

Chemische Reaktionen

- physikalisch
beschrieben



M. Seitz, M. Steinbrenner und P. Zachmann

- 1. Einleitung**
- 2. Der Antrieb chemischer Reaktionen**
- 3. Umsatz und Umsatzrate**
- 4. Wovon die Umsatzrate abhängt**
- 5. Reaktionspumpen und ihre Umkehrung**
- 6. Die Messung des chemischen Potentials**

1. Einleitung

MNU-Empfehlungen zur Entwicklung von Bildungsstandards:

... Allgemein gefordert wird eine Vernetzung der drei (naturwissenschaftlichen) Fächer durch die Einbeziehung **fachübergreifender Elemente** in den Fachunterricht.

Halbleiterdiode

1. Einleitung

Bildungsplan 2004

Leitgedanken zum Kompetenzerwerb für **Naturwissenschaften** – Didaktische Grundsätze

... Wichtig ist, in allen naturwissenschaftlichen Fächern eine übereinstimmende Begrifflichkeit zu verwenden.

Bildungsstandards für **Chemie**

Kurstufe (4h):

1. Chemische Energetik

(2h):

4. Elektrische Energie und Chemie

Klasse 10:

3. Chemische Reaktionen

chemische Reaktionen unter stofflichen und energetischen Aspekten erläutern

1. Einleitung

Bildungsplan 2004

Bildungsstandards für **Physik**

Kl. 8, 10, 12: 9. Strukturen und Analogien

Die Schülerinnen und Schüler erkennen weitere Strukturen und Analogien und können mit den bisher schon bekannten komplexere Fragestellungen behandeln.

Inhalte:

- Energiespeicher, Energietransporte
- Strom, Antrieb (Ursache) und Widerstand

10. Naturersch. und technische Anwendungen z.B. Solarzelle, Brennstoffzelle

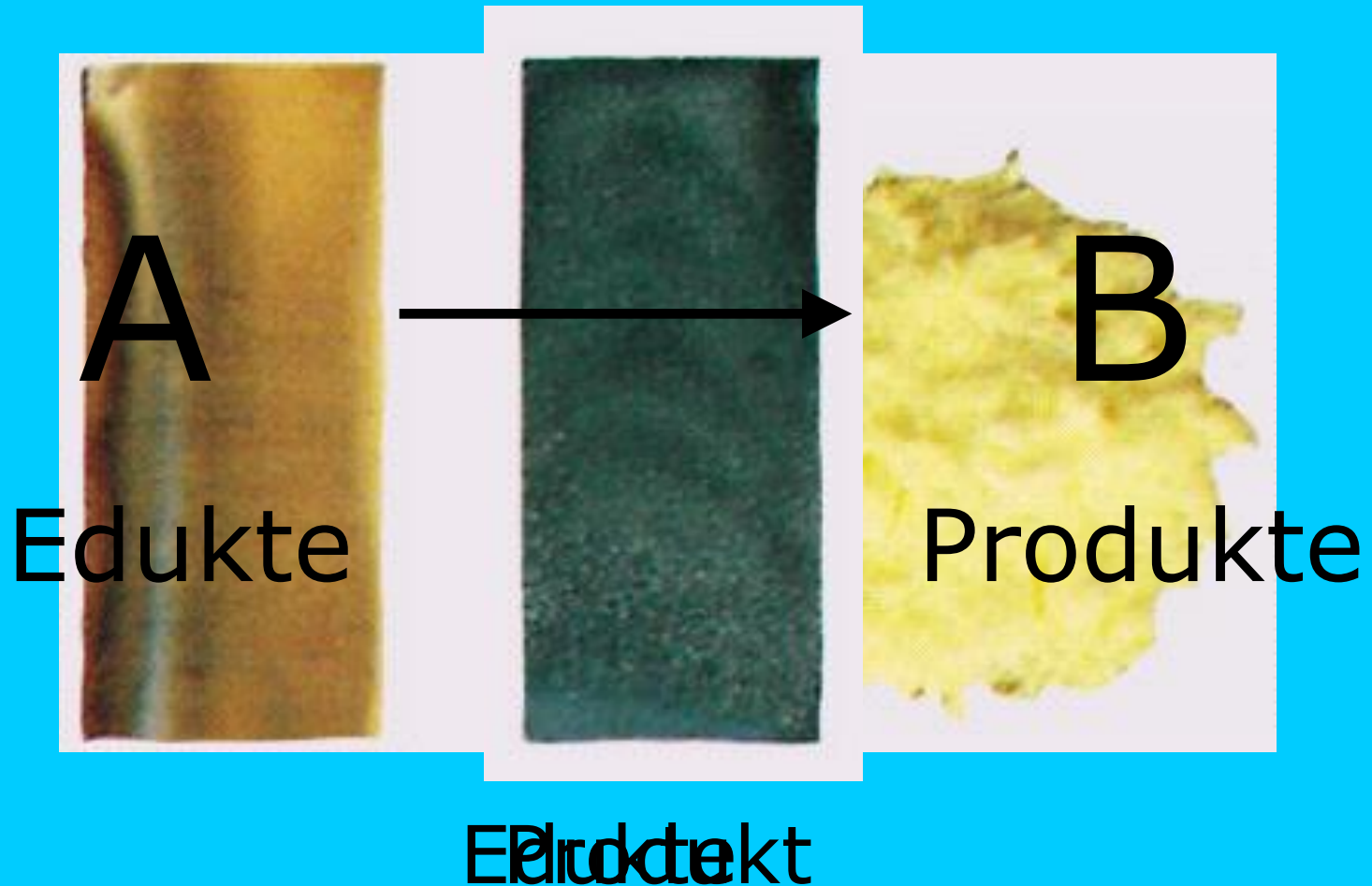
Bildungsstandards für **Naturwissenschaft u. Technik**

Klasse 10: 1. Prinzipien

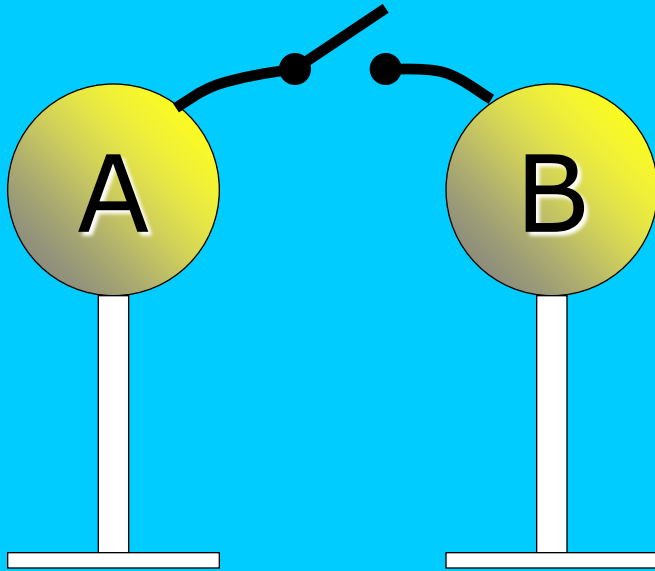
- Stoff-, Energie- und Informationsstrom
- Energieträger – Energiespeicher – Energiestrom
- Entropieerzeugung

2. Der Antrieb chemischer Reaktionen

Chemische Reaktionen



2. Der Antrieb chemischer Reaktionen



Elektrizitätslehre:

Ist das **elektrische Potenzial** an der Stelle A größer als an der Stelle B, so kann **Elektrizität von A nach B fließen**.

Chemie:

Ist das **chemische Potenzial** der Stoffkombination A größer als das der Stoffkombination B, so kann sich A in B umwandeln.

(„A verschwindet, B entsteht“)

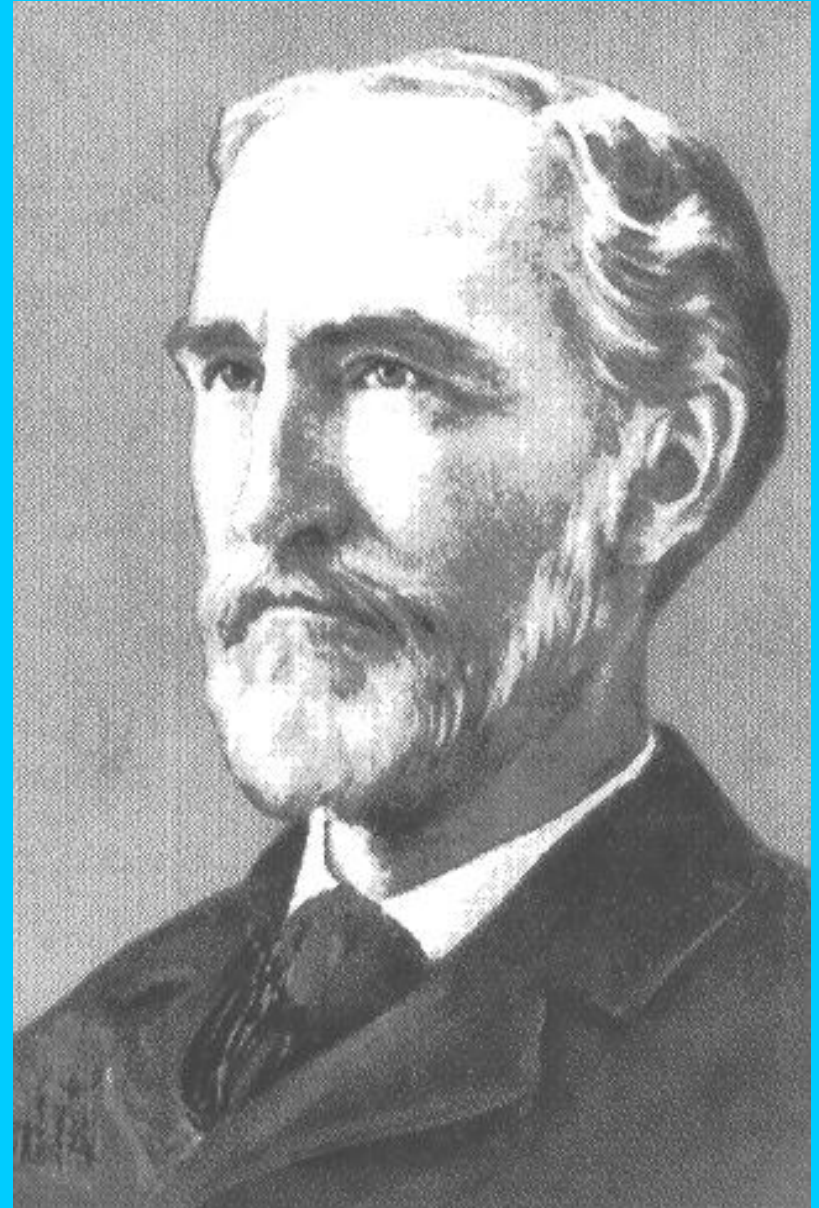
2. Der Antrieb chemischer Reaktionen

Chemisches Potenzial

Symbol : μ

Einheit: 1 G (Gibbs)

2. Der Antrieb chemischer Reaktionen

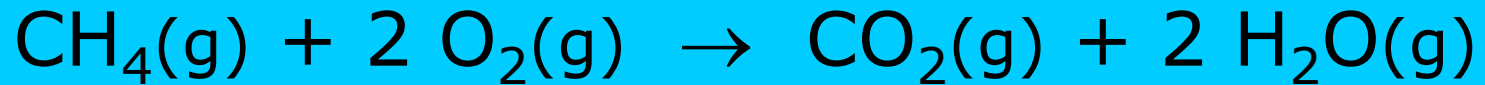


Josiah Willard Gibbs

(1839 – 1903)

2. Der Antrieb chemischer Reaktionen

Beispiel: Die Verbrennung von Methan



Stoffkombination A

Stoffkombination B

$$\mu(\text{A}) = \mu(\text{CH}_4) + 2 \cdot \mu(\text{O}_2) = -50,81 \text{ kG} + 2 \cdot 0 \text{ kG} = -50,81 \text{ kG}$$

$$\begin{aligned} \mu(\text{B}) &= \mu(\text{CO}_2) + 2 \cdot \mu(\text{H}_2\text{O}) = -394,36 \text{ kG} + 2 \cdot (-228,59 \text{ kG}) \\ &= -851,54 \text{ kG} \end{aligned}$$

$$\text{oder } \Delta\mu = \mu(\text{A}) - \mu(\text{B}) = 800,73 \text{ kG}$$

2. Der Antrieb chemischer Reaktionen

Allgemein gilt:

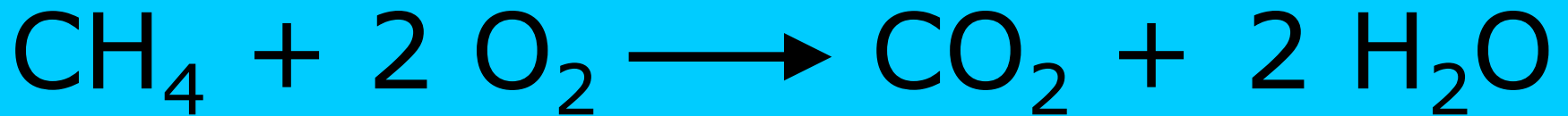
$\mu(A) > \mu(B)$ oder $\Delta\mu > 0$:

A verschwindet, B entsteht

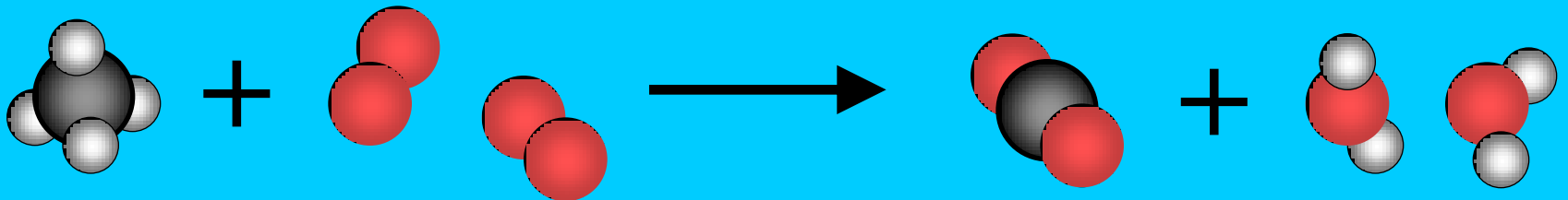


3. Umsatz und Umsatzrate

Quantitative Beschreibung



1 **CH₄** + 2 **O₂** reagieren zu 1 **CO₂** + 2 **H₂O**
-Molekül -Moleküle -Molekül -Moleküle



Elementarreaktion

3. Umsatz und Umsatzrate

Quantitative Beschreibung

$6,02 \cdot 10^{23}$ Elementarreaktionen: **$n(\mathbf{R}) = 1 \text{ mol}$**
der **Umsatz der Reaktion** beträgt **1 mol**

$12,04 \cdot 10^{23}$ Elementarreaktionen: **$n(\mathbf{R}) = 2 \text{ mol}$**

„Formelumsatz“, „Reaktionslaufzahl“, „Umsatzvariable“ ξ

3. Umsatz und Umsatzrate



3. Umsatz und Umsatzrate

Quantitative Beschreibung

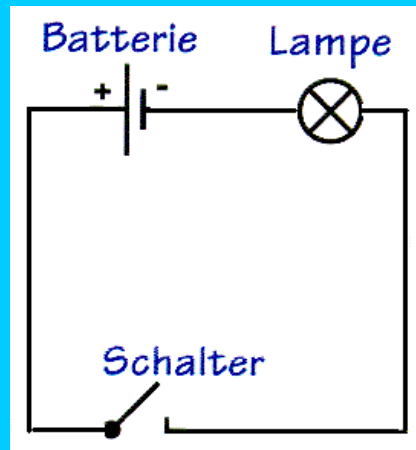
Umsatz pro Zeiteinheit =

$$\text{Umsatzrate } I_{n(R)} = \frac{n(R)}{t}$$

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{strömende mengenartige Größe}}{\text{Zeiteinheit } t}$$

4. Wovon die Umsatzrate abhängt

Von welchen Größen hängt die elektrische Stromstärke ab?



Die Stromstärke ist umso größer, je größer die elektrische Spannung der Batterie ist.

4. Wovon die Umsatzrate abhängt

„Übersetzung in die Chemie“:

Elektrische Stromstärke - Umsatzrate

Elektrische Spannung - chemische Spannung $\Delta\mu$

Vermutung:

Die Umsatzrate ist umso größer, je größer die chemische Spannung ist.

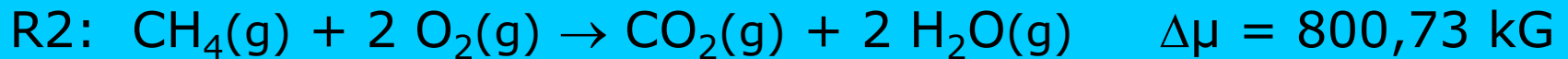
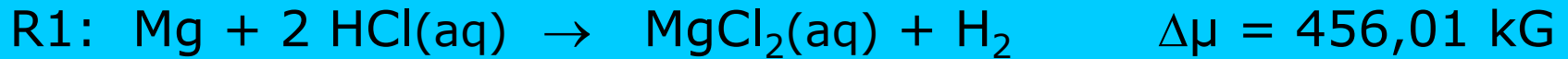
4. Wovon die Umsatzrate abhängt

Experiment:

	Umsatzrate	$\Delta\mu$
$\text{Mg} + 2 \text{HCl}_{\text{aq}} \rightarrow \text{MgCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2$	groß	456,01 kG
$\text{Zn} + 2 \text{HCl}_{\text{aq}} \rightarrow \text{ZnCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2$	mittel	147,03 kG
$\text{Cu} + 2 \text{HCl}_{\text{aq}} \rightarrow \text{CuCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2$	0	- 65,52 kG

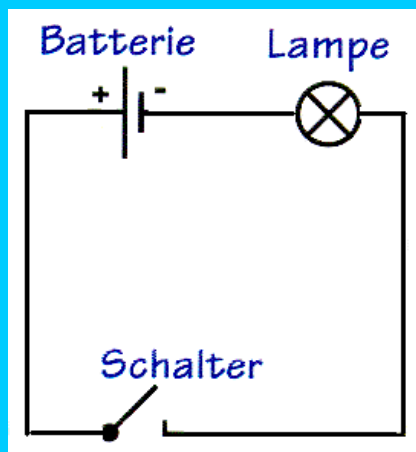
Die Umsatzrate ist umso größer, je größer die chemische Spannung ist.

4. Wovon die Umsatzrate abhängt



Problem:

Reaktion R1 läuft nach dem Zusammenbringen der Stoffe mit höherer Umsatzrate ab als R2, obwohl $\Delta\mu(\text{R1}) < \Delta\mu(\text{R2})$ ist.

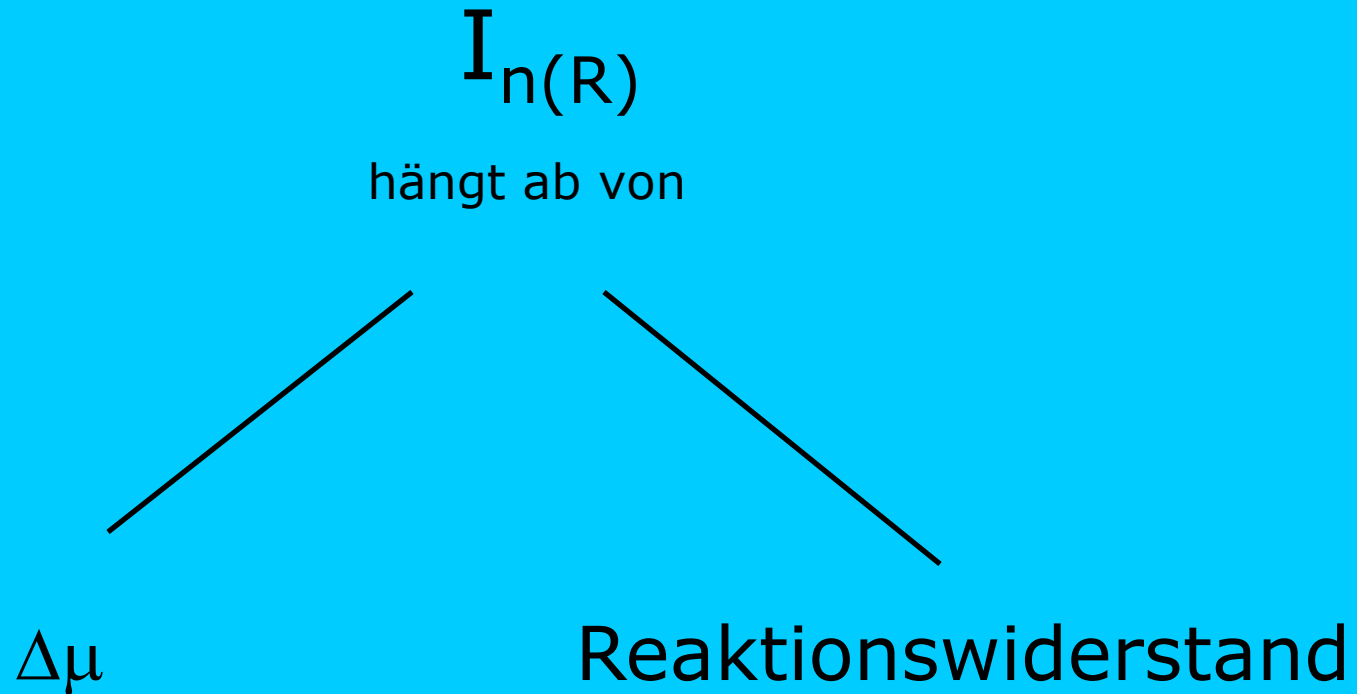


Umsatzrate - elektrische Stromstärke

chemische Spannung - elektrische Spannung

Die elektrische Stromstärke hängt nicht nur von der Spannung ab, sondern auch von dem Widerstand.

4. Wovon die Umsatzrate abhängt



4. Wovon die Umsatzrate abhängt

Den Widerstand einer Reaktion kann man verringern durch

- zusammenbringen
- zermahlen und vermischen
- Temperatur erhöhen



- einen Katalysator



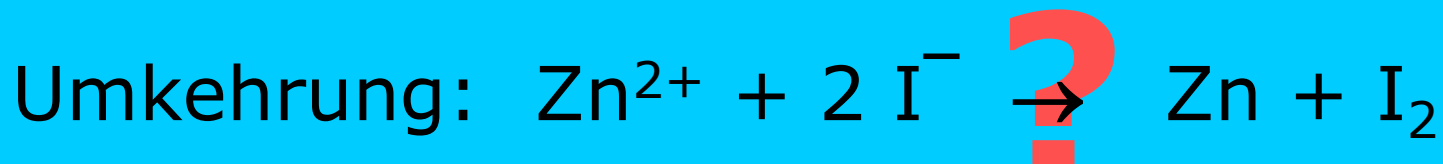
5. Reaktionspumpen und ihre Umkehrung

V1: Zu einer Iodlösung wird Zink gegeben

B: Die Braunfärbung verschwindet

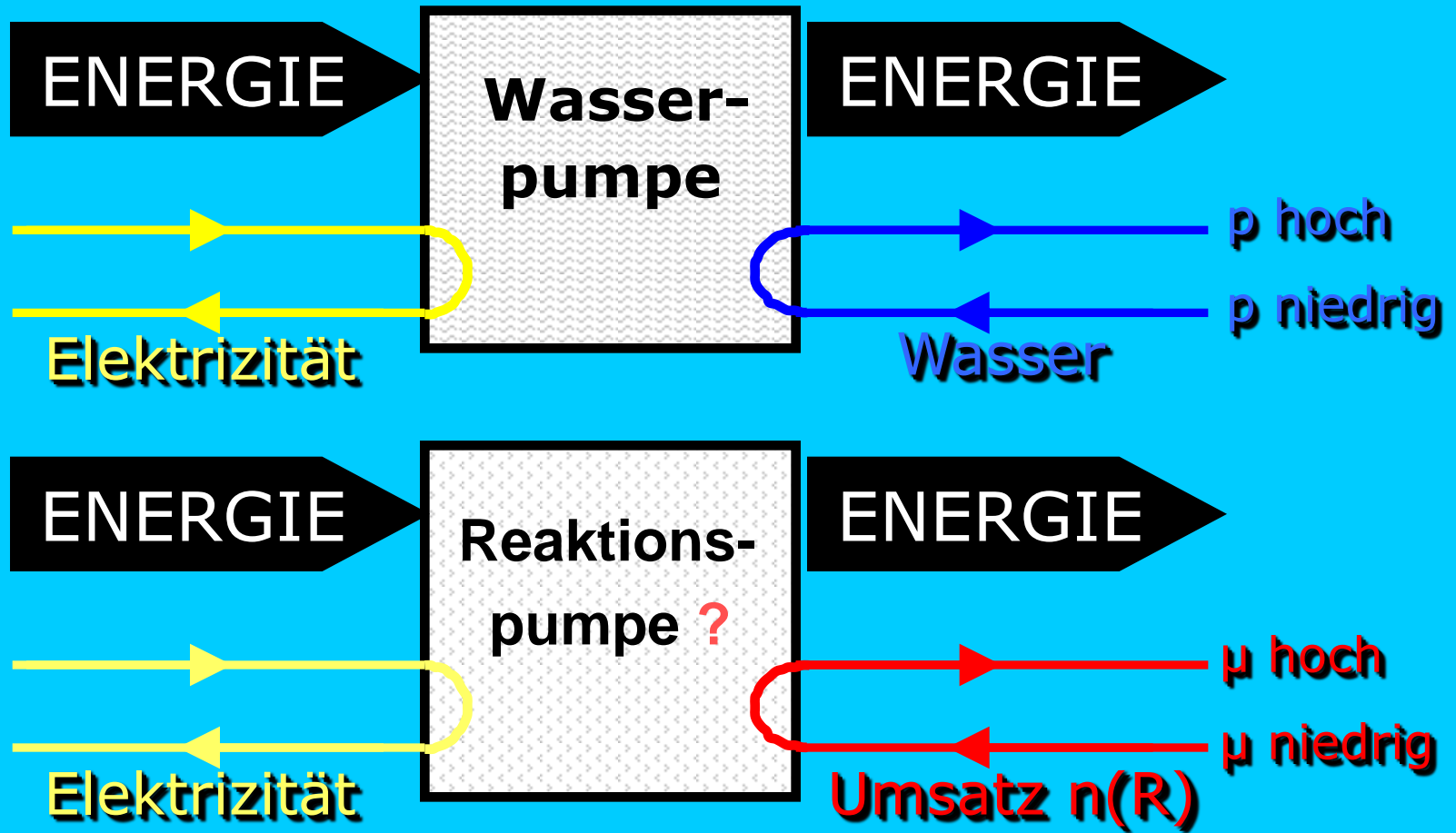


$$\underbrace{\mu(\text{Zn}) + \mu(\text{I}_2)}_{0 \text{ kG}} > \underbrace{\mu(\text{ZnI}_2(\text{aq}))}_{-250,21 \text{ kG}}$$



5. Reaktionspumpen und ihre Umkehrung

Pumpe



5. Reaktionspumpen und ihre Umkehrung

V2: Elektrolyse einer Zinkiodidlösung

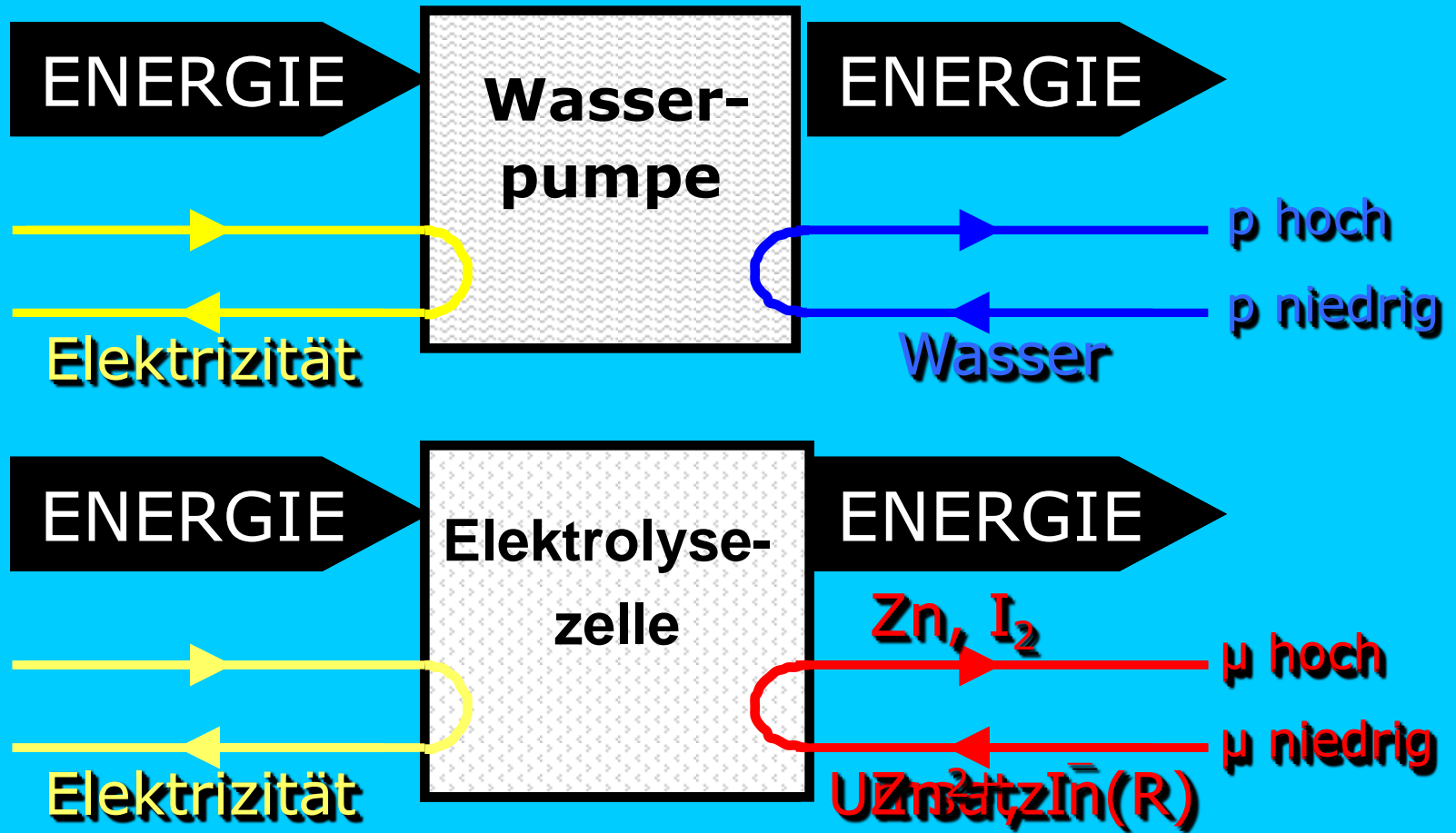
B: Minus-Pol: grauer Belag
Plus-Pol: braune Schlieren

D: Minus-Pol: $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{e}^{-} \rightarrow \text{Zn}$
Plus-Pol: $2 \text{I}^{-} \rightarrow \text{I}_2 + 2 \text{e}^{-}$

Gesamtreaktion: $\text{Zn}^{2+} + 2 \text{I}^{-} \rightarrow \text{Zn} + \text{I}_2$

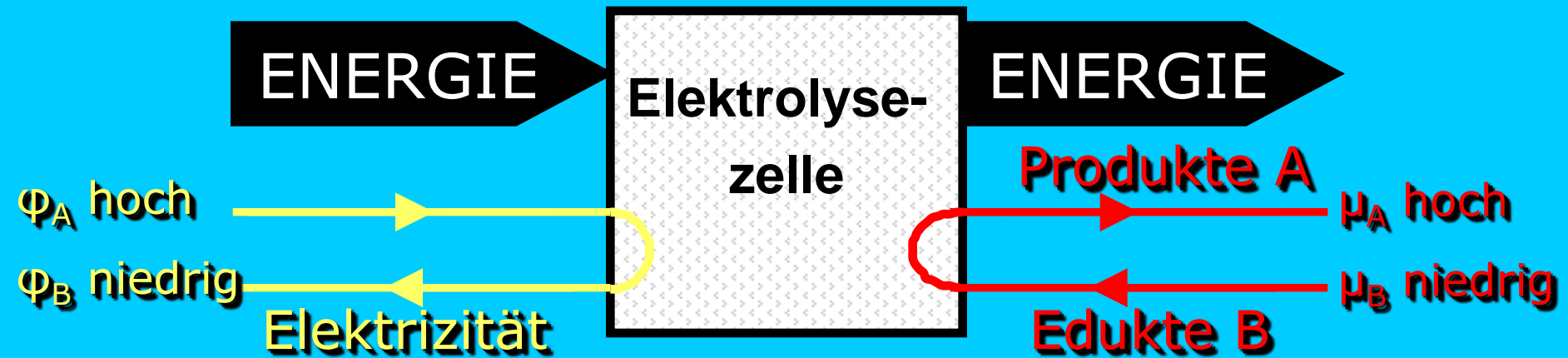
5. Reaktionspumpen und ihre Umkehrung

Pumpe



5. Reaktionspumpen und ihre Umkehrung

Energiebilanz



$$P = (\varphi_A - \varphi_B) \cdot I$$
$$= U \cdot I$$

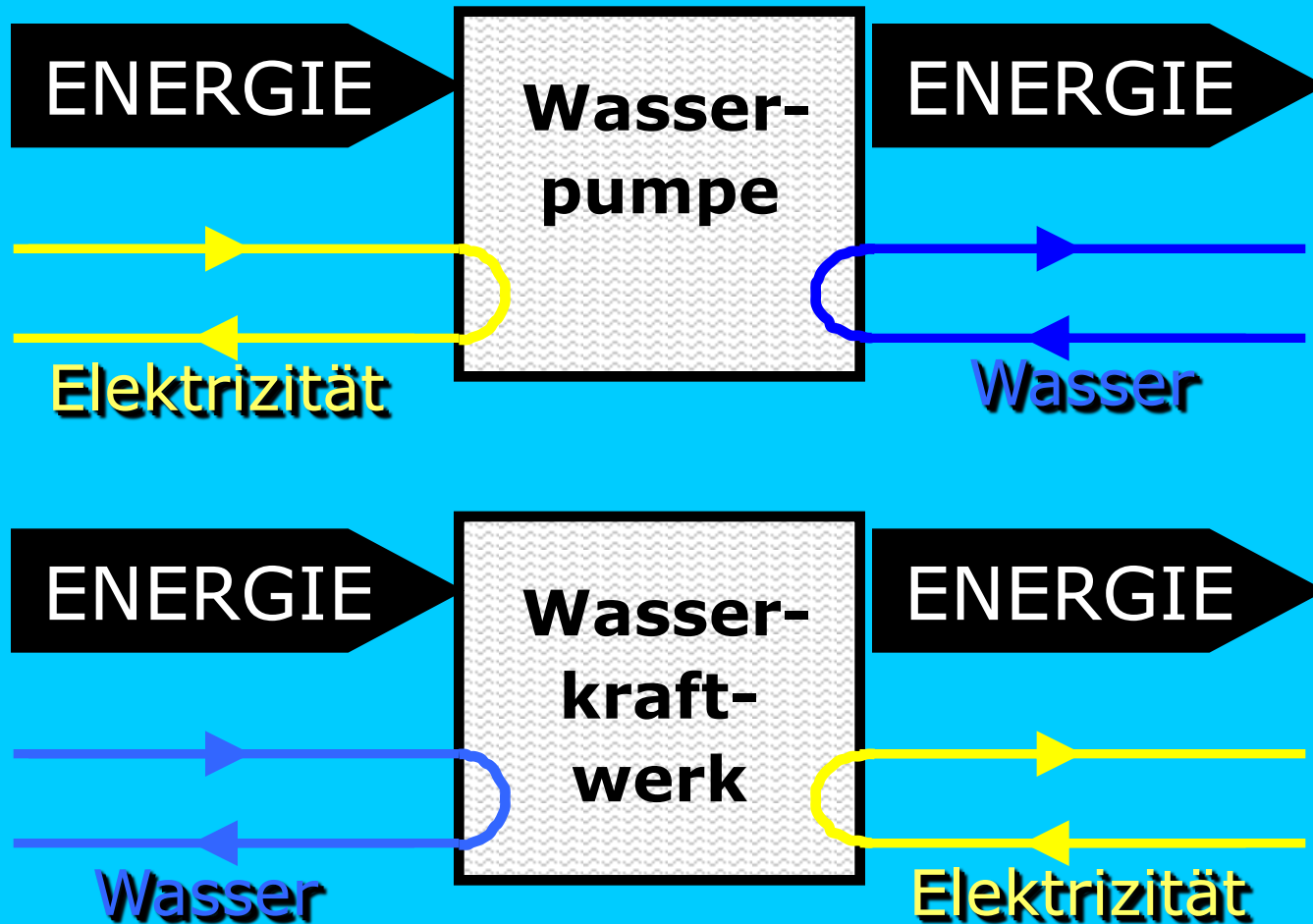
$$E = U \cdot Q$$

$$P = (\mu_A - \mu_B) \cdot I_{n(R)}$$
$$= \Delta\mu \cdot I_{n(R)}$$

$$E = \Delta\mu \cdot n(R)$$

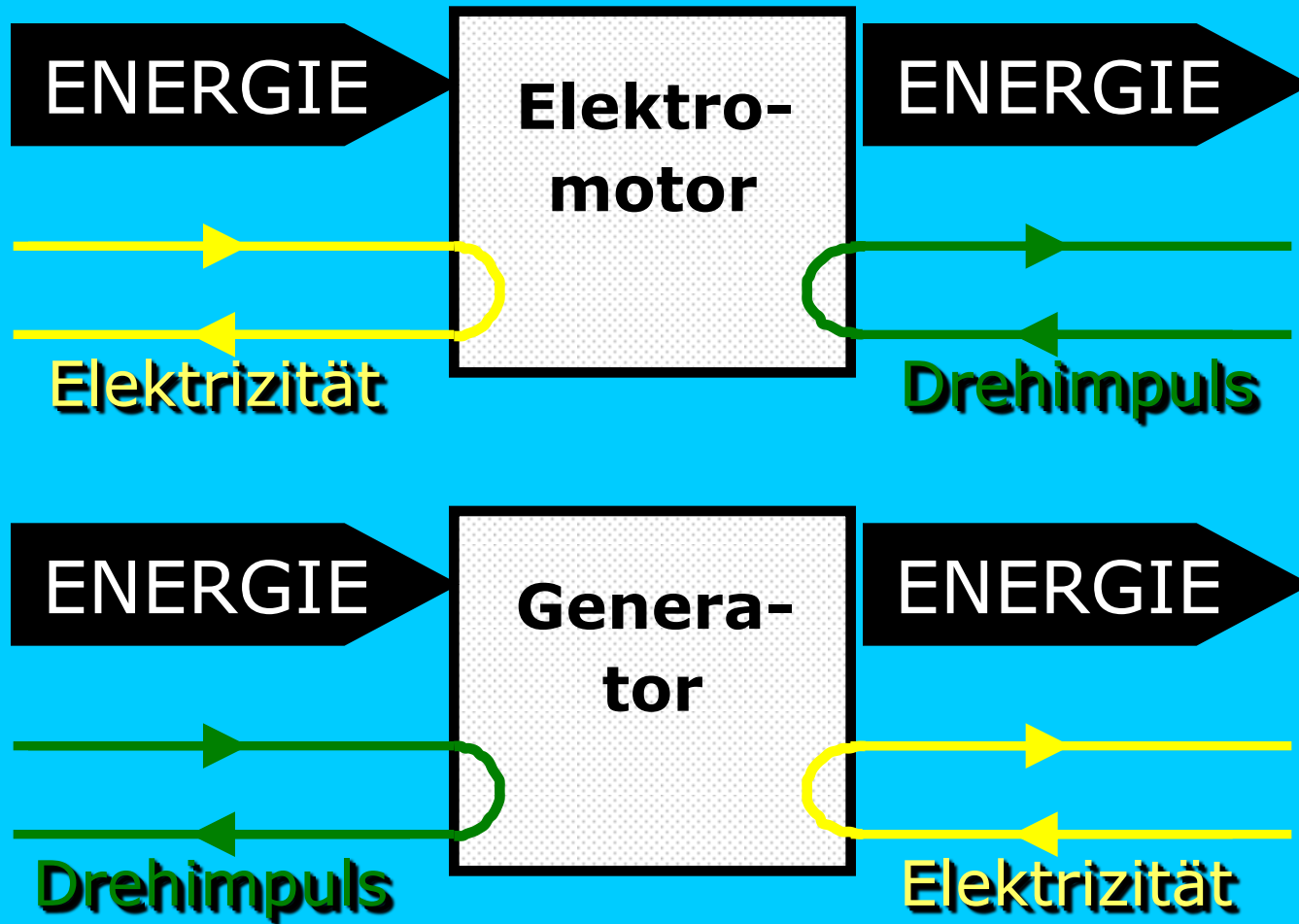
5. Reaktionspumpen und ihre Umkehrung

Umkehrung



5. Reaktionspumpen und ihre Umkehrung

Umkehrung

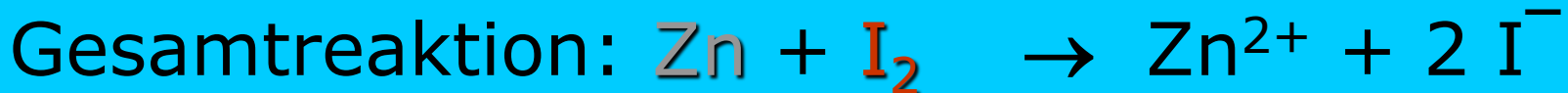
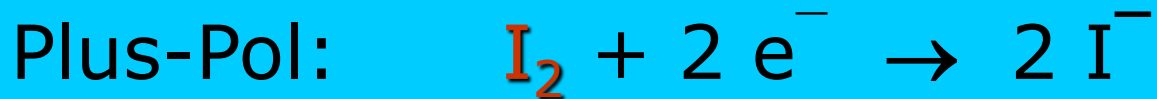


5. Reaktionspumpen und ihre Umkehrung

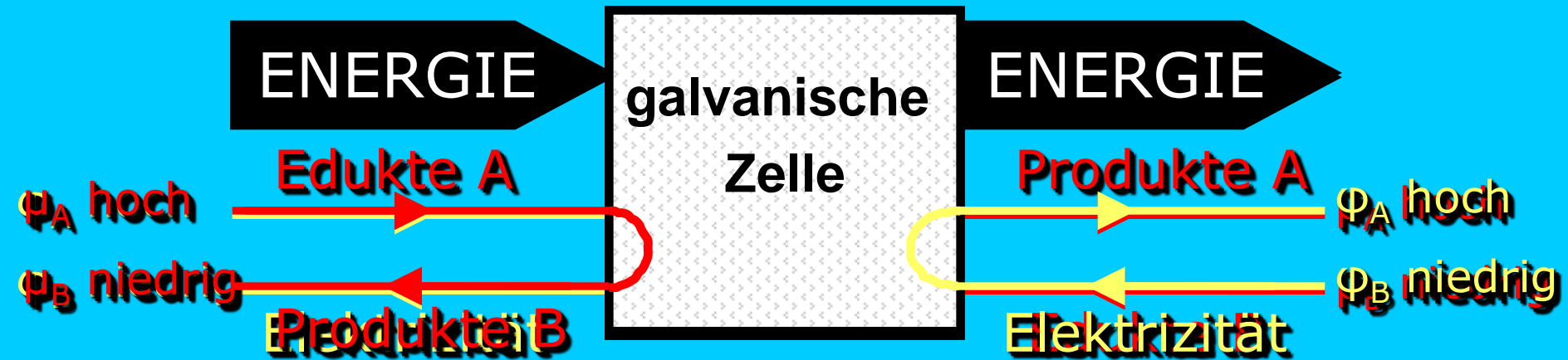
V3: Austausch Netzgerät → Elektromotor

B: Motor läuft

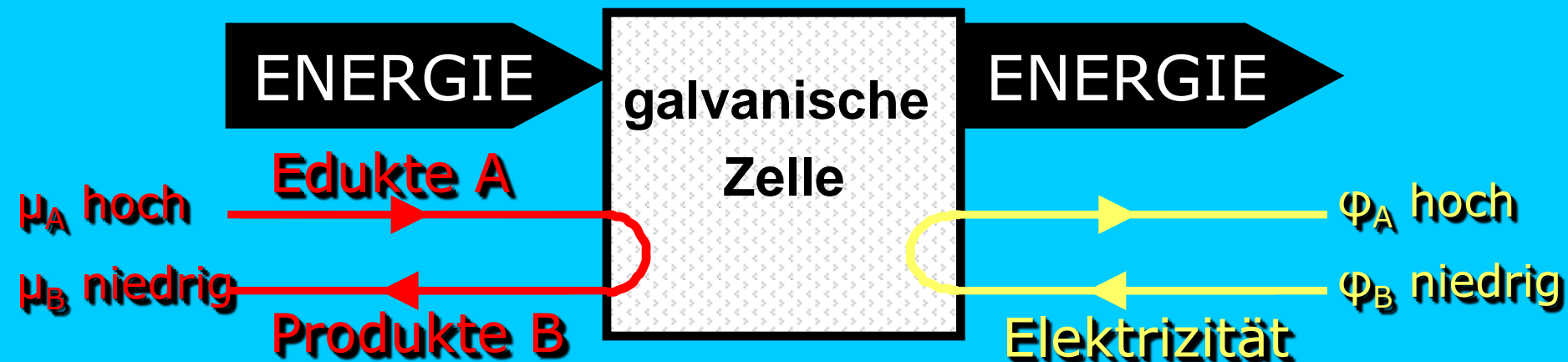
el. Strom fließt in umgekehrter Richtung



Umkehrung der Pumpe



6. Die Messung des chemischen Potentials



$$E_{\text{hinein}} = E_{\text{heraus}}$$

$$\Delta\mu \cdot n(\text{R}) = U \cdot Q$$

$$\Delta\mu = \frac{U \cdot Q}{n(\text{R})}$$

6. Die Messung des chemischen Potentials



für $n(R) = 1 \text{ mol}$ gilt:

$$Q = 2 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} = 193 \text{ kC}$$

also:

$$\Delta\mu = \frac{1,3 \text{ V} \cdot 193 \text{ kC}}{1 \text{ mol}} = 251 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} = 251 \text{ kG}$$

$$251 \text{ kG} = \underbrace{\mu(\mathbf{Zn}) + \mu(\mathbf{I_2})}_{0 \text{ kG}} - \mu(\mathbf{ZnI_2 (aq)})$$

$$\mu(\mathbf{ZnI_2(aq)}) = -251 \text{ kG}$$