

Wolfgang Heuper

**Gemeinsame Strukturen
und Analogien nutzen bei
der Arbeit mit dem neuen
Lehrplan Physik**



Rheinland-Pfalz
MINISTERIUM
FÜR BILDUNG, WISSENSCHAFT,
WEITERBILDUNG UND KULTUR

LEHRPLÄNE FÜR DIE NATURWISSENSCHAFTLICHEN FÄCHER

für die weiterführenden Schulen in Rheinland-Pfalz

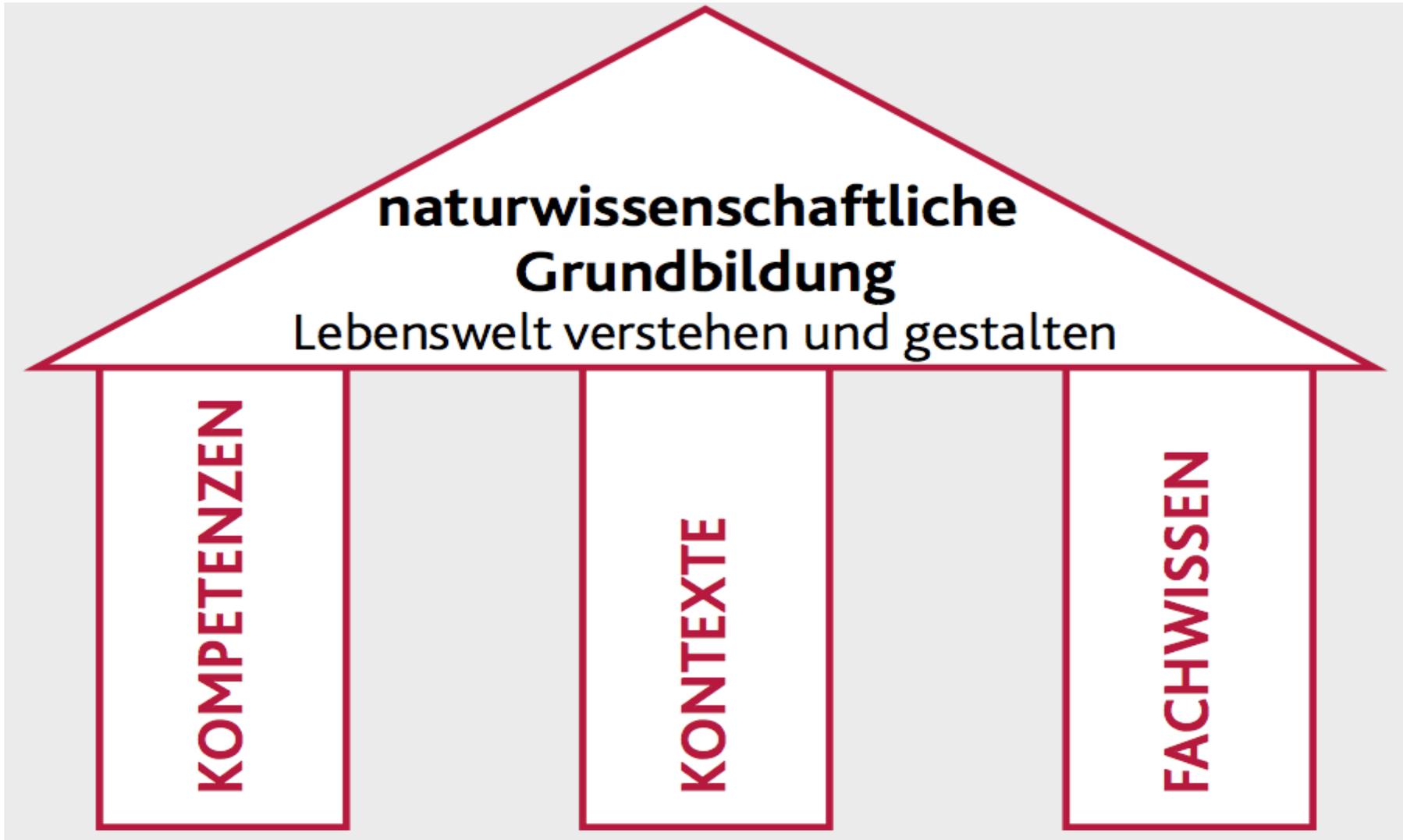
Biologie
Chemie
Physik

Klassenstufen
7 bis 9/10



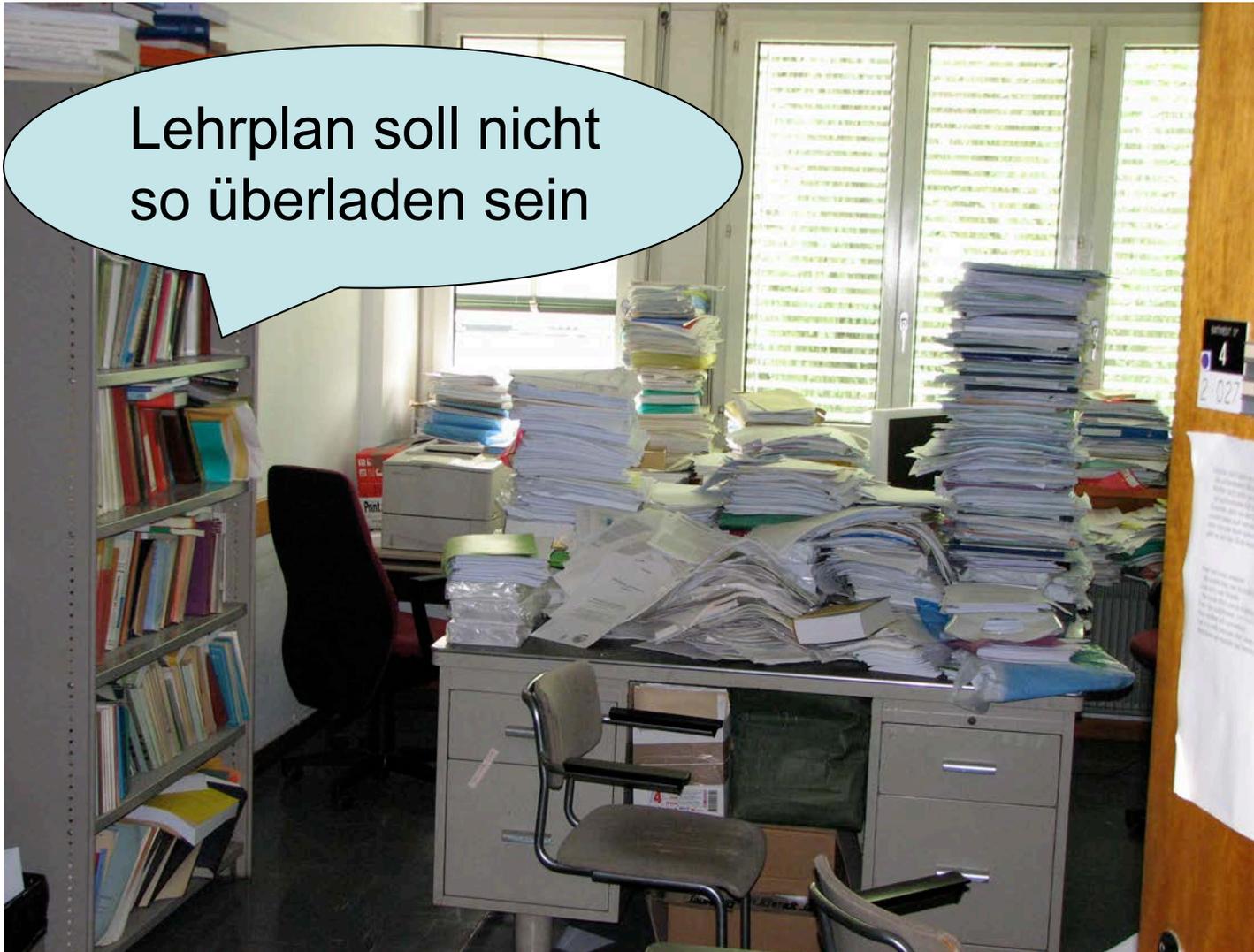
Lehrplan physik

Zielvorstellung



Zielvorstellung

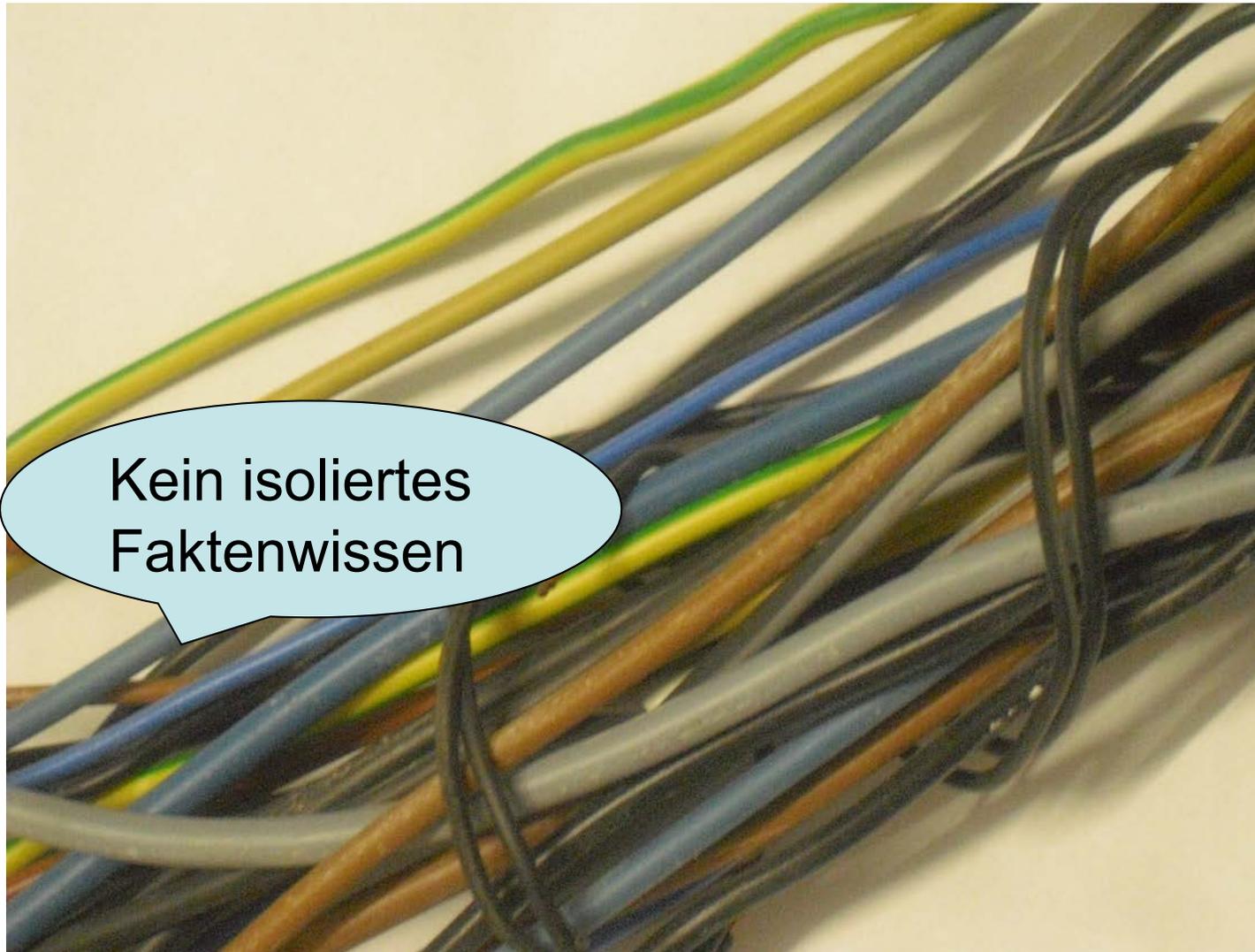
Lehrplan soll nicht
so überladen sein



Zielvorstellung



Zielvorstellung

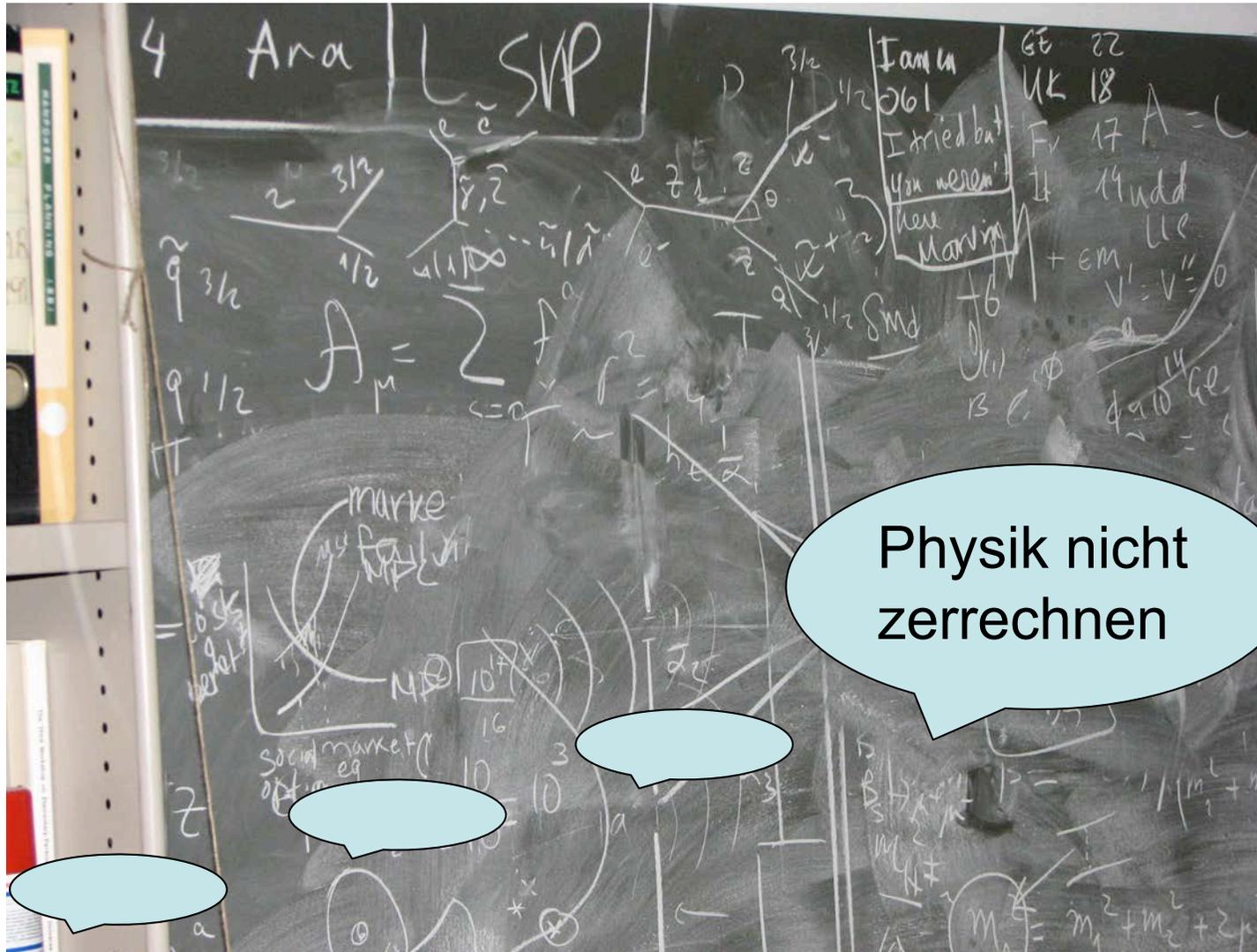


Kein isoliertes
Faktenwissen

Zielvorstellung

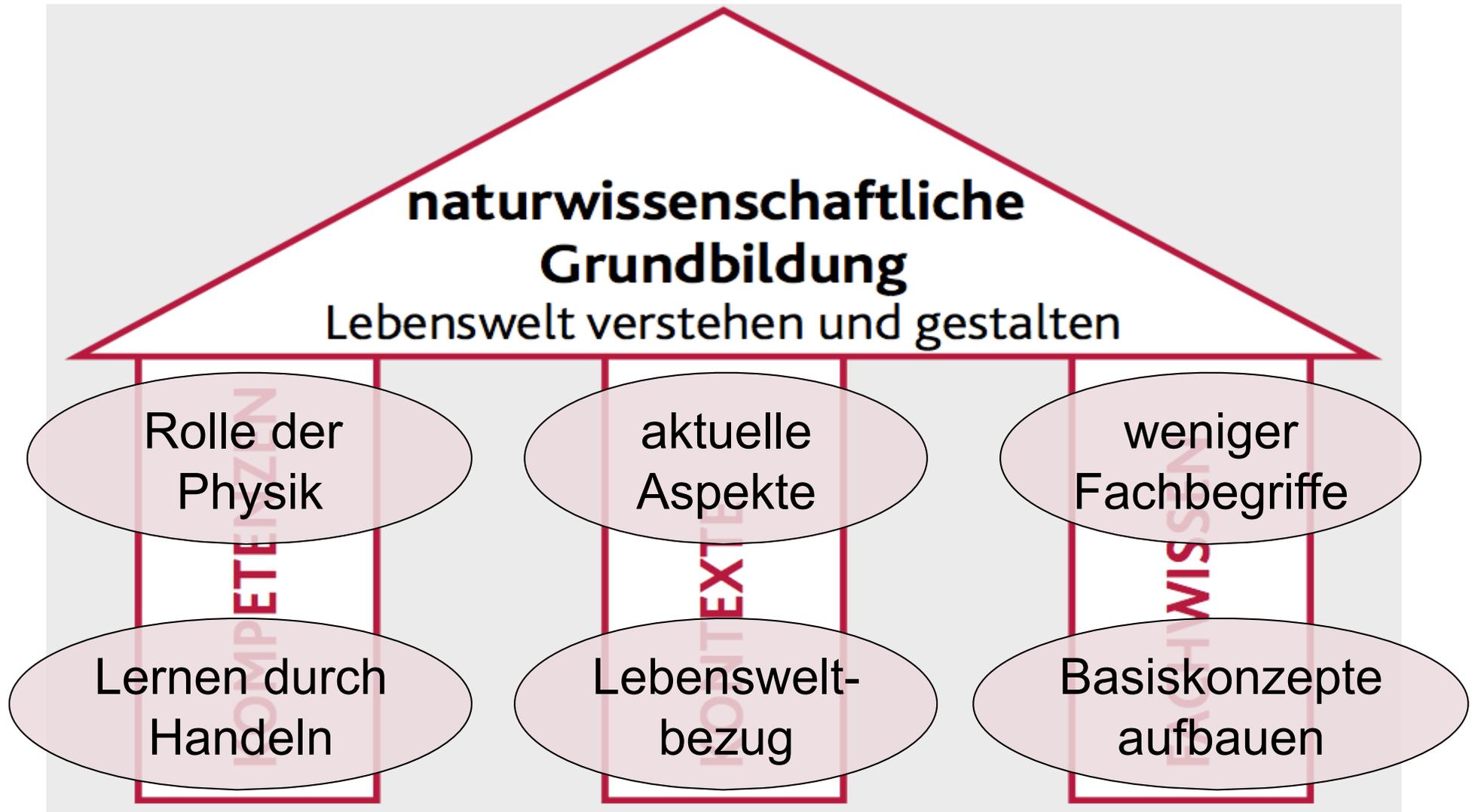


Zielvorstellung



Physik nicht zerrechnen

Konsequenzen für den Lehrplan



12 Themenfelder

1
Akustische
Phänomene

2
Optische
Phänomene an
Grenzflächen

3
Thermische
Ausdehnung in
Experiment und
Modell

4
Dynamische
Phänomene

5
Atombau und
ionisierende
Strahlung

6
Spannung und
Induktion

7
Kosmos
und
Forschung

8
Wärmetrans-
porte und ihre
Beeinflussung

9
Gesetzmäßig-
keiten im
elektrischen
Stromkreis

10
Energiebilan-
zen und
Wirkungsgrade

11
Sensoren im
Alltag

12
Praxis und
Forschung

Spiralprinzip

1
Akustische
Phänomene

2
Optische
Phänomene an
Grenzflächen

3
Thermische
Ausdehnung in
Experiment und
Modell

4
Dynamische
Phänomene

5
Atombau und
ionisierende
Strahlung

6
Spannung und
Induktion

7
Kosmos
und
Forschung

8
Wärmetrans-
porte und ihre
Beeinflussung

9
Gesetzmäßig-
keiten im
elektrischen
Stromkreis

10
Energiebilan-
zen und
Wirkungsgrade

11
Sensoren im
Alltag

12
Praxis und
Forschung

Komplexität reduzieren: Basiskonzepte



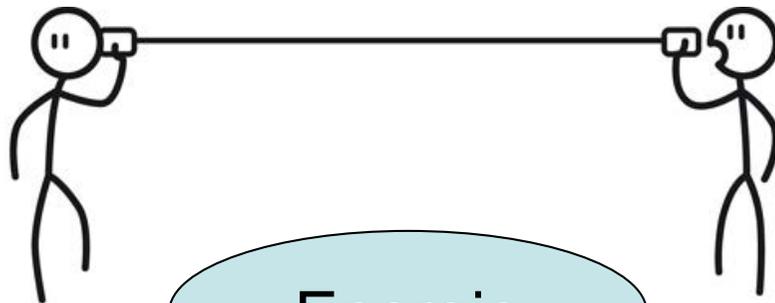
Wie kommt man zum Signal?

Was ist nötig, um das Gerät zu betreiben?

Wie wird das Signal mitgeteilt?

Was geht im Inneren vor? Welche „Eingeweide“ hat das Handy?

Komplexität reduzieren: Basiskonzepte



Energie

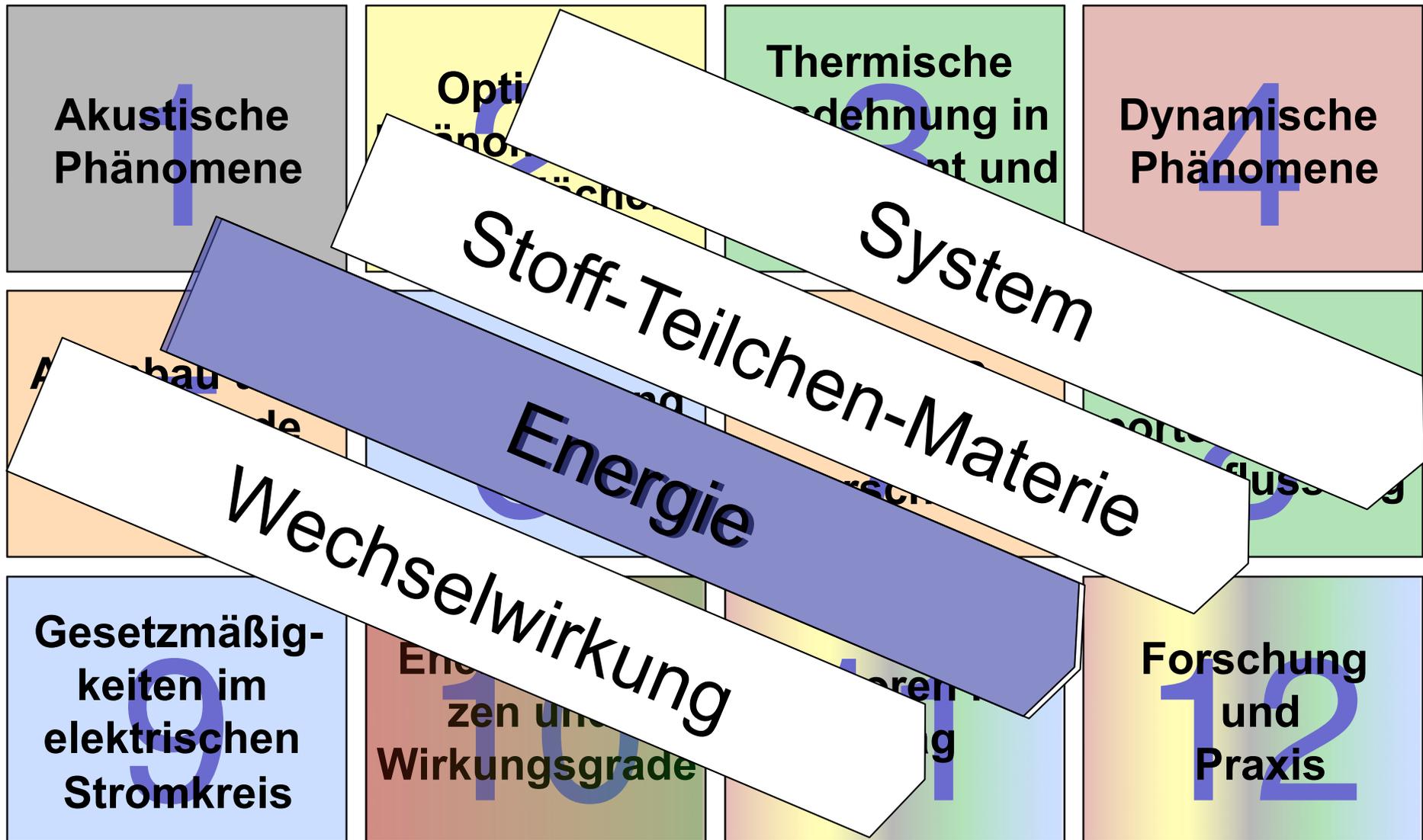
Wechsel
wirkung

System

Teilchen-
Materie/
Stoff



Basiskonzepte entwickeln – gemeinsame Strukturen nutzen



Viel Unterricht für wenig Energieverständnis

- *„Erste Ergebnisse legen nahe, dass zwar eine quantitative Steigerung des Energieverständnisses in allen drei naturwissenschaftlichen Fächern stattfindet, dass jedoch das Verständnis von Energie insgesamt gering bleibt und keine fachspezifische Differenzierung des Energieverständnisses erfolgt.“*

IPN Blätter 2(2014), S. 4

Gravierende Fehlvorstellungen

- *„Zudem konnte die Schülervorstellungsforschung zeigen, dass Schülerinnen und Schüler massive Schwierigkeiten insbesondere mit der Erhaltung von Energie haben und zum Teil über gravierende Fehlvorstellungen verfügen.“*

Das Problem mit den Energieformen und -wandlern

- Man füllt Milch aus einer Tüte in Flaschen ab, dazu benutzt man einen Trichter.



Tütenmilch



Flaschenmilch



Milchform 1

Milchwandler

Milchform 2

Sonderbare Aussagen

- „Wenn Milch aus der Tüte in die Flasche gegossen wird, wird Tütenmilch in Flaschenmilch umgewandelt. Es ist nachher nicht mehr dasselbe.“
- „Wenn Energie in mechanische Energie umgewandelt wird, verändert sich die Energie. Es ist nicht mehr dasselbe.“
- „In einer Wärmeenergie umgewandelt. Der Elektromotor ist ein Energiewandler“

Energieformen- und Umwandlungs-Konzept suggeriert: „Es ist nachher nicht mehr dasselbe.“

Typische Formulierungen

- durch die Verbrennung eines
Energieträgers bzw. durch die Wärme
erzeugt. Der Dampf wird durch seine
mechanische Arbeit die Wärme
überträgt. Die mechanische Arbeit wird durch
Umwandlung in elektrische Energie zu elektrischer
Energie umgewandelt. Wasser/Wasserdampf das
charakteristische Arbeitsmittel.

•Quelle: http://www.energie-macht-schule.de/sites/default/files/image/LQ_2_eBook/flash.html#/6/ Zugriff 26.09.2015

Basiskonzept Energie im neuen Lehrplan SI

- Energie kann weder erzeugt noch verbraucht werden.
- Die Energie transportiert sich durch Materie.
- Energie bleibt Energie. Sie wechselt nur den Träger und lässt sich dann unterschiedlich nutzen.
- Bei chemischen Reaktionen werden Stoffe umgewandelt.
- Der Wirkungsgrad gibt an, welcher Anteil der eingesetzten Energie auf den gewünschten Träger wechselt.

**Energieträger-Konzept:
Energie ist Energie und
bleibt Energie. Sie wechselt
nur den Träger und lässt sich
dann unterschiedlich nutzen.**

Kein Problem mehr mit den Energieformen und -wandlern

- Man füllt Milch aus einer Tüte in Flaschen ab, dazu benutzt man einen Trichter.



Milchbehälter 1

~~Milchform 1~~

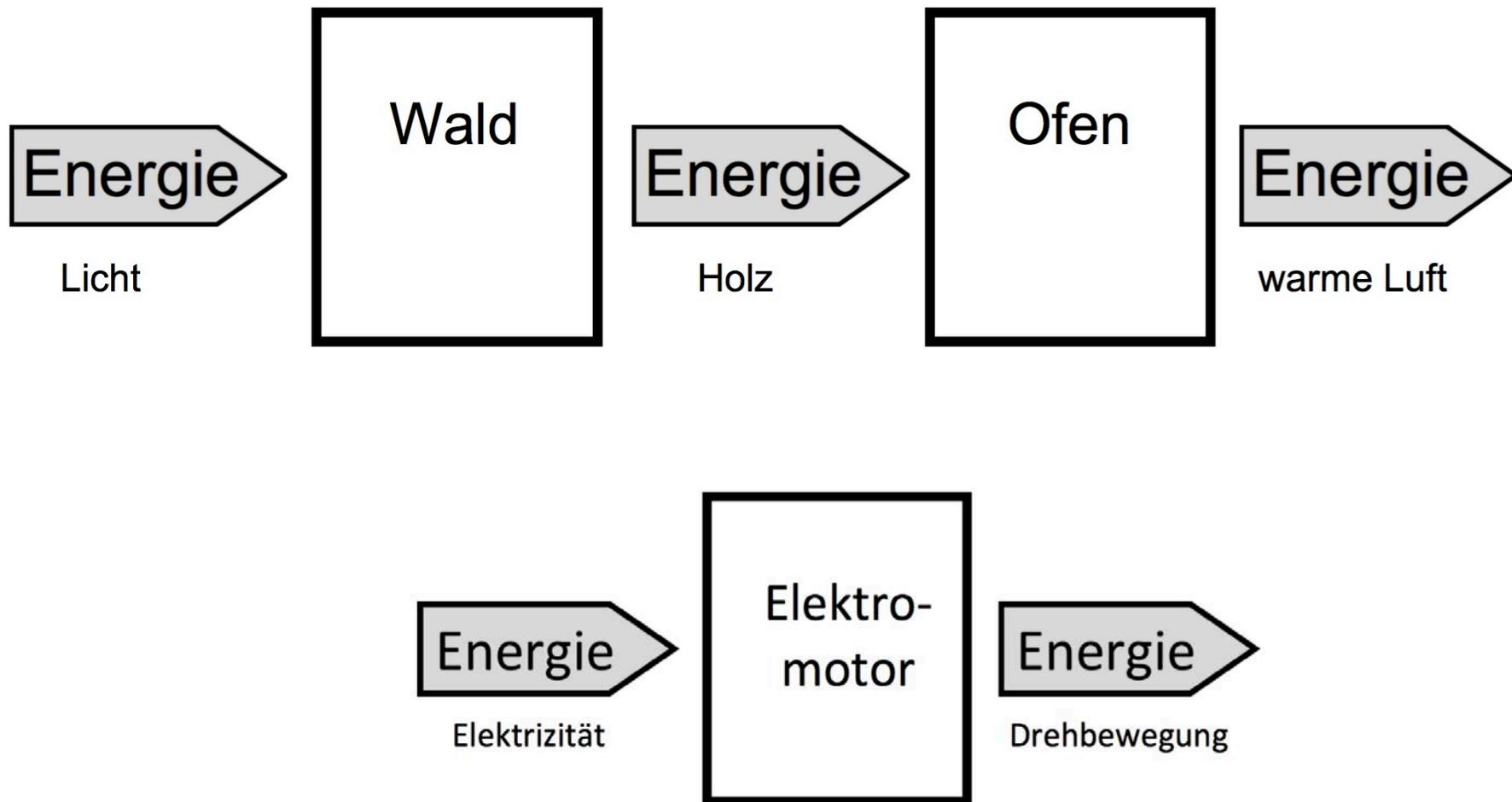
Milchumlader

~~Milchform 2~~

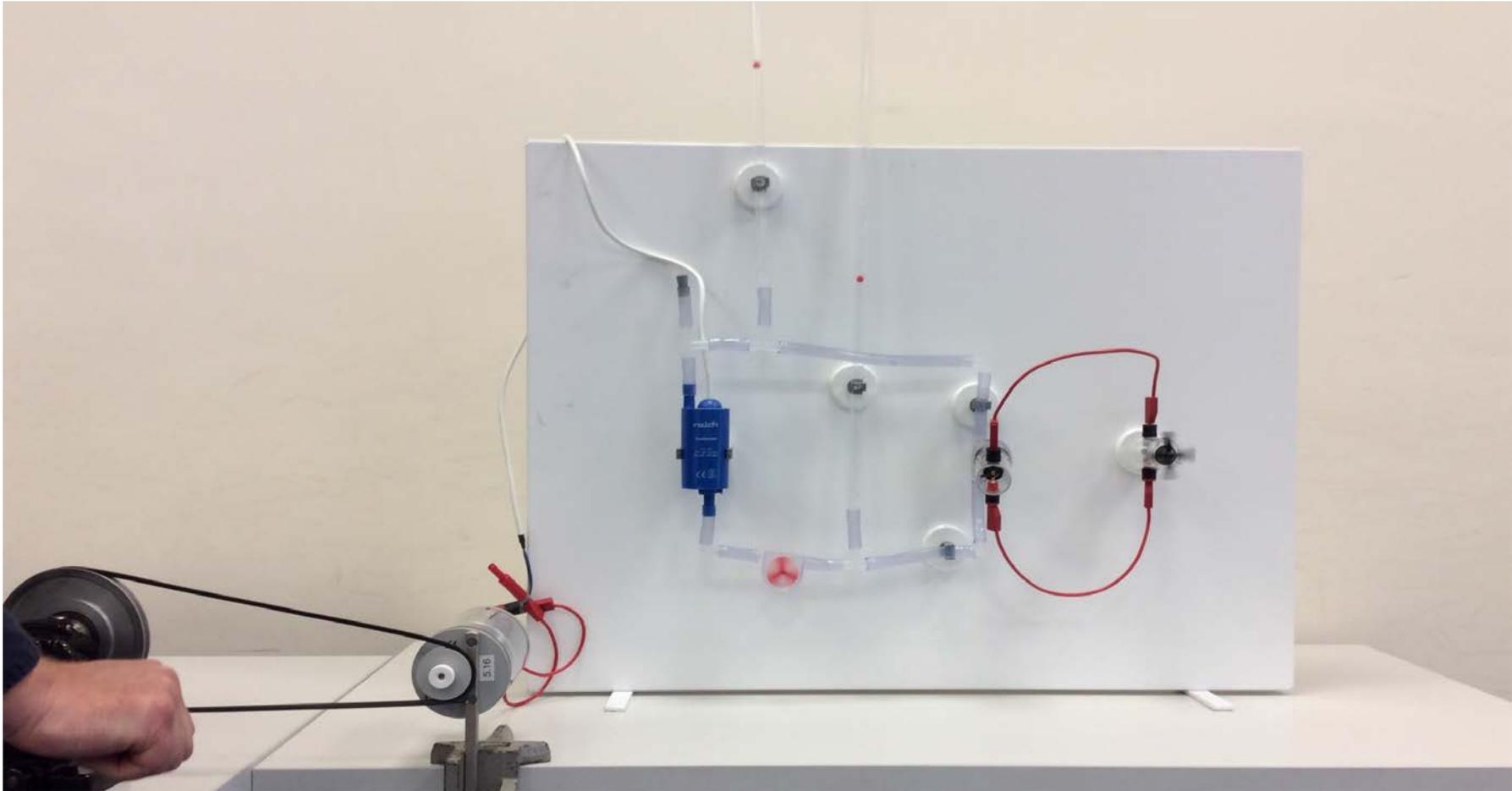
Milchbehälter 2

Milch bleibt Milch

Symbolische Darstellung

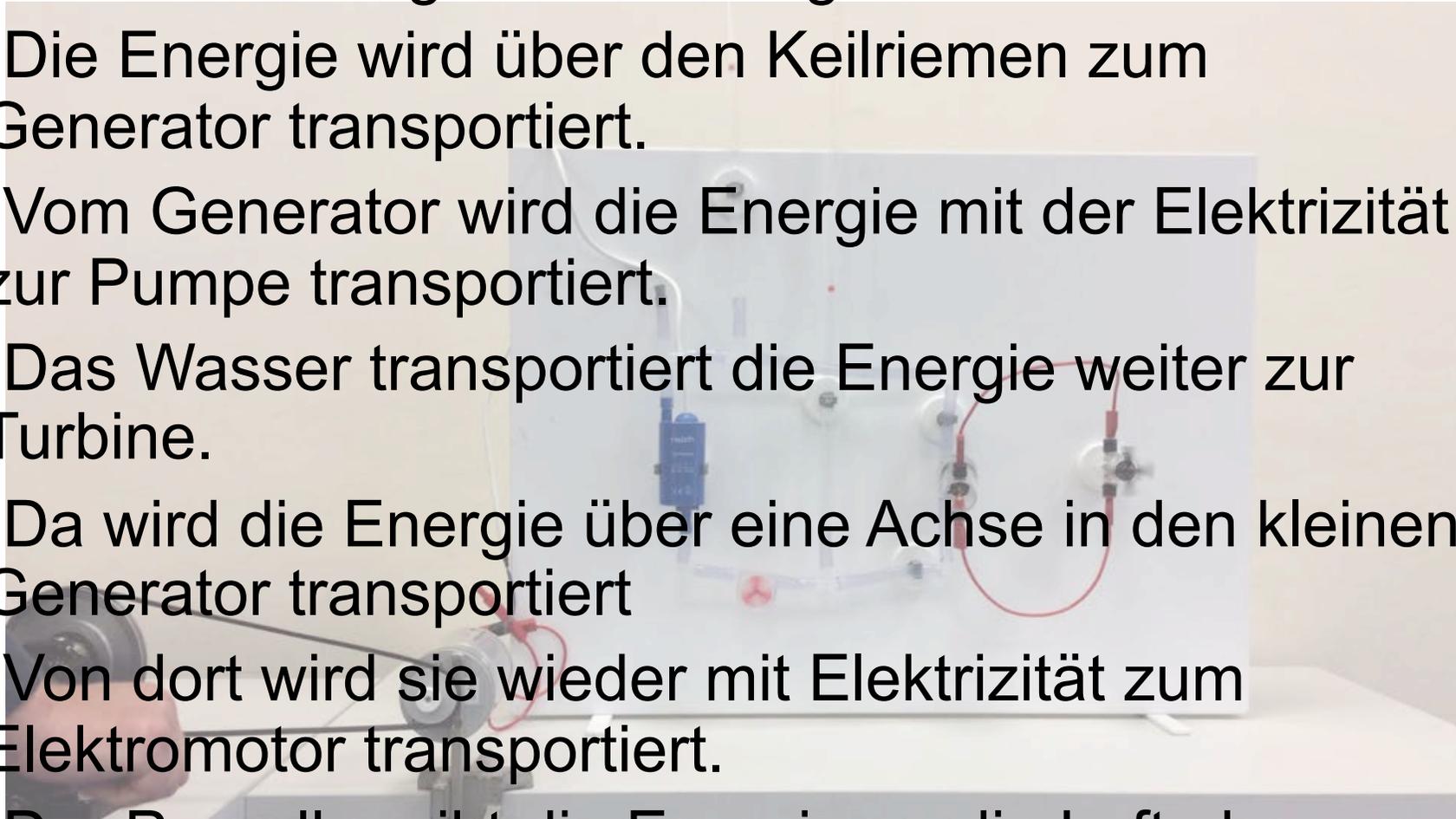


Beispiel: Energieumladekette



Sprachübungen

- Beim Kurbeln gebe ich Energie an die Kurbel ab.
- Die Energie wird über den Keilriemen zum Generator transportiert.
- Vom Generator wird die Energie mit der Elektrizität zur Pumpe transportiert.
- Das Wasser transportiert die Energie weiter zur Turbine.
- Da wird die Energie über eine Achse in den kleinen Generator transportiert
- Von dort wird sie wieder mit Elektrizität zum Elektromotor transportiert.
- Der Propeller gibt die Energie an die Luft ab

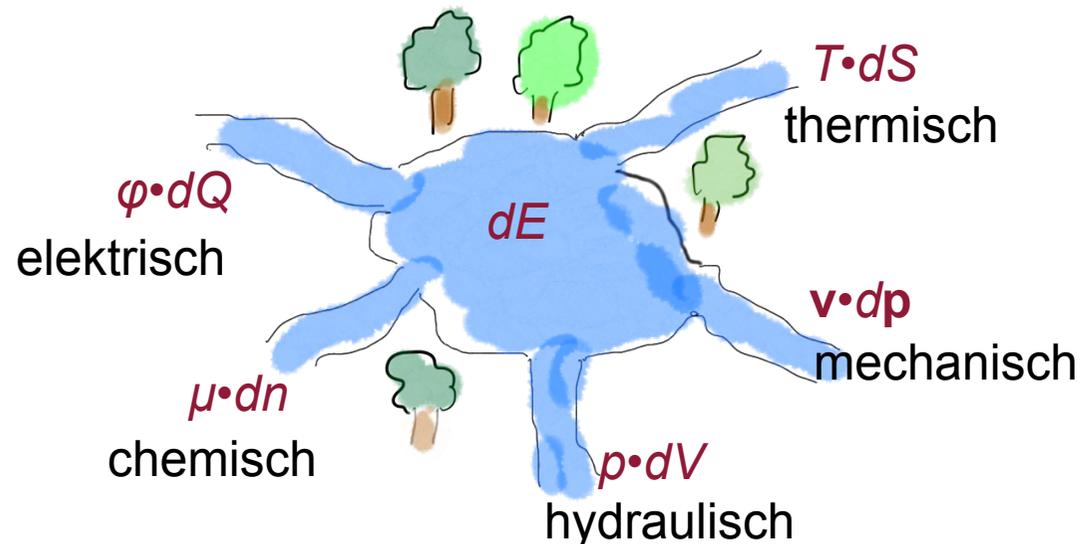


Notwendig: Sprachsensibilität

- Verzicht auf den Begriff „Umwandlung“
- Trägerkonzept, aber je nach Situation eher alltagssprachlich
- „Die Energie wechselt von der Elektrizität auf das Licht und die erwärmte Umgebung“
- Es sollte immer deutlich werden: „Energie ist Energie ist Energie“

Fachliche Grundlage des Energieträgerkonzeptes

- GIBBS'SCHE FUNDAMENTALFORM
- Die gesamte Energieänderung eines Systems ist gleich der Summe aller Teiländerungen
- $dE = \varphi \cdot dQ + T \cdot dS + v \cdot dp + p \cdot dV + \mu \cdot dn + \dots$



Die Gibbs'sche Fundamentalform

intensive Größen „Beladungsmaß“

$$dE = \varphi \cdot dQ + T \cdot dS + p \cdot dV + v \cdot dp \dots$$

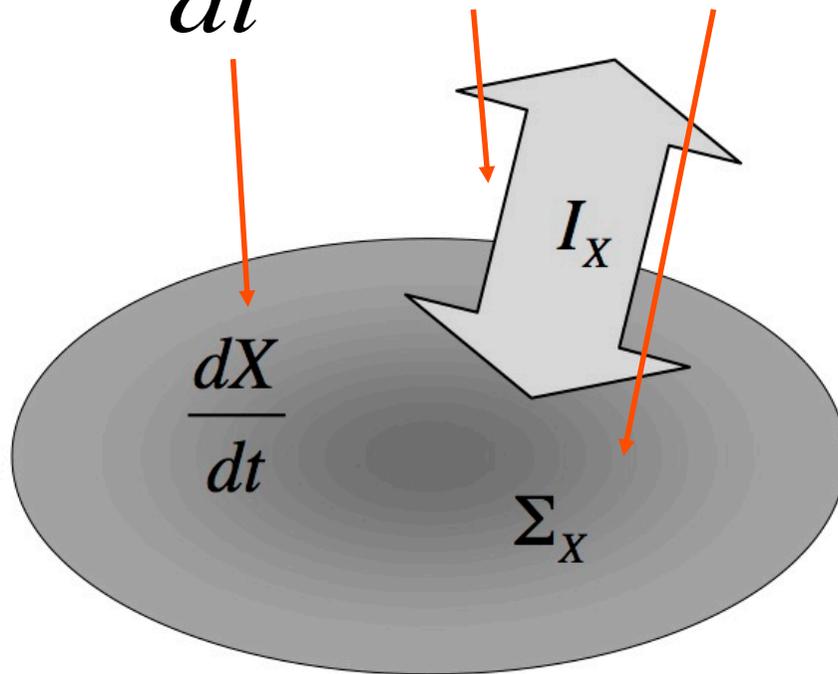
extensive Größen

„Energieträger“

Extensive Größen

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

Bilanz von X



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

Beispiele

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

elektrische Stromstärke

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

Impulsstromstärke, Kraft

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

Entropiestromstärke

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

Energiestromstärke, Leistung

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”
“wird angehäuft”
“ist konzentriert”
“verteilt sich”

Vorteile für den Unterricht

Ähnliche Strukturen in verschiedenen Bereichen der Physik

extensive Größe ***intensive Größe***

E-Lehre

elektrische Ladung elektrisches Potenzial

Mechanik

Impuls

Geschwindigkeit

Wärmelehre

Entropie

Temperatur

Chemie

Stoffmenge

chemisches Potenzial

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

Bilanzgleichungen Energiestrom

E-Lehre

$$dQ/dt = I$$

$$P = \varphi \cdot I$$

Mechanik

$$dp/dt = F$$

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

Wärmelehre

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

$$P = T \cdot I_S$$

Chemie

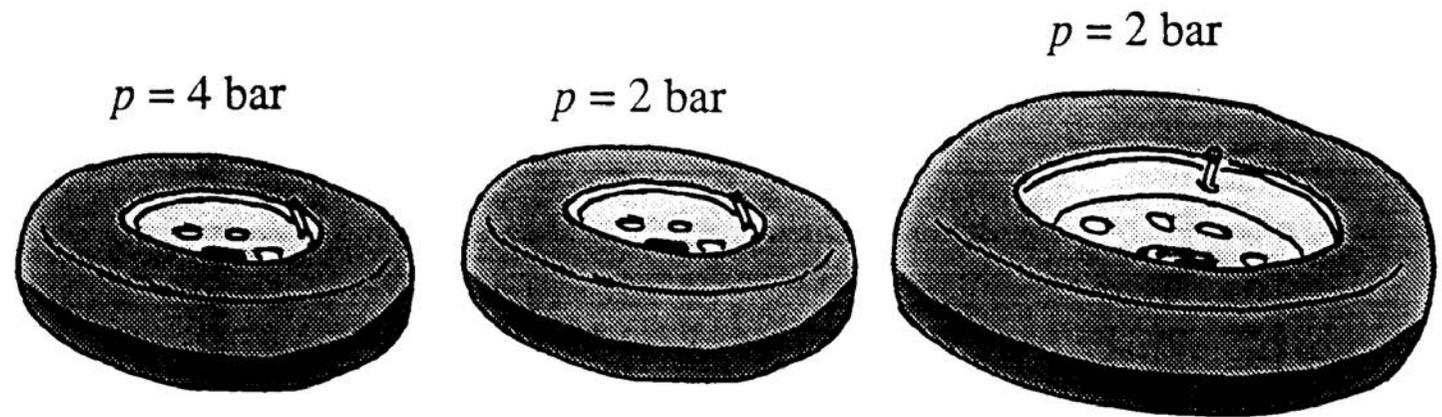
$$dn/dt = I_n + \Sigma_n$$

$$P = \mu \cdot I_n$$

“Energie fließt nie allein.”

“Energieträger”

Nutzen von Analogien



In einem Reifen befindet sich umso mehr Luft
– je größer sein Volumen ist;
– je höher der Druck ist.



$\varphi = 12 \text{ kV}$



$\varphi = 6 \text{ kV}$

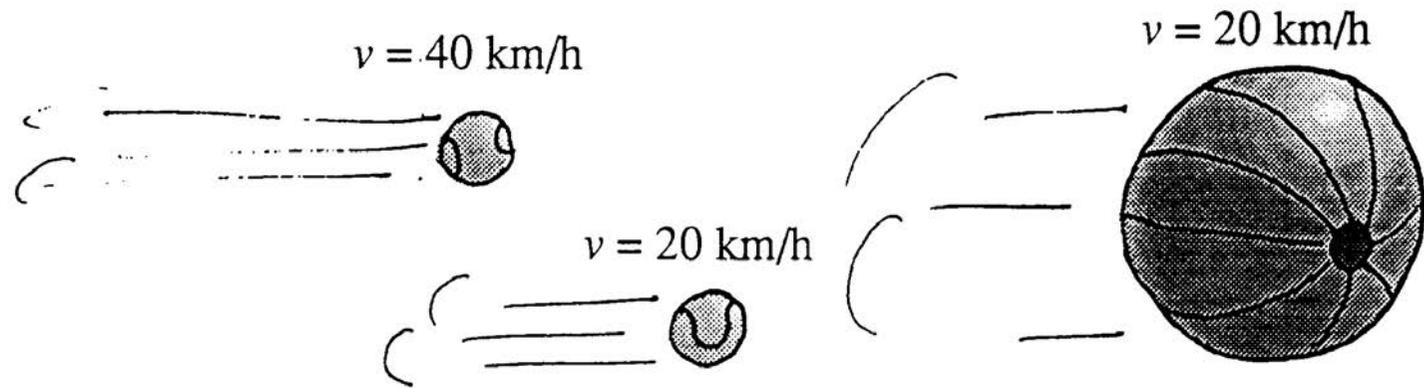


$\varphi = 6 \text{ kV}$



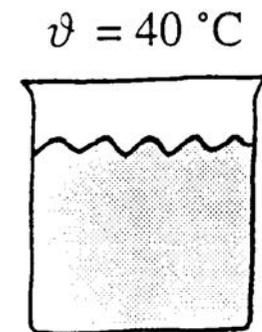
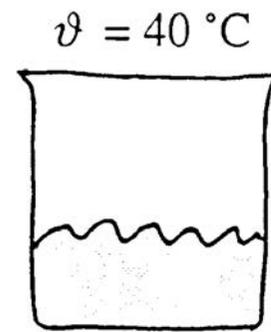
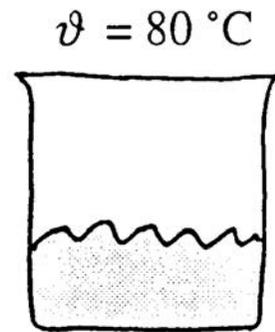
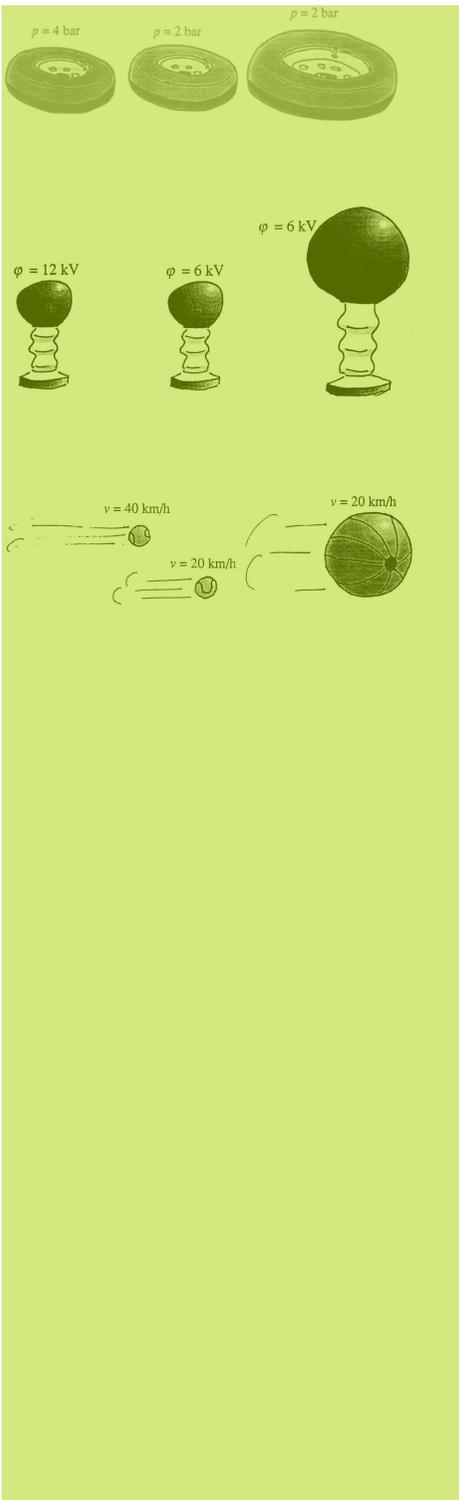
Auf der Kugel sitzt umso mehr elektrische Ladung

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



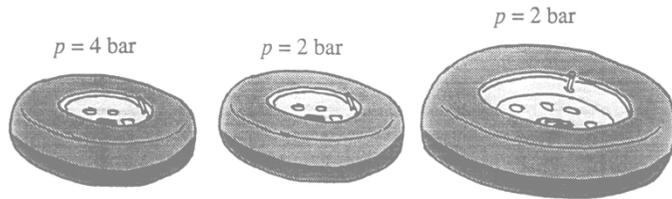
Ein Körper enthält umso mehr Impuls

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

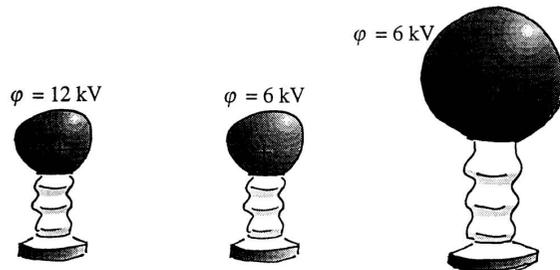


Ein Körper enthält umso mehr Entropie

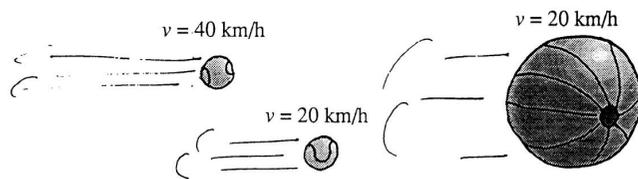
- je größer sein Volumen ist;
- je höher seine Temperatur ist.



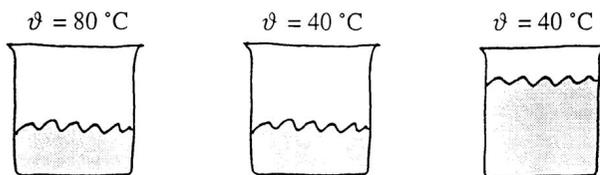
In einem Reifen befindet sich umso mehr Luft
 – je größer sein Volumen ist;
 – je höher der Druck ist.



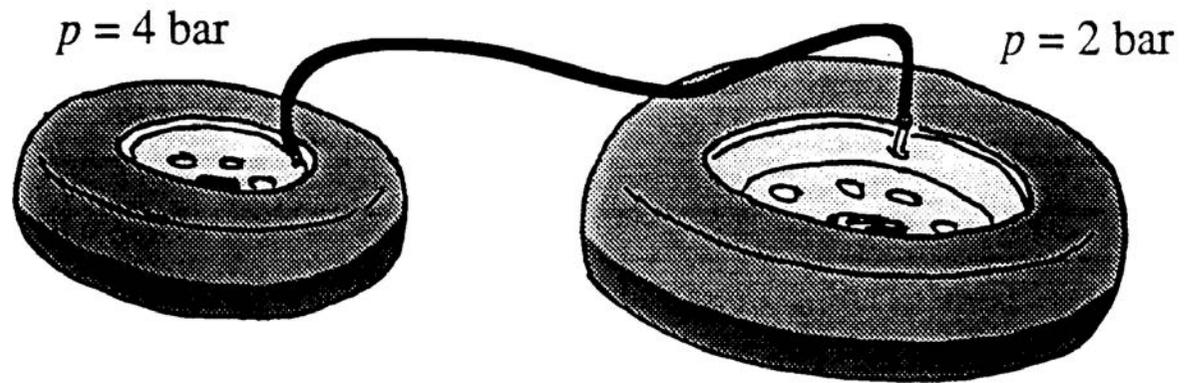
Auf der Kugel sitzt umso mehr elektrische Ladung
 – je größer sie ist;
 – je höher das elektrische Potenzial ist.



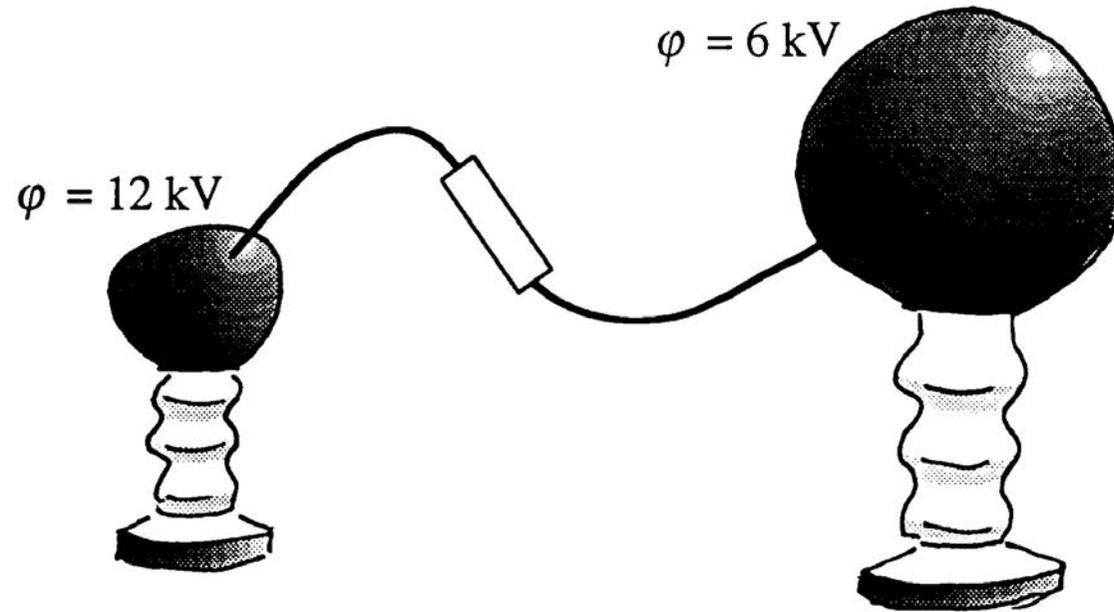
Ein Körper enthält umso mehr Impuls
 – je größer seine Masse ist;
 – je größer seine Geschwindigkeit ist.



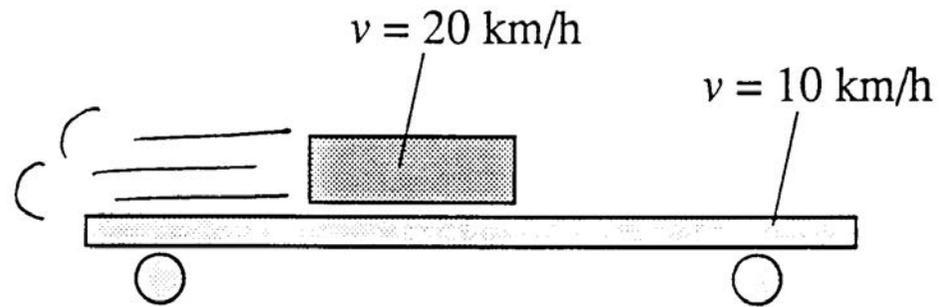
Ein Körper enthält umso mehr Entropie
 – je größer sein Volumen ist;
 – je höher seine Temperatur ist.



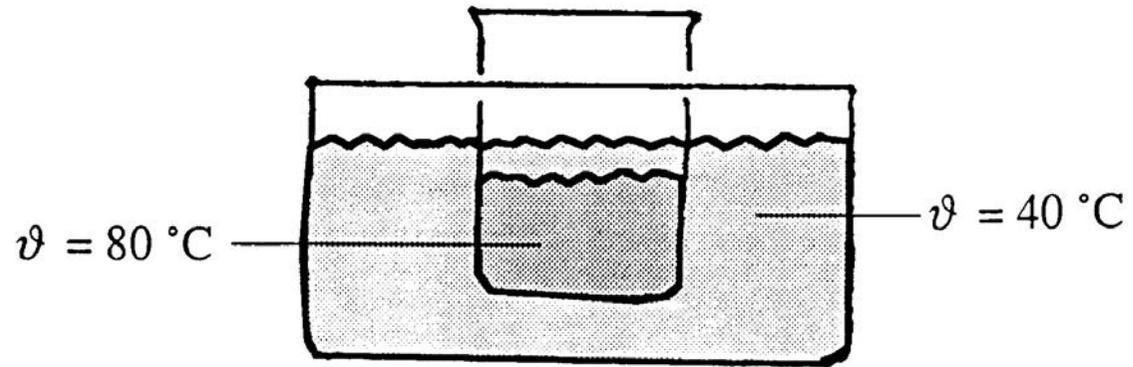
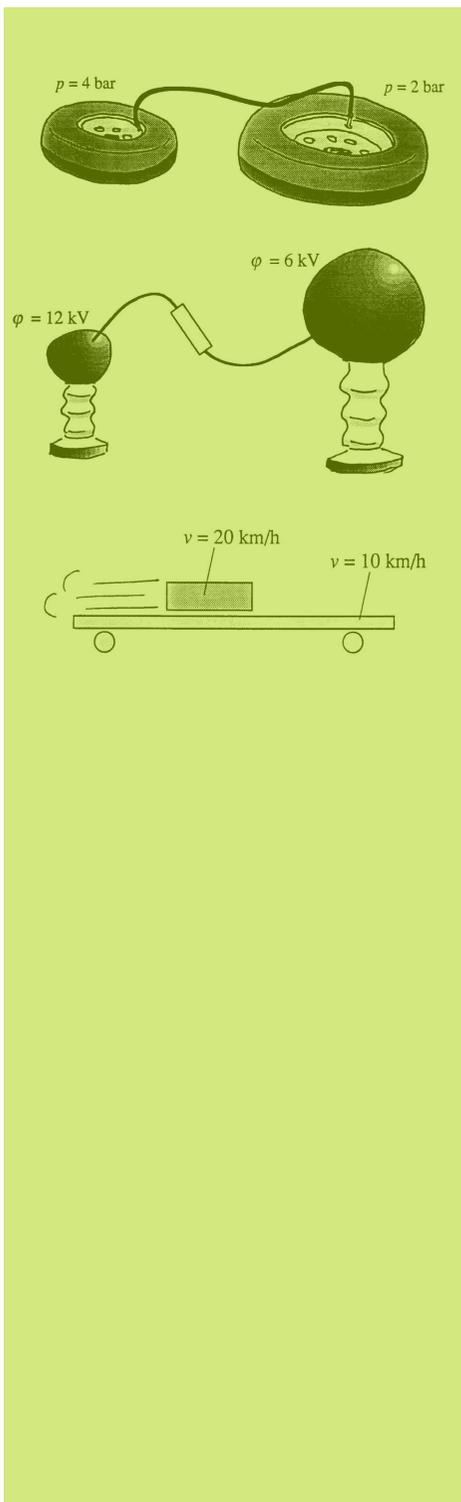
Luft strömt von selbst von Stellen höheren zu Stellen niedrigeren Drucks.



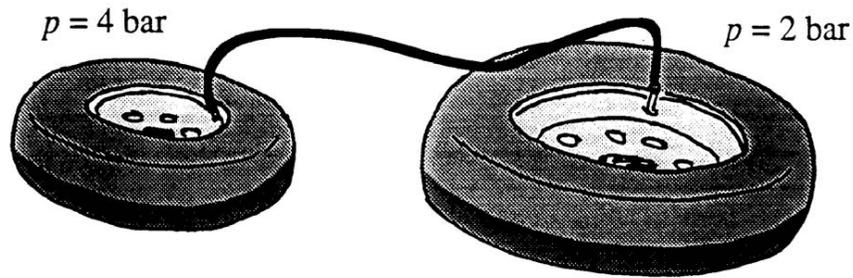
Elektrische Ladung strömt von selbst von Stellen höheren zu Stellen niedrigeren Potenzials.



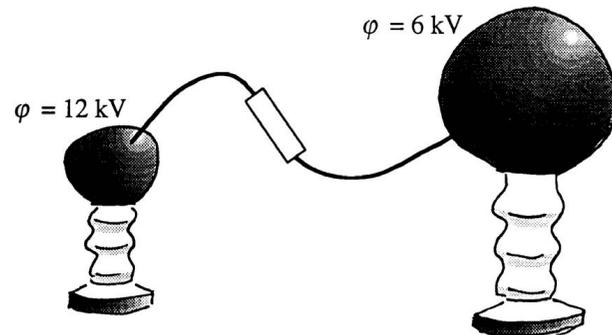
Impuls fließt von selbst von Körpern höherer zu Körpern niedrigerer Geschwindigkeit.



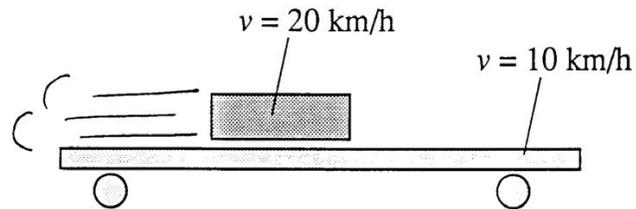
Entropie fließt von selbst von Stellen höherer zu Stellen niedrigerer Temperatur.



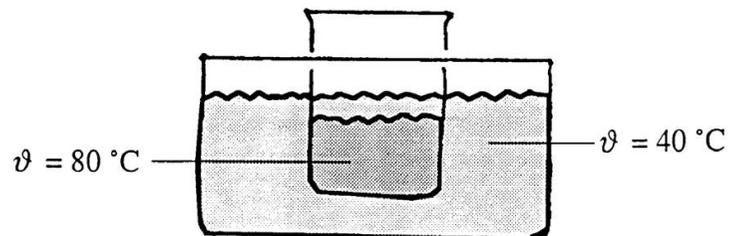
Luft strömt von selbst von Stellen höheren zu Stellen niedrigeren Drucks.



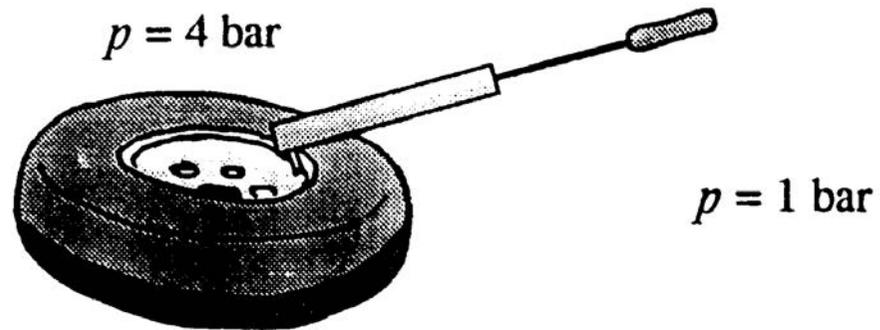
Elektrische Ladung strömt von selbst von Stellen höheren zu Stellen niedrigeren Potentials.



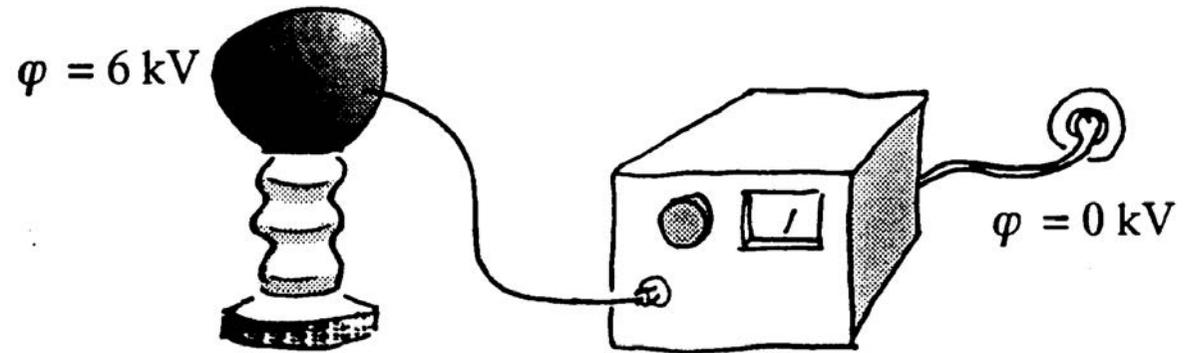
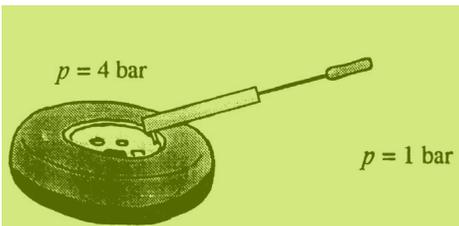
Impuls fließt von selbst von Körpern höherer zu Körpern niedrigerer Geschwindigkeit.



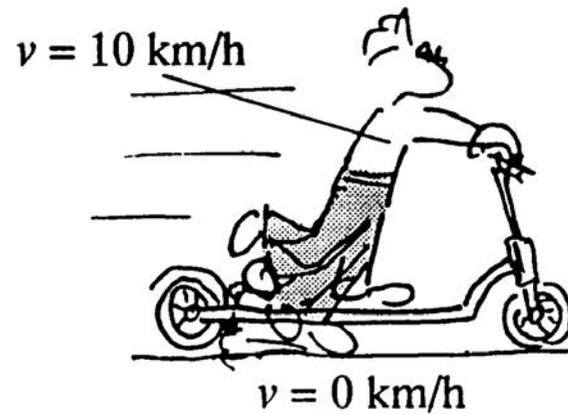
Entropie fließt von selbst von Stellen höherer zu Stellen niedrigerer Temperatur.



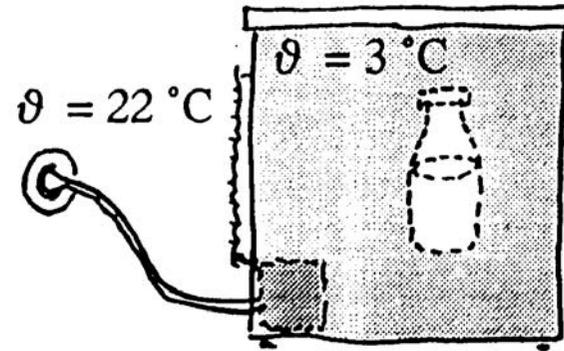
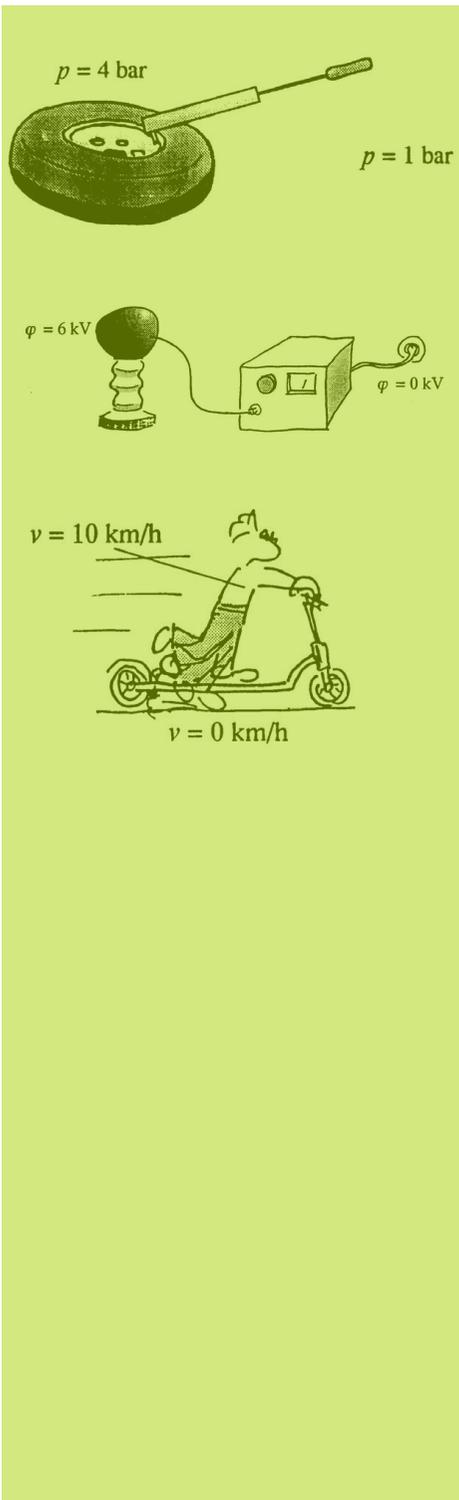
Um Luft von niedrigerem zu höherem Druck zu bringen, braucht man eine Luftpumpe.



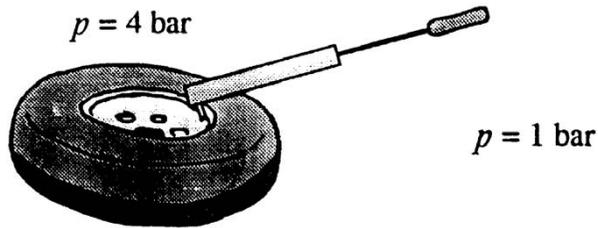
Um elektrische Ladung von niedrigerem zu höherem Potenzial zu bringen, braucht man eine “Elektrizitätspumpe” (Batterie, Generator).



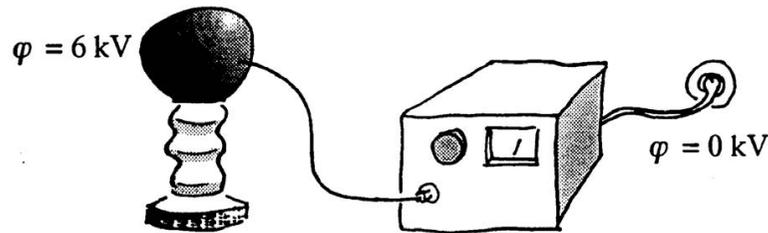
Um Impuls von niedrigerer zu höherer Geschwindigkeit zu bringen, braucht man eine "Impulspumpe" (Motor ...).



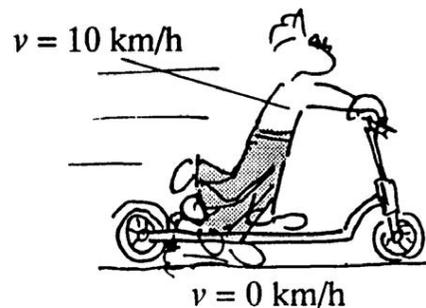
Um Entropie von niedrigerer zu höherer Temperatur zu bringen, braucht man eine “Entropiepumpe” (Wärmepumpe).



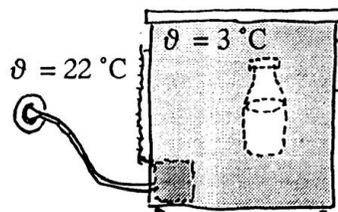
Um Luft von niedrigerem zu höherem Druck zu bringen, braucht man eine Luftpumpe.



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



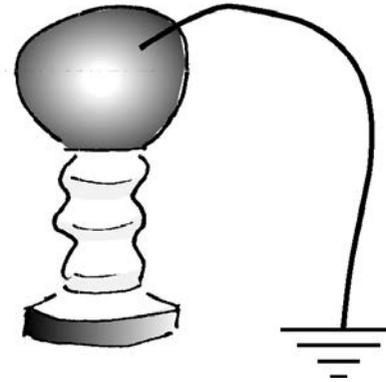
Um Impuls von niedrigerer zu höherer Geschwindigkeit zu bringen, braucht man eine "Impulspumpe" (Motor ...).



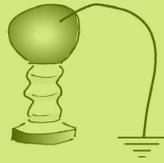
Um Entropie von niedrigerer zu höherer Temperatur zu bringen, braucht man eine "Entropiepumpe" (Wärmepumpe).



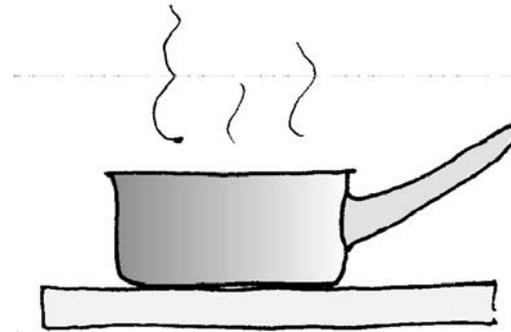
Wenn Luft in die Atmosphäre strömt, ändert sich deren Druck nicht, denn die Atmosphäre ist sehr groß.



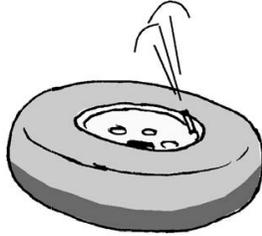
Wenn elektrische Ladung in die Erde abfließt, ändert sich deren Potenzial nicht, denn die Erde ist sehr groß.



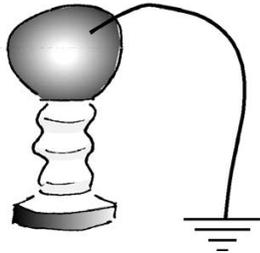
Wenn Impuls in die Erde abfließt, ändert sich deren Geschwindigkeit nicht, denn die Erde ist sehr groß.



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



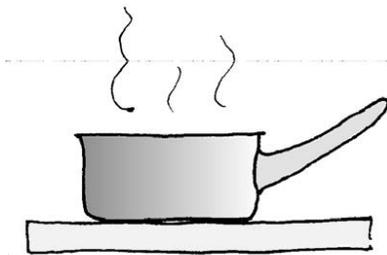
Wenn in die Atmosphäre strömt, ändert sich deren Druck nicht, denn die Atmosphäre ist sehr groß.



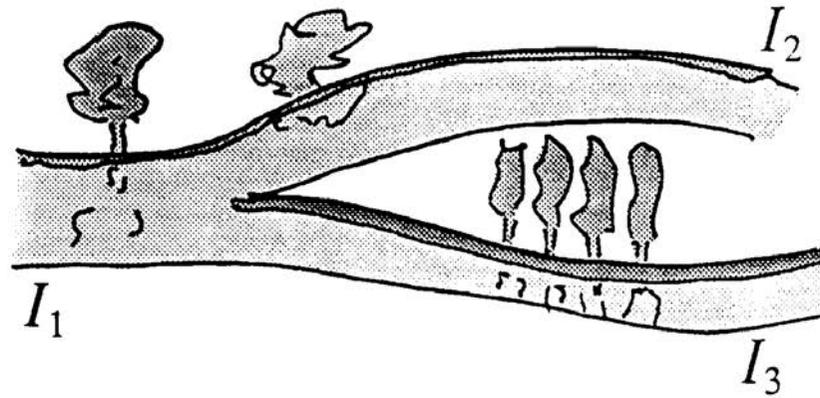
Wenn elektrische Ladung in die Erde abfließt, ändert sich deren Potenzial nicht, denn die Erde ist sehr groß.



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

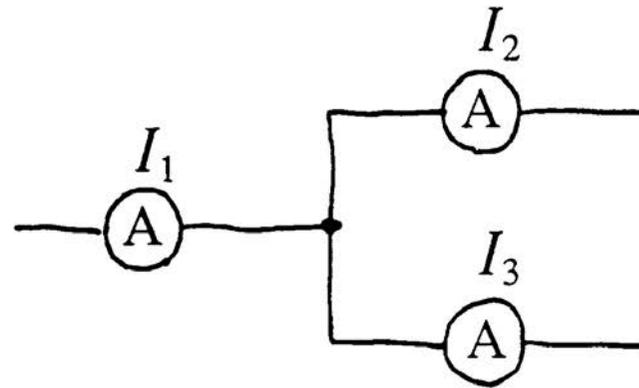
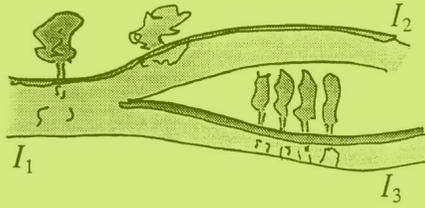


Wenn Entropie in die Umgebung abfließt, ändert sich deren Temperatur nicht, denn die Umgebung ist sehr groß.



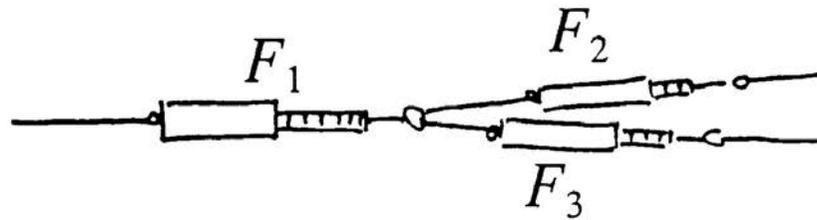
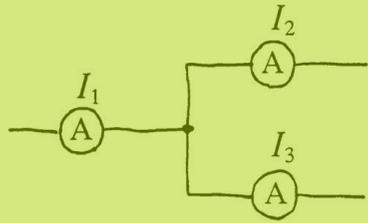
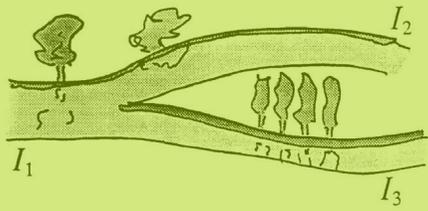
$$I_1 = I_2 + I_3$$

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



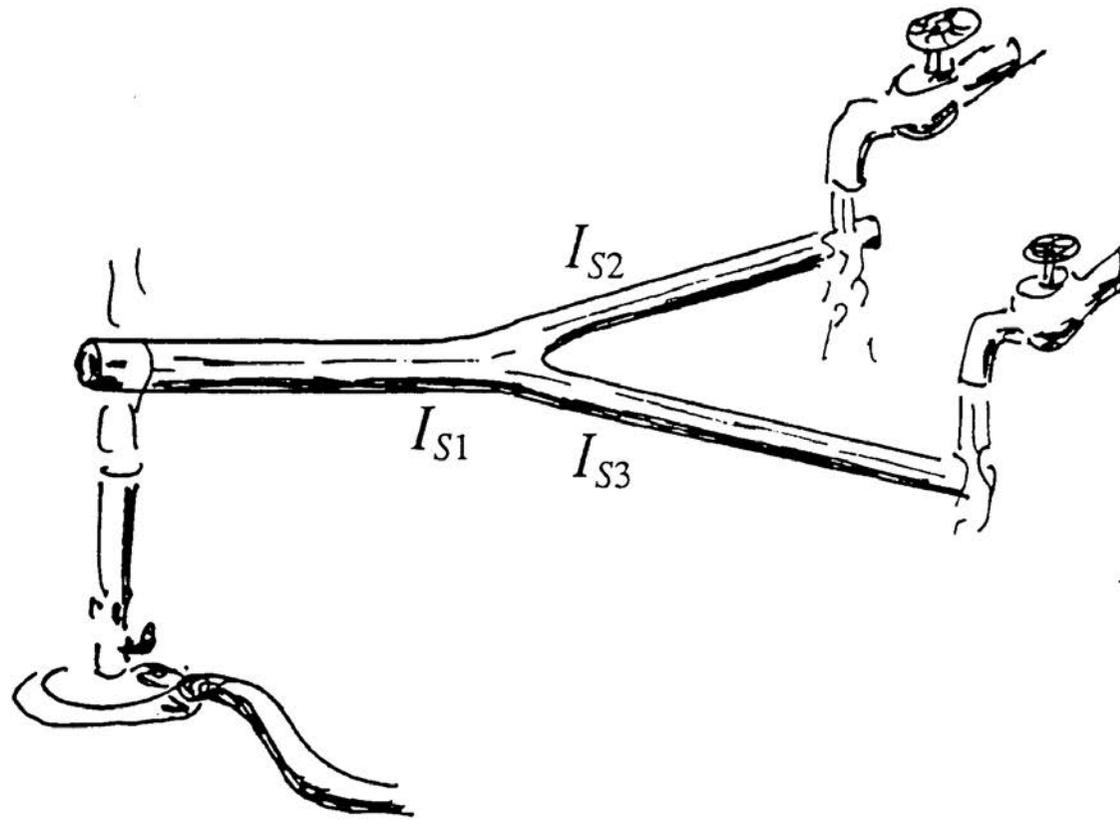
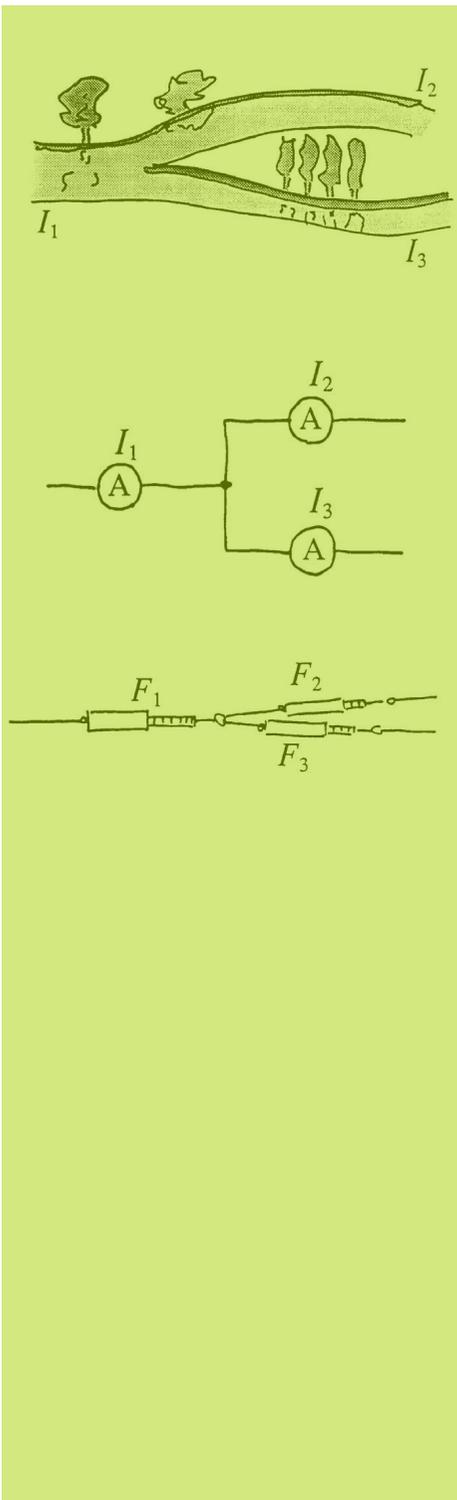
$$I_1 = I_2 + I_3$$

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



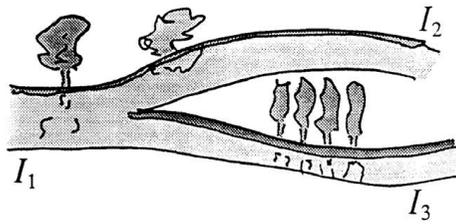
$$F_1 = F_2 + F_3$$

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



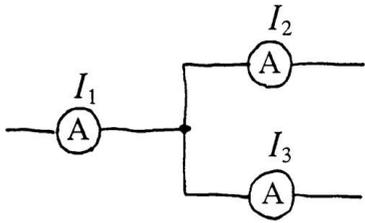
$$I_{S1} = I_{S2} + I_{S3}$$

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



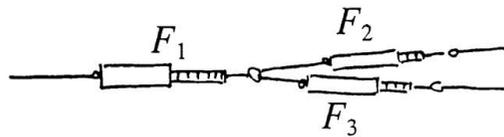
$$I_1 = I_2 + I_3$$

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



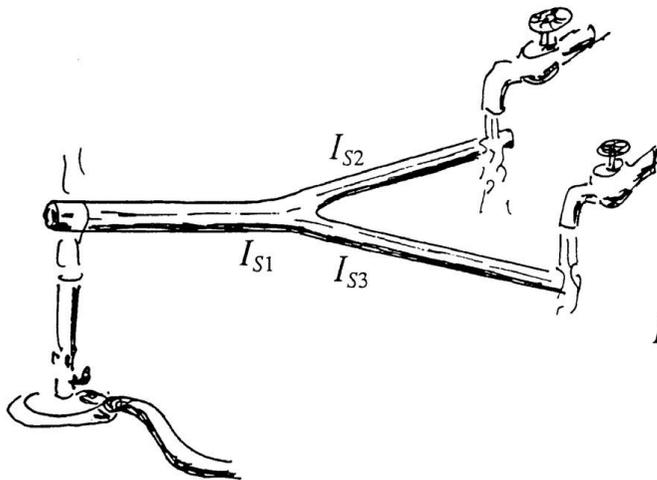
$$I_1 = I_2 + I_3$$

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.

Ladung, Impuls und Entropie im Lehrplan

Entropie

1
Akustische
Phänomene

2
Optische
Phänomene an
Grenzflächen

3
Thermische
Ausdehnung in
Experiment und
Modell

4
Dynamische
Phänomene

5
Atombau und
ionisierende
Strahlung

6
Spannung und
Induktion

7
Kosmos
und
Forschung

8
Wärmetrans-
porte und ihre
Beeinflussung

9
Gesetzmäßig-
keiten im
elektrischen
Stromkreis

10
Energiebilan-
zen und
Wirkungsgrade

11
Sensoren im
Alltag

12
Praxis und
Forschung

Impuls

1
Akustische
Phänomene

2
Optische
Phänomene an
Grenzflächen

3
Thermische
Ausdehnung in
Experiment und
Modell

4
Dynamische
Phänomene

5
Atombau und
ionisierende
Strahlung

6
Spannung und
Induktion

7
Kosmos
und
Forschung

8
Wärmetrans-
porte und ihre
Beeinflussung

9
Gesetzmäßig-
keiten im
elektrischen
Stromkreis

10
Energiebilan-
zen und
Wirkungsgrade

11
Sensoren im
Alltag

12
Praxis und
Forschung

Elektrizität

1
Akustische
Phänomene

2
Optische
Phänomene an
Grenzflächen

3
Thermische
Ausdehnung in
Experiment und
Modell

4
Dynamische
Phänomene

5
Atombau und
ionisierende
Strahlung

6
Spannung und
Induktion

7
Kosmos
und
Forschung

8
Wärmetrans-
porte und ihre
Beeinflussung

9
Gesetzmäßig-
keiten im
elektrischen
Stromkreis

10
Energiebilan-
zen und
Wirkungsgrade

11
Sensoren im
Alltag

12
Praxis und
Forschung

**Danke für Ihre
Aufmerksamkeit**