Physikalische Chemie

Praktikum Modul III

**Protokoll zum Versuch: Lambert-Beersches Gesetz**

Studiengang: **B.Sc. Chemie**

Gruppennummer: 12 Datum der Versuchsdurchführung: 22.10.2024

Sie können das Protokoll individuell oder auch als Gemeinschaftswerk abgeben.

Dieses Deckblatt ist entsprechend von allen verantwortlichen Gruppenmitgliedern zu unterschreiben.

**Nicht unterschriebene Protokolle gelten als nicht abgegeben.**

Gruppenmitglied(er): Name Unterschrift

Justus Friedrich

Tom Leischner

Lambert-Beersches Gesetz

**Inhaltsverzeichnis**

[1. Einführung und theoretische Grundlagen 3](#_Toc181137638)

[2. Aufgabenstellung 3](#_Toc181137639)

[3. Versuchsdurchführung, Materialien, Methoden 4](#_Toc181137640)

[4. Auswertung 4](#_Toc181137641)

[5. Zusammenfassung 9](#_Toc181137642)

[6. Literatur und Quellen 10](#_Toc181137643)

[7. Anhang 10](#_Toc181137644)

# **Einführung und theoretische Grundlagen**

Die Energie von Photonen kann Elektronen von Materie auf ein höheres Energieniveau anregen. Diese Eigenschaft nennt sich Absorption. Dabei wird eine bestimmte Energiemenge benötigt. Die angeregten Elektronen emittieren Licht einer bestimmten Wellenlänge, wenn sie auf ein niedrigeres Energieniveau fallen.

Die Eigenschaft der Absorption von Stoffen kann in der quantitativen Spektroskopie verwendet werden. Dabei wird monochromatisches Licht durch eine Probe und durch eine Blindprobe geleitet. Die relative Intensität der jeweiligen Probe zur Blindprobe hängt von der Dicke dx der Probe und einem Konstanten Wert ab.

(1)

ist der Extinktionskoeffizient. I die Intensität und I0 die Intensität der Blindprobe. Dieser Zusammenhang ist das Lambertsche Gesetz. Wenn der Stoff, der untersucht werden soll, kein Reinstoff ist, so ist der Extinktionskoeffizient proportional zur Stoffkonzentration.

(2)

Dabei ist der Molare Extinktionskoeffizient, und c die Konzentration des Stoffes. Dieser Zusammenhang ist das Beersche Gesetz. Wenn dieses nun mit den Lambertsches Gesetz kombiniert wird, ist das Ergebnis das Lambert-Beersche Gesetz. [1]

(3)

Dieser Zusammenhang ist nur für unendliche verdünnte Lösungen und keine Wechselwirkung zum Lösungsmittel gültig, ist aber in der Regel auch für höhere Konzentrationen anwendbar. Durch das Umformen des Lambert-Beerschen Gesetz ist es möglich, aus einen Absorptionsspektrum den Extinktionskoeffizenten zu bestimmen. [2]

(4)

Dabei ist A die Absorption.

# **Aufgabenstellung**

Es soll der Extinktionskoeffizient von Tetraaminkupfersulfat-Lösungen bestimmt werden. Dazu wird ein Extinktionsspektrum der Lösung von 400 nm bis 900 nm aufgenommen. Bei der Wellenlänge der Maximalen Extinktion, wird von verschieden Messdicken und Konzentration, die Extinktion gemessen. Daraus soll der Extinktionskoeffizient bestimmt werden, mit dessen Hilfe soll dann die unbekannte Konzentration einer Tetraaminkupfersulfat-Lösung ermittelt werden, außerdem soll diese noch graphisch ermittelt werden. [1]

# **Versuchsdurchführung, Materialien, Methoden**

Zunächst werden 10 mm, 5 mm und 2 mm Küvetten mit jeweils 5 mmol/L, 4 mmol/L, 3 mmol/L, 2 mmol/L und 1 mmol/L Tetraaminkupfersulfat-Lösung befüllt. Außerdem wird für jede Küvettendicke noch eine Blindprobe mit VE-Wasser angefertigt. Um die Reinheit der Proben zu gewährleiten, werden die Küvetten vor der finalen Probe noch einmal mit der entsprechenden Lösung durchgespült. Außerdem werden die Küvetten noch einmal mit fusselfreien Tüchern gereinigt. Daraufhin wird ein Extinktionsspektrum von der 5 mmol/L / 10 mm Probe gegenüber der Blindprobe im Wellenlängenbereich 400 nm bis 900 nm, gemessen. Bei der Wellenlänge des Extinktionsmaximums, werden alle Proben gegenüber der entsprechenden Blindprobe gemessen. Daraufhin wird die unbekannte Konzentrationslösung in einer 10 mm Küvette gegenüber der Blindprobe gemessen. [1]

# **Auswertung**

Die Absorption von der Messung von 400 nm bis 900 nm wird graphisch aufgetragen und das Maximum darüber ermittelt. Das Extinktionmaximum liegt bei einer Wellenlänge von 612 nm, da das Analyseprogramm (VISONlite) allerdings mit 604 nm als Absorptionsmaximum gerechnet hat, wird dieser Wert bei den folgenden Messungen verwendet.

Ein Bild, das Text, Diagramm, Reihe, Screenshot enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

*Abbildung 1: Graph, der die Absorption gegen die Wellenlänge, von der 5 mmol in der 10 mm Küvette, zeigt. Außerdem zeigt er die Wellenlängen des Maximums und des von VISONlite verwendeten Maximum.*

Nun werden von den fünf verschiedenen Konzentrationen in den drei verschiedenen Schichtdicken die Absorption bei einer Wellenlänge von 604 nm gemessen. Aus den Messdaten wird nun die Absorption der verschiedenen Konzentration gegen die Küvettendicke/ Schichtdicke geplottet. Aus den Messpunkten werden die entsprechenden linearen Regressionen berechnet und die Steigung wurde mit Fehler bestimmt. Der Fehler wurde durch Python mittels der Formel (5) berechnet.

(5)

Mit

(6)

Ein Bild, das Text, Screenshot, Reihe, parallel enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

*Abbildung 2: Graphen, die die Absorption verschiedener Konzentration gegen die Schichtdicke zeigt.*

*Tabelle 1: Tabelle, die die Steigungen der Linearen Regressionen mit Fehlern zeigt.*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Konzentration in | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Steigung in | 2,2235 | 4,5918 | 5,9796 | 8,8061 | 12,1663 |
| Fehler der Steigungin | 0,2492 | 0,2899 | 0,1414 | 0,4772 | 0,0265 |

Aus den Steigungen lässt sich schließen, dass bei geringen Konzentrationen die Absorption pro Meter geringer ist als bei höheren. Zudem ist die Unsicherheit der Steigungen mit maximal 11,2 % bei der Messung von 1 mmol/L recht genau. Dennoch ist die nicht perfekt, als mögliche Fehlerquelle lassen sich mögliche Verunreinigungen auf der Küvette bzw. der Lösung zurückführen. Diese lassen sich am ehesten durch unsauberes Arbeiten erklären.

Die Messdaten der Absorptionen bei 604 nm der verschiedenen Schichtdicken werden gegen die Konzentrationen aufgetragen. Aus den Messdaten werden nun wieder die linearen Regressionen mit den Fehlern der Steigung berechnet.

Ein Bild, das Text, Reihe, Screenshot, Diagramm enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

*Abbildung 3: Graphen, die die Absorption verschiedener Schichtdicken gegen die Konzentration zeigt. Außerdem wurden die linearen Regressionen aufgetragen.*

*Tabelle 2: Tabelle, die die Steigungen der Linearen Regressionen mit Fehlern zeigt.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Schichtdicke in mm | 2 | 5 | 10 |
| Steigungin | 4,9200 | 13,0600 | 24,3400 |
| Fehler der Steigungin | 0,1222 | 0,3743 | 1,4958 |

Aus den Steigungen lässt sich ablesen, dass die Absorption mit steigender Konzentration zunimmt, und dass bei zunehmender Schichtdicke der Effekt verstärkt wird. Außerdem ist der Fehler von den Steigungen mit maximal 7% besser als der von der Auftragung gegen die Schichtdicke. Trotzdem sind die Messwerte fehlerbehaftet, dass diese dieselben Daten sind, nur anders aufgetragen. Somit sind auch mögliche Fehlerquellen gleich.

Um aus den Steigungen den molaren Extinktionskoeffizienten vom Tetraaminkupfersulfat zu berechnen, wird Gleichung (4) umgeformt:

(7)

Daraus folgt:

(8)

(9)

Um den Fehler von ` zu berechnen, wird die Fehlerfortpflanzung angewendet.

(10)

*Tabelle 3: Tabelle, die den Extinktionskoeffizient aus der Auftragung Absorption gegen Schichtdicke bei Verschiedenen Konzentrationen*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Konzentration in | Molarer Extinktionskoeffizient ` in | Fehler von Molaren Extinktionskoeffizient ` in |
| 1 | 2223,47 | 124,60 |
| 2 | 2295,92 | 144,93 |
| 3 | 1993,20 | 70,70 |
| 4 | 2201,53 | 238,60 |
| 5 | 2433,27 | 13,26 |

*Tabelle 4: Tabelle, die den Extinktionskoeffizient aus der Auftragung Absorption gegen Konzentration bei verschiedenen Schichtdicken*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Schichtdicke in m | Molarer Extinktionskoeffizient ` in | Fehler von Molaren Extinktionskoeffizient ` in |
| 2 | 2460.10 | 61.10 |
| 5 | 2612.04 | 74.87 |
| 10 | 2434.00 | 149.58 |

Um einen einzigen Wert für den molaren Extinktionskoeffizient zu bekommen, wird der Mittelwert gebildet.

(11)

Eine Mittelung ist mit Fehlern behaftet, diese lassen sich berechnen durch:

Mittels der Fehlerfortpflanzung wird nun der Fehler des molaren Extinktionskoeffizienten bestimmt.

(12)

Daraus ergibt sich ein molarer Extinktionskoeffizient von 2331,67 185,95. Dieser Wert besitzt einen Fehler von knappen 8 %. Dieser ist in Anbetracht der Fehlerfortpflanzung realistisch. Um die unbekannte Konzentration der Lösung 3 zu berechnen, wird die Gleichung (4) nach c umgeformt. Der Fehler der Konzentration ergibt sich wieder aus einer Fehlerfortpflanzung.

(13)

(14)

Demnach ist die Konzentration der unbekannten Lösung 3 0,00613 0,00049 . Graphisch lässt sich die Konzentration über die Lineare Regression von der 10 mm Küvette gegen die Konzentration bestimmen. Die unbekannte Lösung hat eine Extinktion von 0,1429. Dieser Wert wird als horizontale Linie festgesetzt, der X-Achsen Wert des Schnittpunkts mit der linearen Regression stimmt mit der Konzentration der Lösung überein.

Ein Bild, das Text, Reihe, Diagramm, Screenshot enthält.

Automatisch generierte Beschreibung

*Abbildung 4: Graph, der die Lineare Regression von 10mm und die Graphische Ermittlung der unbekannten Konzentration zeigt.*

Die graphische Auftragung ergibt eine Konzentration von 0,0059 0,0005 . Dieser Wert stimmt dem errechneten Wert, innerhalb der Fehler, überein.

# **Zusammenfassung**

In diesem Experiment wurde der molare Extinktionskoeffizienten von Tetraaminkupfersulfat-Lösung bestimmt. Hierzu wurden von 5 verschiedenen Konzentrationen, bei 3 verschiedenen Schichtdicken, die Absorption gegenüber einer Blindprobe gemessen. Diese Messungen wurden beim Absorptionsmaximum durchgeführt, welches durch ein Absorptionsspektrum bestimmt wurde. Aus den Messdaten wurde mittels linearer Regressionen der molare Extinktionskoeffizient bestimmt. Der Fehler wurde mittels Fehlerfortpflanzung aus dem Fehler der linearen Regression bestimmt.

Aus dem Extinktionskoeffizient und der Absorptionsmessung der unbekannten Lösungen wurde die Konzentration bestimmt. Dabei wurde der Fehler wieder mittels Fehlerfortpflanzung bestimmt.

Außerdem wurde die Konzentration noch graphisch bestimmt. Das Ergebnis weicht nur minimal von errechnetem Ergebnis ab.

Da die Ergebnisse von der graphischen und der mathematisch bestimmten Konzentration übereinstimmen, lässt sich die Aussage treffen, dass der Versuch erfolgreich war. Dennoch sollte bei zukünftigen Arbeiten mit Küvetten darauf geachtet werden, dass noch sauberer gearbeitet werden sollte.

# **Literatur und Quellen**

[1] *Skript zum Versuch Lambert-Beersches Gesetz*, Physikalische Chemie, Modul 3. Universität

Bayreuth. **26.10.2020**. S. 1-8.

[2] Czeslik, C.; Seemann, H.; Winter, R.; *Basiswissen Physikalische Chemie*, Vieweg+Teubner: Wiesbaden, 4. Auflage, **2010**. S. 315.

# **Anhang**

2mm Küvette:

|  |  |
| --- | --- |
| Konzentration in mmol | Absorption |
| 1 | 0,0078 |
| 2 | 0,0136 |
| 3 | 0,0182 |
| 4 | 0,0230 |
| 5 | 0,0277 |

5mm Küvette:

|  |  |
| --- | --- |
| Konzentration in mmol | Absorption |
| 1 | 0,0126 |
| 2 | 0,0252 |
| 3 | 0,0372 |
| 4 | 0,0530 |
| 5 | 0,0640 |

10mm Küvette:

|  |  |
| --- | --- |
| Konzentration in mmol | Absorption |
| 1 | 0,0253 |
| 2 | 0,0500 |
| 3 | 0,0662 |
| 4 | 0,0940 |
| 5 | 0,1250 |

Unbekannt 3:

Absorption: 0.1429