

Versuch E5. Leitfähigkeit schwacher Elektrolyte (V.3.4)

I Ziel des Versuchs

Die Leitfähigkeit von zwei schwachen Elektrolyten soll gemessen werden und daraus jeweils die Grenzleitfähigkeit und die Säurekonstante sowie der Dissoziationsgrad in Abhängigkeit von der Konzentration bestimmt werden.

II Theoretischer Hintergrund

Der Widerstand einer Elektrolyt-Lösung R hängt von der Konzentration, der Art der Ionen, der Temperatur und den äußeren Dimensionen ab.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} = \frac{1}{\kappa} \cdot \frac{l}{A} \quad (1)$$

Die Materialkonstante ρ wird als spezifischer Widerstand bezeichnet, der Kehrwert κ ist die spezifische Leitfähigkeit. Für die Bestimmung der spezifischen Leitfähigkeit einer Elektrolytlösung wird die Leitfähigkeit $1/R$ gemessen und die Abmessungen der Zelle (Länge l und Fläche A) als sogenannte Zellkonstante über die Kalibration mit einer Lösung bekannter Leitfähigkeit bestimmt.

Die spezifische Leitfähigkeit steigt mit der Elektrolyt-Konzentration. Das Verhältnis von spezifischer Leitfähigkeit und Konzentration ist die Äquivalentleitfähigkeit Λ .

$$\Lambda = \frac{\kappa}{c} \quad (2)$$

In der Praxis zeigt sich jedoch, dass auch die Äquivalentleitfähigkeit von der Elektrolytkonzentration abhängt und erst bei unendlicher Verdünnung einem Grenzwert, der Grenzleitfähigkeit Λ_0 zustrebt. Für schwache Elektrolyten kann man dieses Verhalten nutzen um den Dissoziationsgrad α des Elektrolyten zu bestimmen.

$$\alpha = \frac{\Lambda}{\Lambda_0} \quad (3)$$

Über Gleichung 3 ergibt sich das Ostwaldsche Verdünnungsgesetz, aus dem die Dissoziationskonstante des schwachen Elektrolyten bestimmt werden kann.

$$K_{\text{Dis}} = \frac{\Lambda^2 \cdot c}{\Lambda_0 (\Lambda_0 - \Lambda)} \quad (4)$$

III Stichworte zum theoretischen Hintergrund

- Massenwirkungsgesetz, Dissoziationsgrad
- Ostwaldsches Verdünnungsgesetz, Kohlrausches Quadratwurzelgesetz
- Leitfähigkeit starker und schwacher Elektrolyte
- Spez. Leitfähigkeit, Äquivalentleitfähigkeit, Grenzleitfähigkeit
- Konzentrationsabhängigkeit der Leitfähigkeit
- Messung der Leitfähigkeit

IV Aufgaben, die zum Versuchstag vorbereitet werden sollen

Leiten Sie Gleichung 4 aus dem Massenwirkungsgesetz ab und überlegen Sie sich eine geeignete Auftragung aus der bei Kenntnis von Λ , die Säurekonstante K_S und die Grenzleitfähigkeit Λ_0 für die im Versuch verwendeten Säuren bestimmt werden kann.

V Versuchsbeschreibung und -durchführung

Die Apparatur besteht aus einem thermostatisierbaren Elektrolysegefäß, in das die Leitfähigkeitsmesszelle eintaucht. Die Elektrode misst die Temperatur und die Leitfähigkeit. Sie muss dazu vollständig eintauchen (max. 200 ml).

Das Messgerät wird eingeschaltet. Das Elektrodengefäß wird gründlich mit dest. Wasser gespült und die Leitfähigkeit gemessen. Sie sollte zwischen 1 und max. 10 μS betragen. Gleichzeitig ist die Temperatur abzulesen und diese ist während der weiteren Messungen konstant zu halten (Regelung des Thermostaten).

Beachten Sie, dass das Elektrodengefäß entleert wird und vor dem Einfüllen der jeweils nächsten verdünnten Lösung mit max. 50 ml der einzufüllenden Lösung ausgespült wurde (Rührstab und Elektrode nicht vergessen).

Stellen Sie aus der konzentrierten Säure 1 l einer 0,1 n Lösung her und bestimmen Sie die Leitfähigkeit. Anschließend werden 100 ml der Lösung aus dem Elektrodengefäß abpipettiert und auf 250 ml in einem Messkolben verdünnt. Dann wird die Leitfähigkeit der so hergestellten Verdünnung bestimmt. Entsprechend bestimmt man die Leitfähigkeit von vier weiteren Verdünnungsstufen.

Notieren Sie sich bei jeder Messung die Temperatur. Sollte diese von der Temperatur der Kalibration abweichen, muss anschließend eine rechnerische Korrektur durchgeführt werden. Sollte das Volumen einer verdünnten Lösung nicht zur Messung ausreichen, so kann man aus der Stammlösung weitere Verdünnungsstufen herstellen. Analog wird die Leitfähigkeit einer zweiten Säure vermessen.

Für den Versuch stehen Ameisensäure, Essigsäure und Propionsäure zur Verfügung. Jeder Gruppe werden vom Assistenten 2 Säuren zugeteilt.

VI a) Auswertung während des Versuchstages

1. Berechnen Sie die Konzentrationen Ihrer verwendeten Säurelösungen.
2. Bestimmen Sie die spezifische Leitfähigkeit von destilliertem Wasser.
3. Berechnen Sie die spezifischen Leitfähigkeiten und Äquivalentleitfähigkeiten Ihrer Säurelösungen und tragen Sie die Werte in einer geeigneten Auftragung (Millimeterpapier) zur Bestimmung der Dissoziationskonstanten und Grenzleitfähigkeit auf.

b) Auswertung nach dem Versuchstag

1. Diskutieren Sie, welchen Einfluss die Leitfähigkeit von destilliertem Wasser auf die Qualität ihrer Messungen hat. Gegebenenfalls müssen Sie die Leitfähigkeiten der Säurelösungen korrigieren.
2. Bestimmen Sie die Säurekonstante und die Grenzleitfähigkeit für die zwei Säuren und diskutieren Sie das Ergebnis im Vergleich mit der Literatur.
3. Berechnen Sie die Dissoziationsgrade in Abhängigkeit von der Konzentration und stellen Sie die Werte graphisch dar. Diskutieren Sie das Ergebnis. Welchen Wert erwarten Sie bei unendlicher Verdünnung?
4. Vergleichen Sie die beiden von Ihnen vermessenen Säuren. Was erwarten Sie für die dritte Säure?

VII Materialien

1. Spezifische Leitfähigkeit von 0,1 N KCl-Lösung
 $\kappa(T) = 0,024 \text{ S m}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot T - 5,8682 \text{ S m}^{-1}$
2. Grenzleitfähigkeiten und Säurekonstanten für $T = 298 \text{ K}$

	Λ_0 [S m ² mol ⁻¹]	K_S [mol l ⁻¹]
HCOOH	0,04044	$1,77 \cdot 10^{-4}$ mol l ⁻¹
CH ₃ COOH	0,03907	$1,75 \cdot 10^{-5}$ mol l ⁻¹
CH ₃ CH ₂ COOH	0,03856	$1,33 \cdot 10^{-5}$ mol l ⁻¹

3. Verwendete Chemikalien

Ameisensäure

Signalwort: Gefahr



Gefahrenbezeichnung(en)

H226: Flüssigkeit und Dampf entzündbar.

H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

H331: Giftig bei Einatmen.

Vorsichtsmaßnahmen

P210: Von Hitze, heißen Oberflächen, Funken, offenen Flammen und anderen Zündquellen fernhalten. Nicht rauchen.

P260: Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol nicht einatmen.

P280: Schutzhandschuhe/ Schutzkleidung/ Augenschutz/ Gesichtsschutz tragen.

P304 + P340 + P310: BEI EINATMEN: Die Person an die frische Luft bringen und für ungehinderte Atmung sorgen. Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM/Arzt anrufen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P370 + P378: Bei Brand: Löschpulver oder Trockensand zum Löschen verwenden.

Ergänzende Gefahrenmerkmale (EU)

EUH071: Wirkt ätzend auf die Atemwege.

Essigsäure

Signalwort: Gefahr



Gefahrenbezeichnung(en)

H226: Flüssigkeit und Dampf entzündbar.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

Vorsichtsmaßnahmen

P280: Schutzhandschuhe/ Schutzkleidung/ Augenschutz/ Gesichtsschutz tragen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen

Propionsäure

Signalwort: Gefahr



Gefahrenbezeichnung(en)

H226: Flüssigkeit und Dampf entzündbar.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

H335: Kann die Atemwege reizen.

Vorsichtsmaßnahmen

P210: Von Hitze, heißen Oberflächen, Funken, offenen Flammen und anderen Zündquellen fernhalten. Nicht rauchen.

P280: Schutzhandschuhe/ Schutzkleidung/ Augenschutz/ Gesichtsschutz tragen.

P303 + P361 + P353: BEI BERÜHRUNG MIT DER HAUT (oder dem Haar): Alle kontaminierten Kleidungsstücke sofort ausziehen. Haut mit Wasser abwaschen/duschen.

P304 + P340 + P310: BEI EINATMEN: Die Person an die frische Luft bringen und für ungehinderte Atmung sorgen. Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.

P305 + P351 + P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P403 + P235: Kühl an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.

Kaliumchloridlösung

4. Literatur: D. Dobos, Electrochemical Data, Elsevier, Amsterdam, 1975.

Versuch E5

Messprotokoll

„Leitfähigkeit schwacher Elektrolyte“

Gruppe	Umgebungstemp.[°C]	Datum/ Stempel
Name		

Zellkonstante	1/R [Ohm⁻¹]	l/A [m⁻¹]
0,1 N KCl		
destilliertes Wasser	1/R [Ohm⁻¹]	κ [S m⁻¹]
H ₂ O		

Säure 1:

Verdünnung	Konzentration [mol l⁻¹]	1/R [Ohm⁻¹]	κ [S m⁻¹]	Λ⁰ [S m² mol⁻¹]

Säure 2:

Verdünnung	Konzentration [mol l ⁻¹]	1/R [Ohm ⁻¹]	κ [S m ⁻¹]	Λ [S m ² mol ⁻¹]