

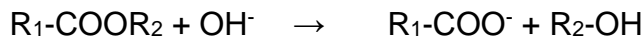
Versuch K6. Temperaturabhängigkeit der Geschwindigkeitskonstanten (V. 3.6)

I Ziel des Versuchs

Die Geschwindigkeit einer basischen Verseifung von Essigsäureethylester ist bei verschiedenen Temperaturen zu bestimmen und daraus die Geschwindigkeitskonstante zu berechnen.

II Theoretischer Hintergrund

Die basische Verseifung eines Esters verläuft nach der Reaktionsgleichung



praktisch vollständig von links nach rechts. Die Reaktion ist bimolekular und lässt sich mit einem Geschwindigkeitsgesetz zweiter Ordnung beschreiben:

$$\frac{dc_{\text{Ester}}}{dt} = \frac{dc_{OH^-}}{dt} = -k \cdot c_{\text{Ester}} \cdot c_{OH^-} \quad (1)$$

Werden gleiche Ausgangskonzentrationen c_0 an Ester und Lauge eingesetzt vereinfacht sich das Geschwindigkeitsgesetz zu:

$$\frac{dc_{\text{Ester}}}{dt} = -k \cdot c^2(t) \quad (2)$$

Integration von Gleichung 2 liefert:

$$\frac{1}{c_{\text{Ester}}} - \frac{1}{c_0} = k \cdot t \quad (3)$$

Aufgrund der unterschiedlichen spezifischen Leitfähigkeiten von OH^- und Acetat kann der Konzentrationsverlauf mittels einer Leitfähigkeitsmessung erfolgen. Während die durch die Acetat-Ionen hervorgerufene Leitfähigkeit während des Reaktionsverlaufs zunimmt, nimmt die aufgrund der OH^- -Ionen hervorgerufene Leitfähigkeit der Lösung ab. Für die Esterkonzentration gilt dann:

$$\frac{c_{\text{Ester}}(t)}{c_{\text{Ester}}(t=0)} = \frac{L(t) - L_{\infty}}{L(t=0) - L_{\infty}} \quad (4)$$

mit $L(t)$ = Leitfähigkeit zum Zeitpunkt t , $L(t=0)$ = Anfangsleitfähigkeit und L_{∞} = Endleitfähigkeit.

Die Temperaturabhängigkeit der Geschwindigkeitskonstante k kann durch die Arrheniusgleichung beschrieben werden.

$$k = A \cdot \exp\left(-\frac{E_A}{RT}\right) \quad (5)$$

mit A = Vorfaktor und E_A = Aktivierungsenergie.

III Stichworte zum theoretischen Hintergrund

- Mechanismus der Esterverseifung
- Geschwindigkeitsgesetze 1., 2., pseudo-erster Ordnung
- Temperaturabhängigkeit der Geschwindigkeitskonstanten, Arrhenius-Gleichung

IV Aufgaben, die zum Versuchstag vorbereitet werden sollen

1. Informieren Sie sich über den Mechanismus der basischen Esterverseifung. Wie verläuft die Reaktion im sauren Medium, was für ein Geschwindigkeitsgesetz ergibt sich in diesem Fall?
2. Berechnen Sie, welche Konzentration die Lauge bei der Menge Ester haben muss, um gleiche Konzentrationen zu haben.
3. Leiten Sie Gleichung (4) her.

V Versuchsbeschreibung und -durchführung

Die Konzentration der NaOH-Lösung berechnet sich aus der hinzugegebenen Menge Ester. Sie wird durch verdünnen einer Normallösung mittels Pipetten hergestellt. Zu Beginn des Versuchs sind 1000 ml anzusetzen. Die Gruppen können diese Lösung gemeinsam in der entsprechenden Menge ansetzen.

150 ml der NaOH-Lösung werden in die Leitfähigkeitszelle gegeben und unter mäßigem Rühren auf die spätere Reaktionstemperatur temperiert. Nachdem die Temperatur konstant ist, wird die Anfangsleitfähigkeit bestimmt. Die Temperatur sollte während der gesamten Verseifungsreaktion konstant sein.

Dann werden mit Hilfe der Schnellpipette 100 μ l Ester zu der Natronlauge gegeben und die Zeitmessung gestartet. Zunächst wird alle 30 s ein Messwert aufgenommen,

zum Ende der Reaktion kann das Messintervall verlängert werden. Nach etwa 60 min wird die Datenaufnahme gestoppt, die Lösung in ein Gefäß gegeben und aufbewahrt.

Danach wird der Versuch bei einer zweiten Temperatur wiederholt.

Nach Beendigung dieser Messreihen wird die Leitfähigkeit der 1. Lösung nochmals bei beiden Temperaturen vermessen, um einen Wert für die Endleitfähigkeit zu erhalten.

Insgesamt soll die Reaktion bei circa 20, 25, 30 und 35 °C gemessen werden, wobei eine Gruppe bei 20°C und bei 30°C misst, während die andere Gruppe die Reaktion bei 25 °C und 35°C untersucht. Am Ende des Versuchs werden die Daten ausgetauscht.

VI a) Auswertung während des Versuchstages

1. Berechnen Sie die Esterkonzentration zum Zeitpunkt t.
2. Ermitteln Sie die Geschwindigkeitskonstante k graphisch anhand von Gleichung 3.
3. Stellen Sie ihre ermittelten Geschwindigkeitskonstanten zusammen mit den Werten der anderen Gruppe graphisch in Form einer Arrheniusauftragung dar und ermitteln Sie die Aktivierungsenergie der Reaktion.

b) Auswertung nach dem Versuchstag

1. Wie groß ist die Geschwindigkeitskonstante bei 373 K?
2. Wie können Sie die Geschwindigkeitskonstante bestimmen, wenn die Ausgangskonzentrationen nicht gleich sind (Geschwindigkeitsgesetz)?

VII Materialien

1. Verwendete Chemikalien

Essigsäureethylester: Dichte(20°C) = 0,90 g cm⁻³
Signalwort: Gefahr



Gefahrenbezeichnung(en)

H225: Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

H336: Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.

Vorsichtsmaßnahmen

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

P261: Einatmen von Dampf vermeiden.

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

Ergänzende Gefahrenmerkmale (EU)

EUH066: Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen.

Essigsäuremethylester: Dichte (25°C) = 0,894 g cm⁻³
Signalwort: Gefahr



Gefahrenbezeichnung(en)

H225: Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

H336: Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.

Vorsichtsmaßnahmen

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

P280: Augenschutz/ Gesichtsschutz tragen.

P304 + P340 + P312: BEI EINATMEN: Die Person an die frische Luft bringen und für ungehinderte Atmung sorgen. Bei Unwohlsein 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.

P337 + P313: Bei anhaltender Augenreizung: Ärztlichen Rat einholen/ ärztliche Hilfe hinzuziehen.

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

Ergänzende Gefahrenmerkmale (EU)

EUH066: Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen.

Ameisensäureethylester: Dichte = 0,92 g cm⁻³
Signalwort: Gefahr



Gefahrenbezeichnung(en)

H225: Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.

H302 + H332: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken oder Einatmen

H319: Verursacht schwere Augenreizung.

H335: Kann die Atemwege reizen.

Vorsichtsmaßnahmen

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

P261: Einatmen von Dampf vermeiden.

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

NaOH



Signalwort: Gefahr

Gefahrenbezeichnung(en)

H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.

H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.

Vorsichtsmaßnahmen

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

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/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.

Versuch K6

Messprotokoll

„Esterverseifung“

Gruppe	Umgebungstemp.[°C]	Datum/ Stempel
Name		

Reaktionstemperatur:

$c_0(\text{NaOH})$

$c_0(\text{Ester})$

$L(t=0)$

L_∞

t

L(t)

C_{Ester}

Reaktionstemperatur:

$c_0(\text{NaOH})$

$c_0(\text{Ester})$

$L(t=0)$

L_∞

t

$L(t)$

C_{Ester}

Rechenweg $c_0(\text{Ester})$

Rechenweg $c_{\text{Ester}}(t)$