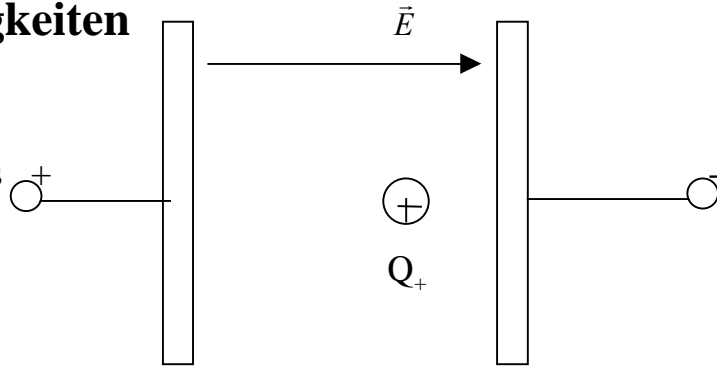


## Ionenleitung in Flüssigkeiten

Im homogenen Feld zwischen den Platten eines Kondensators wirkt auf eine Ladung  $Q$  eine konstante elektrische Kraft.



Mit dieser Kraft wird das geladene Teilchen von der gleichnamig geladenen Platte zur entgegengesetzt geladenen Platte gleichmäßig beschleunigt, solange der Raum zwischen den Platten im Vakuum liegt.

$$\begin{array}{l}
 F = m \cdot a \\
 \Rightarrow \quad m \cdot a = Q \cdot E \\
 F = Q \cdot E
 \end{array}$$

Ist nun der Raum zwischen den beiden Platten mit einem Gas oder einer Flüssigkeit angefüllt, so erfährt das geladene Teilchen einen Reibungswiderstand, der die gleichmäßig beschleunigte Bewegung hemmt und sie schon nach sehr kurzer Zeit in eine gleichförmige Bewegung mit der Endgeschwindigkeit  $v$  übergehen lässt.

Die hierbei wirkende Reibungskraft  $\vec{F}_R$  steigt proportional zur Geschwindigkeit des geladenen Teilchens an. Ist die Endgeschwindigkeit  $v$  erreicht, so kompensiert  $\vec{F}_R$  gerade die elektrische Kraft  $\vec{F}_{el}$ .

Für den Betrag der Reibungskraft  $\vec{F}_R$  gilt:  $F_R = C \cdot v$ ,

wobei die Proportionalitätskonstante  $C$  von der Form des geladenen Teilchens und von der Zähigkeit des Mediums abhängig ist. Im Fall der Kräftekompensation und der hiermit verbundenen gleichförmigen Bewegung gilt:

$$\begin{aligned}
 |\vec{F}_R| &= |\vec{F}_{el}| \\
 C \cdot v &= Q \cdot E \\
 v &= \frac{Q}{C} \cdot E
 \end{aligned}$$

Der Quotient  $\frac{Q}{C}$  wird als Beweglichkeit des geladenen Teilchens in einem Medium bezeichnet. Die Beweglichkeit ist von der Ladung und der Form des Teilchens sowie von der Zähigkeit des Mediums abhängig.

Da die Endgeschwindigkeit  $v$  eines geladenen Teilchens und die elektrische Feldstärke  $E$  leichter messbar sind, definiert man die Beweglichkeit als

$$c = \frac{v}{E} \quad [c] = \frac{m^2}{V \cdot s} \quad .$$

### Abschätzung der Beweglichkeit eines einfachen Ions

Für die nachfolgende Betrachtung sei idealisierend vorausgesetzt, dass die Gestalt des Ions einer Kugel mit dem durchschnittlichen Atomradius von  $r = 10^{-10}$  m entspricht. Die Reibungskraft einer in einem gasförmigen oder flüssigen Raum bewegten Kugel mit dem Radius  $r$  lässt sich durch

$$F_R = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v \quad (\text{Stokessches Gesetz})$$

beschreiben, wobei  $\eta$  die Zähigkeit des umgebenden Mediums angibt. Die erwähnte Proportionalitätskonstante  $C$  kann also im Fall einer Kugel durch

$$C = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r$$

ausgedrückt werden. Für die Beweglichkeit eines einfach geladenen Ions ergibt sich mit  $Q = 1 \cdot e$  :

$$C = \frac{e}{6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r} \quad .$$

Da das Wasser bei 20°C die Zähigkeit  $\eta = 1,0 \cdot 10^{-3} \frac{Ns}{m^2}$  besitzt, gilt:

$$C = 8,5 \cdot 10^{-8} \frac{m^2}{V \cdot s} \quad .$$

Ein Vergleich mit Tabellenwerten zeigt, dass dieser theoretisch bestimmte Beweglichkeitswert größer ist als der Literaturwert. Die Hauptursache dieser Abweichung liegt in den unterschiedlichen Ionenradien der Stoffe untereinander und insbesondere in der Tatsache, dass sich jedes Ion mit einer Wolke aus Wassermolekülen (Dipoleigenschaft!) umgibt, die dann mitbewegt werden muss. Diese so genannte Hydratation vergrößert also den anzunehmenden Teilchenradius erheblich. Die Größenunterschiede zwischen den verschiedenen Ionen werden außerdem verwischt.

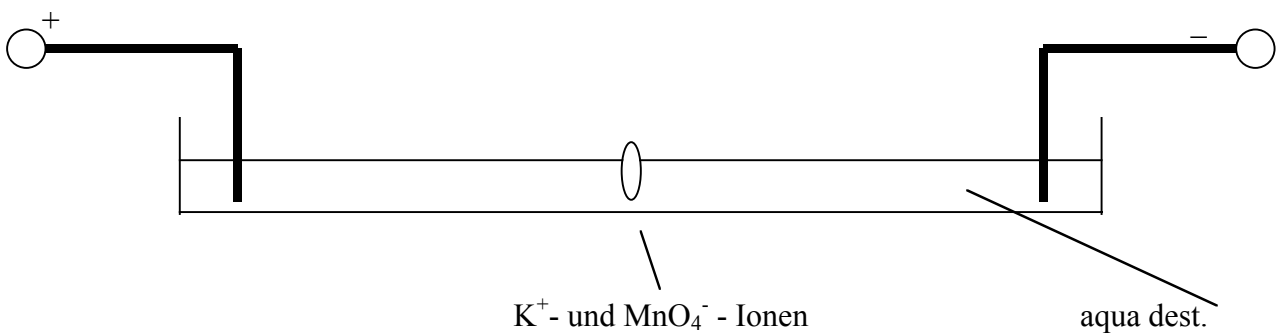
## Wanderung von $\text{MnO}_4^-$ -Ionen in einem elektrischen Feld

Bei der Analyse von Proteinen wird oft ein Verfahren benutzt, bei dem diese zu untersuchenden Substanzen in einem elektrischen Feld getrennt werden. Um diesen Vorgang genauer beurteilen zu können, soll die folgende Versuchsreihe als Modell durchgeführt werden. Statt die Wanderung von Proteinen im elektrischen Feld zu beobachten, wird Kaliumpermanganat verwendet. Kaliumpermanganat dissoziiert in Wasser zu  $\text{K}^+$ - und  $\text{MnO}_4^-$ -Ionen. Diese Ionen werden sich unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes bewegen. Dabei sind die  $\text{MnO}_4^-$ -Ionen auf Grund der Farbe gut zu beobachten. Ihre Wanderungsgeschwindigkeit  $v$  in destilliertem Wasser ist von verschiedenen Größen abhängig. Diese Zusammenhänge sollen in einer Reihe von Experimenten untersucht werden.

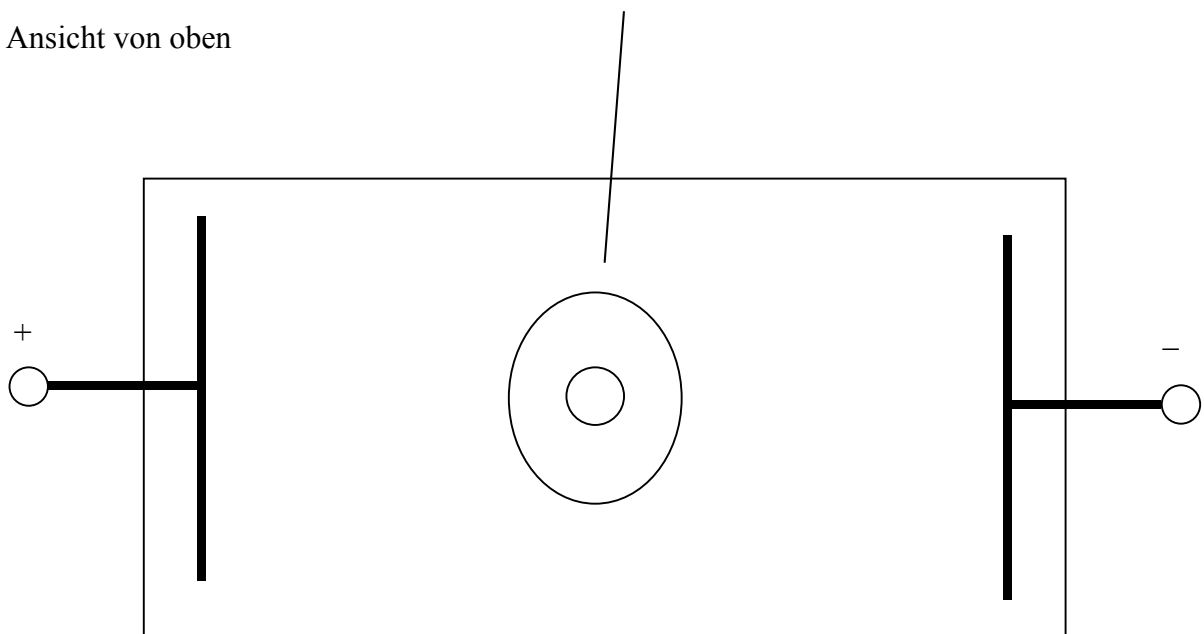
1. Welche Abhängigkeiten vermutest Du? Notiere die von Dir und Deinen Mitschülerinnen und Mitschülern geäußerten Vermutungen.

Folgender Versuchsaufbau eignet sich zur Untersuchung einiger Abhängigkeiten.

Seitenansicht



Ansicht von oben



2. Verdeutliche Dir den Versuchsaufbau und überlege, in welche Richtung sich die jeweiligen Ionen bewegen werden.

Um die Beobachtung der Ionenwanderung zu erleichtern, wird der Versuchsaufbau auf den Tageslichtschreiber gestellt und projiziert. Die Ionenbewegung ist entlang eines Maßstabs zu beobachten.

Im ersten Versuch soll lediglich die Wanderungsgeschwindigkeit der  $\text{MnO}_4^-$  - Ionen ermittelt werden. Anschließend wird der Versuchsaufbau entsprechend den unter 1. genannten Abhängigkeiten modifiziert. Für diesen ersten Versuch gelten folgende Daten:

angelegte Spannung: 140 V

Elektrodenabstand: 13 cm;

Diese Meßtabelle soll nach Abschluß des Experimentes auch alle Meßdaten Deiner Mitschülerinnen und Mitschüler enthalten:

Strecke s in mm	Zeit t in s	Mittelwert für t	Standardabweichung
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
18			
20			
22			
24			
26			
28			
30			
32			

i