

Elektrophorese/Elektroosmose

Physikalische Chemie III

Elektrochemie

Ein Vortrag von Uta Frank und Ben Albold

Überblick

- Begriffserklärung
- Elektrophorese
 - Das elektrische Feld
 - Die elektrische Feldstärke
 - Kraft in einem elektrischem Feld
- Elektroosmose
 - Die elektrochemische Doppelschicht
- Anwendungsbereiche

Elektrophorese

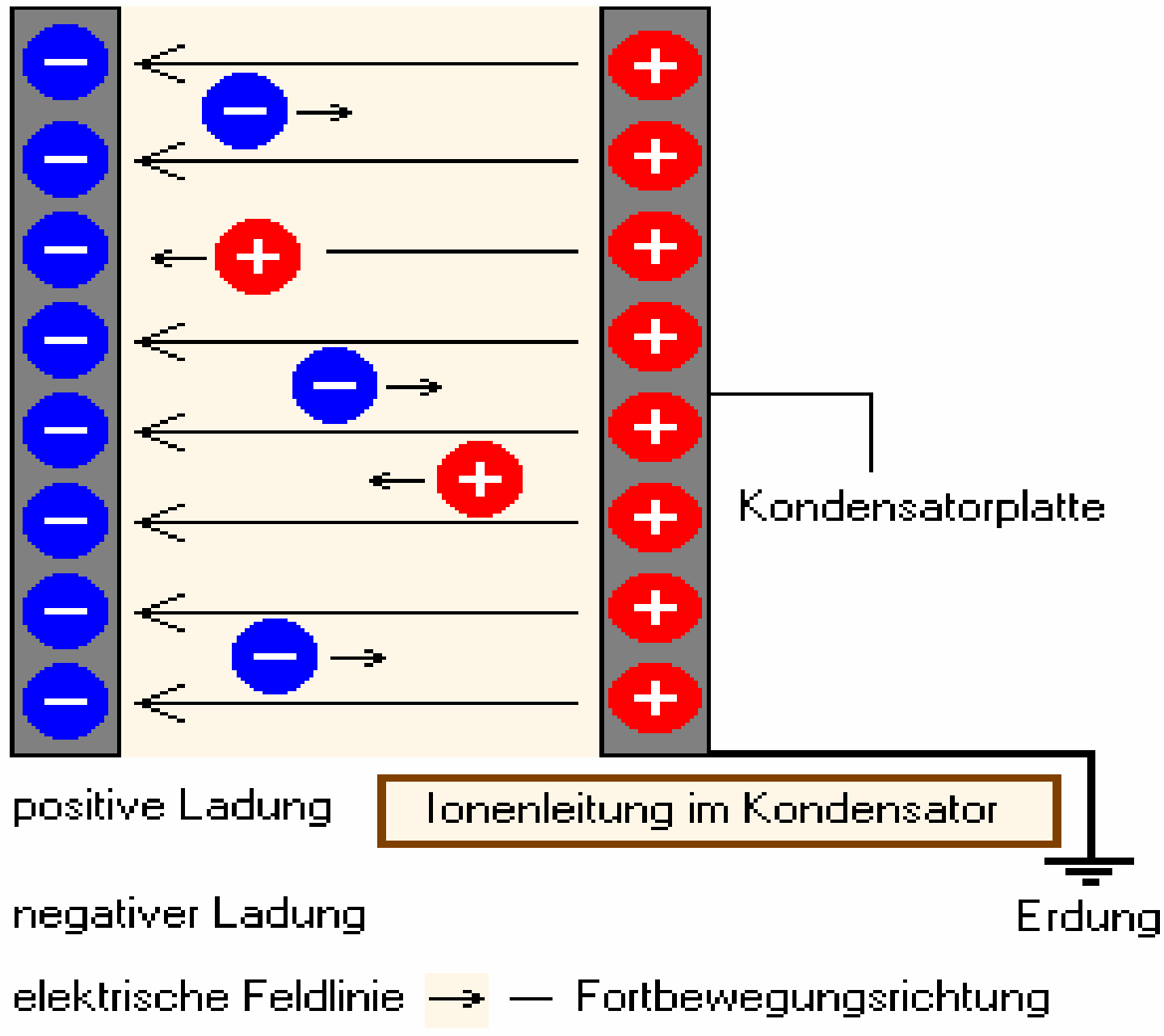
- gr. phoresis: das Tragen
- *Wanderung elektrisch geladener Teilchen in einer Lösung unter Einfluss eines elektrischen Feldes*

Elektroosmose

- *Wanderung einer Elektrolytflüssigkeit relativ zu einer geladenen Oberfläche durch ein angelegtes elektrisches Feld*
- Prinzip: Zwei-Phasen-System
→ stationäre feste Phase (Kapillare) und beweglicher flüssiger Phase (Elektrolyt)
- Entstehung einer Doppelschicht

Das elektrische Feld

- Raum zwischen zwei ungleich geladenen Teilchen
- Kraftauswirkung auf elektrische Ladungen
- Kraft/Richtung durch Feldlinien dargestellt
- Feldlinien verlaufend von plus nach minus



Die elektrische Feldstärke

- Homogenes elektrische Feld \rightarrow Feldstärke überall gleich groß
- Höhe der Feldstärke abhängig von:
 - Größe des Ladungsunterschiedes
 - Abstand der geladenen Teilchen
- $E = \frac{U}{l}$ (U = Spannung, l = Abstand zwischen zwei unterschiedlichen Ladungen)
- \rightarrow Einheit: $\frac{V}{m}$

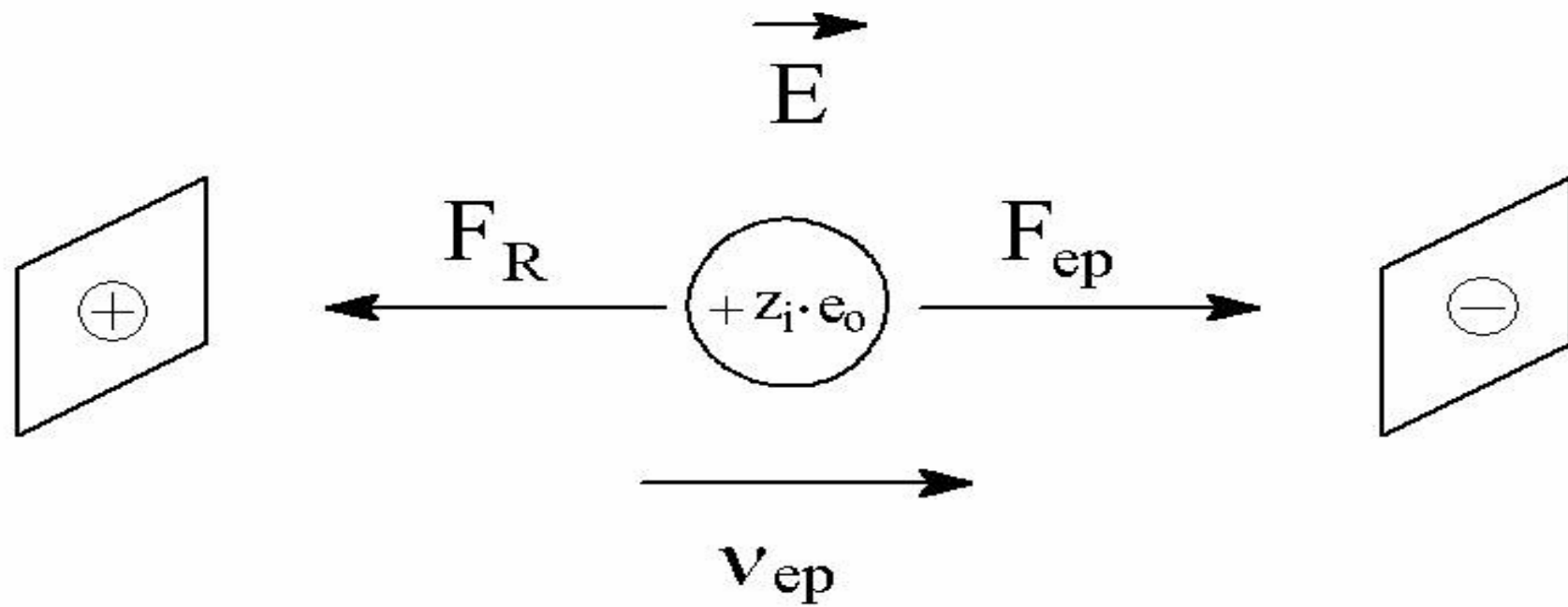
Kraft in einem elektrischen Feld

$$F = E \cdot z \cdot e$$

– F = Kraft, E = elektrische Feldstärke, e = Elementarladung, z = Anzahl der Elementarladung

- Ladung eines Teilchens: $q = e \cdot z$
- Gegenkraft zur Kraft → Reibung
- Kugelförmiges Teilchen → Stokes'sches Gesetz der Reibungskraft F_R

$$- F_R = 6 \pi \eta r v \quad (r = \text{Radius des Teilchens, } \eta = \text{Viskosität des Mediums, } v = \text{Geschwindigkeit des Teilchens})$$



Kraft in einem elektrischem Feld

- Kraft = Gegenkraft

$$\rightarrow v = \frac{E \cdot q}{6 \pi \eta r} \quad (v = \text{Wanderungsgeschwindigkeit})$$

- Ladung, Radius des Teilchens + Viskosität = konstant
→ Wanderung allein von der Feldstärke abhängig

- „Konstante“ Werte → elektrophoretische Mobilität m

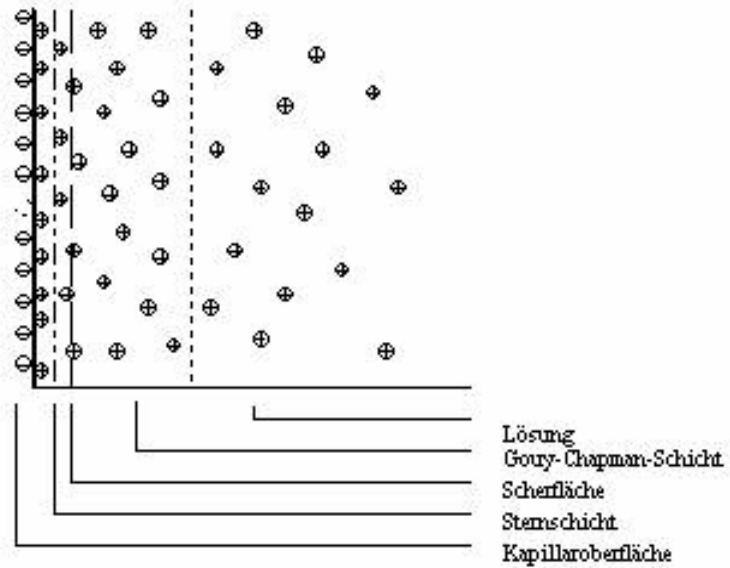
$$\rightarrow v = E \cdot m$$

Die elektrochemische Doppelschicht

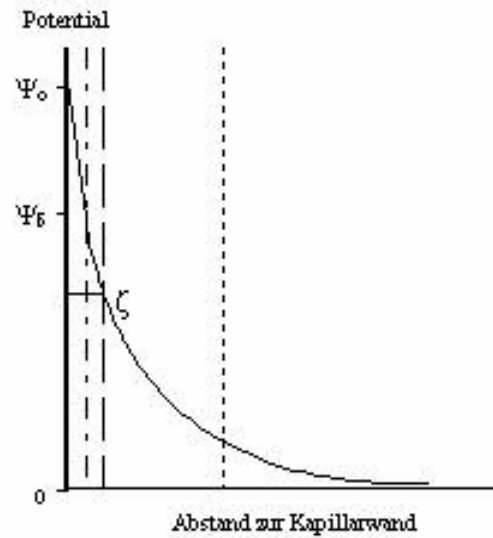
- Bildet sich in einer elektrolytischen Flüssigkeit um feste Körper aus
 - Elektroosmose → feste Körper ist die Kapillare (fused-silica Kapillare)
- Oberfläche: Silanolgruppen, $pK_{\text{SiOH}} < 2 \rightarrow$ viel/wenig dissoziiert abhängig vom pH-Wert der Elektrolytlösung
- mit Elektrolytlösung → dissoziierte Silanolgruppen → stationärer negativer Teil der Doppelschicht

Die elektrochemische Doppelschicht

- Elektrolytlösung: Kationen adsorbiert,
Anionen abgestoßen
- Ein Teil der Kationen an der Kapillarwand fixiert
→ Stern-Schicht
- Anlagerung weitere Gegenionen um die negativen Ladungen der Kapillarwand zu kompensieren
- Wegen der Hydrathülle sind nicht all diese Kationen an der Oberfläche fixiert
→ diffuse Grenzschicht (Gouy-Chapman-Schicht)



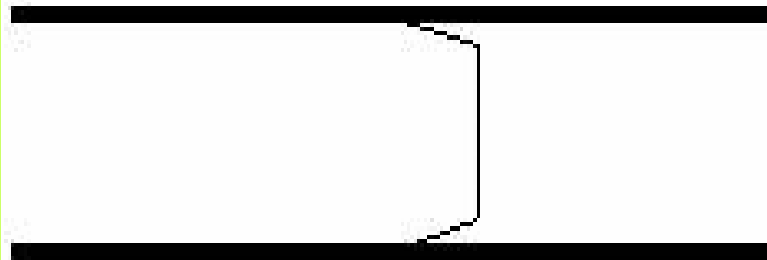
Kationenverteilung an der negativen Kapillarwand



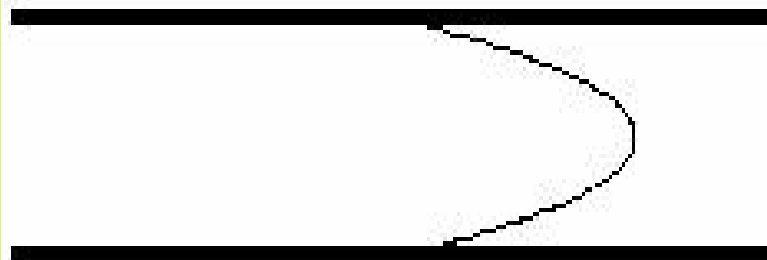
Potentialverlauf in Abhängigkeit des Abstandes zur Kapillarwand

Die elektrochemische Doppelschicht

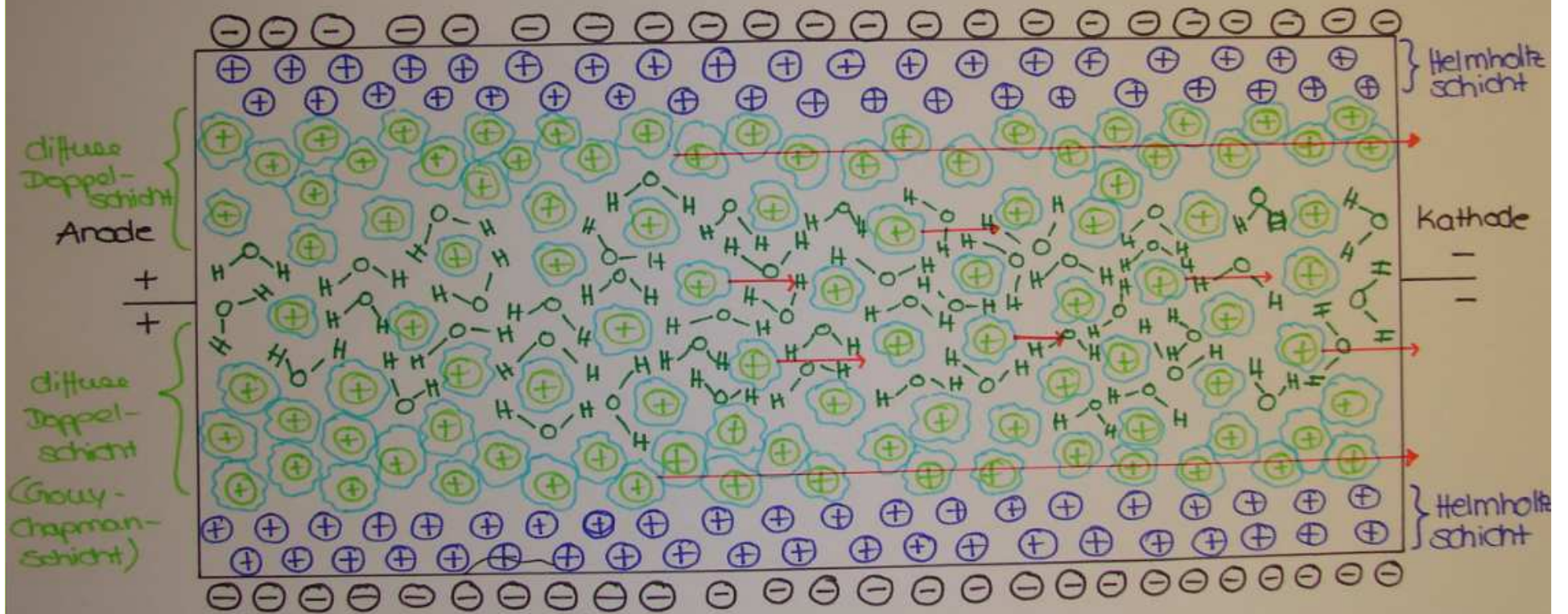
- Anlegen eines elektrischen Feldes
- Feld zieht die Kationen in der Gouy-Chapman-Schicht zur Kathode an
- Infolge innerer Reibung wird die gesamte Flüssigkeit in der Kapillare mitbewegt
- Reibung in der Gouy-Chapman-Schicht geringer werdend je näher man sich der stationären Schicht nähert, da weniger Wassermoleküle neben den Kationen vorhanden sind → Stempelförmige Strömung anstelle von Parabolischer Strömung



Stempelförmiges Strömungsprofil



Parabolisches Strömungsprofil



- Die negativen Ladungen wurden in diesem Beispiel vernachlässigt
- Durch Reibung werden die Wassermoleküle von den Kationen "mitgerissen"
- => Elektrosmotischer Fluss hin zur Kathode

Die elektrochemische Doppelschicht

- EOF einflussbar → mathematische Beschreibung des Zeta-Potentials (Potential zwischen starrer und beweglicher Schicht)

- $\zeta = \frac{\omega}{P \cdot \epsilon}$ (ζ = Zeta-Potential, ω = Ladungsdichte an der Wandoberfläche, P = Debye-Hückel Parameter, ϵ = Dielektrizitätskonstante des Elektrolyten)

- $P = \frac{1}{K} = \sqrt{\frac{2F^2 I}{\epsilon_0 \epsilon RT}}$ $I = \frac{1}{2} \sum c_i z_i^2$

- $v_{eof} = -\epsilon \zeta \frac{E}{\eta}$ $m_{eof} = \frac{-\epsilon \zeta}{\eta}$

→ $m_{eff} = m_{eof} + m_{ep}$

Anwendungsbereiche

Elektrophorese:

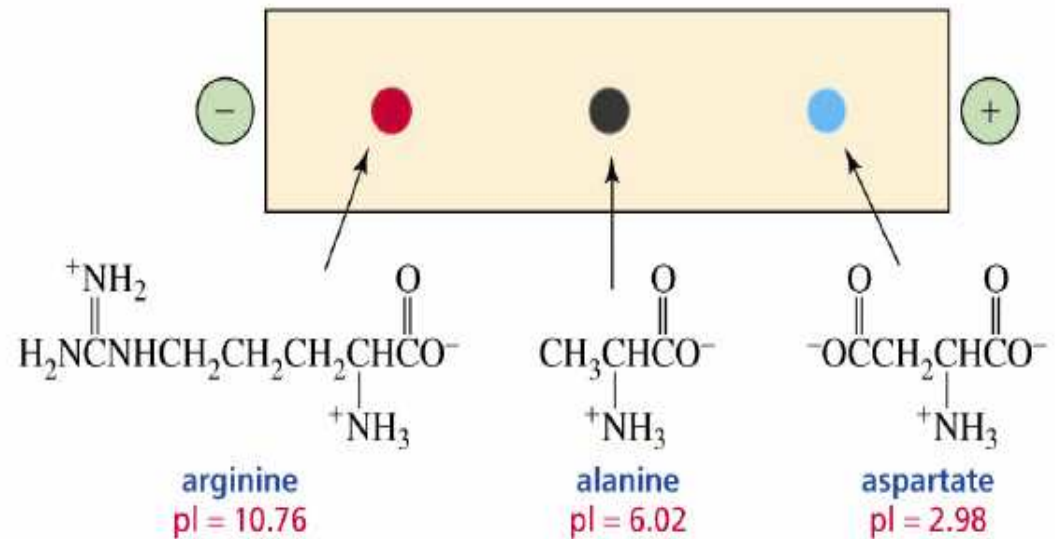
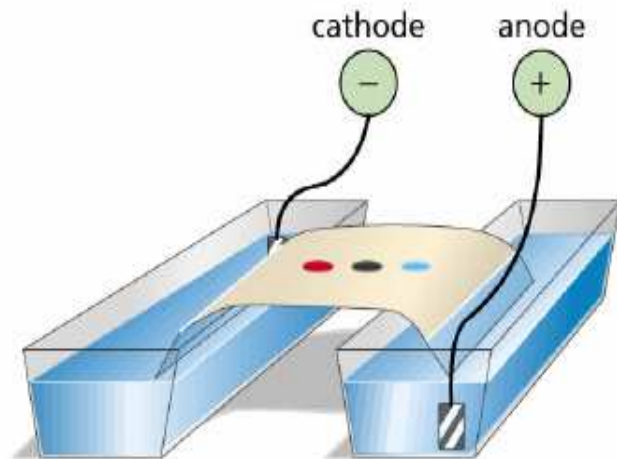
- zum Trennen von Aminosäuren der DNA
- Elektronisches Papier
- Kathodische Tauchlackierung

Elektroosmose:

- Zum Trocknen von nassen Mauern
- Entschlammung

Aminosäuren – Trennung

Elektrophorese



Anwendungsbereiche

Elektrophorese:

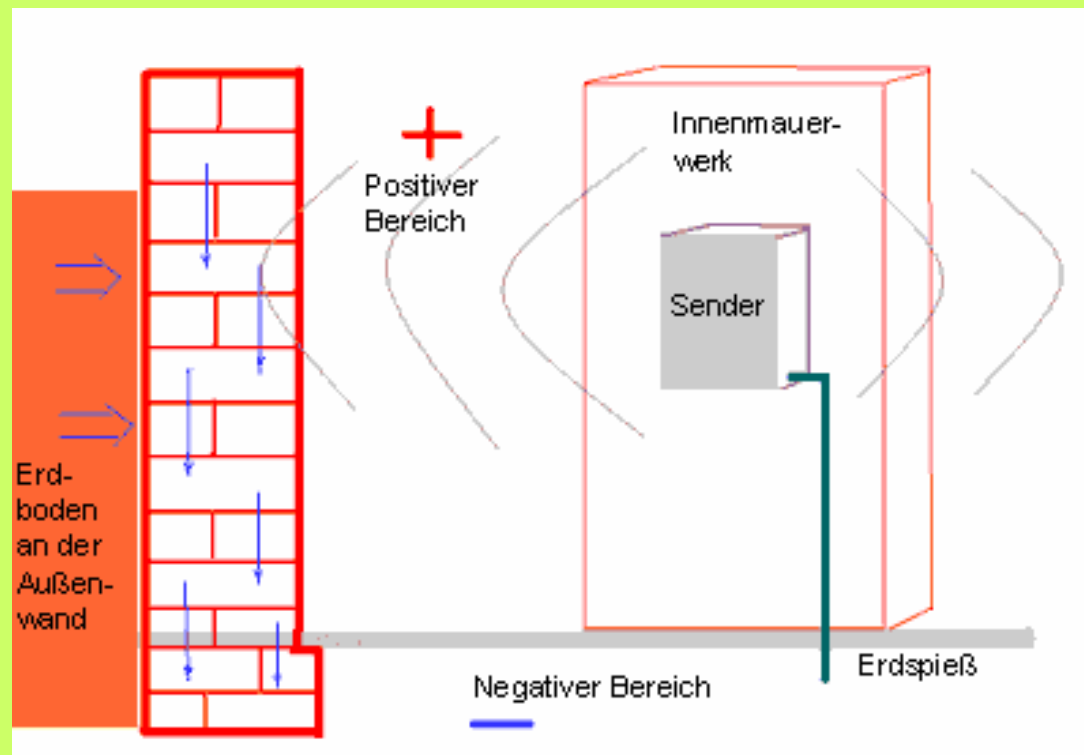
- zum Trennen von Aminosäuren der DNA
- Elektronisches Papier
- Kathodische Tauchlackierung

Elektroosmose:

- Zum Trocknen von nassen Mauern
- Entschlammung

Bsp.: Elektrosmose

- Elektrosmose findet in der elektronisch-physikalischen Entsalzung und Mauertrockenlegung Anwendung



← Potentialausgleich

Quellen

- www2.uni-wuppertal.de/fb9/analytik/capillary_Electrophoresis.htm
- www.Lenntech.de/zetapotential-de.htm
- www.uni-magdeburg.de/irt/mrt/.../LoesungElektrochemDoppelschicht.pdf
- www.elektronik-kompendium.de/sites/grd/0205141.htm
- www.buetzer.info/fileadmin/pb/HTML-Files/Webhelp/Ladungen_in_Oberfl_chenschichten.htm
- www.kapilarelektrophorese.de/Capillary_Elektrophoresis.htm
- www.dasHandwerk.de

Elektrophorese/Elektroosmose

Physikalische Chemie III

Elektrochemie

Ein Vortrag von Uta Frank und Ben Albold