

---

# POTENTIOMETRIE

---

GRUPPE 23

DAVID RAESE  
# 01628909  
REMON HOZEIN  
# 01606055

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Abstract</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Messungen</b>	<b>2</b>
2.1	Erstellung der Stammlösungen . . . . .	2
2.2	Erstellung der Messreihen . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Auswertung der Messungen bei 25°C</b>	<b>4</b>
3.1	Bestimmung der Aktivitätskoeffizienten $\gamma_{\pm}$ bei 25°C . . . . .	4
3.2	Debye-Radius bei 25°C . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Auswertung der Messungen bei 40°C</b>	<b>7</b>
4.1	Bestimmung der Aktivitätskoeffizienten $\gamma_{\pm}$ bei 40°C . . . . .	7
4.2	Debye-Radius bei 40°C . . . . .	8
<b>5</b>	<b>Datenanalyse</b>	<b>10</b>
5.1	Bestimmung der Unterschiede des Debye-Radius im Hinblick auf die Temperatur . . . . .	11
5.2	Datenanalyse für die Graphiken der Dissoziation . . . . .	13
5.2.1	Auswertung der Messwerte bei 25°C . . . . .	13
5.2.2	Auswertung der Messwerte bei 40°C . . . . .	14
5.2.3	Vergleich der Dissoziationen bei verschiedenen Temperaturen . . . . .	15
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>17</b>

# 1 Abstract

In dieser Laborübung wurde der Zusammenhang zwischen Konzentration und Dissoziation, sowie der Zusammenhang zwischen Konzentration und Debye-Radius bei zwei verschiedenen Temperaturen (25°C und 40°C) von Essigsäure untersucht. Bei der anschließenden Auswertung lässt sich gut erkennen, wie die Dissoziation bei geringerer Konzentration steigt. Bei genügend hoher Verdünnung kann auch aus einer schwachen Säure (hier Essigsäure) eine Starke gemacht werden.

Der weitere Teile der Auswertung konzentriert sich auf den Zusammenhang der Konzentration und des Debye-Radius, dieser vergrößert sich exponentiell, wenn sich die Konzentration verringert.

## 2 Messungen

### 2.1 Erstellung der Stammlösungen

Um die Messreihen zu erstellen, die einen Konzentrationsbereich von 0.005 bis 0.00001 [mol/kg] abdeckt, wurde aus einer 0.5 molalen Essigsäurelösung 3 Stammlösungen hergestellt.

Tabelle 1: Stammlösungen, aus 0.5molaler Essigsäure

Stammlösung	Konz [mmol/kg]
I	50,012
II	5,015
III	0,5012

Aus diesen Stammlösungen wurde im nächsten Schritt die Messreihe erstellt.

Tabelle 2: Messreihe, nach Konzentration sortiert

Lösung	Stamm	Stamm [g]ideal	H <sub>2</sub> O [g]ideal	Stamm [g]real	H <sub>2</sub> O [g]real	Konz [mmol/kg]soll	Konz [mmol/kg]ist
A1	50,012	50	0	50,06	0	50	50,01
A2	50,012	25	25	25,04	25,04	25	25,01
A3	50,012	15	35	15,1	35,05	15	15,06
B1	50,012	10	40	10,08	40,02	10	10,06
B2	50,012	6	44	6,08	44,2	6	6,05
A4	50,012	5	45	5,01	45,01	5	5,01
B3	5,015	10	40	10,02	40,03	1	1,00
A5	5,015	10	40	9,98	40,22	1	1,00
C1	5,015	8	42	8,03	42,05	0,8	0,80
C2	5,015	6	44	6,07	44,1	0,6	0,61
B4	5,015	5	45	5,04	45,01	0,5	0,51
C3	5,015	4	46	4,07	46,07	0,4	0,41
C4	0,5012	30	20	30,04	20,05	0,3	0,30
B5	0,5012	20	30	20	30	0,2	0,20
C5	0,5012	10	40	10,12	40,15	0,1	0,10

### 2.2 Erstellung der Messreihen

Die Messserie wurde in drei Teile aufgeteilt, entsprechend den drei Stammlösungen. Desweiteren wurde darauf geachtet, dass sich keine Konzentration mehr als einmal wiederholt. Über diese beiden gleichen Konzentrationen kann man auch überprüfen ob die rechnerisch bestimmten Stammlösungen auch experimentell richtig sind. Da, um die Konzentrationen, die Stammlösungen eingewogen wurden, muss man nochmal die Tatsächliche Konzentration (Konz. real) bestimmen.

$$b = \frac{\text{Einwage Stamm}[g] \cdot \text{Konz. Stamm}[g/\text{mmol}]}{\text{Einwage Stamm} + \text{Einwage H}_2\text{O}} \quad (1)$$

Für die Werte siehe Tabelle 2.

Tabelle 3: pH-Messung

Lösung	Konz [mmol/kg] soll	pH bei 25°C	pH bei 40°C
A1	50	3,03	3,06
A2	25	3,14	3,2
A3	15	3,25	3,32
B1	10	3,38	3,41
B2	6	3,5	3,53
A4	5	3,53	3,57
B3	1	3,91	3,94
A5	1	3,91	3,94
C1	0,8	3,96	4
C2	0,6	4,03	4,07
B4	0,5	4,07	4,11
C3	0,4	4,13	4,16
C4	0,3	4,21	4,26
B5	0,2	4,29	4,34
C5	0,1	4,5	4,54

Nach der Herstellung wurden die verschiedenen Konzentration mittels pH-Meter jeweils einmal bei 25°C und bei 40°C vermessen, dabei wird immer von der kleineren zu nächst höheren Konzentration gemessen.

### 3 Auswertung der Messungen bei 25°C

Mit den erhalten Messwerten aus Teil 1 kann jetzt die Konzentrationsabhängigkeit der Essigsäure im Hinblick auf:

- dem mittleren Aktivitätskoeffizient  $\gamma_{\pm}$
- dem Dissoziationsgrad  $\alpha$
- und dem Debye-Radius (**rD**)

untersucht werden.

#### 3.1 Bestimmung der Aktivitätskoeffizienten $\gamma_{\pm}$ bei 25°C

Um dem Phänomen des schwachen Elektrolyten rechnung zu tragen, bei dem nur ein geringer Teil der Essigsäuremoleküle dissoziiert und ein  $H^+$  abgibt, wurde die Aktivität  $a$  eingeführt. Dieser Wert sagt aus, wie viele Moleküle wirklich reagieren. Da wir über die pH-Messung den negativen dekadischen Logarithmus der  $H^+$ -Ionenkonzentration in Lösung bestimmt haben, erhalten wir durch potenzieren zur Basis 10 genau die Zahl an Teilchen, die in unserer Lösung dissoziiert ist.

$$a = 10^{pH-Wert} \quad (2)$$

Da mit  $a$  immer nur den Absoluten Zahlenwert für eine ganz bestimmte Lösung bestimmt werden kann, wurde der mittlere Aktivitätskoeffizient  $\gamma_{\pm}$  eingeführt, da dieser jetzt das Verhältnis zwischen der reagierten Spezies und der eingesetzten Konzentration berechnet, bekommt man immer das gleiche Ergebnis wenn man das System vergrößert oder verkleinert.

$$\gamma_{\pm} = \frac{a}{c} = \frac{a}{b} \quad (3)$$

Da unsere Konzentrationen in Molalität statt in Molarität gegeben sind wird Anstell  $c$   $b$  für die Konzentration eingesetzt.

Für den arozentualen Anteil an dissoziierten Teilchen wurde noch  $\alpha$  mit:

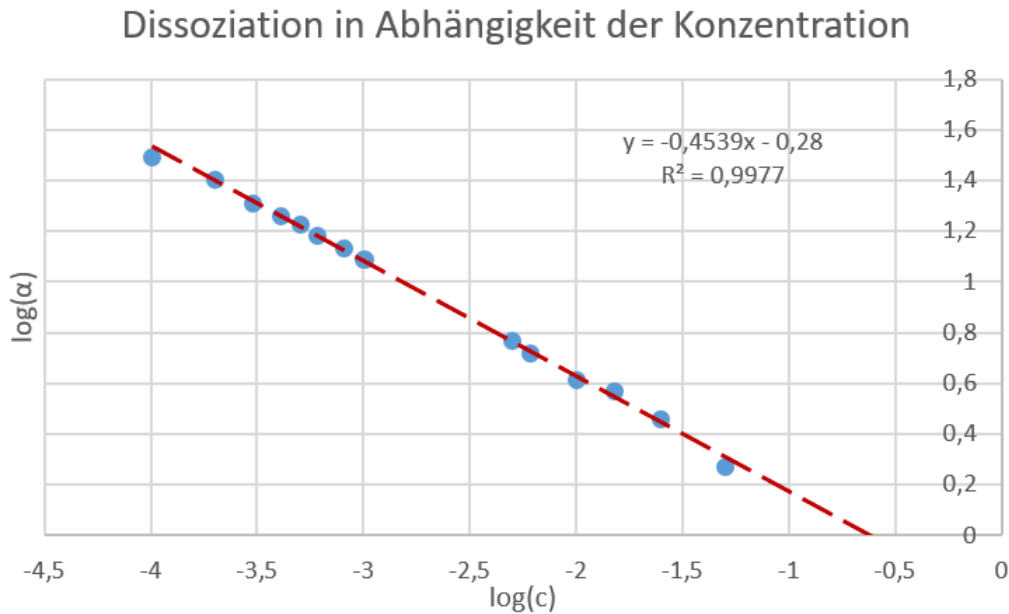
$$\alpha[\%] = \gamma_{\pm} * 100 \quad (4)$$

eingeführt

Tabelle 4: prozentualer Aktivitätskoeffizient  $\alpha$  bei 25°

Lösung	Konz [mmol/kg] ist	log[b] [mol/kg]	a[%]
A1	50,0	-1,3	1,9
A2	25,0	-1,6	2,9
A3	15,1	-1,8	3,7
B1	10,1	-2,0	4,1
B2	6,0	-2,2	5,2
A4	5,0	-2,3	5,9
B3	1,0	-3,0	12,3
A5	1,0	-3,0	12,3
C1	0,8	-3,1	13,6
C2	0,6	-3,2	15,4
B4	0,5	-3,3	16,9
C3	0,4	-3,4	18,2
C4	0,3	-3,5	20,5
B5	0,2	-3,7	25,6
C5	0,1	-4,0	31,3

Indem man die Konzentration gegen den prozentualen Aktivitätskoeffizienten aufträgt und beide logarithmiert, bekommt man einen Graph, der einen linearen Zusammenhang zwischen der Konzentration und der Aktivität nahelegt.



Desweiteren kann man aus der Geradengleichung erkennen, dass je geringer die Konzentration der Lösung ist, desto höher ist gleichzeitig die prozentuale Aktivität oder anders ausgedrückt - je geringer die Konzentration desto mehr Teilchen dissoziieren. Mit diesem Zusammenhang, kann man auch aus der schwachen Säure HAC bei genügend hoher Verdünnung eine starke machen.

Eine starke Säure ist dann stark, wenn sie vollständig dissoziiert, also wenn  $\alpha[\%] = 100$  gilt. Dies kann mit der Geradengleichung der Regressionsgerade bestimmt werden.

$$\begin{aligned} \log(\alpha) &= -0,4539 \log(c) - 0,28 \\ 10 &= -0,4539 \log(c) - 0,28 \\ c &= 10^{-23.03} = 2.25 \cdot 10^{-23} [\text{mol/kg}] \end{aligned}$$

Bei einer Konzentration von  $2.25 \cdot 10^{-23} [\text{mol/kg}]$  würde Essigsäure bei  $25^\circ\text{C}$  vollständig dissoziieren.

### 3.2 Debye-Radius bei $25^\circ\text{C}$

Der Debye-Radius gibt an ab welcher Distanz nur noch  $\frac{1}{e}$  der Columbe-Kraft wirkt und er wird berechnet über:

$$r_D = \sqrt{\frac{\epsilon_0 \epsilon_{rel} k_B T}{2 N_A e^2 I}}$$

$$k_B = \frac{R}{N_A}$$

$$F = N_A e$$

$$r_D = \sqrt{\frac{\epsilon_0 \epsilon_{rel} R T}{2 F^2 I}} \quad (5)$$

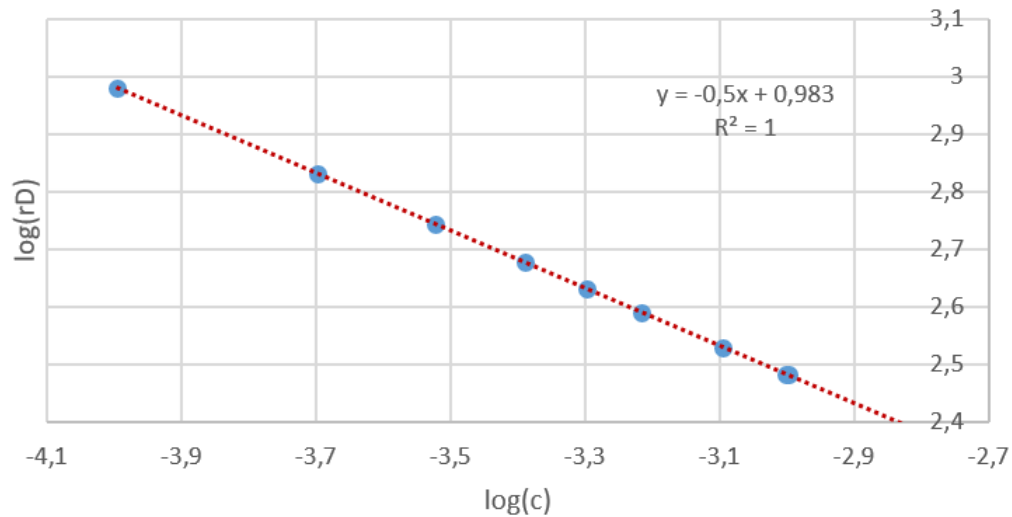
Für die Ionenstärke  $I = \frac{1}{2} \sum c_i z_i^2$  wir statt c die Aktivität a eingesetzt und da Essigsäure zu gleichen Teilen zerfällt ist  $I = \frac{1}{2}(2 \cdot a) = a$ . Unter der Annahme das die Konzentration viel geringer als der Aktivitätskoeffizient ist kann man ( $I = a = \gamma_{\pm} \cdot b = b$ ) die Ionenstärke in nächster Näherung mit der Molalität b gleichsetzen.

Tabelle 5: Debye-Radius von Essigsäure bei 25°C

Lösung	Ionenstärke [ $mmol/m^3$ ]	Debye-Radius [nm]
A1	50,01	43,0
A2	25,01	60,8
A3	15,06	78,4
B1	10,06	95,9
B2	6,05	123,7
A4	5,01	135,9
B3	1,00	303,5
A5	1,00	304,6
C1	0,80	339,1
C2	0,61	390,4
B4	0,51	427,9
C3	0,41	476,6
C4	0,30	554,7
B5	0,20	679,2
C5	0,10	957,4

Um den Zusammenhang zwischen Konzentration und Debye-Radius zu verdeutlichen wurde in Abbildung 2 der logarithmiert rD gegen die logarithmiert Molalität aufgetragen.

Debey-Radius in Abhängigkeit der Konzentration



Wie vorher bei der Dissoziation erhöht sich auch der Debye-Radius bei geringerer Konzentration. Dies kann man sich durch eine einfache Überlegung erklären:

Bei geringerer Konzentration sind die Essigsäuremoleküle nicht so nah beisammen, sie werden also weniger stark abgeschirmt.

## 4 Auswertung der Messungen bei 40°C

Wie bei der Auswertung 25°C wird auch mit den Messergebnissen bei 40°C

- der mittleren Aktivitätskoeffizient  $\gamma_{\pm}$
- der Dissoziationsgrad  $\alpha$
- und der Debye-Radius ( $r_D$ )

bestimmt.

Dabei wird genau wie im vorherigen Teil vorgegangen.

### 4.1 Bestimmung der Aktivitätskoeffizienten $\gamma_{\pm}$ bei 40°C

Zur Bestimmung von  $a$  wird der pH-Wert in Gl. 1 eingesetzt und um  $\gamma_{\pm}$  und  $\alpha[\%]$  werden dem entsprechend Gl. 2 und 3 benutzt.

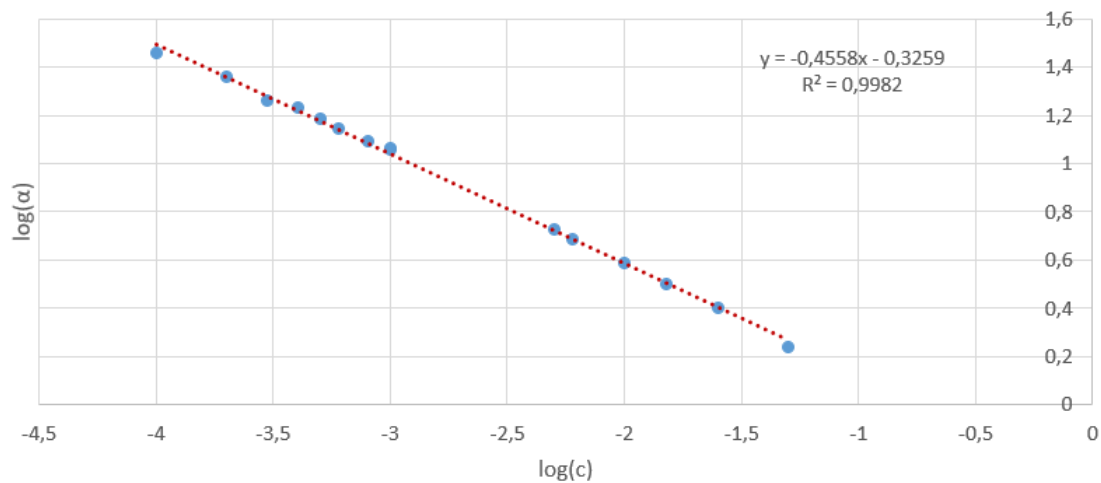
Tabelle 6: prozentualer Aktivitätskoeffizient  $\alpha$  bei 40°

Lösung	Konz [mmol/kg] ist	log[b] [mol/kg]	a[%]
A1	50,01	-1,301	1,866
A2	25,01	-1,602	2,897
A3	15,06	-1,822	3,734
B1	10,06	-1,997	4,143
B2	6,05	-2,218	5,229
A4	5,01	-2,300	5,892
B3	1,00	-2,998	12,254
A5	1,00	-3,001	12,340
C1	0,80	-3,095	13,636
C2	0,61	-3,217	15,381
B4	0,51	-3,297	16,854
C3	0,41	-3,390	18,210
C4	0,30	-3,522	20,514
B5	0,20	-3,698	25,582
C5	0,10	-3,996	31,341

Zur Graphischen Darstellung der Daten wird die Molalität gegen den prozentualen Aktivitätskoeffizienten logarithmisch aufgetragen.



## Dissoziation in Abhängigkeit der Konzentration



Auch hier nimmt die Dissoziation der Teilchen zu, je geringer die Konzentration ist. Da die Steigungen der beiden Regressionsgeraden annähernd gleich sind, kann man daraus schließen, dass die Temperatur nur bei entsprechend großen Temperaturunterschieden für die Dissoziation von Bedeutung ist.

### 4.2 Debye-Radius bei 40°C

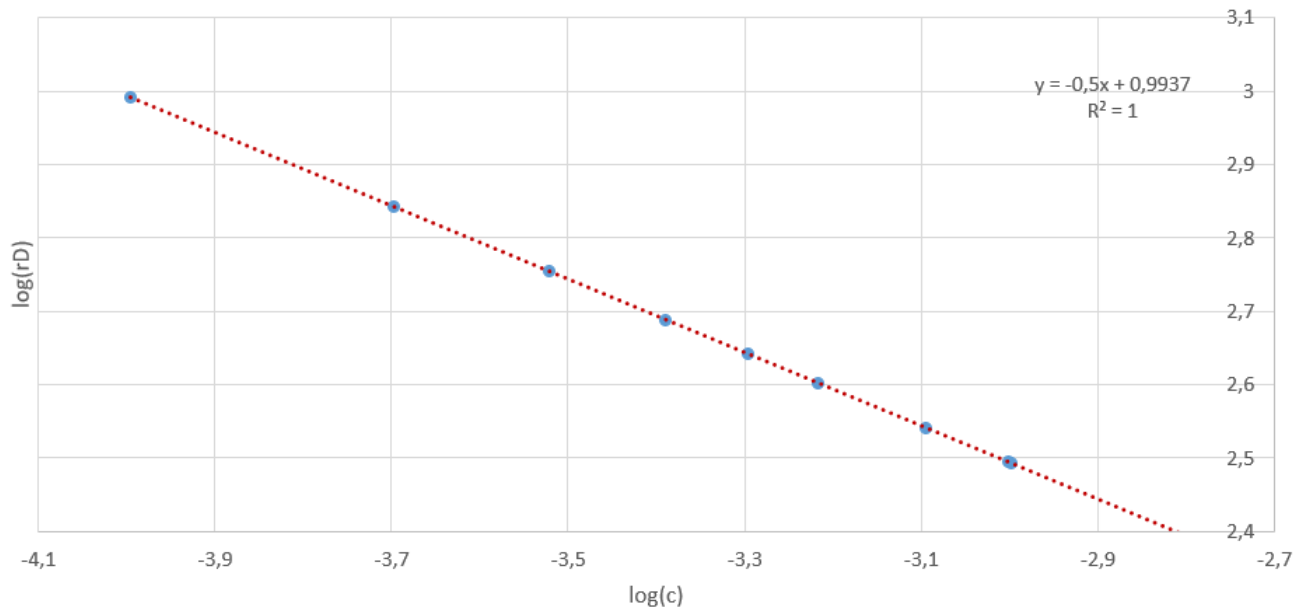
Zur Berechnung des Debye-Radius wird die entsprechende Molalität für I in Gl. 6 eingesetzt.

Tabelle 7: Debye-Radius bei 40°

Lösung	Konz [mol/kg]	x-Wert: $\log[c]$	Debye-Radius [nm]	y-Wert: $\log[rD]$
A1	50,01	-1,301	44,070	1,644
A2	25,01	-1,602	62,325	1,795
A3	15,06	-1,822	80,314	1,905
B1	10,06	-1,997	98,251	1,992
B2	6,05	-2,218	126,734	2,103
A4	5,01	-2,300	139,251	2,144
B3	1,00	-2,998	311,040	2,493
A5	1,00	-3,001	312,130	2,494
C1	0,80	-3,095	347,555	2,541
C2	0,61	-3,217	400,107	2,602
B4	0,51	-3,297	438,566	2,642
C3	0,41	-3,390	488,476	2,689
C4	0,30	-3,522	568,465	2,755
B5	0,20	-3,698	696,063	2,843
C5	0,10	-3,996	981,166	2,992

In Abbildung 4 wird noch mal der logarithmische Zusammenhang grafisch dargestellt..

## Debye-Radius in Abhängigkeit der Konzentration



Wenn die Geraden von Abbildung 4 und 2 miteinander vergleicht, fällt auf, dass beide mit  $m = -0.5$  exakt die gleiche Steigung haben. Dies bedeutet, dass bei unserer Versuchsdurchführung die Temperatur im Hinblick auf den Debye-Radius in abhängigkeit der Konzentration keinen Einfluss hat.

## 5 Datenanalyse

Um Aussagen über Zusammenhänge zwischen zwei Größen zu treffen, wurden bis jetzt immer nur die Geradengleichung der Regressionsgeraden benutzt. Das Problem dabei ist, dass wir nur einen Mittelwert haben, aber nicht wissen, wie stark unsere Werte streuen, also wie genau sie sind. Weiter kann man mit der Datenanalyse noch bestimmen wie sauber gearbeitet wurde und ob das verwendete Verfahren für das Problem gute Messergebnisse liefert. Um die Streuung der Daten zu berechnen verwendet man die Residuenanalyse. Dabei wird die errechnete Geradengleichung genommen, welche durch den Datensatz läuft und berechnet dann die mittlere Abweichung der einzelnen Datenpunkte zu der Geraden.

Mit der Residuenanalyse werden die Datensätze zu Abbildung 2 und 4 untersucht.

### 1. Bestimmung der Geradengleichung

Tabelle 8: Gradengleichungen		
	25°C	40°C
<b>Steigung</b>	-0,5	-0,5
<b>Achsenabschnitt</b>	0,983	0,9937

### 2. Residuen Berechnen über:

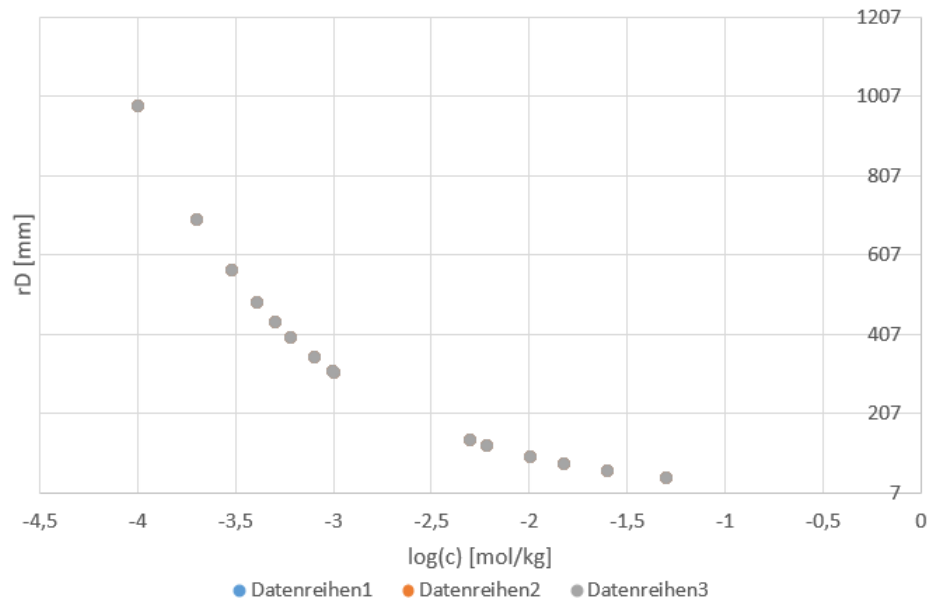
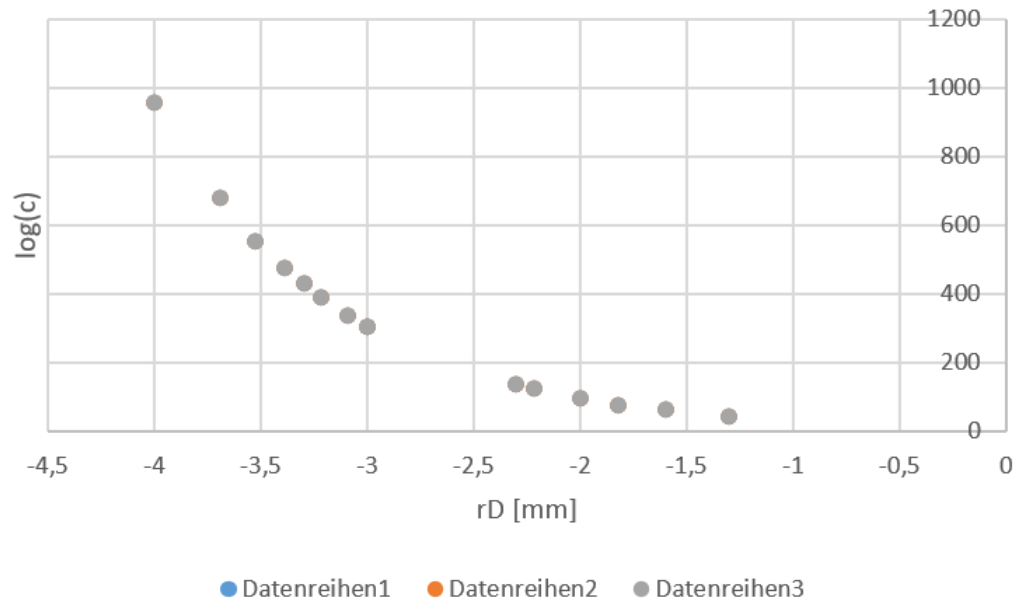
Tabelle 9: Berechnung der Residuen bei 25°C

$x_i$ [mmol/kg]	$y_i$	$\hat{y}_i$	$y_i - \hat{y}_i$
50,012	1,644	1,633	0,011
25,006	1,795	1,784	0,011
15,058	1,905	1,894	0,011
10,062	1,992	1,982	0,011
6,048	2,103	2,092	0,011
5,009	2,144	2,133	0,011
1,004	2,493	2,482	0,011
0,997	2,494	2,484	0,011
0,804	2,541	2,530	0,011
0,607	2,602	2,591	0,011
0,505	2,642	2,631	0,011
0,407	2,689	2,678	0,011
0,301	2,755	2,744	0,011
0,200	2,843	2,832	0,011
0,101	2,992	2,981	0,011

### 3. Standardabweichung der Residuen bestimmen:

- Die Standardabweichung bei 25°C ist  $\sigma_{25} = \pm 1,636 \cdot 10^{-16}$
- Die Standardabweichung bei 40°C ist  $\sigma_{40} = \pm 2,1992 \cdot 10^{-16}$

Bei diesen extrem kleinen Standardabweichungen kann davon Aussagen werden, dass keine Fehler bei der Durchführung aufgetreten sind und es eigentlich keinen Sinn macht die Ergebnisse mit Standardabweichung anzugeben. Wenn man den Graphen von dem Debye-Radius gegen die logarithmierte Konzentration mit Standardabweichung zeichnet, sieht man nur einen Datensatz, da die Streuung so klein ist.



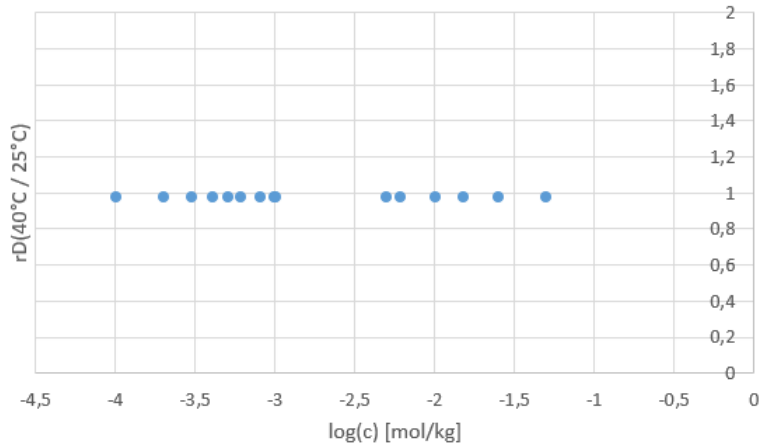
## 5.1 Bestimmung der Unterschiede des Debye-Radius im Hinblick auf die Temperatur

Um zu bestimmen, welchen Einfluss die Temperatur auf den Debye-Radius hat, teilt man die entsprechenden Werte der einen Temperatur durch die der andern. Als nächstes kann dann noch der prozentuale Unterschied bestimmt werden, dafür wird von dem vorher berechneten Verhältnis 1 abgezogen und dann mit 100 multipliziert.

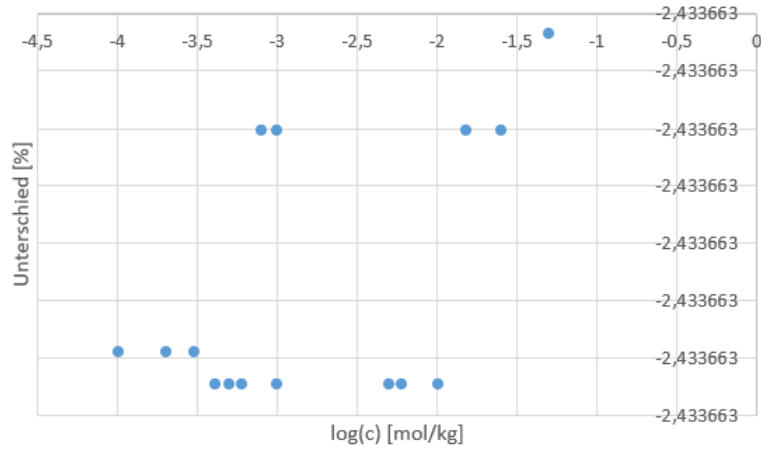
Tabelle 10: Unterschied des Debye-Radiuses bei verschiedenen Temperaturen

lg(konz)	X = rD(40°C/25°C)	(X-1.0)*100
-1,30092578	0,975663369	-2,43366306
-1,60195577	0,975663369	-2,43366306
-1,82221977	0,975663369	-2,43366306
-1,99730297	0,975663369	-2,43366306
-2,21841747	0,975663369	-2,43366306
-2,30023174	0,975663369	-2,43366306
-2,99826542	0,975663369	-2,43366306
-3,00130224	0,975663369	-2,43366306
-3,09467784	0,975663369	-2,43366306
-3,21698447	0,975663369	-2,43366306
-3,29670261	0,975663369	-2,43366306
-3,39031898	0,975663369	-2,43366306
-3,52204004	0,975663369	-2,43366306
-3,69792895	0,975663369	-2,43366306
-3,99611731	0,975663369	-2,43366306

Wie man aus der Tabelle entnehmen kann verändert sich der Anstieg die Werte so gut wie nicht, dies ist aber auch zu Erwarten, da die Steigungen der Regressionsgeraden gleich sind.



Es lässt sich kein Zusammenhang zwischen der Temperatur und dem Anstieg des Debye-Radius mit der Konzentration ziehen. Obwohl anzunehmen wäre das der Debye-Radius mit erniedrigung der Temperatur umso schneller wächst, je geringer Temperatur ist. Wenn man also noch den prozentualen Verlauf visualisiert, sollte man einen positiven linearen Zusammenhang erkennen können.



Wie man der Datenverteilung entnehmen kann ist dies nicht der Fall, es fällt aber auf das die y-Achse sich nicht ändert, sie zeigt immer den gleichen Wert an. Möglicherweise sind die Werte zu klein und Excel kann sie nicht mehr darstellen. Da hier dem ersten Anschein etwas falsch ist werde ich versuche die Methodik zu überprüfen indem ich die gleiche Datenanalyse für die Werte der Dissoziation durchexerziere.

## 5.2 Datenanalyse für die Graphiken der Dissoziation

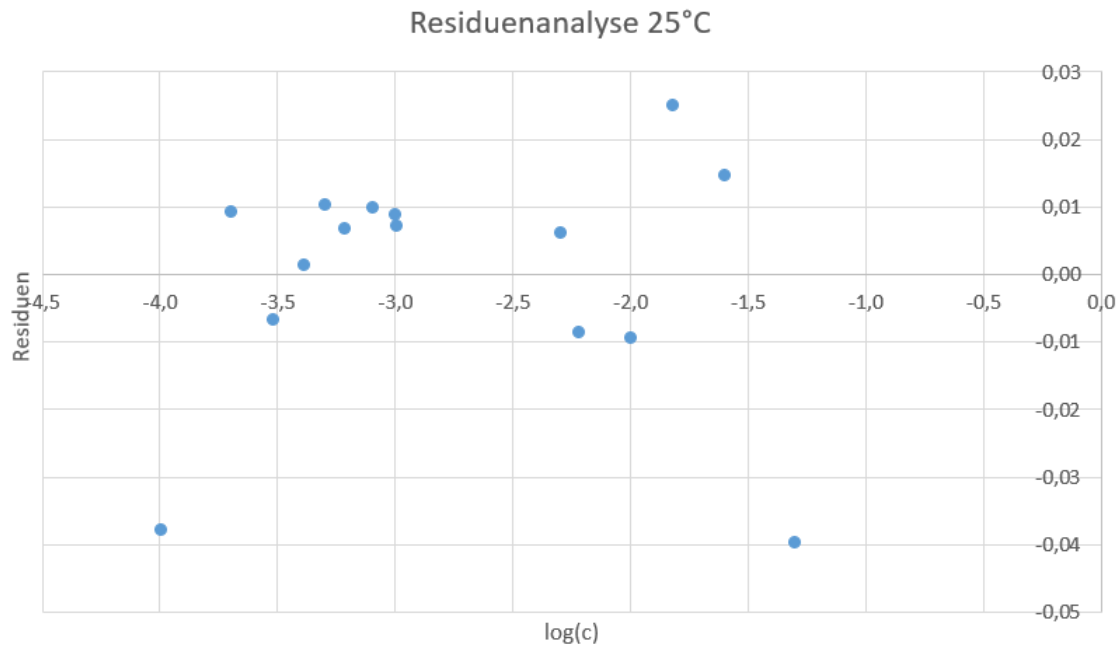
### 5.2.1 Auswertung der Messwerte bei 25°C

Für die Berechnung der Residuen erhält man folgende Werte:

Tabelle 11: Residuenanalyse bei 25°C

$x_i$ [mmol/kg]	$y_i$	$\hat{y}_i$	$y_i - \hat{y}_i$
-1,301	0,271	0,310	-0,040
-1,602	0,462	0,447	0,015
-1,822	0,572	0,547	0,025
-1,997	0,617	0,627	-0,009
-2,218	0,718	0,727	-0,009
-2,300	0,770	0,764	0,006
-2,998	1,088	1,081	0,007
-3,001	1,091	1,082	0,009
-3,095	1,135	1,125	0,010
-3,217	1,187	1,180	0,007
-3,297	1,227	1,216	0,010
-3,390	1,260	1,259	0,001
-3,522	1,312	1,319	-0,007
-3,698	1,408	1,398	0,009
-3,996	1,496	1,534	-0,038

Daraus ergibt sich folgende Graphik:



Die Standardabweichung beträgt  $\sigma = \pm 0.018$ . Somit ist die Geradengleichung gegeben durch:

$$y = -0.4539x - 0.28 \pm 0.018$$

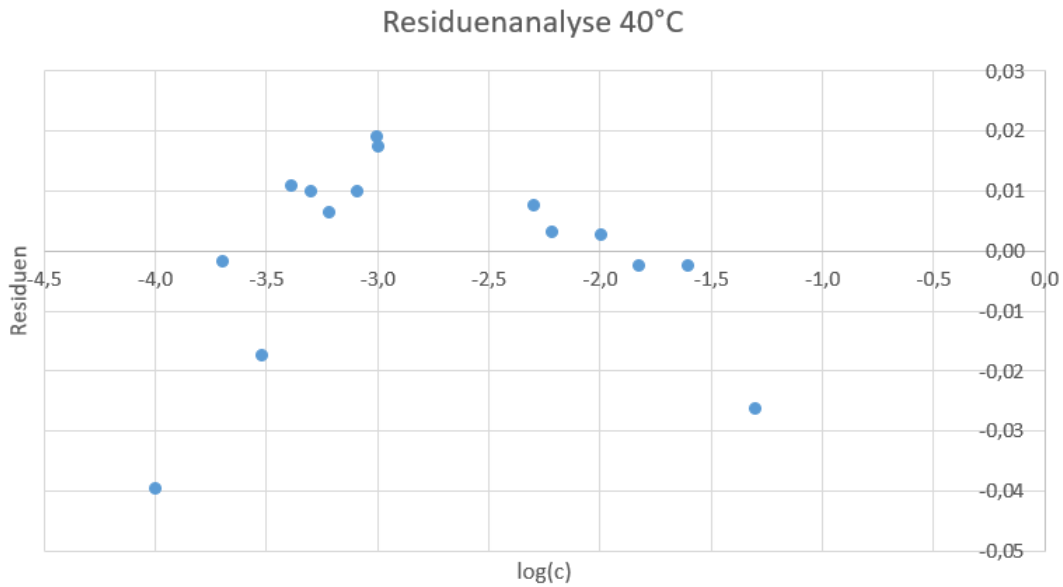
### 5.2.2 Auswertung der Messwerte bei 40°C

Für die Residuen ergeben sich diesmal:

Tabelle 12: Residuenanalyse bei 40°C

$x_i$ [mmol/kg]	$y_i$	$\hat{y}_i$	$y_i - \hat{y}_i$
-1,30093	0,24093	0,26706	-0,02614
-1,60196	0,40196	0,40427	-0,00232
-1,82222	0,50222	0,50467	-0,00245
-1,99730	0,58730	0,58447	0,00283
-2,21842	0,68842	0,68525	0,00316
-2,30023	0,73023	0,72255	0,00769
-2,99827	1,05827	1,04071	0,01756
-3,00130	1,06130	1,04209	0,01921
-3,09468	1,09468	1,08465	0,01002
-3,21698	1,14698	1,14040	0,00658
-3,29670	1,18670	1,17674	0,00997
-3,39032	1,23032	1,21941	0,01091
-3,52204	1,26204	1,27945	-0,01741
-3,69793	1,35793	1,35962	-0,00169
-3,99612	1,45612	1,49553	-0,03941

Und daraus ergibt sich folgende Graphik



Die Standardabweichung beträgt  $\sigma = \pm 0.016$ . Somit ist die Geradengleichung gegeben durch:

$$y = -0.4558x - 0.32 \pm 0.016$$

### 5.2.3 Vergleich der Dissoziationen bei verschiedenen Temperaturen

Wie bei dem Vergleich der Debye-Radien wird auch hier der Quotient und das daraus bestimmte prozentuelle Verhältnis hinsichtlich der Temperatur untersucht. Berechnet wurde hierfür folgendes:

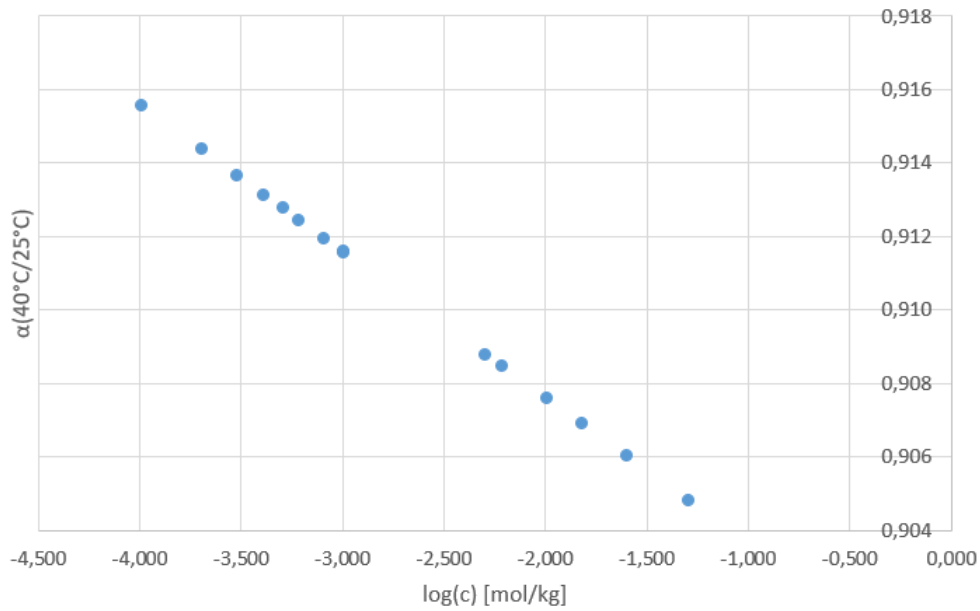
Tabelle 13: Temperaturvergleich

lg(konz)	X = $\alpha(40^\circ C/25^\circ C)$	(X-1.0)*100
-1,301	0,905	-9,516
-1,602	0,906	-9,397
-1,822	0,907	-9,309
-1,997	0,908	-9,240
-2,218	0,908	-9,152
-2,300	0,909	-9,120
-2,998	0,912	-8,842
-3,001	0,912	-8,840
-3,095	0,912	-8,803
-3,217	0,912	-8,754
-3,297	0,913	-8,723
-3,390	0,913	-8,685
-3,522	0,914	-8,632
-3,698	0,914	-8,562
-3,996	0,916	-8,443

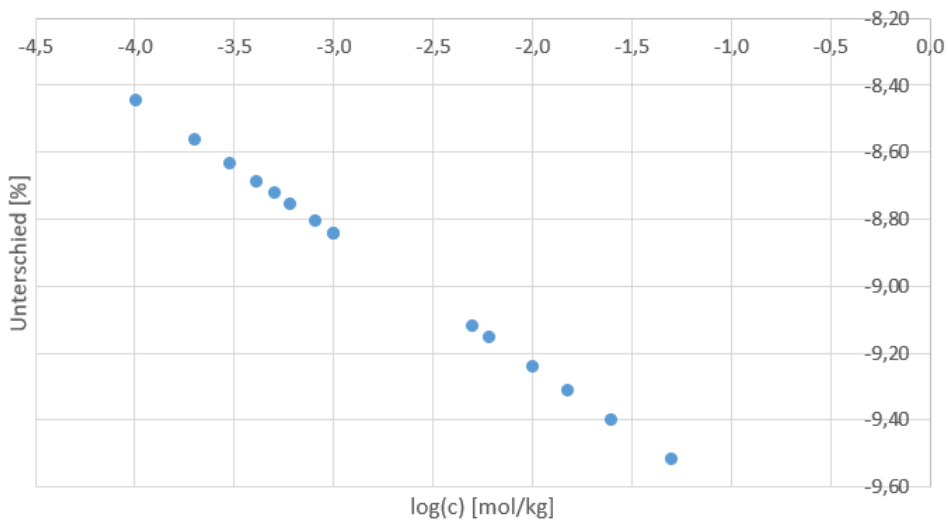
Aus diesen Werten lassen sich diese beiden Grafiken generieren.



Quotienten der Messerie



Prozentuale Unterschiede zwischen den Temperaturen



Aus den Graphiken geht ein deutlicher linearer Zusammenhang hervor. Er zeigt, dass je kleiner die Konzentration ist, desto schneller steigt die Dissoziation bei höheren Temperaturen. Desweiteren zeigt sich, dass die Berechnungen bei der Analyse des Debye-Radius korrekt waren und es sich wahrscheinlich um einen Fehler in meinem excel-File handelt, welcher nicht gefunden wurde.

## 6 Diskussion

Die Auswertung der Daten war sehr Zeitaufwendig, vorallem da die Formel des Debye-Radius nicht korrekt im Skript stand. Ein weiteres Problem waren die Ergebnisse die wir für die Steigungen aus Abbildung 2 und 4 erhalten haben, da der Korrelationskoeffizient gleich 1 war und die Steigungen sich glichen sind bei der Auswertung unerwartete Ergebnisse herausgekommen (siehe y-Achse in Abbildung 8). Die weitere Auswertung zeigt dann aber, dass der Fehler wenn es einer ist, wahrscheinlich nicht bei den Messdaten liegt, sondern im excel-File zu finden ist.