf seinem Sitze  
Und isst z. B. Hafengrütze.  
Der Löffel führt sie in den Mund,  
Sie rinnt und rieselt durch den Schlund,  
Sie wird, indem sie weiterläuft,  
Sichtbar im Bäuchlein angehäuft. —

So blickt man klar, wie selten nur,  
Ins innre Walten der Natur. —

Wilhelm Busch

# Was ist Energie?

## energeia (griech.) Arbeit

Einstein (1905): **Energie (E)  $\equiv$  Masse (m)**

Energie und Masse sind physikalisch gesehen dasselbe, sie werden nur in anderen Einheiten gemessen, kJ und kg, wie zwei Währungen.

Die Umrechnungsformel ist:  **$E = m \cdot c^2$**

Der Umrechnungsfaktor ist die Naturkonstante  $c = 300\,000\,000$  m/s, die Lichtgeschwindigkeit,  $m$  [kg] ist die Masse. Energie ist schwer!!

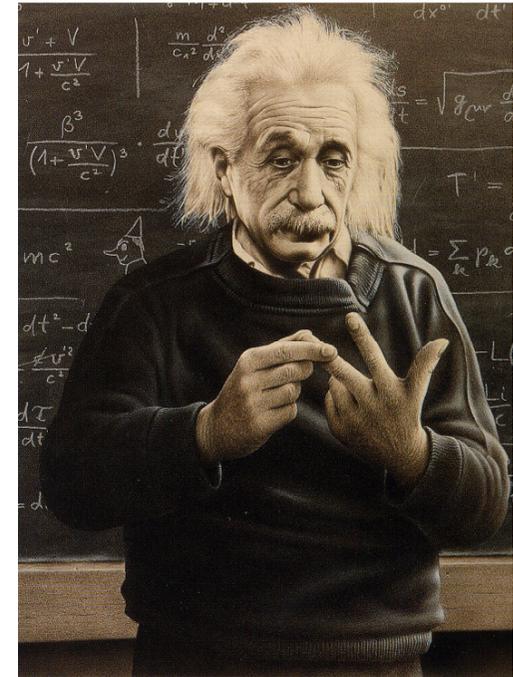
1 kg Benzin enthält  $9 \cdot 10^{13}$  kJ an Energie, davon kann man beim Verbrennen nur 43 000 kJ frei setzen.

Einstein hat dagegen nicht gesagt, dass man Energie und Masse ineinander „umwandeln“ kann (U-Bahn Station Garching), dann wären sie ja verschieden.

Bei jedem Stoff kann immer nur ein kleiner Teil seines Energieinhalts frei gesetzt werden, das meiste ist gebunden.

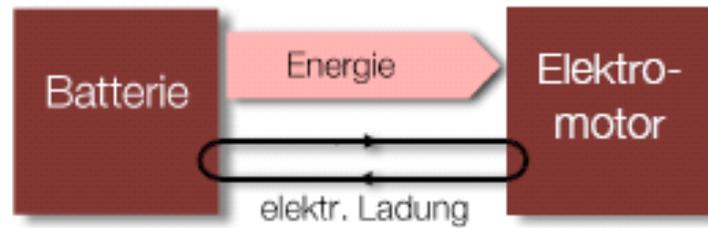
Es gibt also Energie in Hülle und Fülle. Das Problem ist nur:

Wie kann man möglichst viel davon frei setzen? Brennstoffe! Bei kernphysikalischen Reaktionen fällt die Massenänderung auf, weil die umgesetzten Energien sehr groß sind.

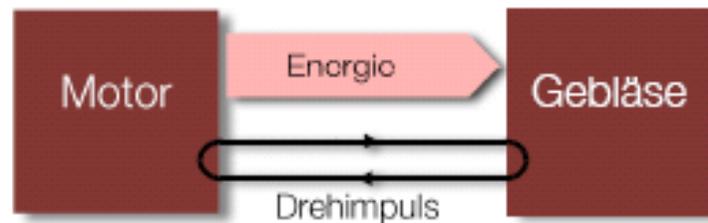


# Energie fließt nie allein

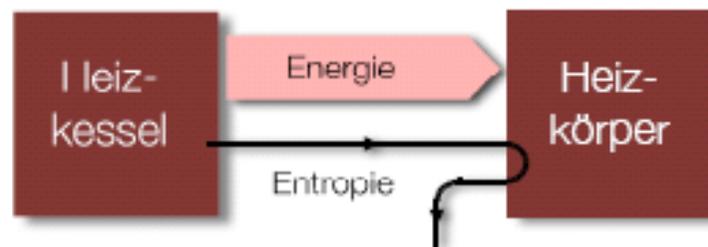
**sie braucht einen Träger**



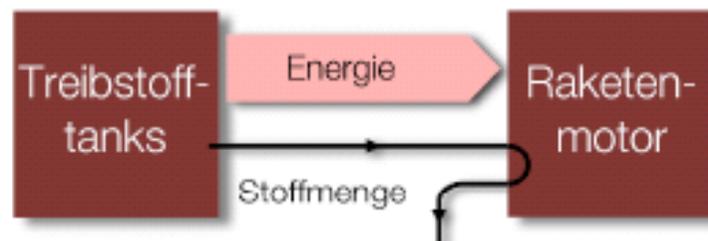
Elektrische Ladung



Drehimpuls



Entropie, Wärme



Stoff  
(Wasserstoff)

# Energiestromstärke = Energie/Zeit = Leistung



Kilowattstunden

**Einheit: 1 Joule /s = 1 Watt**

$$P = I_E$$

**Leistung = Stromstärke der Energie**

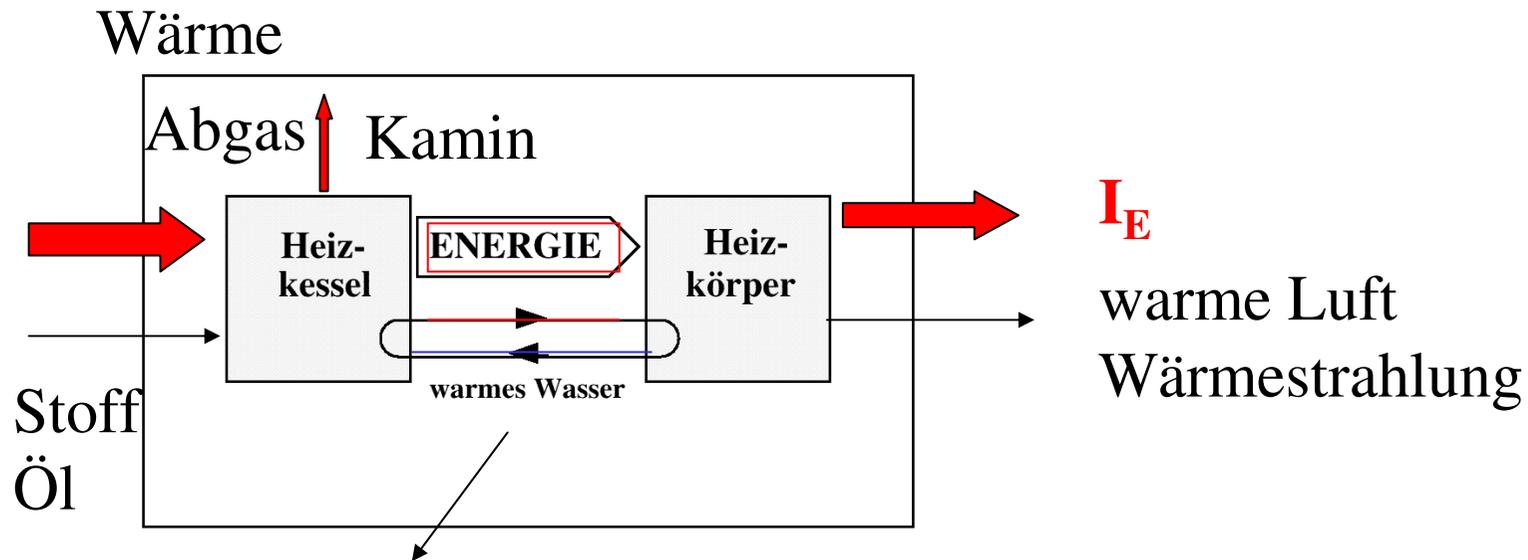
**Energieträger hier: Elektrizität**

$$1 \text{ kWh} = 1000 \cdot 3600 \text{ W} \cdot \text{s} \\ = 3600 \text{ kJ}$$

Energie = Leistung mal Zeit:  
„Brot mal Zeit ist Mahlzeit“

Der „Stromzähler“ mißt  
Energiestromstärke mal Zeit:  
Energiezähler

# Energieflußbilder

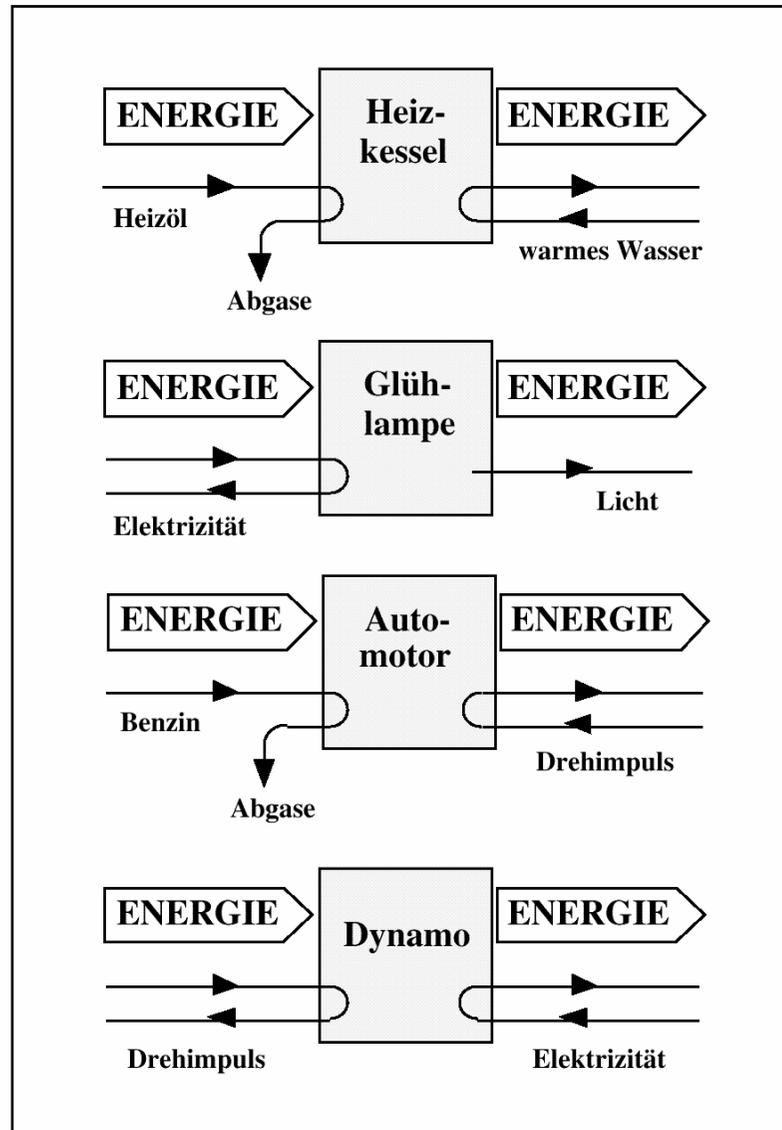


Energie fließt mit warmem  
Wasser vom Heizkessel zum  
Heizkörper kälteres Wasser fließt zurück

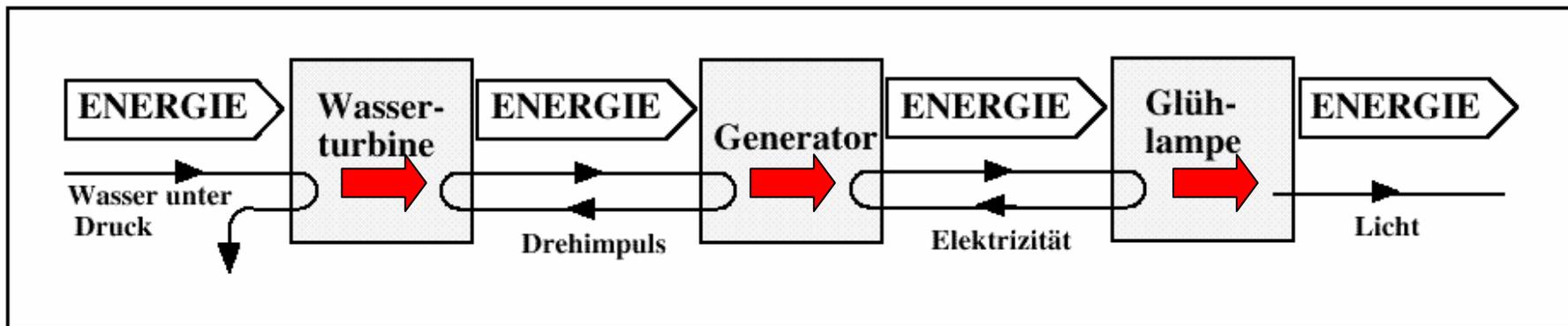
Energieträger ist die Wärme (Entropie)

Warmes Wasser ist stärker mit Energie beladen als kaltes  
Wasser, Physikalisches Maß: **Temperatur**

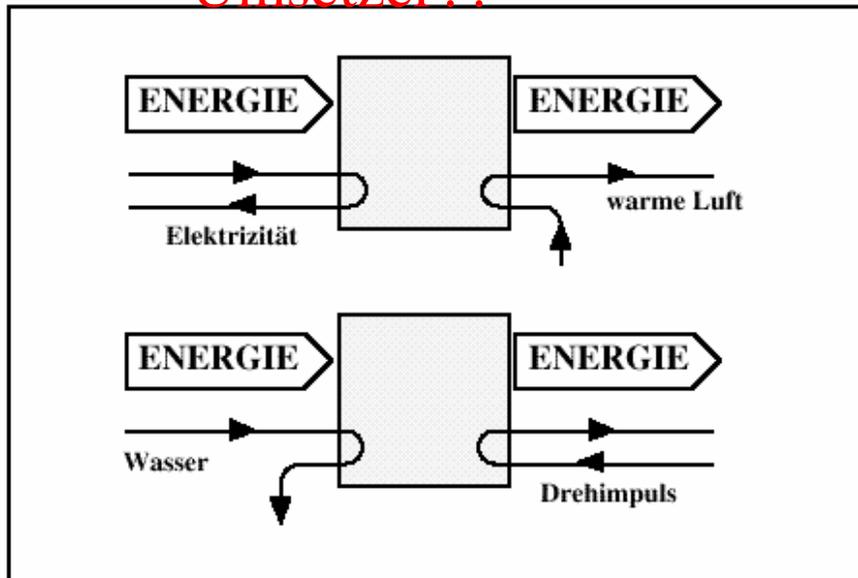
# Maschinen sind Energieumsetzer von einem Träger zu einem anderen



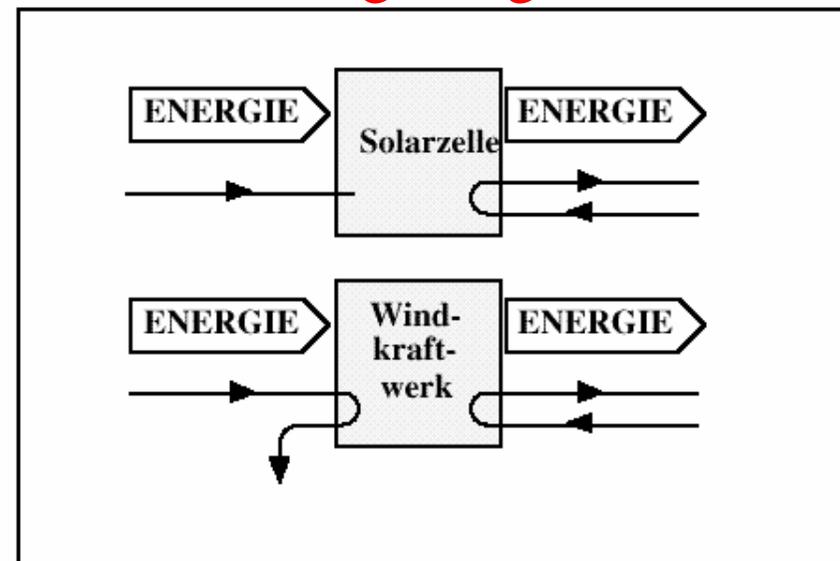
# Energieflußbild einer Glühlampe, die von einem Kraftwerk versorgt wird



## Umsetzer??



## Energieträger??



## Energieträger und ihre physikalischen Variablen

**Stoffmenge  $n$ :** Treibstoffe, Brennstoffe, Nahrungsmittel;  
Stoffe (Wasser, Luft) unter Druck

**Entropie (Wärmemenge)  $S$ :** warmes Wasser, warme Luft;

**elektrische Ladungsmenge  $Q$ :** Elektrizität; Stromkreis

**Bewegungsmenge: Impuls  $p$ :** bewegtes Wasser, bewegte Luft..

**Drehimpulsmenge  $L$ :** Schwungrad

## Wie funktioniert der Energietransport?

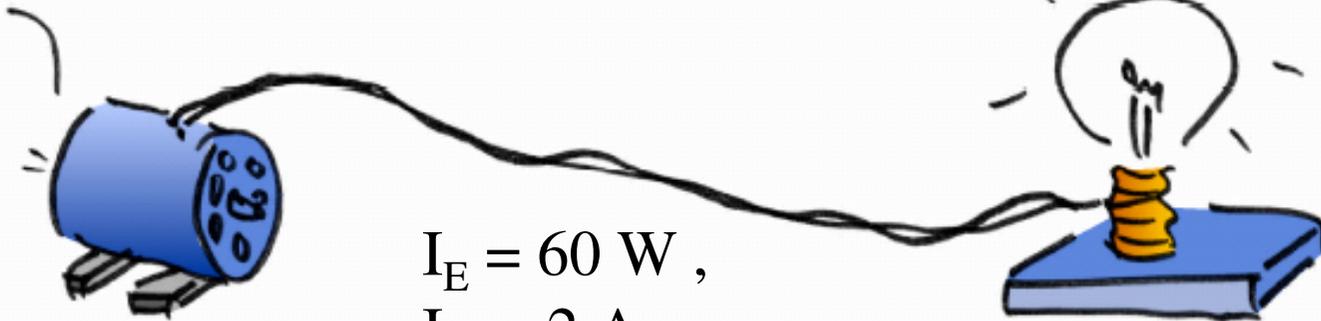
$$P = I_E = Y_X \cdot I_X$$

**Energiestromstärke = Beladungsfaktor · Trägerstromstärke**  
**Leistung Potenzial**

$$I_E = U \cdot I_{el}$$

el. Spannung    el. Stromstärke

$$60 \text{ Watt} = 30 \text{ Volt} \cdot 2 \text{ Ampere}$$



$$I_E = 60 \text{ W},$$
$$I_{el} = 2 \text{ A}$$

## Potenzial

## Energiestrom

### *E-Lehre*

el. Ladung

Spannung  $U$

$I_E =$

$$P = U \cdot I$$

el Strom

### *Mechanik*

Impuls, Moment

Geschwindigkeit

$$P = v \cdot F$$

Kraft

Impulsstrom

### *Wärmelehre*

Wärme, Entropie

Temperatur

$$P = T \cdot I_S$$

### *Chemie*

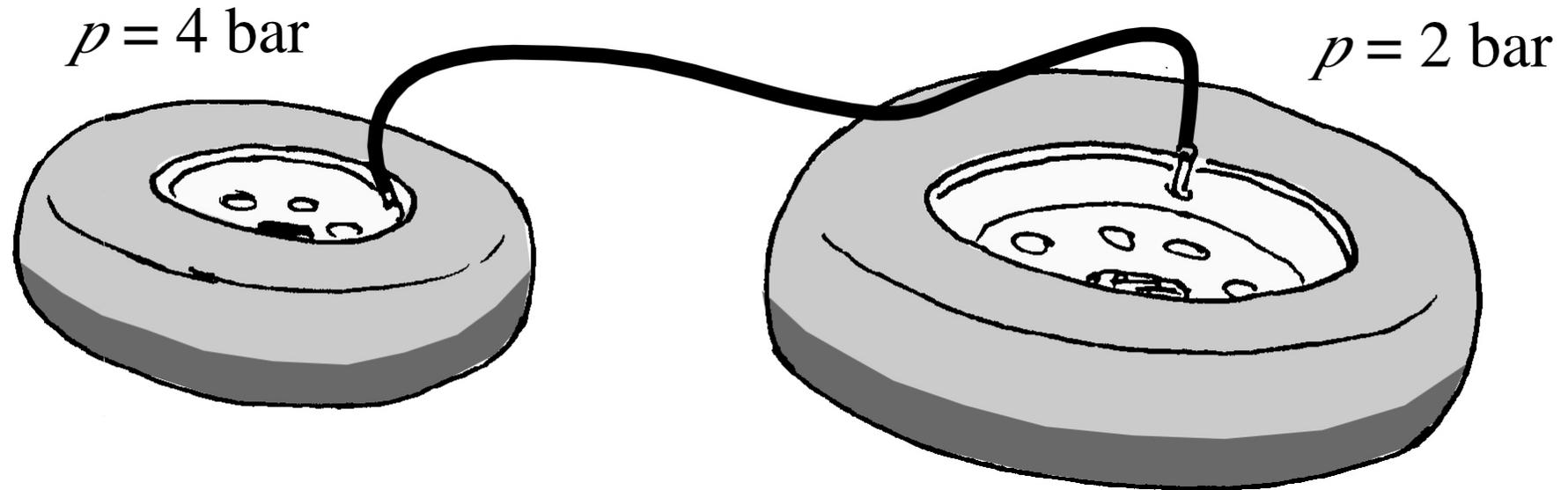
Stoffmenge  
einer Substanz

chemisches Potenzial

$$P = \mu \cdot I_n$$

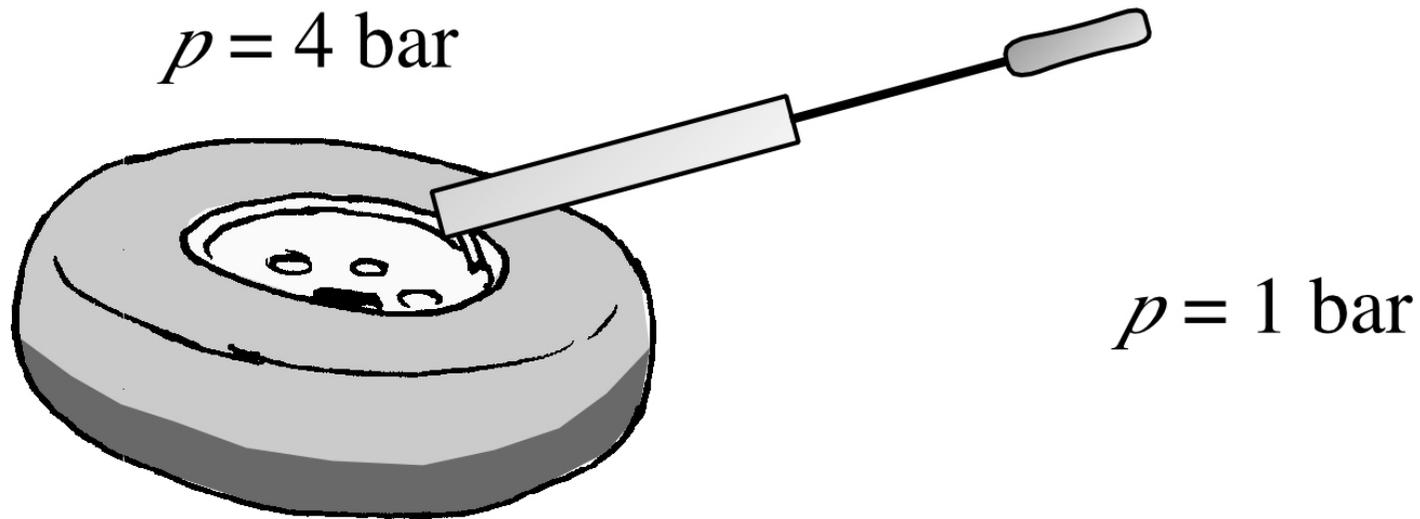
*“Energie fließt nie allein.”*

## Warum fließt die Energie und wohin?



Luft fließt **von selbst** von Stellen hohen zu Stellen niedrigen Drucks.

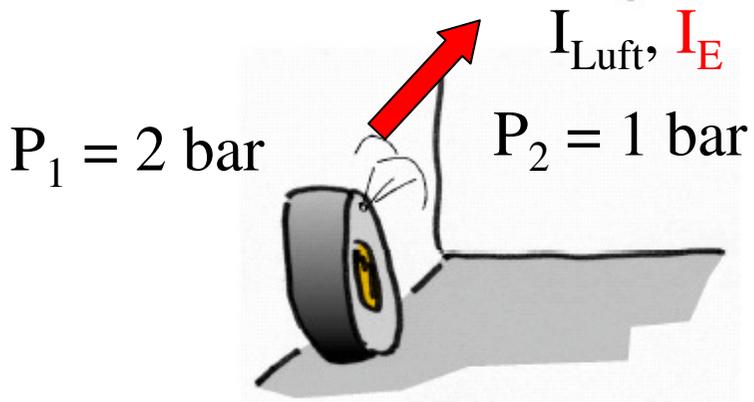
**Der Energieträger fließt von hohem zu niederem Potenzial**



Um Luft vom niedrigen zum hohen Druck zu bringen, braucht man eine Luftpumpe.

Hier muss Energie zugesetzt werden: Muskelkraft

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

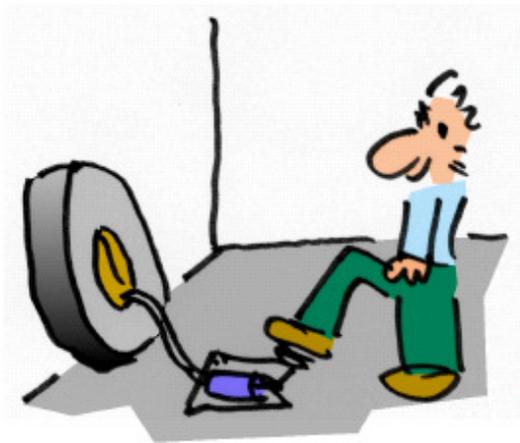


## Energieträger: Luft unter Druck

Potenzial (Druck) nimmt ab:  
Energie wird frei gesetzt:

$$I_E = (P_1 - P_2) I_{\text{Luft}}$$

Eine Pumpe befördert Luft von Stellen niedrigeren zu Stellen höheren Drucks.

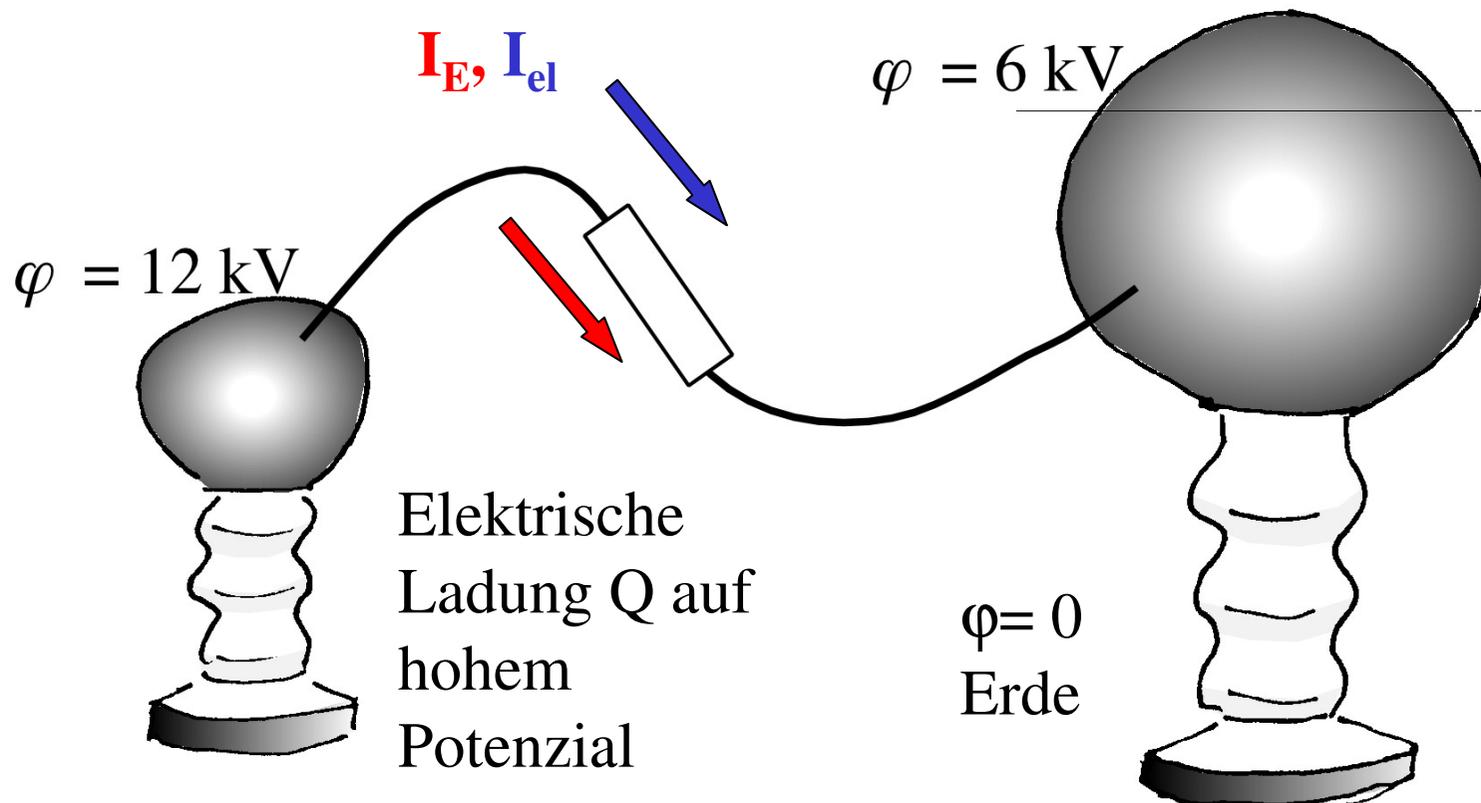


Potenzial wird erhöht,  
also muss Energie zugeführt  
werden!

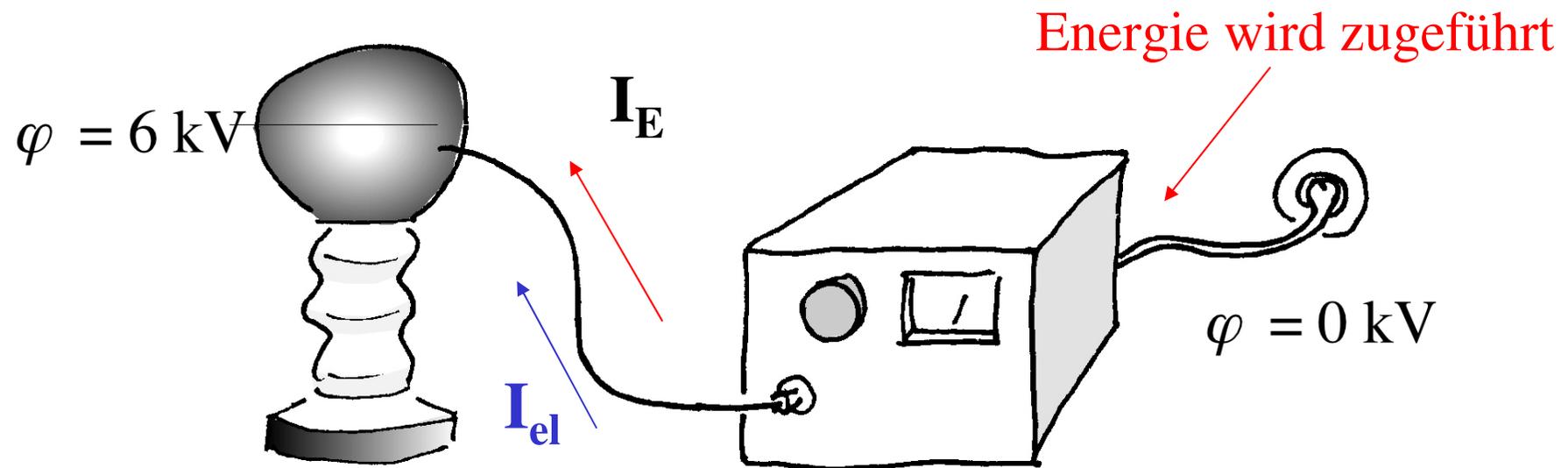
**Wann fließt Energie? Hier wird Energie frei gesetzt !**

Elektrische Ladung fließt  
**von selbst** von Stellen hohen  
zu Stellen niedrigen Potenzials.

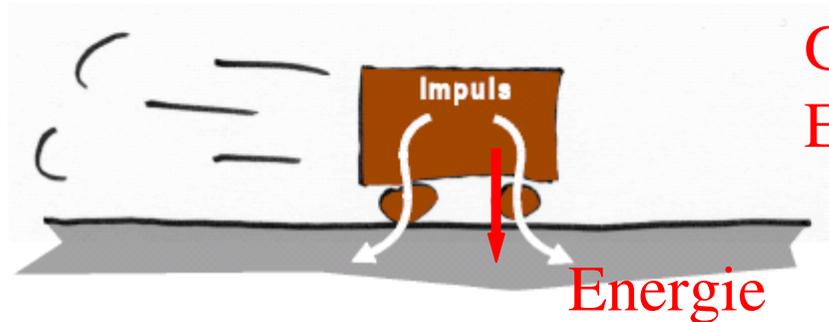
Ladung Q auf  
niedrigerem Potenzial



Um elektrische Ladung vom niedrigen zum hohen Potenzial zu bringen, braucht man eine Ladungspumpe (Batterie, Generator).

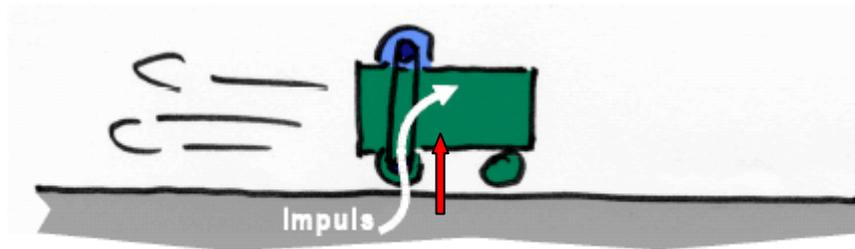


Impuls fließt von selbst von Körpern höherer zu Körpern niedrigerer Geschwindigkeit.



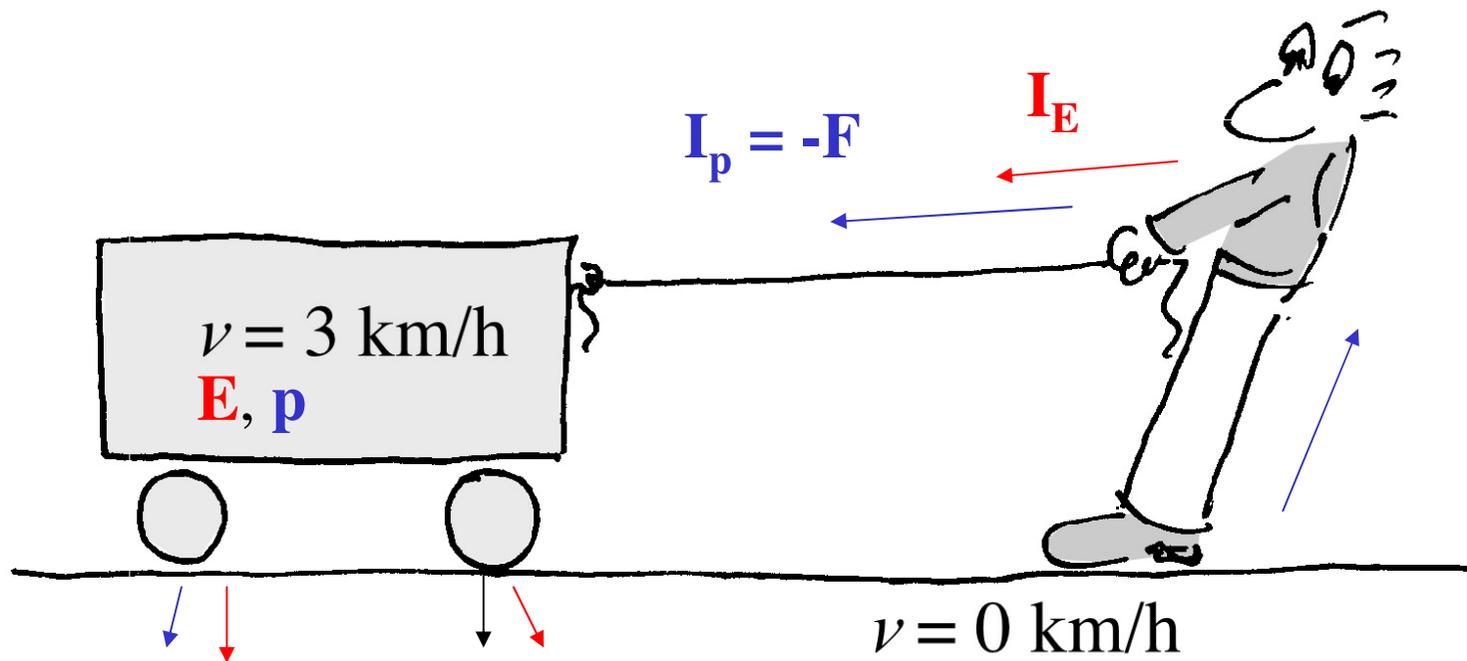
mechanisches Potenzial  
Geschwindigkeit nimmt ab:  
Energie wird frei

Der Motor (= "Impulspumpe") befördert Impuls vom Körper niedrigerer zum Körper höherer Geschwindigkeit.



mechanisches Potenzial  
nimmt zu:  
Energie muß zugesetzt  
werden

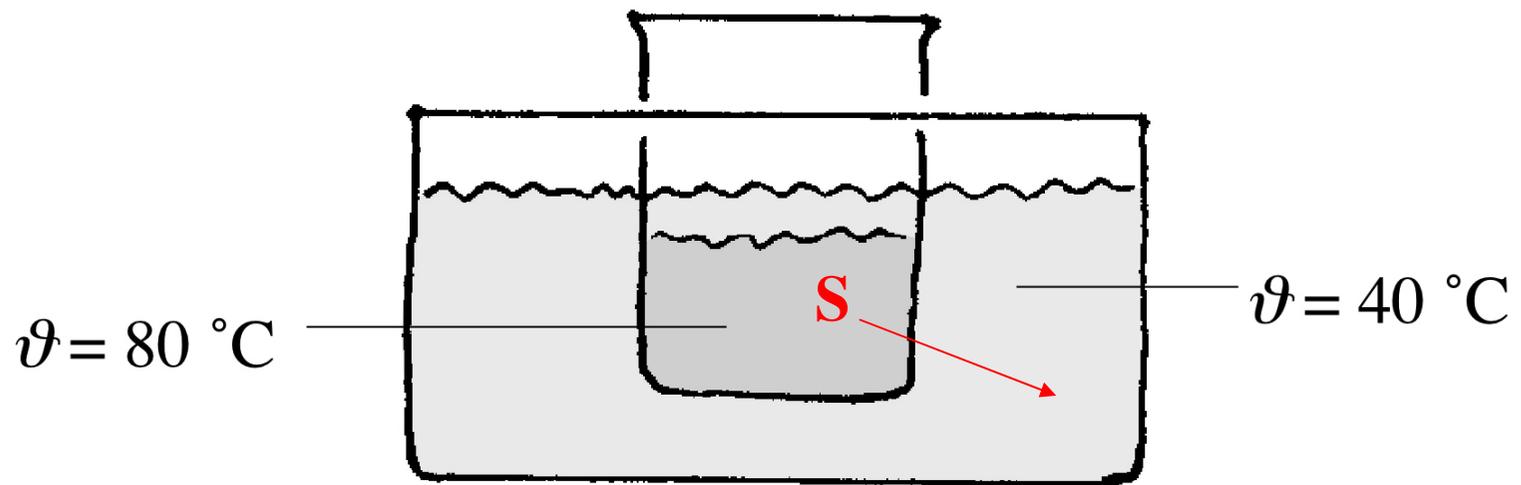
Um Impuls von niedriger zu hoher Geschwindigkeit zu bringen, braucht man eine Impulspumpe (Motor).



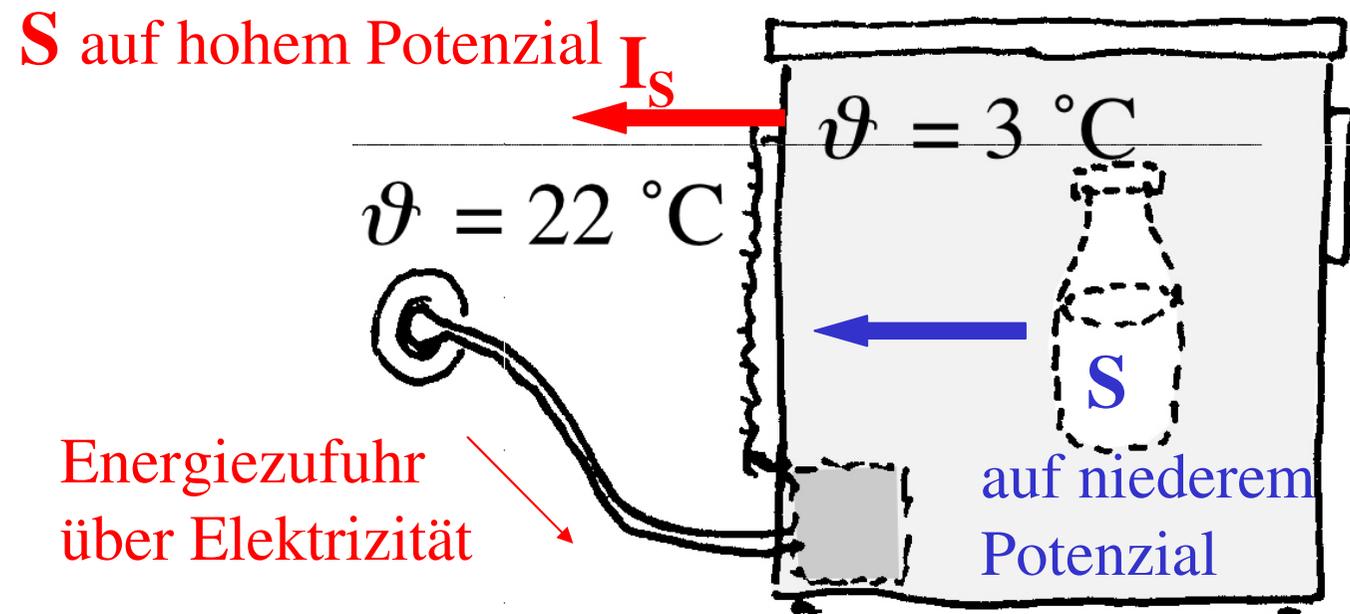
Entropie  $S$  (Wärme) fließt von selbst von Körpern hoher zu Körpern niedriger Temperatur.

$$I_E = (\vartheta_1 - \vartheta_2) I_S$$

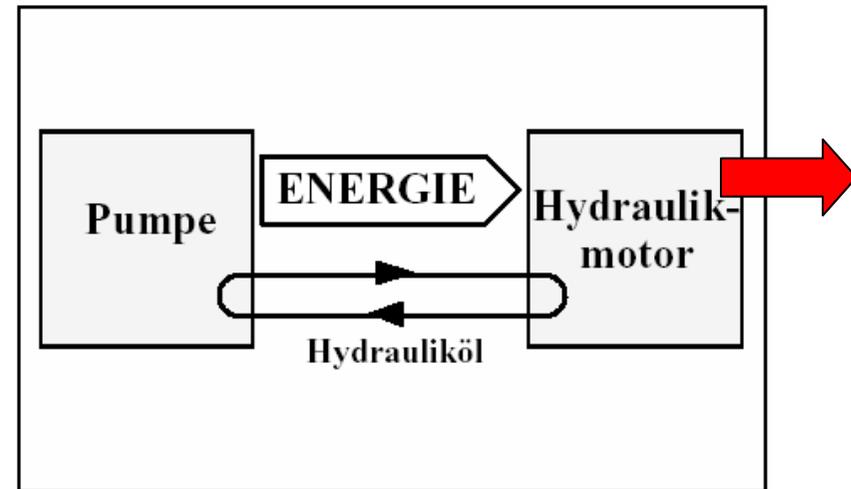
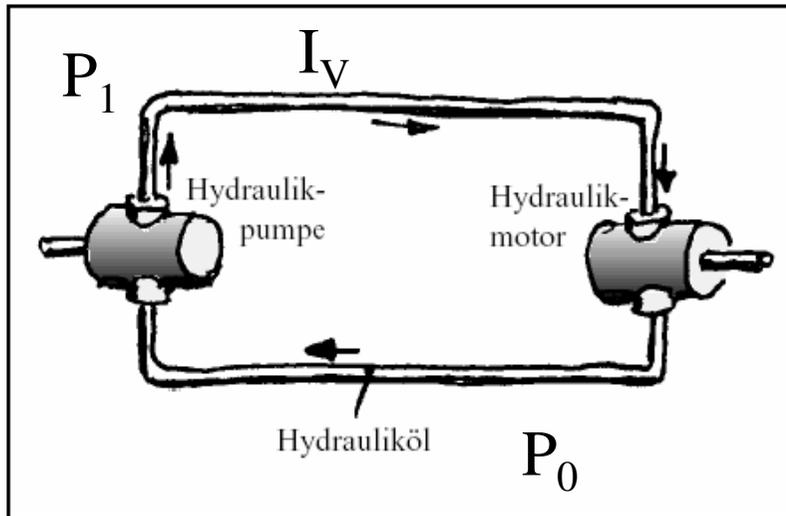
Energie wird beim kühlen frei gesetzt:  
Wärmekraftwerk



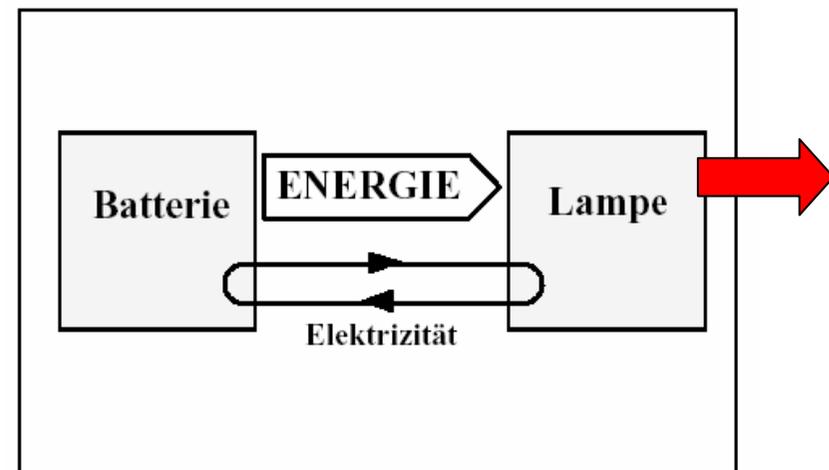
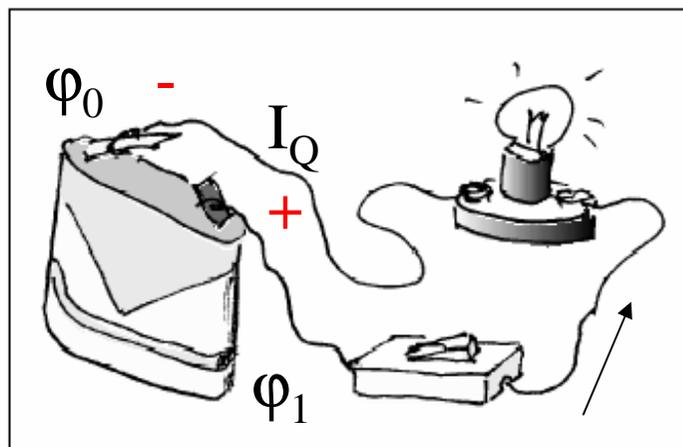
Um Entropie von niedriger zu hoher Temperatur zu bringen, braucht man eine Entropiepumpe (Wärmepumpe).



## Der hydraulische Stromkreis

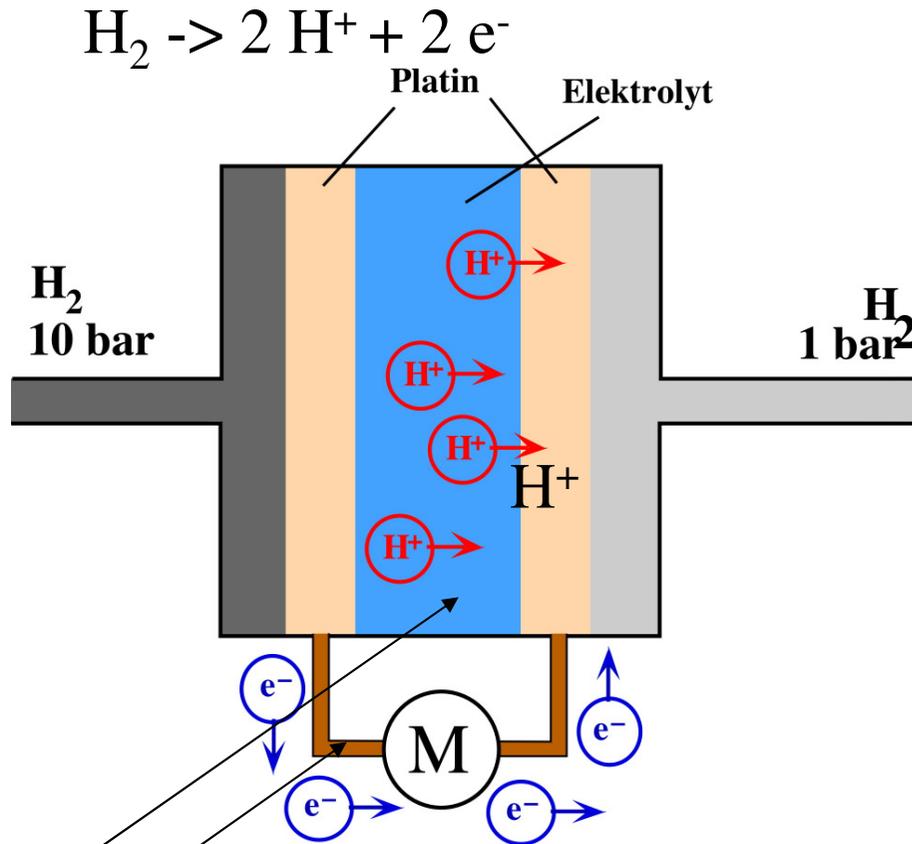


## Der elektrische Stromkreis



# Wie funktioniert eine elektrochemische Zelle?

## Energiequelle: Wasserstoff unter Druck



Der Trick ist die Ionen und die Elektronen über getrennte Leiter laufen zu lassen:  
Schwefelsäure und Kupfer

Die Elektronen treiben einen Elektromotor an, die Energie wird so auf den Drehimpuls übertragen. Am Ausgang fließt dann wieder das neutrale Wasserstoffgas aber mit niedriger Energieladung:  $H_2$  bei 1 bar

Schwefelsäure: Leiter  $H^+$ , Nichtleiter für Elektronen

Kupfer: Leiter für Elektronen, Nichtleiter für  $H^+$ , M Elektromotor

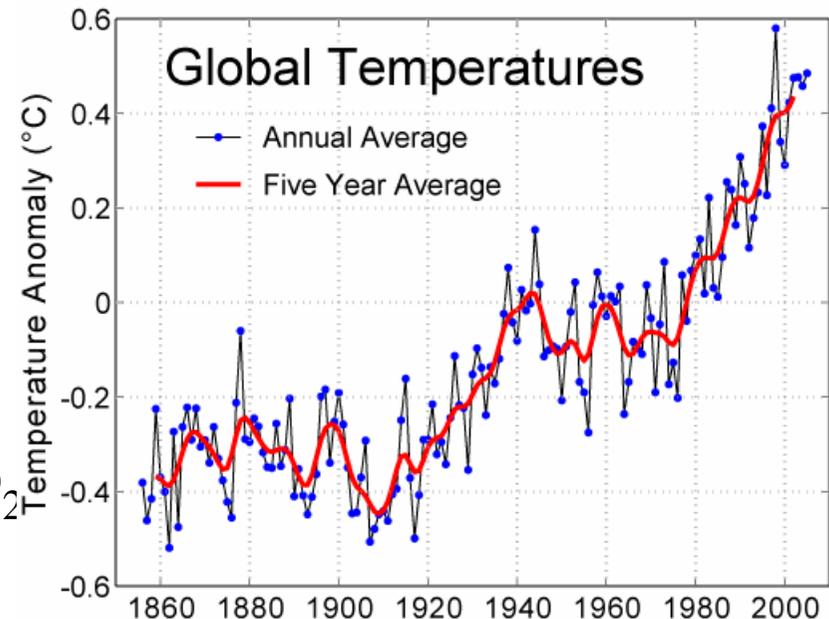
## Energieverbrauch pro Person (Energiestromstärke)

Metabolismus:	< 200 W
Welt, China, Indien:	800 W
Europa:	4000 W
USA:	8500 W

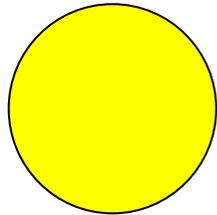
## CO<sub>2</sub> Produktion pro Person und Tag

Metabolismus:	1.5 kg
Europa	30 kg
USA	60 kg

1 kg CO<sub>2</sub> entspricht etwa 260 Liter CO<sub>2</sub>



# Ströme: Licht, Wind, Wasser, Wärme



Sonne,  
Strahlung,  
gelb  
6000° C

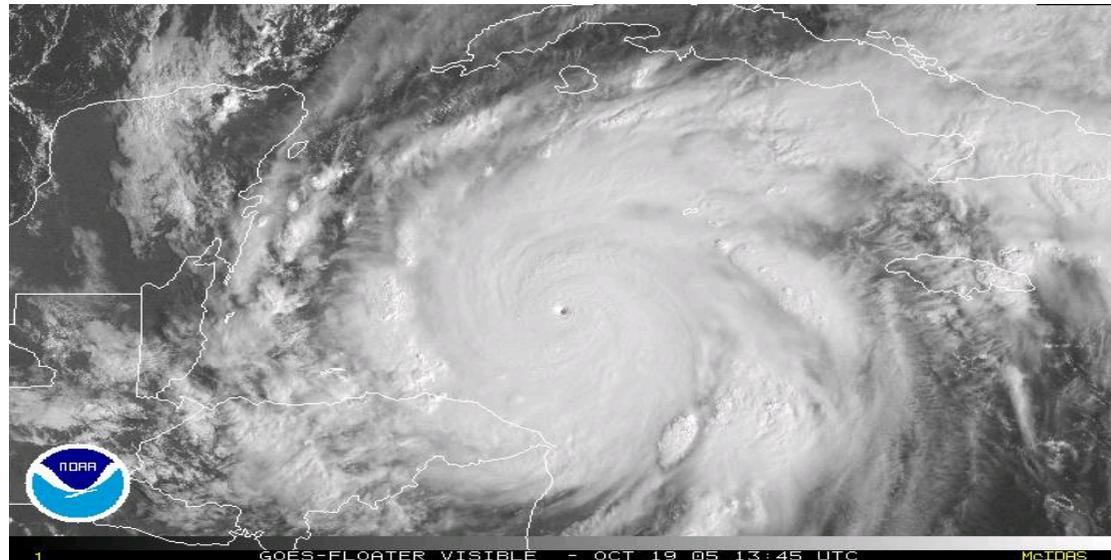


Weltraum

Infrarot-  
Strahlung  
- 34° C

**Licht** → **Bewegung** → **Licht**

**Energietransport  
durch  
Atmosphäre  
über Konvektion  
80 %**

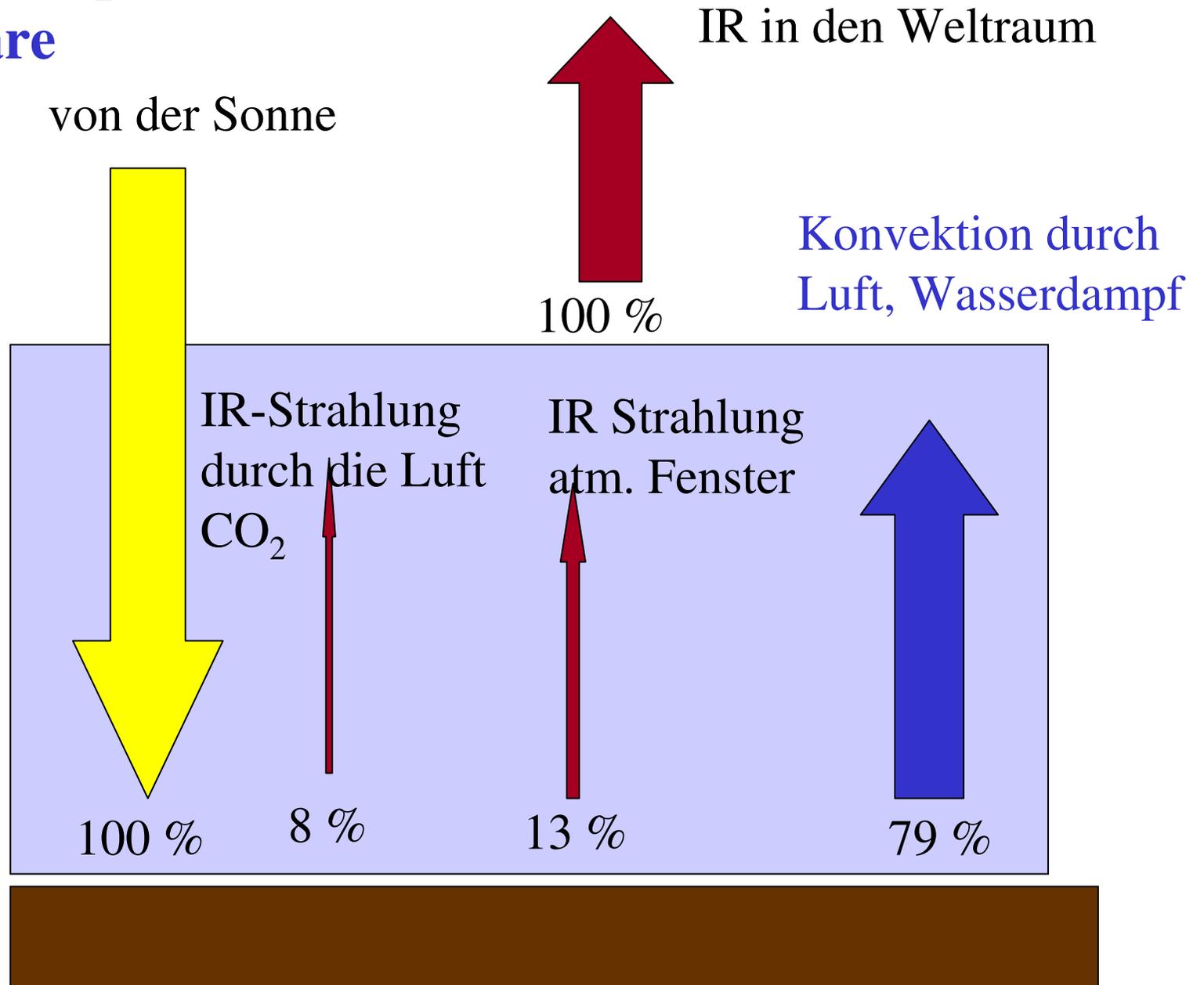


1

GOES-FLOATER VISIBLE - OCT 19 05 13:45 UTC

McIDAS

# Energietransport durch Atmosphäre





Würden Sie sagen,  
ein Flughafen ist  
ein Passagierwandler



Würden Sie sagen,  
ein Hafen ist  
ein Kieswandler?



Würden Sie sagen,  
ein Lautsprecher ist  
ein Datenwandler?



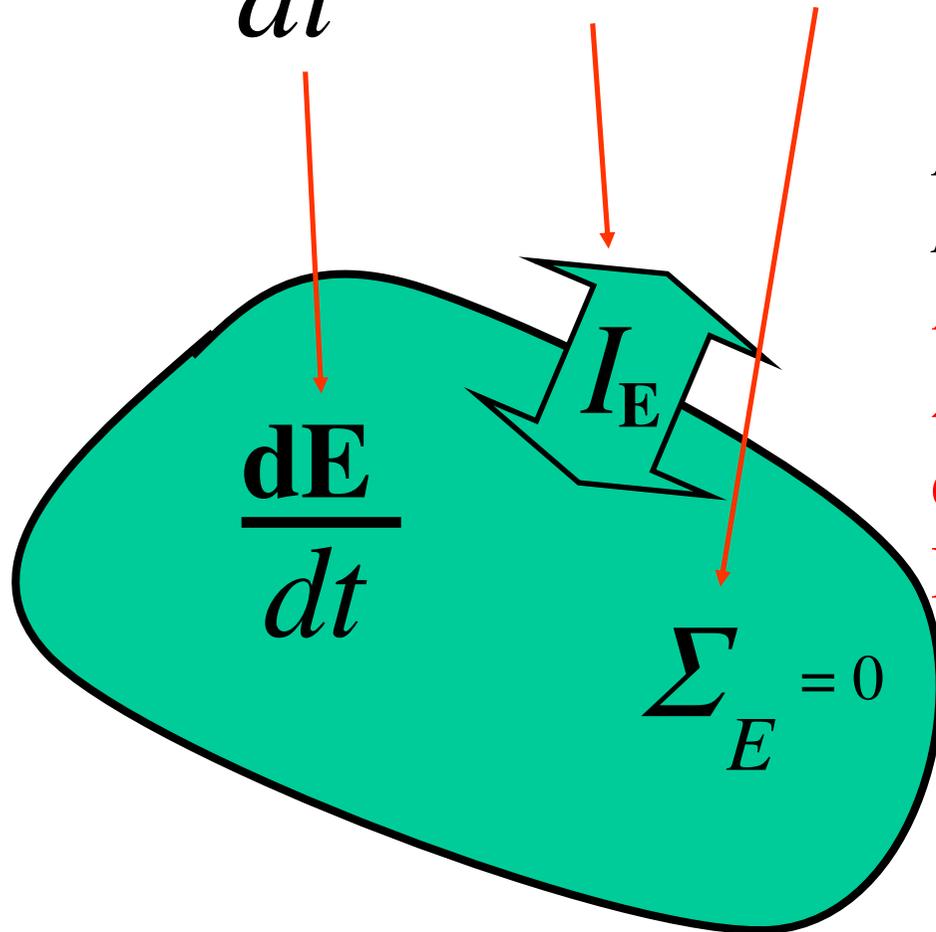
Sagen Sie,  
ein Elektromotor ist  
ein Energiewandler?

## Physikalische Gleichung: **Energiebilanz**

$$X = E$$

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

Bilanzgleichung für Raumbereich



$E$ : Maß für Energiemenge

$I_E$ : Maß für Energiestrom

**Axiom aus Erfahrung:**

$\Sigma_E = 0$  Energie kann weder erzeugt noch zerstört werden

**Energieerhaltung**

Energie ist ein unzerstörbarer Stoff

## Zusammenfassung

- 1) 1) Energie ist eine mengenartige Grösse gemessen in Joule  
Energie kann fließen: Stromstärke  $|I_E| = P$  heisst Leistung
- 2) Energie fließt nie allein sondern braucht einen Energieträger:
  - Elektrizität
  - Wärme
  - Bewegung: Impuls, Drehimpuls
  - Stoffe (Treibstoffe, Nahrung, Heizmittel)
- 3) Zu jedem Energieträger gehört ein Potenzial: Temperatur, Druck, el. Spannung, Geschwindigkeit, chem. Potenzial
- 4) Maschinen sind Energieumsetzer von einem Träger zum andern. Der Wirkungsgrad der Umsetzer ist kleiner als 100 %