

Eine Analogie zwischen Mechanik, Wärmelehre und Elektrizitätslehre

1. Analogien in der Naturwissenschaft
2. Analogie zwischen Mechanik, Elektrizitätslehre, Wärmelehre und Stofflehre
3. Gemeinsame Anschauungen
4. Fehlende Größen
5. Einzelheiten der Analogie
6. Schlussbemerkungen

I. Analogien in der Naturwissenschaft

*Analogie zwischen zwei Themenbereichen:
die selben mathematischen Strukturen*

zweisprachiges Wörterbuch:

- physikalische Größen*
- Beziehungen zwischen Größen*
- Erscheinungen*
- Geräte*

Beispiele:

1. Elektrodynamik

$$\begin{array}{c|c} \vec{E} & \vec{B} \\ \phi & \vec{A} \\ \rho & \vec{j} \\ \vdots & \vdots \end{array}$$

2. Elektrodynamik

$$\begin{array}{c|c} \vec{E} & \vec{H} \\ \vdots & \vdots \end{array}$$

3. Elektrodynamik

$$\begin{array}{c|c} U & I \\ C & L \\ \vdots & \vdots \end{array}$$

Beispiele: 4. Licht und Schall

\vec{E}		p
\vec{H}		\vec{v}
Antenne		Orgelpfeife
Photon		Phonon
\vdots		\vdots

5. Teilchenphysik

vier Wechselwirkungen

Supersymmetrie: Boson - Fermion

2. Analogie zwischen Mechanik, Elektrizitätslehre, Wärmelehre und Stofflehre

MECHANIK	Impuls \vec{p}	Geschwindigkeit \vec{v}	Impulsstrom (Kraft) \vec{F}
ELEKTRIZITÄTSLEHRE	elektr. Ladung Q	elektr. Potenzial ϕ	elektr. Strom I
WÄRMELEHRE	Entropie S	absolute Temp. T	Entropiestrom I_S
STOFFLEHRE	Stoffmenge n	chem. Potenzial μ	Stoffstrom I_n

3. Gemeinsame Anschauungen

Mechanik, E-Lehre, Wärmelehre und Chemie haben sich unabhängig voneinander entwickelt.

Impuls: Abkürzung für Produkt aus m und v

elektrische Ladung: „Fluidum“

Entropie: statistische Deutung

Stoffmenge: Maß für Anzahl der mikroskopischen Teilchen

Übernehmen für alle vier Gebiete die Anschauungen der Elektrizitätslehre

4. Fehlende Größen

MECHANIK

Impuls \vec{p}

Geschwindigkeit \vec{v} Impulsstrom (Kraft) \vec{F}

ELEKTRIZITÄTSLEHRE elektr. Ladung Q

elektr. Potenzial ϕ elektr. Strom I

WÄRMELEHRE



absolute Temp. T Entropiestrom I_s

STOFFLEHRE

Stoffmenge n



Stoffstrom I_n

Impuls: Bewegungsmenge, Schwung, Wucht

elektrische Ladung: Elektrizitätsmenge

Entropie: Wärmemenge

Stoffmenge: Stoffmenge

MECHANIK

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$$

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

ELEKTRIZITÄTSLEHRE

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

$$P = U \cdot I$$

WÄRMELEHRE

$$\frac{dS}{dt} = I_s + \Sigma_s$$

$$P = T \cdot I_s$$

STOFFLEHRE

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

$$P = \mu \cdot I_n$$

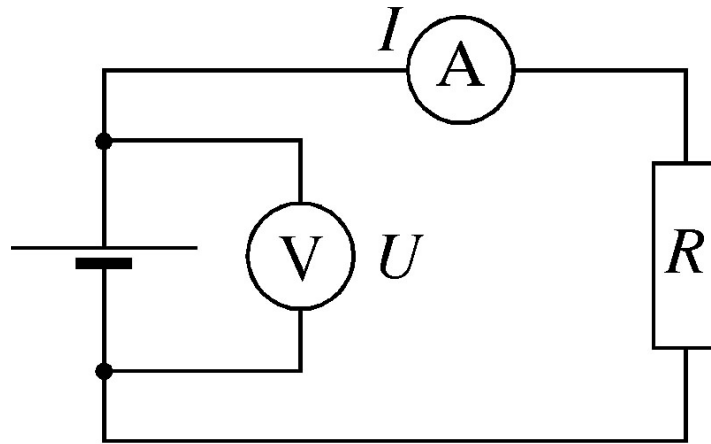
Bilanzgleichungen

Menge kann sich ändern durch:

- Zu- oder Wegstrom
- Erzeugung oder Vernichtung

Energie-
transporte

$$I = \frac{U}{R}$$



I = beschreibt Stärke, Ergiebigkeit eines Stroms

U = beschreibt Antrieb

R = beschreibt Behinderung, Widerstand

U = Ursache

I = Wirkung

INTERPRETATION

Wir übertragen das Modell auf die anderen Bereiche.

Kraft: Maß für die Stärke eines Impulsstroms

Reibungsvorgang: Das reibende Medium setzt dem Impulsstrom einen Widerstand entgegen.

elektr. Leitung: Der elektr. Leiter setzt dem elektr. Strom einen Widerstand entgegen.

Wärmeleitung: Der Wärmeleiter setzt dem Wärmestrom einen Widerstand entgegen.

Diffusion, chemische Reaktion: Stoffstrom oder Umsetzung muss einen Widerstand überwinden.

Antrieb für Impulsstrom:

Geschwindigkeitsdifferenz

Antrieb für einen elektrischen Strom:

elektr. Potenzialdifferenz

Antrieb für einen Wärme- (Entropie-)strom:

Temperaturdifferenz

Antrieb für Diffusion oder chemische Reaktion:

chemische Potenzialdifferenz

Impuls fließt von selbst vom Körper höherer zum Körper niedrigerer Geschwindigkeit.

Elektr. Ladung fließt von selbst vom Körper höheren zum Körper niedrigeren elektr. Potentials.

Entropie fließt von selbst vom Körper höherer zum Körper niedrigerer Temperatur.

Eine Reaktion läuft von selbst vom höheren zum niedrigeren chemischen Potential.

Eine Impulspumpe (Motor) bringt Impuls von der niedrigen zur hohen Geschwindigkeit.

Eine Ladungspumpe (Batterie, Generator) bringt die elektr. Ladung vom niedrigen zum hohen elektr. Potential.

Eine Entropiepumpe (Wärmepumpe) bringt die Entropie von der niedrigen zur hohen Temperatur.

Eine Reaktionspumpe (Elektrolysezelle) treibt eine Reaktion vom niedrigen zum hohen chemischen Potential.

6. Schlussbemerkungen

1. Impuls (Schwung) von Anfang an
Kraft = Impulsstromstärke
2. Entropie (Wärme) von Anfang an
3. Chemisches Potenzial einführen wie elektr.
Potenzial