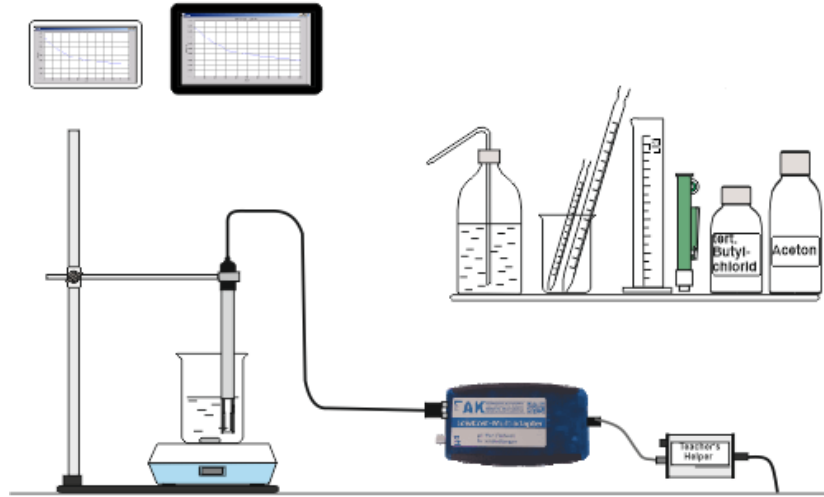


Prinzip

Die Hydrolyse von tert. Butylchlorid in wässriger Lösung kann mit Hilfe der Leitfähigkeitsmessung verfolgt werden, da dabei Oxonium- und Chloridionen entstehen. Der Versuch wird über einen gewissen Zeitraum verfolgt und die Daten unter reaktionskinetischen Gesichtspunkten ausgewertet.

**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, 150 mL
- Spülbecherglas, 250mL
- Messpipette, 5 mL
- Messpipette, 1 mL

- Pipettierhilfe
- Messzylinder, 100 mL
- Stativ
- Muffe
- Elektrodenklemme
- Magnetrührer
- Rührfisch
- evtl. pneumatische Wanne

Verwendete Chemikalien

- tert. Butylchlorid, (c = 0,1 mol/L in Aceton)
- 2-Chlor-2-methylpropan = 1,1 mL zu 100 mL Lösung (mit Aceton)
- Aceton
- dest. 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.
- ▶ Mit Hilfe des Messzylinders 90 mL dest. Wasser und mit Hilfe der Pipette 10 mL Aceton (als Lösungsvermittler) in das Becherglas füllen, den Rührmagneten zugeben und das Becherglas auf den Magnetrührer stellen.

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 **0,25** mS/cm
Nachkomma **2** und Linie **ja**
- ▶ **x- Achse: Zeit**
- ▶ x-Achse Zeit Intervall **5** s und Zeit Max **400** s
Nachkomma **0** und
- ▶ Der Messbildschirm wird aufgebaut und Werte angezeigt

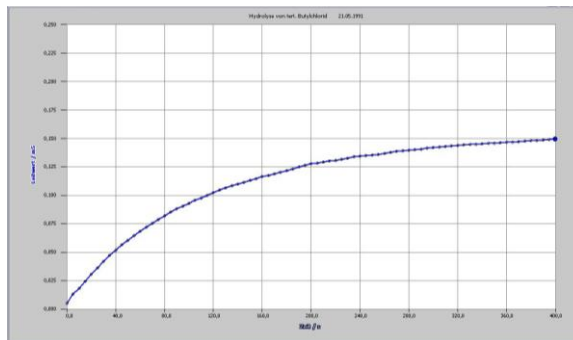


Durchführung

- ▶ Mit Hilfe der 1 mL Pipette 0,8 mL t-Butylchlorid - Lösung in das Becherglas pipettieren
- ▶ Gleichzeitig mit **Aufzeichnung starten** die Messwertspeicherung starten.
- ▶ Nach ca. 400 s den Versuch mit **Stoppen** beenden.

Achtung: Man lässt die Probe noch etwa 30 Minuten lang stehen oder erwärmt sie vorsichtig auf etwa 40 - 50 °C und lässt sie dann auf die Ausgangstemperatur wieder abkühlen. Messen Sie dann erneut die Leitfähigkeit und notieren Sie diesen: Für die Rechnung benötigen Sie auch die Leitfähigkeit beim Start (evtl. aus der Tabelle)

Leitfähigkeit für $t = \infty$: κ_{∞} : mS/cm



Speichern

- ▶ Icon oben links und **Speichern unter** wählen
- ▶ Unter ‚Projekt Speichern‘ Projektnamen eingeben (hier: Beispiel) **D19 User** und **OK**

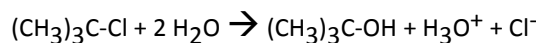
Excel-Export

- ▶ Icon oben links und **Datenreihen exportieren** wählen
- ▶ Unter ‚Datenreihen Speichern‘ Projekt **D19 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" **D19 User** direkt auswählen und →anklicken

Bei der Hydrolyse von tert. Butylchlorid entstehen tert. Butylalkohol und Salzsäure bzw. Oxoniumionen; d.h. die Leitfähigkeit steigt.



Aus der Leitfähigkeitszunahme, die auf die frei werdenden H_3O^+ und Cl^- Ionen zurückzuführen ist, lässt sich die jeweilige Konzentration des tert. Butylchlorids (BC) nach folgender Gleichung berechnen

$$c(\text{BC}) = \frac{\kappa_{\infty} - \kappa}{\kappa_{\infty} - \kappa_0} \cdot c(\text{BC}_{\text{Start}})$$

Berechnung der Konzentration an tert. Butylchlorid:

Beispielwerte: $\kappa_0 = 0,005 \text{ mS/cm}$, $\kappa_{\infty} = 0,155 \text{ mS/cm}$, $c(\text{BC}_{\text{Start}}) = 0,8 \text{ mol/L}$

Auswertung

- ▶ Icon 'Auswerten' (3. von links) und **Werte umrechnen** und **bel. Funktion** **OK**
- ▶ **Y=** **Y=** **OK**
- ▶ **Datenreihen** (links neben 'Wertetabelle') und dann auf Icon 'Menü' und **Eigenschaften**
- ▶ **y- Achse** Messgröße: **Konzentration** Einheit **mol/L**
- ▶ Untergrenze: **0,000** Obergrenze: **1,000** Nachkomma: **3** **OK**
- ▶ Neue Datenreihe wird automatisch eingezeichnet
- ▶ Icon oben links und **Speichern unter** wählen
- ▶ Unter ‚Projekt Speichern‘ Projektnamen eingeben (hier: Beispiel) **Marmor-Salzsäure** und **OK**

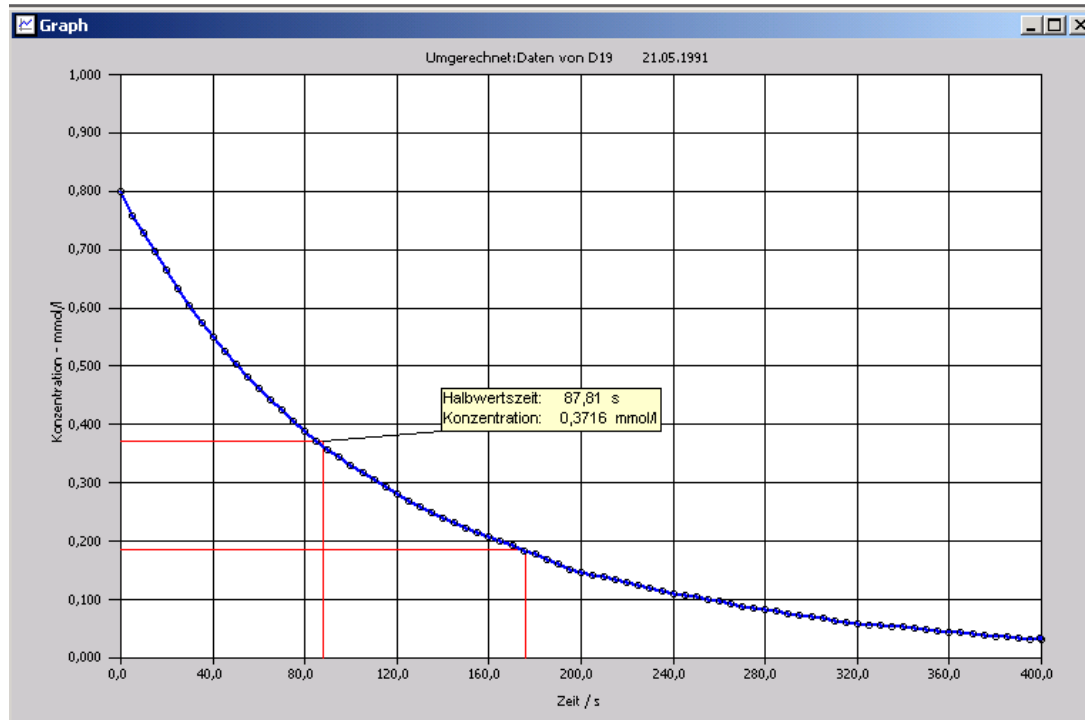
Das ist die Ausgangsdatenreihe für die Auswertungen .

Vorschläge zur Bestimmung der Reaktionsordnung (Automatik für Kinetik):

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

- ▶ Icon 'Auswerten' (3. von links) und **Automatik Kinetik**
- ▶ Der Rechner gibt die Summe der Fehlerquadrate an. Der kleinste Wert ist hier bei 1.Ordnung
- ▶ **Zeichnen** und (evtl. Position ändern) und **Fertig**
- ▶ Neue Datenreihe wird automatisch eingezeichnet

Auswertung



Sie erhalten als Zusatzinformation Angabe der Summe der Fehlerquadrate für die einzelnen Ordnungen. Dieser Wert muss möglichst klein sein. (Hier 1.Ordnung)

Test

Test: Beim doppelten Wert (hier: $2 \times 87,8 \text{ s} = 175,6 \text{ s}$) muss die Hälfte der Hälfte reagiert haben, d.h. der Punkt für $c/4$ muss auf dem Graphen liegen.

Geschwindigkeitskonstante aus der Halbwertszeit: $k_1 = \ln(2) / t_{1/2} = 0,6931/87,81 \text{ s} = 0,00789 \text{ s}^{-1}$



Auswertung nach Reaktion 1. Ordnung

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

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

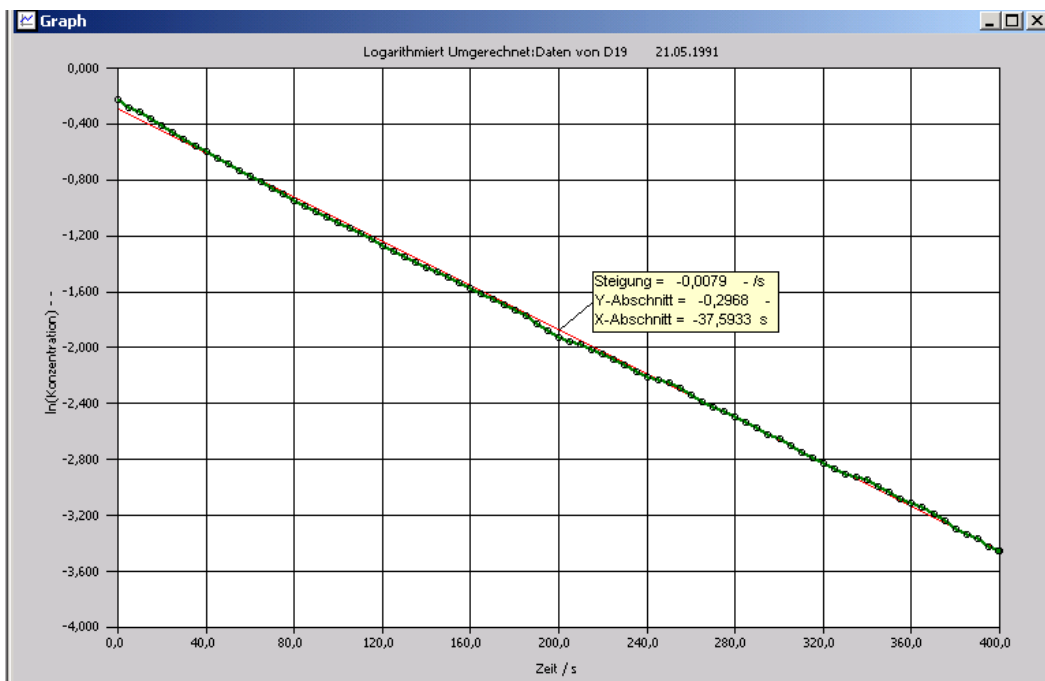
Das bedeutet, bei Reaktionen erster Ordnung nimmt die Konzentration des Edukts exponentiell mit der Zeit ab. Logarithmiert man die Gleichung, so erhält man.:

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

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

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

- ▶ Icon 'Auswerten' (3. von links) und **Werte umrechnen** und **Y=** 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**



Die Geschwindigkeitskonstante entspricht der Steigung: $k_1 = m = 0.0079 \text{ s}^{-1}$.

Sie können den recht guten Korrelationskoeffizienten (-0.9997) notieren.

Alter-
native

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

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

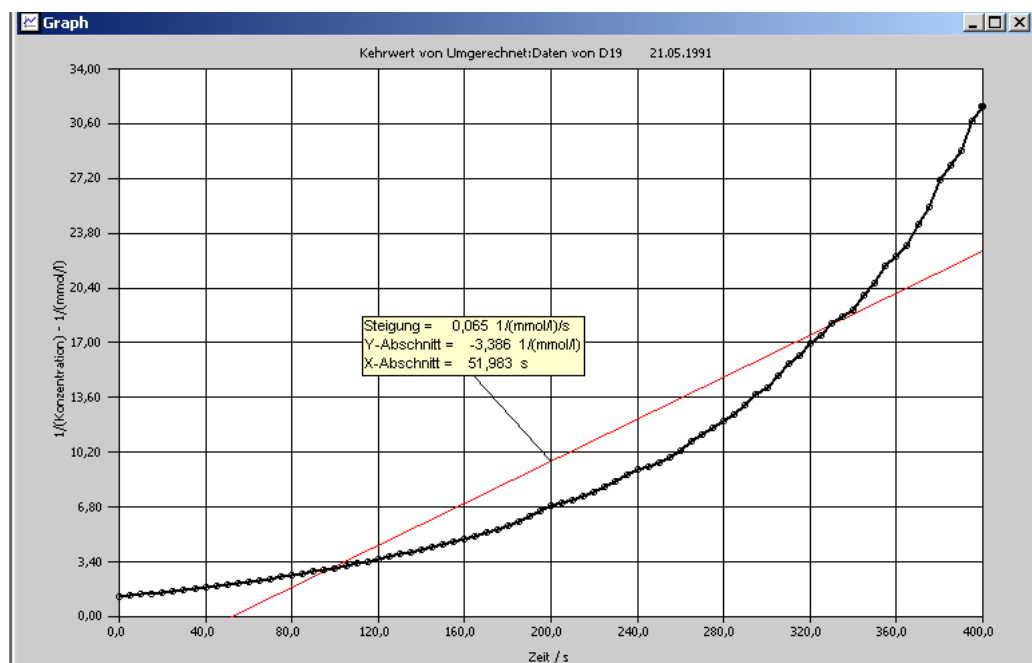
Formt man die Gleichung um, so erhält man:

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

Trägt man $1/c$ (y-Achse) gegen t (x-Achse) auf, müsste es beim 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 **Werte umrechnen** und **Y=** 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**



Man kann am Korrelationskoeffizienten (0.931) sehen, dass eine Reaktion zweiter Ordnung ausscheidet.

Beachten:



Entsorgung

Organische Halogenierte Abfälle

Literatur

F. Kappenberg; Computer im Chemieunterricht 1988, S. 144 Verlag Dr. Flad, Stuttgart