

Spektrometische Bestimmung der Konzentration von Lösungen mit dem iPad (Lambert-Beersches Gesetz)

[VAD_Physik_Beers_Gesetz.doc]



Einleitung

Der folgende Versuch zeigt eine einfache Möglichkeit zur Bestimmung der Konzentration einer Lösung mit Hilfe des PASCO Spektrometers Best.-Nr. 114.4051.

Der Versuch lässt sich zusammen mit einem iPad und der kostenlosen Spektrometer App "Spectrometry" durchführen. Die Anwendung kann über den Apple App-Store heruntergeladen werden.

Benötigtes Material

Spektrometer Best.-Nr. 114.4051 iPad Küvette mit destiliertem Wasser (reines Lösungsmittel) Küvette mit bekannter Konzentration (z.B. 10 % Lösung) Küvette mit gesättigter Lösung (100 % Lösung) Küvette mit unbekannter Konzentration



CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH – Im Forstgarten 1 - D-66459 Kirkel Kundenservice (kostenfrei): 00800 0266 2839 (D, CH, A, L) oder 0049 (0) 6849 - 99 269 -0 www.conatex.com - email: <u>didactic@conatex.com</u>



VAD_Beers_Gesetz.docx

Konzept

Bei farbigen Lösungen ist die Konzentration einer Lösung proportional zu seiner Farbintensität. Dieser Effekt basiert auf dem Lambert-Beerschen Gesetz. Durchleuchtet man eine farbige durchsichtige Lösung mit weißem Licht, so erfolgt eine Absorption von Licht bei einer charakteristischen Wellenlänge. Die Intensität bei dieser Wellenlänge ist direkt proportional zur Konzentration der Lösung.

In einem ersten Schritt muss das Spektrometer kalibriert werden. Hierzu wird eine Küvette mit reinem Lösungsmittel (in unserem Beispiel ist es destiliertes Wasser) befüllt. Die Küvette wird einmal mit Licht durchleuchtet (max. Helligkeit) und ohne Beleuchtung gemessen (Schwarzwert). Hierdurch werden optische Einflüsse der Küvetteneinheit und des Lösungsmittels für die Messwerterfassung kompensiert.

Anschließend werden die Proben der bekannten Konzentration untersucht. In einem ersten Schritt wird die charakteristische Absorptionswellenlänge der Probe bestimmt. Hierzu sucht man sich im Spektrum eine signifikante Wellenlänge aus. Dies kann ein Maximum bei einer speziellen Wellenlänge sein. Anschließend wird die Absorption der Proben mit bekannten Konzentrationen gemessen und in eine Tabelle eingetragen. Legt man durch diese Messwerte eine Kurve, erhält man eine "Konzentrationskennlinie" der Lösung. Misst man nun die Intensität der zu untersuchenden Probe lässt sich die Konzentration der Probe mithilfe der Kurve direkt ablesen.

Durchführung des Versuches

Verbinden Sie in den Bluetooth-Einstellungen des IPads das Spektrometer. In der Liste der erkannten Geräte erscheint das Spektrometer als " Spectrometer xxxxx", wobei xxxxx der ID-Code ist, der auf der Rückseite des Spektrometers verzeichnet ist. (hier 12385)



 AILLINKZ-15297	Nicht verbunden U
AirLink2-27714	Nicht verbunden (j)
AirLink2-64685	Nicht verbunden (j)
SparkLink Air 02998	Nicht verbunden (i)
SparkLink Air 04103	Nicht verbunden (j)
Spectrometer 12385	Verbunden (j)

Bei erfolgreicher Verbindung geht die mittlere (Bluetooth) LED auf der Frontplatte des Spectrometers in blaues Dauerlicht über.

it

CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH – Im Forstgarten 1 - D-66459 Kirkel Kundenservice (kostenfrei): 00800 0266 2839 (D, CH, A, L) oder 0049 (0) 6849 - 99 269 -0 www.conatex.com - email: <u>didactic@conatex.com</u>



Starten Sie nun auf dem iPad die Spektrometer-App.



Es erscheint nach dem Begrüßungsbild folgende Anzeige



Beginnen wir mit der Kalibrierung. Nehmen Sie dazu die Küvette mit dem destilierten Wasser und setzen sie in das Spektrometer. Achten Sie auf die Ausrichtung der Küvette. Die geriffelten Seiten zeigen zu den grünen bzw. violetten Lampen-Symbolen. Der optische Durchgang ist von rechts nach links, da wir mit weißem Licht arbeiten.

Wählen Sie nun aus der Kopfzeile Analyze Solution:



CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH – Im Forstgarten 1 - D-66459 Kirkel Kundenservice (kostenfrei): 00800 0266 2839 (D, CH, A, L) oder 0049 (0) 6849 - 99 269 -0 www.conatex.com - email: <u>didactic@conatex.com</u>



Es erscheint folgende Anzeige:



Führen Sie nun nacheinander die Kalibrierungsschritte



durch. Es Erscheint jeweils ein Forschrittsbalken mit *Performing calibration*.

Eine Erfolgreiche Kalibrierung wird durch Haken neben den Symbolen signalisiert.



CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH – Im Forstgarten 1 - D-66459 Kirkel Kundenservice (kostenfrei): 00800 0266 2839 (D, CH, A, L) oder 0049 (0) 6849 - 99 269 -0 www.conatex.com - email: <u>didactic@conatex.com</u>



Starten Sie nun eine Messung durch Druck auf den **Startknopf**.



Die Form des Startknopfes verändert ihre Form in ein Quadrat und signalisiert so, dass die Messung läuft. Es wird eine Helligkeitskurve in der Nähe der Nullinie gezeigt:



Entnehmen Sie nun die Küvette mit dem destillierten Wasser und setzen die Küvette mit der 10% Lösung ein. Achten Sie auf die richtige Ausrichtung. Die optischen Flächen der Küvette dürfen nicht verschmutzt sein, da ansonsten das Messergebnis verfälscht wird. Sie erkennen nun, dass sich die Kurve leicht verändert:

CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH – Im Forstgarten 1 - D-66459 Kirkel Kundenservice (kostenfrei): 00800 0266 2839 (D, CH, A, L) oder 0049 (0) 6849 - 99 269 -0 www.conatex.com - email: <u>didactic@conatex.com</u>



VAD_Beers_Gesetz.docx

●●●○○ Vodafone.de 🗢	11:45		\$ 58 % 💷 +
Analyze Light	Analyze Solution Concentration Time	🔟 🗗 🎸	
Absorbance/Transmittance	Fluorescence (405 nm) Fluorescence (500 nm)		
Solution #2	Solution #1		
Analysis Wavelength Use Coordinate Tool to set Solution's wavelength	4,0		
Number of Scans to Average	3,5		
	3,0		
Smoothing	2,5		
	2.0		
	1,5		
	1,0		
	0,5		
	0,0-		
	400 450 500 550 600 650 Wavelength (r	700 750 800 1m)	850 900
	🗹 💠 🗭 🖄 🛄	<u>+</u> 1	। একারণ

Skalieren Sie nun den Grafen zur optimalen Anzeige, indem Sie auf den Knopf

Autoskalieren

drücken.

Sie erkennen das Absorptionsspektrum mit einem eindeutigen Maximum im roten Spektralbereich.



CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH – Im Forstgarten 1 - D-66459 Kirkel Kundenservice (kostenfrei): 00800 0266 2839 (D, CH, A, L) oder 0049 (0) 6849 - 99 269 -0 www.conatex.com - email: <u>didactic@conatex.com</u>





Markieren Sie nun den charakteristischen Punkt mit dem Cursor-Werkzeug



Es ist zu erkennen, dass das Maximum bei der Wellenlänge 629 nm erreicht wird. Klicken Sie auf das Häkchen neben der Anzeige. Stoppen Sie Messwertaufnahme anschließend

durch drücken auf

Nun erstellen wir eine Tabelle mit den Referenzwerten für die bekannten Lösungen von 10% und 100%.

Aktivieren Sie die Schaltfläche **Concentration** . Sie sehen nun folgende Darstellung:



CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH - Im Forstgarten 1 - D-66459 Kirkel Kundenservice (kostenfrei): 00800 0266 2839 (D, CH, A, L) oder 0049 (0) 6849 - 99 269 -0 www.conatex.com - email: didactic@conatex.com



VAD_Beers_Gesetz.docx



In der linken Tabelle wird die Konzentration in der Einheit mol/l angezeigt, einer üblichen Einheit von chem. Konzentrationen. In unserem Fall, indem wir die Einheit in % vorliegen haben, müssen wir uns bewusst sein, dass die Werte von 0,2 usw. den Prozentangaben entsprechen.

Nun tragen wir die Messwerte für die 10% und anschließend für die 100% Lösung ein. Die Küvette mit der 10% Konzentration befindet sich noch vom vorhergehenden Schritt im Spektrometer. Wir ändern nun den Wert für 0,20 händische in 0,10 (=10%), indem wir in das Tabellentextfeld 0,20 auf 0,10 ändern:

👓 🕫 Vodafone.de 🕫				12:15					\$€	7 % 💷 +
Ar	- 🔆 alyze Light	t Analyze Solution	Concentration	t Time	0			M	4	Ф
Absorbance/Trans	smittance	Fluorescence (40	5 nm)	Fluoresce	nce (500 nm)					
Enter Concentration	Absorbance	4,0-								
(MOVL) 0,10		35								
0,40		0,0-				г		528 n	m	
0,80		3,0-								
		2,5-								
		pance								
		\$ 2,0-		_						
1 2	3	4	5	6	7	8	9	0		•
-	/ :	;	()	€	&	(9	Fert	ig
#+= Wi	derrufen		,	?	!	,	"		#	+=
ABC	٢							ABC	;	Ĭ

anschließend beenden wir die Eingabe durch Druck auf die Schaltfläche der eingeblendeten Tastatur.

Fertig

CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH – Im Forstgarten 1 - D-66459 Kirkel Kundenservice (kostenfrei): 00800 0266 2839 (D, CH, A, L) oder 0049 (0) 6849 - 99 269 -0 www.conatex.com - email: <u>didactic@conatex.com</u>



Es erscheint folgende Anzeige:



Nun starten wir die Messung erneut durch Drücken auf



In die rechte Spalte wird der aktuelle Wert der Absorption in die Tabelle eingetragen, In dem kleinen Fenster links erkennt man die Absorptionskurve. Der Messwert wird als orangener Punkt im Graphen angezeigt.

●●●○ Vodafone.de ᅙ			12:23					∦ 69	•% ■ +
Analyze Light	Analyze S	-λ Concentra	tion Time	Ð				2	¢
Absorbance/Transmittance	Fluoresce	ence (405 nm)	Fluor	escence (500 nm)					
Enter Concentration Values									
Concentration (mol/L) Absor	rbance	4,0-							
0,20 0,	08								
0,40		3,5-							
0,60							628 nm		
0,80		3,0-					.		
	8	2,5-							
	orban				L		a man	Plain ^e	
	Abs	2,0-							
		1,5-							
		1.0							
		1,0-							
		0.5-							
Determine Unknown Concer	ntration								
Concentration Absor	rbance	0,0 🔶							
		0 1	2	3 4 Con	5 ncentration (mol/L)	6 7	8	9	10
Active Solution Solution #1			-¢-	A %	14			1://	200
			•	<u> </u>					

CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH – Im Forstgarten 1 - D-66459 Kirkel Kundenservice (kostenfrei): 00800 0266 2839 (D, CH, A, L) oder 0049 (0) 6849 - 99 269 -0 www.conatex.com - email: <u>didactic@conatex.com</u>



VAD_Beers_Gesetz.docx

Fertig

Der Messwert schwankt etwas. Durch Drücken des Hakens neben dem Messwert übernehmen wir diesen. Der Cursor springt automatisch in die nächste Zeile.



Da wir nur noch eine weitere Messprobe haben (100%), tragen wir händisch in die zweite Zeile den Wert von 1,00 (= 100%) ein. Die restlichen Zeilen (0,60 und 0,80) löschen wir.

Anschließend drücken wir auf der eingeblendeten Tastatur auf

Nun ersetzen wir die Küvette mit der 100% Probe und quittieren den Wert durch klicken auf den Haken. Es zeigt sich folgende Anzeige:

CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH – Im Forstgarten 1 - D-66459 Kirkel Kundenservice (kostenfrei): 00800 0266 2839 (D, CH, A, L) oder 0049 (0) 6849 - 99 269 -0 www.conatex.com - email: <u>didactic@conatex.com</u>



VAD_Beers_Gesetz.docx

		12-30							* 73 %					
	alyze Light	μ Analyze Soli		hcentration	t Time		Ð			M	4	{		
Absorbance/Trans	mittance	Fluorescen	ice (405 nm)	Fluor	escence (5	00 nm)]						
Enter Concentration	Absorbance]	4,0-											
0,20	0,08	-												
1,00	0,46		3,5-											
	0,46	\odot								624	nm			
		_	3,0-											
		_												
		-	2,5-											
		ance									~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~			
		bsorb	2,0-											
		<												
		-	1,5-											
		_	1,0-											
		_												
			0,5-											
Determine Unknow	vn Concentration			Ť										
Concentration (mol/L)	Absorbance	Number of Solution True Floorescence (405 nm) Floorescence (500 nm) 4.0 4.0 3.5 3.0 2.5 3.0 2.5 3.0 2.5 3.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 <td></td>												
(-	0	i	2	3	4	5 stration (mal	6	7	8	9		
							Concer	itration (mo	/L)					
Active Solution			[-		2	1						
Solution #						7	~~					21010		

Es wird ein zweiter Punkt auf dem Graphen angezeigt. Diese beiden Punkte repräsentieren die Kennlinie.

Nun betätigen wir die Autoscale-Funktion



. Die Auflösung der grafischen Anzeige wird

damit im Fenster optimiert. Nun legen wir mit der Schaltfläche zwischen die beiden Punkte und erhalten eine Kennlinie für die Konzentration :

CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH – Im Forstgarten 1 - D-66459 Kirkel Kundenservice (kostenfrei): 00800 0266 2839 (D, CH, A, L) oder 0049 (0) 6849 - 99 269 -0 www.conatex.com - email: <u>didactic@conatex.com</u>

Weitergabe und Vervielfältigung dieser Publikation oder von Teilen daraus sind ohne die ausdrückliche schriftliche Genehmigung durch die Conatex Didactic Lehrmittel GmbH nicht gestattet.

Seite 11 von 14



VAD_Beers_Gesetz.docx



Nun ersetzen wir die Küvette mit 100% durch die zu bestimmende (=unbekannte) Lösung.

CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH – Im Forstgarten 1 - D-66459 Kirkel Kundenservice (kostenfrei): 00800 0266 2839 (D, CH, A, L) oder 0049 (0) 6849 - 99 269 -0 www.conatex.com - email: <u>didactic@conatex.com</u>



VAD_Beers_Gesetz.docx



. In der Tabelle wird nun

1 \bigcirc Û er Concentra 0,45-Concentration (mol/L) Absorbance 0.20 0.08 0,40-1,00 0.46 \bigcirc 0,35-0,30 Abso 0,25 0,20-0,15-0,10 ermine Unknown Concentratio Concentration (mol/L) Absorbance 0,2 1,0 0,3 0,4 0,5 0,6 Concentration (mol/L) 0,7 0,8 0,9 -0-Á \mathbf{r} % 1 🛃 12/15/040

Dann starten wir die Messung erneut durch Betätigen von

der aktuelle Wert der Absorption angezeigt (ca. 0,2).

Nun suchen wir auf dem Graphen den zu diesem Wert gehörenden Konzentrationswert. Bei 0,22 entspricht dies einem Wert von ca. 0,5. Diesen Wert tragen wir händisch in die erste Spalte der Tabelle ein.

CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH – Im Forstgarten 1 - D-66459 Kirkel Kundenservice (kostenfrei): 00800 0266 2839 (D, CH, A, L) oder 0049 (0) 6849 - 99 269 -0 www.conatex.com - email: <u>didactic@conatex.com</u>

Weitergabe und Vervielfältigung dieser Publikation oder von Teilen daraus sind ohne die ausdrückliche schriftliche Genehmigung durch die Conatex Didactic Lehrmittel GmbH nicht gestattet.

Seite 13 von 14



Wir sehen im Graphen nun die Qualität des Messwertes. Er sollte idealerweise auf der Geraden liegen. Ggf. kann die Autoskalierungsfunktion erneut genutzt werden, um alle Messwerte gleichzeitig im Graphen zu sehen.



Auswertung der Messwerte

Der Wert der unbekannten Lösung beträgt 0,5. Da wir die Konzentration in % definierten, bedeutet dies, dass die unbekannte Lösung eine Konzentration von ca. 50% aufweist.

CONATEX-DIDACTIC Lehrmittel GmbH – Im Forstgarten 1 - D-66459 Kirkel Kundenservice (kostenfrei): 00800 0266 2839 (D, CH, A, L) oder 0049 (0) 6849 - 99 269 -0 www.conatex.com - email: <u>didactic@conatex.com</u>