# Auswertung Versuch 34:

## Spektralphotometrie

von: Jonas Schwer

am: 08.10.24

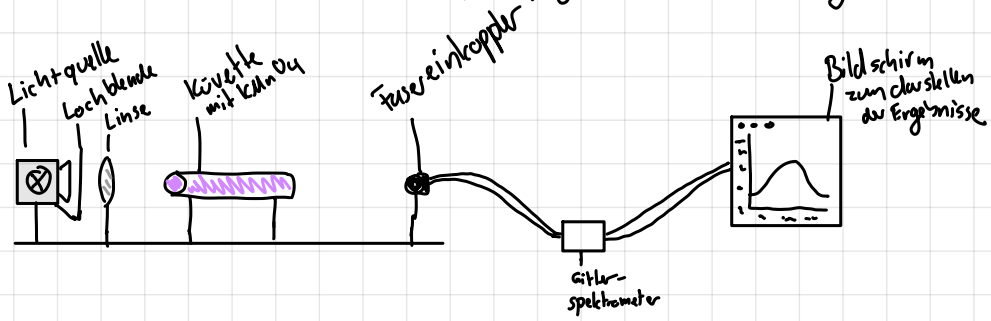
# 1. Einleitung

## 1.1 Motivation

In diesem Versuch wollen wir das Absorptionsspektrum von Kaliumpermanganat aufnehmen ($KMnO_4$). Auch wollen wir den molaren Extinktionskoeffizienten $\varepsilon$ für grünes Licht bestimmen, indem wir den Weg des Lichts durch das $KMnO_4$ variieren, und auch dessen Konzentration.

## 1.2 Versuchsaufbau

Bei dem Versuchsaufbau strahlen wir Licht aus einer Lampe durch eine Lochblende. Nachdem das Licht auf eine Linse trifft, führt der Strahlengang durch eine Küvette gefüllt mit $KMnO_4$. Diese Küvette ist austauschbar, so können wir die verschiedenen Messungen durchführen. Danach trifft das Licht auf einen Faser einkoppler, welches das Licht in ein Gitterspektrometer leitet. Das Letztendliche Spektrum wird mit einem Computerprogramm sichtbar gemacht.




Skizze 1: Versuchsaufbau

## 1.3 Physikalische Grundlagen

Vor dem Versuch wollen wir uns erst ein Verständnis der Grundlagen aneignen.

Bei der Spektralfotometrie geht es primär darum, die Konzentration von Substanzen durch ihre Lichtabsorption zu bestimmen. Allgemein gilt für die Absorption von Licht:

$$\frac{dI}{I} = -k\,dl \tag{1}$$

I ist die Intensität des Lichts, L die Strecke, die das Licht durchqueren muss und k die Absorptionskonstante. Das Lambertsche Absorptionsgesetz erhält man aus (1) durch integrieren:

$$I = I_0 e^{-kL} \tag{2}$$

wobei $I_0$ die unabgeschwächte Anfangsintensität ist.

In Logarithmischer Schreibweise Lautet (2) entweder

$$\ln I = -kL + \ln I_0 \tag{3}$$

oder

$$\lg I = -k'L + \lg(I_0) \tag{4}$$

je nach dem, ob man den dekadischen oder natürlichen Logarithmus verwendet. k' ist hierbei einfach $\lg(e)\cdot k$. Üblich ist es mit dem dekadischen Logarithmus zu rechnen, was wir auch tun werden. k' nennt man dekadischer oder Bunsenscher Absorptionskoeffizient genannt.

Da $k'$ proportional zur Konzentration c der Testsubstanz ist, gilt das Beersche Gesetz:

$$k' = \varepsilon \cdot c \tag{5}$$

Wobei $\varepsilon$ eine Materialkonstante ist, die nicht von der Konzentration abhängt. Wir nennen ihn molaren Extinktionskoeffizient. Da $\varepsilon$ und somit auch $k'$ von der Wellenlänge abhängt, entsteht ein Spektrum wenn man die Intensität pro Wellenlänge grafisch aufträgt.

$\varepsilon$ kann auf 2 verschiedene Weisen berechnet werden. Zum einen kann man c konstant und bekannt lassen, und dann mittels (4) $k'$ und somit $\varepsilon$ mit (5) bestimmen, indem man die Länge L der Követte variiert. Zum anderen kann man die Länge L konstant lassen und mit (4) $-\varepsilon \cdot L$ und somit $\varepsilon$ bestimmen.

# Versuch 34 - Spektralphotometrie

30.07.2024

Harish Mahendran
Jonas Schween
Manuel Sorgenfrei

## Messaufbau:

- Lichtquelle, Lochblende, Linse, Küvettenbank und Fasereinkoppler
- Gitterspektrometer
- Computer mit Ocean Gate

## Messung 1

Mit dem Spektrometer werden die Absorptionsbanden mit den zugehörigen Wellenlängen des $KMnO_4$ bestimmt.

| Sattelpunkt [nm] | Hochpunkt [nm] | Tiefpunkt [nm] |
|---|---|---|
| 490,592 | 507,253 | 512,782 |
| 563,968 | 525,618 | 535,406 |
| | 546,151 | |

## Messung 2

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 63.207,12 | 50.351,29 | 18.296,21 | 4.262,41 | 677,59 |
| 61.688,21 | 50.190,63 | 18.796,73 | 4.281,66 | 668,37 |
| 61.893,57 | 50.020,54 | 18.791,37 | 4.260,32 | 672,83 |
| 62.121,60 | 50.277,32 | 18.769,56 | 4.279,37 | 676,82 |
| 62.088,21 | 50.451,24 | 18.793,018 | 4.265,71 | 672,11 |
| 2,1 cm | 3,425 cm | 6,655 cm | 12,645 cm | 24,55 cm |

# Messung 2

Wir messen nun die Intensitäten bei verschieden Langen Kuvertten. Die $KMnO_4$-Lösung haben eine Konzentration von $c = 0{,}0005\ mol/l$.

Messung bei einer Wellenlänge von $\lambda = 525{,}018\ nm$

$l = (2{,}10 \pm 0{,}01)\ cm$

| Messung | Intensität I [counts] |
|---|---|
| 1. | 63.207,11 |
| 2. | 61.688,21 |
| 3. | 61.893,57 |
| 4. | 62.121,60 |
| 5. | 62.088,21 |

$\bar{I} = 62200$

$\sigma = 500$

$l = (3{,}425 \pm 0{,}010)\ cm$

| Messung | Intensität I [counts] |
|---|---|
| 1. | 50.351,29 |
| 2. | 50.190,63 |
| 3. | 50.020,54 |
| 4. | 50.232,39 |
| 5. | 50.451,24 |

$\bar{I} = 50250$

$\sigma = 160$

$l = (6{,}625 \pm 0{,}000)\ cm$

| Messung | Intensität I [counts] |
|---|---|
| 1. | 18.296,21 |
| 2. | 18.796,73 |
| 3. | 18.791,37 |
| 4. | 18.769,56 |
| 5. | 18.793,018 |

$\bar{I} = 18890$

$\sigma = 230$

$l = (12{,}645 \pm 0{,}010)\ cm$

| Messung | Intensität I [counts] |
|---|---|
| 1. | 4.262,41 |
| 2. | 4.281,66 |
| 3. | 4.266,32 |
| 4. | 4.279,32 |
| 5. | 4.265,71 |

$\bar{I} = 4270$

$\sigma = 70$

$l = (24{,}510 \pm 0{,}010)\ cm$

| Messung | Intensität I [counts] |
|---|---|
| 1. | 671,59 |
| 2. | 668,37 |
| 3. | 672,83 |
| 4. | 676,82 |
| 5. | 672,11 |

$\bar{I} = 672{,}9$

$\sigma = 2{,}8$

Korrektur

$\rightarrow 267{,}9$

$\rightarrow 1{,}1$

$D_{mK} = 5{,}3\ cm$

$D_{sK} = 8{,}4\ cm$

# Messung 3

Messung 2 wurde nun mit verschiedenen Konzentrationen durchgeführt. L=1,5cm

| Messung | $V_0$ [counts] | $V_1$ [counts] | $V_2$ [counts] | $V_3$ [counts] | $V_4$ [counts] |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 64.267,02 | 36397,25 | 19957,14 | 7300,95 | 1180,32 |
| 2. | 64.264,49 | 36.350,49 | 19875,31 | 7282,24 | 1168,35 |
| 3. | 64.265,49 | 36.341,87 | 19951,33 | 7287,09 | 1188,94 |
| 4. | 64.264,39 | 36.074,39 | 19933,14 | 7289,60 | 1142,51 |
| 5. | 64.267,24 | 35.816,47 | 19891,51 | 7300,99 | 1137,88 |
| $\bar{I}$ | 64265,4 | 36200 | 19920 | 7290 | 1160 |
| $\sigma$ | 1,4 | 220 | 30 | 15 | 20 |

$c_0 = 0 \frac{mol}{l}$ ; $c_1 = \frac{10^{-3}}{16} \frac{mol}{l}$ ; $c_2 = \frac{10^{-3}}{8} \frac{mol}{l}$ ; $c_3 = \frac{10^{-3}}{4} \frac{mol}{l}$ ; $c_4 = \frac{10^{-3}}{2} \frac{mol}{l}$

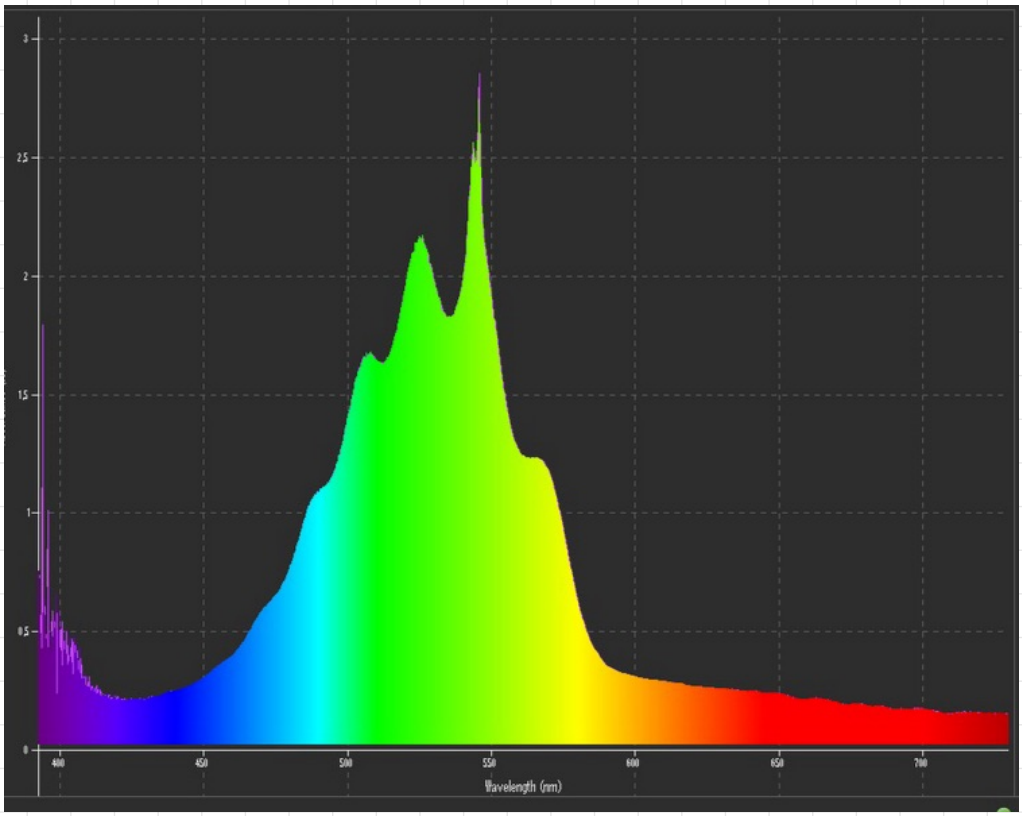
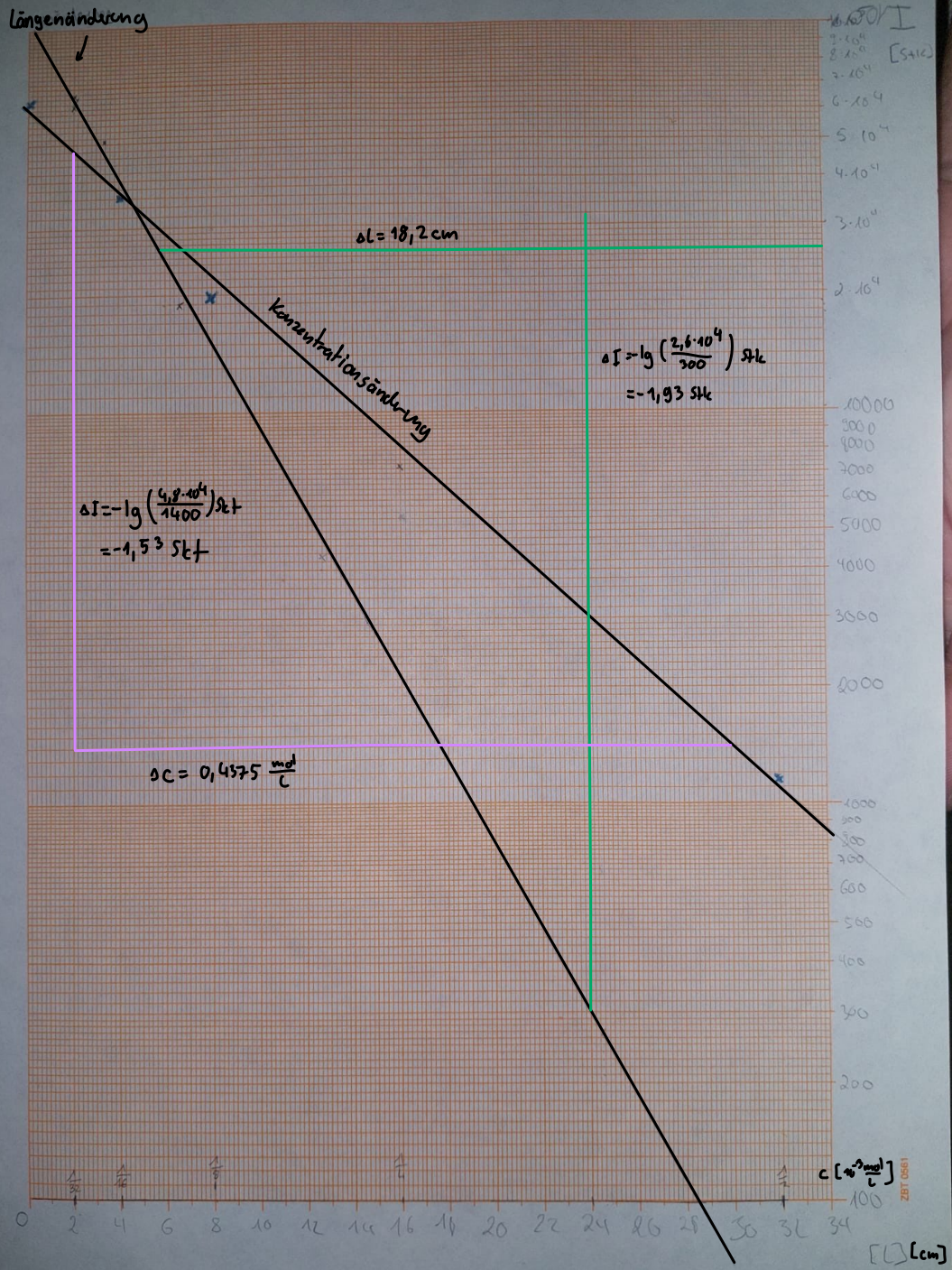



Abbildung 1:

Absorptionsspektrum $KMnO_4$


Längenänderung
I
[Stk]
δL = 18,2 cm
Konzentrationsänderung
δI = -lg (2,6·10^4 / 300) Stk
= -1,93 Stk
δI = -lg (4,8·10^4 / 1400) Stk
= -1,53 Stk
δC = 0,4375 mol/l
c [10^-3 mol/l]
[L] [cm]
ZBT 0561

3. Auswertung: Wir haben die beiden Diagramme bereits in unserem Messprotokoll gezeichnet. Da unsere Fehler allerdings recht klein sind, haben wir diese nicht eingezeichnet, sondern werden versuchen, einen sinnvollen Fehler abzuschätzen. Die Steigung für die Längenvariation ist also

$$\frac{\Delta I}{\Delta L} = (0{,}106 \pm 0{,}005)\ cm^{-1}$$

Den Fehler habe ich deshalb gewählt, da ein 5% Fehler bei unseren Messungen durchaus Zustande gekommen sein könnte.

Für die zweite Gerade ergibt sich die Steigung:

$$\frac{\Delta I}{\Delta c} = (3{,}50 \pm 0{,}17)\cdot 10^3 \frac{1}{\frac{mol}{L}}$$

Auch hier habe ich einen 5%-Fehler Angenommen.

Nutzen wir nun (a) und den Fakt, dass $k' = \frac{\Delta I}{\Delta L}$, so

erhalten wir für $\varepsilon = 2120 \frac{L}{mol \cdot cm}$

Der Fehler ist nach Gauß: $\Delta\varepsilon = -\frac{\Delta\left(\frac{\Delta I}{\Delta L}\right)}{c} = 100 \frac{L}{mol \cdot cm}$

Wir erhalten Letztendlich also:

$$\varepsilon = (2120 \pm 100)\frac{L}{mol \cdot cm} = (2120 \pm 100)\cdot 10^3 \frac{cm^2}{mol}$$

Nun wollen wir $\varepsilon$ noch über die andere Methode, welche in 1.3 genannt wurde, berechnen. Diesmal wissen wir, dass $\frac{\Delta I}{\Delta c} = -\varepsilon L$ gilt.

Wir berechnen $\varepsilon$ also als:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta I}{\Delta c}\cdot\frac{1}{L} = 2330 \frac{L}{mol \cdot cm}$$

Der Fehler nach Gauß ist

$$\Delta\varepsilon = \Delta\left(\frac{\Delta I}{\Delta c}\right)\cdot\frac{1}{L} = 110 \frac{L}{mol \cdot cm}$$

Also ist unser zweites Ergebnis

$$\varepsilon = (2330 \pm 110)\frac{L}{mol \cdot cm} = (2330 \pm 110)\cdot 10^3 \frac{cm^2}{mol}$$

## 4. Zusammenfassung und Diskussion

In diesem Versuch haben wir den molaren Extinktionskoeffizienten für $KMnO_4$ für das grüne Licht der Wellenlänge $\lambda = 525\,nm$ ermittelt. Wir haben ihn einmal durch Längenvariation und einmal durch Konzentrationsvariation errechnen können und sind dabei auf folgende Werte gekommen:

$$\varepsilon_1 = (2120 \pm 100) \cdot 10^3 \frac{cm^2}{mol}$$

$$\varepsilon_2 = (2330 \pm 110) \cdot 10^3 \frac{cm^2}{mol}$$

Vergleichen wir nun die beiden Werte, erhalten wir eine $1{,}4\,\sigma$-Abweichung. Wir haben also keine signifikante Abweichung und unsere Werte werden vermutlich noch am Realwert liegen.

Die trotzdem nicht ganz kleine Abweichung könnte man zwar rein statistisch erklären, jedoch gibt es trotzdem ein paar Fehlerquellen, die man bei erneutem durchführen Vermeiden könnte. Zum einen waren die Küvetten relativ verschmutzt (v.A. die für die Konzentrationsvariation). Ich kann mir vorstellen, dass das das Ergebnis etwas verfälschen würde. Bei neuer Messung würde ich diese also gründlich Reinigen. Auch ist es möglich, dass wir beim Mischen der Konzentrationen etwas ungenau gearbeitet haben, da die Werte doch etwas um die Gerade geschwankt haben. Dort wäre ich also auch etwas vorsichtiger. Zuletzt würde ich das Diagramm mit einem Computerprogramm erstellen lassen, um so auch die Fehler sauber einzutragen und AbleseFehler zu vermeiden.

Alles in allem bin ich trotzdem recht zufrieden mit den Ergebnissen, da eine $1{,}4\,\sigma$ Abweichung nicht absurd viel ist und so die Messung im Großen und Ganzen erfolgreich war.