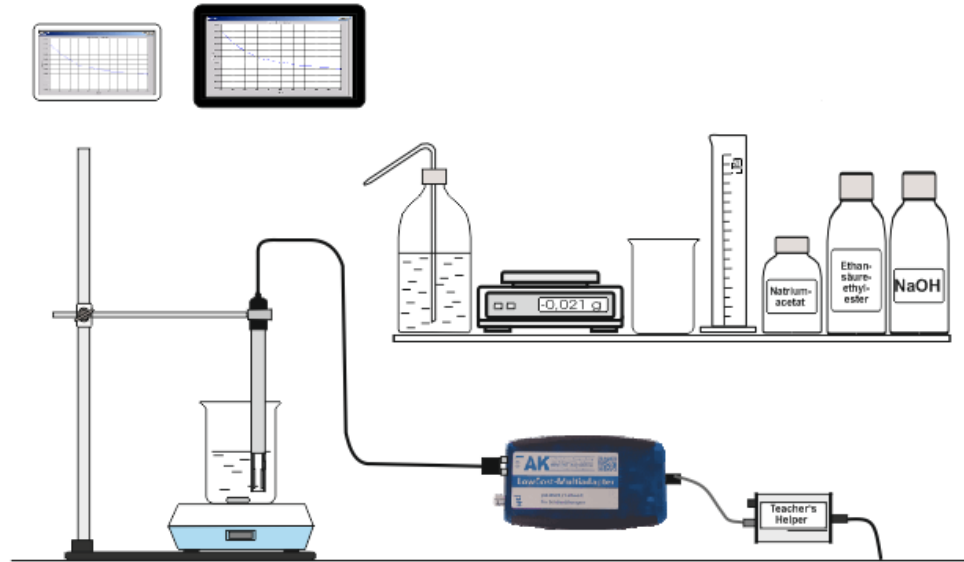


Prinzip

Bei der alkalischen Verseifung von Ethansäureethylester werden Hydroxidionen durch Acetationen ersetzt. Daher kann die Reaktion mit Hilfe der Leitfähigkeitsmessung verfolgt werden.

Aufbau  
und  
Vorbe-  
reitung



Benötigte Geräte

- AK Low Cost Multiadapter pH/L
- Teacher's Helper/Netzteil/USB Kabel
- Tablet, Laptop oder Smartphone
- LF-Elektrode
- Becherglas, 100 mL
- "Spülbecherglas", 250 mL
- Messzylinder, 50 mL
- Stativ

- Muffe
- Elektrodenklemme
- Magnetrührer
- Rührfisch
- evtl. pneumat. Wanne

Verwendete Chemikalien

- Ethansäureethylester,  $c = 0,1 \text{ mol/L}$
- 9,8 mL zu 1 L Lösung (mit Wasser)
- Natronlauge,  $c = 0,1 \text{ mol/L}$
- Natriumacetatlg.,  $c = 0,1 \text{ mol/L}$
- 8,2 g zu 1 L Lösung (mit Wasser)
- destilliertes Wasser

Vorbereitung des Versuchs

- ▶ Die Geräte entsprechend der Zeichnung bereitstellen.
- ▶ (Will man einen Einfluss der Temperatur ausschließen, kann man eine große pneumatische Wanne mit entsprechend temperiertem Wasser auf den Magnetrührer stellen).
- ▶ Die Bananenstecker der LF- Elektrode in die entsprechenden LF- Buchsen stecken.

Vorbereitung an den Tablets / Laptops (Clients)

- ▶ Am Tablet / Laptop / Smartphone Einstellungen oder mit **WLAN** eine Verbindung herstellen: **ak.net** anwählen und warten bis die Verbindung eingebucht ist.
- ▶ Browser z.B. **Firefox/Safari** aufrufen, in die Adresszeile (URL-Zeile) - nicht in der (Google-Suchzeile!!) **http://labor.ak** eingeben. - Es erscheinen 4 Bildschirme.
- ▶ **AK MiniAnalytik** wählen. Im erscheinenden Bild können die Menüicons neben- oder (bei kleinen Bildschirmen) untereinander angeordnet sein.
- ▶ Icon 'Messen' (2. Von links) und **Mit Messgerät verbinden** auswählen
- ▶ **Messgrößen-Auswahl:**  **Leitfähigkeit(L)**
- ▶ **Konfiguration-Methode** y-Achse L Min **0,0 mS/cm** und Max **10,0 mS/cm**  
Nachkomma **2** und Linie  **ja**
- ▶  **x-Achse: Zeit**
- ▶ x-Achse Zeit Intervall **2 s** und Zeit Max **1500 s**  
Nachkomma **0** und
- ▶ Der Messbildschirm wird aufgebaut und Werte angezeigt



1. Bestimmung der zeitunabhängigen Leitfähigkeit:

a) Natriumacetatlösung ( $c = 0,05 \text{ mol/L}$ ) wird durch Verdünnen (1:1) der Lösung mit  $c = 0,1 \text{ mol/L}$  hergestellt. Nach gründlichem Spülen (möglichst mit der Natriumacetatlösung) wird die Elektrode in das Becherglas getaucht, die elektrische Leitfähigkeit gemessen und notiert.

$\kappa$  (NaAc ;  $c = 0,05 \text{ mol/L}$ ):                      mS/cm

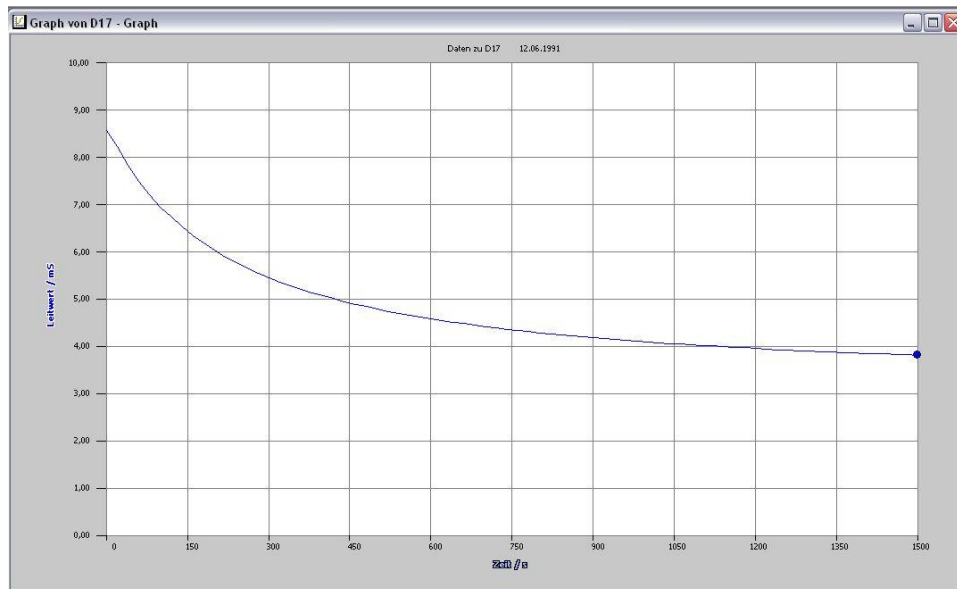
b) Natriumhydroxidlösung ( $c = 0,5 \text{ mol/L}$ ) wird durch Verdünnen (1:1) der Lösung mit  $c = 0,1 \text{ mol/L}$  hergestellt. Nach gründlichem Spülen (möglichst mit der Natriumhydroxidlösung) wird die Elektrode in das Becherglas getaucht, elektrische Leitfähigkeit gemessen und notiert.

$\kappa$  (NaOH;  $c = 0,05 \text{ mol/L}$ ):                      mS/cm

2. Verfolgung der Reaktion

- ▶ Mit Hilfe des Messzylinders 40 mL Ethansäureethylesterlösung ( $c = 0,1 \text{ mol/L}$ ) im 100 mL Becherglas vorlegen, die Elektrode eintauchen und befestigen.
- ▶ 40 mL Natronlauge ( $c = 0,1 \text{ mol/L}$ ) zugießen.
- ▶ Gleichzeitig mit **Aufzeichnung starten** die Messwertspeicherung starten.
- ▶ Nach ca. 1500 s den Versuch mit **Stoppen** beenden.
- ▶ Da der erste Messpunkt durch die Turbulenzen beim Zusammengeben der Lösungen sicher nicht richtig ist, wird er korrigiert und durch  $\kappa(\text{NaOH})$  ersetzt.
- ▶ auf **Wertetabelle** (rechts neben 'Datenreihen'), auf das Wertepaar **1**, dann **Editieren der Werte**
- ▶ Bei dem y-Wert vom Wertepaar Nr. 1 den Kapa Wert NaOH eingeben und **OK**

Durchführung



Speichern

- ▶ Icon oben links und **Speichern unter** wählen
- ▶ Unter ‚Projekt Speichern‘ Projektnamen eingeben (hier: Beispiel) **D17 User** und **OK**

Excel-Export

- ▶ Icon oben links und **Datenreihen exportieren** wählen
- ▶ Unter ‚Datenreihen Speichern‘ Projekt  **D17 User** auswählen und **Speichern**
- ▶ Je nach Gerät mit ‚Speichern unter‘ noch Pfad aussuchen und bestätigen!



Öffnen  
bei  
Bedarf

- ▶ Ist der Teacher's Helper nicht mehr zu erreichen: Browser z.B. **Firefox/Safari** aufrufen, in die Adresszeile (URL-Zeile) - nicht in der (Google-Suchzeile!!) **http://labor.ak** eingeben. -
- ▶ Icon oben links und **Laden** "Projekt Laden" **D17 User** direkt auswählen und → anklicken

Aus-  
wertung

Ethansäureethylester wird mit Natronlauge im Stoffmengenverhältnis 1:1 umgesetzt:



Achtung: Beim Mischen verdünnen sich die beiden Lösungen jeweils auf die halbe Konzentration. Da bei sonst gleichbleibender Ionenkonzentration nur die schnelleren Hydroxid- durch langsame Acetationen ersetzt werden, lässt sich diese Reaktion über die Messung der elektrischen Leitfähigkeit gut verfolgen.  
Die Berechnung der Konzentration der OH<sup>-</sup> Ionen erfolgt nach folgender Gleichung:

$$c(\text{OH}^-) = \frac{\kappa - \kappa(\text{NaAc})}{\kappa(\text{NaOH}) - \kappa(\text{NaAc})} \cdot c(\text{NaOH}_{\text{Start}})$$

Hierin ist  $\kappa(\text{NaOH})$  der Leitfähigkeit einer reinen Hydroxidlösung (Start der Reaktion) und  $\kappa(\text{NaAc})$  die Leitfähigkeit einer vollständig verseiften Lösung (Ende der Reaktion).

**Berechnung der Konzentration an Hydroxidionen (Essigsäureethylester)**

Die Berechnung erfolgt nach obiger Gleichung.

Beispielwerte:  $\kappa(\text{NaAc}) = 3.16 \text{ mS}$ ,  $\kappa(\text{NaOH}) = 8.57 \text{ mS}$ ,  $c(\text{NaOH}_{\text{Start}}) = 0.05 \text{ mol/L}$

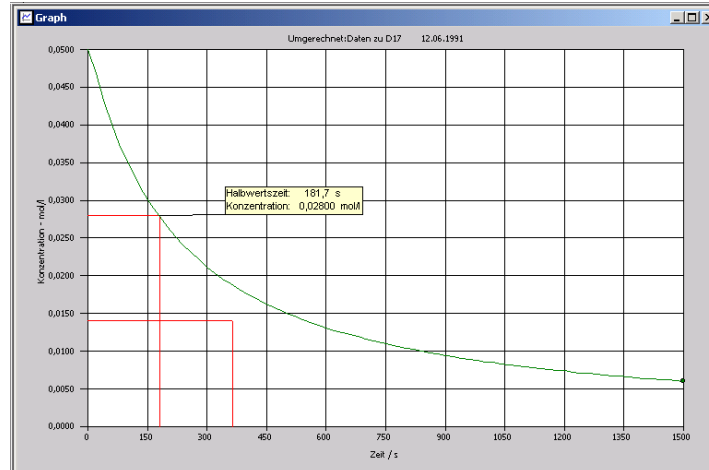
- ▶ Icon 'Auswerten' (3. von links) und **y-Werte umrechnen** und **bel. Funktion**
- ▶ **(Y-3.16)/(.57-3.16)\*0,05** ? **OK**
- ▶ **Datenreihen** (links neben 'Wertetabelle') und dann auf Icon 'Menü' und **Eigenschaften**
- ▶ **y- Achse** Messgröße:  
 **Konzentration** Einheit **mol/L** Untergrenze: **0** Obergrenze: **0,05** **OK**
- ▶ Neue Datenreihe wird automatisch eingezeichnet
- ▶ Icon oben links und **Speichern unter** wählen
- ▶ Unter ‚Projekt Speichern‘ Projektnamen eingeben (hier: Beispiel) **Esterverseifung** und **OK**

**Das ist die Ausgangsdatenreihe für die Auswertungen .**



Bestimmung der Reaktionsordnung: 1. Vorschlag: „Automatik für Kinetik“

- ▶ Icon 'Auswerten' (3. von links) und **Automatik Kinetik**
- ▶ Der Rechner gibt die Summe der Fehlerquadrate an. Der kleinste Wert ist hier bei 2. Ordnung
- ▶ **Zeichnen** und (evtl. Position ändern) und **Fertig**
- ▶ Neue Datenreihe wird automatisch eingezeichnet



Test für eine Reaktion erster Ordnung:  
(Der Punkt „Ein Viertel der Ausgangskonzentration“ - „doppelte Halbwertszeit“ liegt nicht auf dem Graphen)

Auswertung nach Reaktion 1. Ordnung

Auswertung nach Reaktion 1. Ordnung

Durch Integration der Geschwindigkeitsgleichung für die Reaktion erster Ordnung (vorige Seite) erhält man

$$c_t = c_0 \cdot e^{-k_1 \cdot t}$$

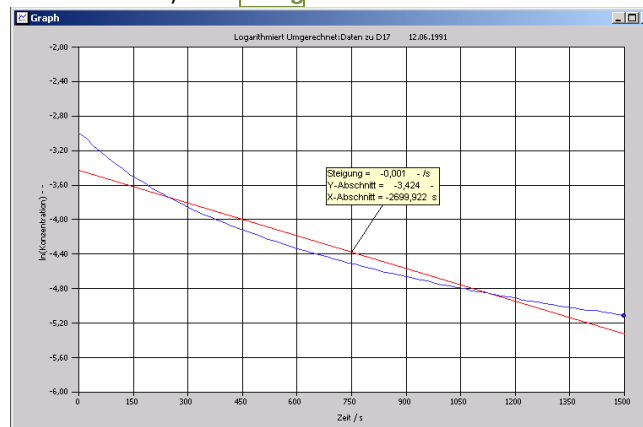
das bedeutet, bei Reaktionen erster Ordnung nimmt die Konzentration des Edukts exponentiell mit der Zeit ab. Logarithmiert man die Gleichung (6), so erhält man.:

$$\ln c_t = \ln c_0 - k_1 \cdot t$$

Trägt man  $\ln c$  gegen  $t$  auf, so muss sich eine Gerade ergeben:

**Ausgangsdatenreihe ist die Datenreihe mit der Konzentration – sie muss geladen und gewählt sein sein.**

- ▶ Icon 'Auswerten' (3. von links) und **y-Werte umrechnen** und **Logarithmus** **OK**
- ▶ Neue Datenreihe wird automatisch eingezeichnet
- ▶ Wieder unter Icon 'Auswerten' (3. von links) und **Automatik Kinetik**
- ▶ **Zeichnen** und (evtl. Position ändern) und **Fertig**



Der Korrelationskoeffizienten (-0.970) zeigt eine relativ große Abweichung und bestätigt das, was der Graph zeigt: Keine Reaktion erster Ordnung

Vor-  
schläge

**Auswertung nach Reaktion 2. Ordnung**

Die Geschwindigkeitsgleichung für eine Reaktion zweiter Ordnung lautet:

$$v = - \frac{dc}{dt} = k_2 \cdot c^2$$

Durch Integration der Gleichung erhält man

$$\frac{c_0}{c_t} = k_2 \cdot c_0 \cdot t + 1$$

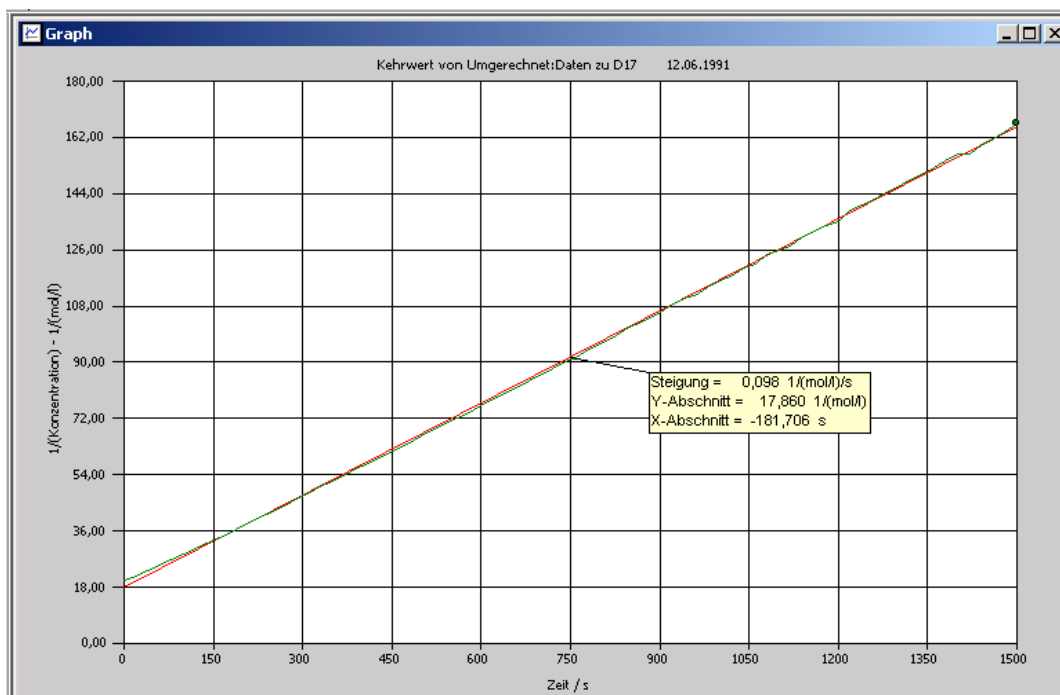
Formt man die Gleichung um, so erhält man:

$$\frac{1}{c_t} = k_2 \cdot t + \frac{1}{c_0}$$

Trägt man  $1/c$  (y-Achse) gegen  $t$  (x-Achse) auf, müsste es bei Vorliegen einer Reaktion zweiter Ordnung eine Gerade ergeben. Man zeichnet eine Ausgleichsgerade und ermittelt die Steigung dieser Geraden.

**Ausgangsdatenreihe ist die Datenreihe mit der Konzentration – sie muss gewählt sein.**

- ▶ Icon 'Auswerten' (3. von links) und **y-Werte umrechnen** und **Kehrwert** **OK**
- ▶ Neue Datenreihe wird automatisch eingezeichnet
- ▶ Wieder unter Icon 'Auswerten' (3. von links) und **Automatik Kinetik**
- ▶ **Zeichnen** und (evtl. Position ändern) und **Fertig**



Der Korrelationskoeffizient (1.00) bestätigt die Reaktion 2. Ordnung.

Beachten:



Entsorgung

Organische Lösungsmittel

Literatur

L. Strohmeyer, Verlauf chemischer Reaktionen, S. 23 ff, Schwann Verlag Düsseldorf 1978