

V1 - Verseifungsgeschwindigkeit eines Esters

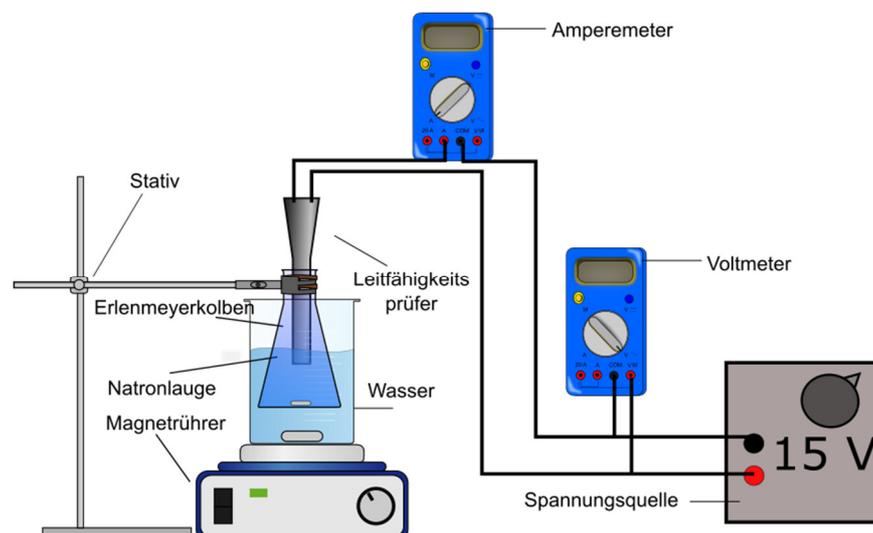
In diesem Versuch wird die Reaktionsgeschwindigkeit quantitativ ermittelt. Da dies anhand einer Verseifung eines Esters geschieht, sollten die Schülerinnen und Schüler Vorwissen aus den Bereichen der organischen Chemie besitzen. Die funktionellen Gruppen der Ester, Alkohole und Carbonsäuren, sowie typische Reaktionstypen wie die Verseifung, sind zum Verständnis der Hintergründe erforderlich.

Gefahrenstoffe		
Essigsäureethylester	H: 225-319-336	P: 210-233-240-305+351+338-403+253
Natronlauge (c = 0,1 M)	H: 290-314	P: 280-301+330+331-305+351+338-308+310
Wasser	H: -	H: -
Natriumacetat	H: -	P: -
Ethanol	H: 225	P: 210
		

Materialien: Spannungsquelle, Leitfähigkeitsprüfer, 2 Multimeter, Kabel, Kristallisierschale, Magnetrührer, 2 Rührfische, Stativmaterial, Erlenmeyerkolben (200 mL), Messzylinder, Messpipette (1 mL), Peleusball, Stoppuhr

Chemikalien: 0,1 M Natronlauge (100 mL), Essigsäureethylester (0,44 mL)

Aufbau:



Durchführung: Ein Wasserbad wird auf dem Magnetrührer auf 33 °C erwärmt und konstant gehalten. Der Erlenmeyerkolben wird mit 100 mL 0,1 M Natronlauge gefüllt. Mithilfe des Stativs wird der Erlenmeyerkolben so in das Wasserbad eingetaucht, dass die Lösung knapp unterhalb des Wasserstandes liegt. Der Leitfähigkeitsprüfer wird mit der Spannungsquelle verbunden und in die Natronlauge getaucht. Zur Messung der elektrischen Leitfähigkeit wird ein Multimeter als Amperemeter in Reihe und eines als Voltmeter parallel zum Stromkreis geschaltet. Die Anfangswerte werden notiert. Anschließend werden 0,44 mL Essigsäureethylester zur Natronlauge hinzugegeben und alle dreißig Sekunden Spannung und Stromstärke notiert, bis die Werte sich über zwei Minuten nicht mehr verändern. Diese Durchführung wird analog bei 43 °C wiederholt.

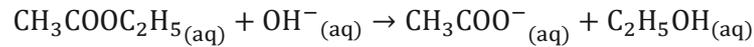
Beobachtung: Nach Zugabe des Esters sinkt die gemessene Spannung, bis sie nach etwa 15 Minuten wieder konstant bleibt. In XY sind die Messwerte bei zwei Temperaturen aufgeführt.

Tabelle 1: Messwerte der Leitfähigkeitsänderung der Verseifung bei unterschiedlichen Temperaturen.

33 °C			43 °C		
t	U	I	t	U	I
0	6,86	113	0	6,81	132,1
20	6,86	111,2	30	6,81	125,8
56	6,86	109,5	60	6,83	123,8
80	6,86	108,9	90	6,83	121,2
110	6,86	107,5	120	6,84	119
140	6,86	106,2	150	6,85	116,5
170	6,86	105	180	6,85	114,5
202	6,86	103,7	210	6,85	112,7
230	6,86	102,4	240	6,84	110,9
260	6,86	101,2	270	6,84	109,4
290	6,85	99,8	300	6,85	108,4
325	6,85	98,8	330	6,85	108
350	6,85	98,2	360	6,85	107,9
380	6,85	97,6	390	6,86	107,6
410	6,84	96,9	420	6,86	107,7
440	6,84	96,4	450	6,86	107,8
472	6,83	96,1	480	6,86	107,6
500	6,83	95,8			
530	6,83	95,9			
560	6,83	95,7			
590	6,83	95,7			
620	6,83	95,8			
650	6,83	95,8			

Deutung:

Bei der Verseifung des Esters reagiert der Essigsäureethylester mit den Hydroxidionen der Natronlauge zu Acetat und Ethanol. Da Natronlauge im Überschuss vorliegt, läuft die Reaktion vollständig und irreversibel ab.



Durch die gelösten Ionen ist die Lösung elektrisch leitfähig. Die elektrische Leitfähigkeit L kann aus den gemessenen Größen der Spannung und Stromstärke ermittelt werden.

$$L [\text{S}] = \frac{1}{R [\Omega]} = \frac{I [\text{A}]}{U [\text{V}]}$$

Tabelle 2: Werte der elektrischen Leitfähigkeit in Abhängigkeit der Zeit bei den zwei Versuchstemperaturen

33 °C		43°C	
t	L [mS]	t	L [mS]
0	16,47230321	0	19,3979442
20	16,20991254	30	18,47283407
56	15,96209913	60	18,12591508
80	15,87463557	90	17,74524158
110	15,67055394	120	17,39766082
140	15,48104956	150	17,00729927
170	15,30612245	180	16,71532847
202	15,11661808	210	16,45255474
230	14,9271137	240	16,21345029
260	14,75218659	270	15,99415205
290	14,56934307	300	15,82481752
325	14,42335766	330	15,76642336
350	14,33576642	360	15,75182482
380	14,24817518	390	15,6851312
410	14,16666667	420	15,69970845
440	14,09356725	450	15,71428571
472	14,07027818	480	15,6851312
500	14,02635432		
530	14,04099561		
560	14,01171303		
590	14,01171303		
620	14,0263543		
650	14,0263543		

Zu Beginn (L_0) ist die elektrische Leitfähigkeit der Lösung von den gelösten Ionen der Natronlauge beeinflusst. Da sich die Konzentration der Natriumionen während des Versuch nicht ändert, kann ihr Beitrag zur Leitfähigkeit der Lösung vernachlässigt werden. Mit fortschreitendem

Reaktionsverlauf werden Hydroxidionen verbraucht und Acetationen gebildet. Letztere sind weniger beweglich in der Lösung, daher sinkt die Leitfähigkeit in Abhängigkeit der Zeit (L_t). Nach Ablauf der Reaktion bleibt die elektrische Leitfähigkeit wieder nahezu konstant (L_∞). Die elektrische Leitfähigkeit setzt sich zusammen aus dem Quotienten der messgerätbedingten Zellkonstante Z und der spezifischen Leitfähigkeit κ . Die spezifische Leitfähigkeit κ einer Lösung ist abhängig von der molaren Leitfähigkeit Λ_m und der Konzentration der gelösten Stoffe i .

$$\kappa = \sum_i \Lambda_{m,i} \cdot c_i = L \cdot Z$$

Nach einsetzen der Leitfähigkeiten und Konzentrationen zu den Zeitpunkten 0, t und ∞ , kann die zeitliche Abhängigkeit der Konzentration der Acetationen beschrieben und Anhand der Leitfähigkeitsmesswerte berechnet werden. Dabei ist $c_{E,0}$ die Ausgangskonzentration des Essigsäureethylesters:

$$c_{Ac^-,t} = \frac{L_0 - L_t}{L_0 - L_\infty} \cdot c_{E,0}$$

Die Reaktionsgeschwindigkeit ist die Konzentrationsänderung eines an der Reaktion beteiligten Stoffes in Abhängigkeit der Zeit. In didaktisch reduzierter Näherung wird die durchschnittliche Reaktionsgeschwindigkeit betrachtet. Dabei erhalten Edukte ein negatives Vorzeichen, Produkte ein positives.

$$v = \frac{\Delta c(\text{Produkte})}{\Delta t} = - \frac{\Delta c(\text{Edukte})}{\Delta t} = \frac{\Delta c_{Ac^-,t}}{\Delta t}$$

Zur Ermittlung der Reaktionsgeschwindigkeit wird also eine Auftragung der Acetatkonzentration gegen die Zeit benötigt. Die Steigung eines linearen Fits entspricht dann der Geschwindigkeit. Für den linearen Fit ist der Achsenabschnitt in den Nullpunkt gelegt, da die Ausgangskonzentration der Acetationen null sein muss. Aus Abbildung 1 und Abbildung 2 erhält man die Geschwindigkeiten. Die zugehörigen Werte finden sich in Tabelle 3. Zur Auswertung sind jeweils die letzten Werte vernachlässigt worden, da diese als Nachperiode im Anschluss an die abgelaufene Reaktion angesehen werden können.

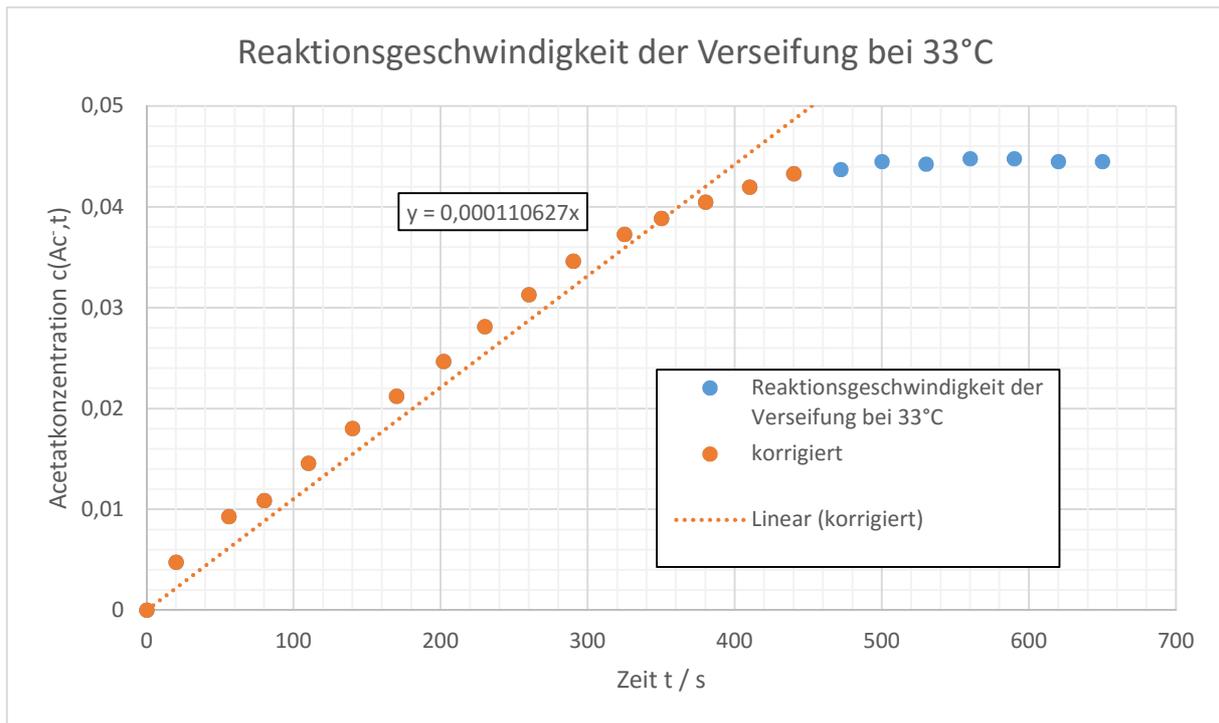


Abbildung 1: Auftragung der Acetatkonzentration gegen die Zeit bei 33 °C Reaktionstemperatur.

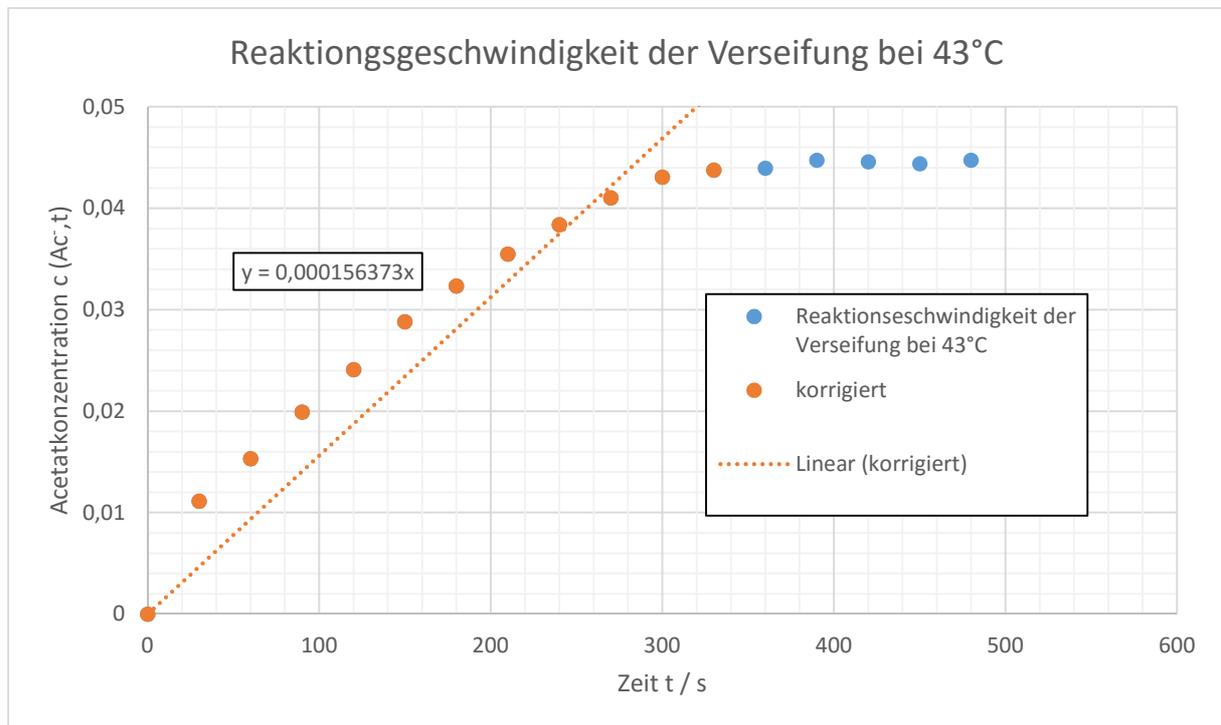


Abbildung 2: Auftragung der Acetatkonzentration gegen die Zeit bei 43 °C Reaktionstemperatur.

Entsorgung: Die Lösungen können mit Wasser verdünnt über den Abfluss entsorgt werden.

Literatur: Eckhold, G.; Hoyermann, K.; Suhm, M.; Hold, M. (2014):
Versuchsanleitungen zum Praktikum Physikalische Chemie I für
Lehramtskandidaten. Modul B.Che.4302. Georg-August-Universität
Göttingen.

Brown, Theodore L.; LeMay, Harold Eugene; Bursten, Bruce Edward; Robl,
Christian (2011): Chemie. Studieren kompakt. 10., aktualisierte Aufl.
München: Pearson

Unterrichtsanschlüsse: Dieser Versuch kann gut genutzt werden, um in der Oberstufe die Themengebiete der Kinetik und der organischen Chemie zu verbinden. Es kann die Verseifung eines Esters genutzt werden, um die Reaktionsgeschwindigkeit quantitativ zu ermitteln.