

Institut für Experimentalphysik der Technischen Universität Graz

&

Institut für Physik der Universität Graz

LABORÜBUNGEN 2: ELEKTRIZITÄT, MAGNETISMUS, OPTIK

Übungsnummer: 10

Übungstitel: Gitter/Prisma (TU)

Betreuer: Valentin Weis

Gruppennummer: 42

Name: Nico Eisner

Name: Philip Waldl

Mat. Nr.: 12214121

Mat. Nr.: 12214120

Datum der Übung: 13.10.2023

WS 2021/2022

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----------|
| 1 Aufgabenstellung | 3 |
| 2 Voraussetzungen & Grundlagen | 3 |
| 2.1 Transmission, Extinktion und Absorptionsquerschnitt | 4 |
| 2.2 Referenzspektrum | 5 |
| 2.3 Wichtige Zusammenhänge | 5 |
| 3 Versuchsanordnung | 5 |
| 4 Geräteliste | 7 |
| 5 Versuchsdurchführung & Messergebnisse | 7 |
| 6 Auswertung und Unsicherheitsanalyse | 7 |
| 7 Diskussion | 7 |
| 8 Zusammenfassung | 7 |
| Literatur | 7 |

1 Aufgabenstellung

Der Versuch Spektralphotometer beschäftigt sich, wie der Name bereits vermuten lässt, mit dem Spektralphotometer. Dabei wird vor allem Wert auf das feststellen von Transmission- und optischer Extinktion gesetzt. Mit diesen Tools können weiters einige andere Größen bestimmt werden, wie beispielsweise die Stoffmengenkonzentration und Dicke von verschiedenen Proben.

Die genaue Aufgabenstellung sieht wie folgt aus:

- Messen der optischen Transmissionen von Farbfiltern mittels Spektralphotometer
- Zeigen der Additivität der Extinktion anhan zweier Farbfiltern
- Bestimmung der Stoffmengenkonzentration von Methylenblaulösung
- Diskussion des Farbeindrücke der jeweilig gemessenen Spektren
- Messung der Glasplattendicke durch Auswertung der Transmissionsmaxima

Alle Informationen und Methodiken wurden uns von der Technischen Universität bereitgestellt [1].

2 Voraussetzungen & Grundlagen

Wie im Kapitel Aufgabenstellung bereits erwähnt, dreht sich bei diesem Versuch beinahe alles um das Spektralphotometer. Dieses wissenschaftliche Messinstrument wird verwendet, um die Lichtintensitäten von verschiedenen Bereichen des elektromagnetischen Spektrums zu messen. Dabei finden sich Anwendungsmöglichkeiten in fast jeden naturwissenschaftlichen Bereichen. Der grundlegende Aufbau eines solchen optischen Instrumentes ist in folgender Abbildung 1 ersichtlich.

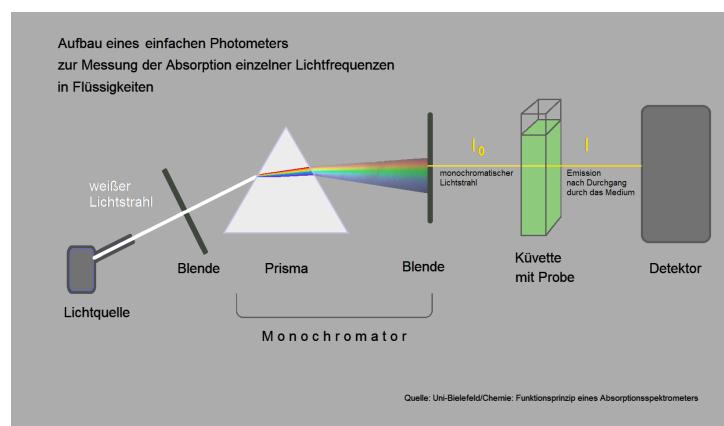


Abb. 1: Grundlegender Aufbau eines Spektralphotometer [3]

Wie sich erkennen lässt, bildet ein Monochromator, genauer der Czerny-Turner-Monochromator, das Herzstück des Spektralphotometers. Dieser sorgt dafür, dass das eingehende Licht der Lichtquelle in ihre einzelnen Farbspektren zerlegt werden. Mit einer Blende wird dann

nur eine der Farbstrahlen an die Probe und in weiterer Folge an den Detektor durchgelassen. Die Intensität des Lichtstrahles, welcher vom Monochromator auf die Probe trifft, ist die einfallende Lichtintensität I_0 , die Intensität des Strahls nach der Probe I_T ist jene vom transmittierten Lichtes durch die Probe. Der eben genannte Monochromator sieht in vereinfachter Darstellung so aus:

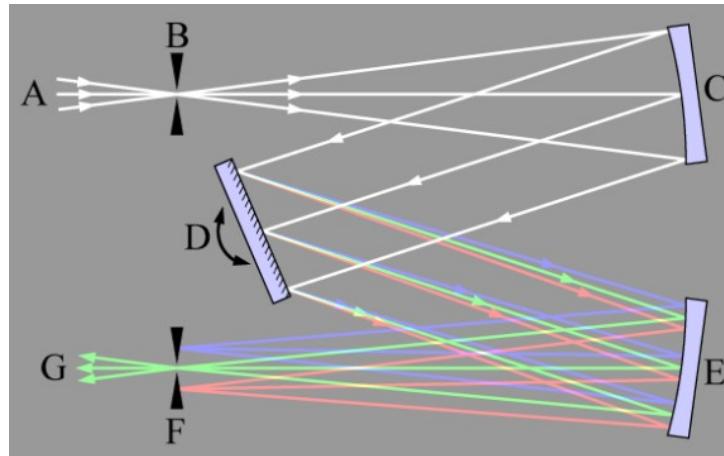


Abb. 2: Grundlegender Aufbau eines Czerny-Turner-Monochromators

Das Licht trifft hierbei von der Quelle A durch eine Blende B auf einen Hohlspiegel C, welcher die Strahlen auf ein schwenkbares optisches Prisma/Gitter D leitet, wo sie in ihre einzelnen Spektren aufgeteilt wird. Von dort wird das Licht auf einen weiteren Hohlspiegel E gelenkt. Dadurch, dass die abgespalteten Farbstrahlen durch das Prisma/Gitter je nach Neigung unterschiedlich abgelenkt werden, kann durch justieren der Prisma-/Gitterneigung jenes Farbspektrum bestimmt werden, welches den Monochromator durch eine Blende F verlassen und zum Detektor G weitergeleitet werden darf.

Da die grundlegende Funktionsweise des Spektralphotometers nun bekannt ist, wird es Zeit, sich mit einigen Begriffen im Zusammenhang mit dem Messgerät und dessen Einsatz bekannt zu machen:

2.1 Transmission, Extinktion und Absorptionsquerschnitt

Farben sind im Grund nichts anderes, als die unterschiedliche Reflexion, Absorption und Streuung von verschiedenen Wellenlängen des Lichtes aufgrund der chemischen und physikalischen Eigenschaften des Materials. Scheint Licht also auf einen teiltransperenter Körper, so wird ein Teil davon durch diesen hindurchgehen, was als Transmission T bezeichnet wird. Diese setzt sich aus dem Verhältnis der Lichtintensität des eingehenden Strahles I_0 zur Intensität des transmittierten Strahlen I_T zusammen, als Gleichung formuliert in Formel 1.

$$T = \frac{I_T}{I_0} \quad (1)$$

In der Spektroskopie wird jedoch meist mit logarithmischen Werten als Maß für die Lichtabschwächung gearbeitet - der Extinktion E.

$$E = -\log(T) = -\log\left(\frac{I_T}{I_0}\right) = \log\left(\frac{I_0}{I_T}\right) \quad (2)$$

Bei einer Überlagerung von mehreren Extinktionen ist die resultierende Extinktion einfach die Summe der Einzelextinktionen, was auch als Additivität der Extinktionsspektren bezeichnet wird.

Der Anteil eines einzelnen Moleküls zur Extinktion wird auch als Absorptionsquerschnitt q bezeichnet, welcher sich durch folgende Gleichung beschreiben lässt:

$$q = \frac{\varepsilon * \ln(10)}{N_A} \quad \text{mit } N_A = 6,0210^{23} \frac{1}{mol} \quad (3)$$

Dieser ist jedoch nicht zwingend gleich dem Molekülquerschnittes, sondern lediglich ein Wirkungsquerschnitt.

2.2 Referenzspektrum

Um die optische Transmission nun bestimmen zu können ist es notwendig, zuvor das Referenzspektrum festzulegen. Dieses ist das Spektrum, welches vom Spektrograph selbst kommt und dessen Intensität somit der Größe I_0 entspricht. Das Referenzspektrum ist also das ohne Probe gemessene Lichtspektrum des Spektralphotometers.

2.3 Wichtige Zusammenhänge

Für eine erfolgreiche Auswertung des Experimentes ist sind außerdem folgende Zusammenhänge vonnöten:

$$\begin{array}{lll} \text{Wellenzahl} & v = \frac{1}{\lambda} = \frac{m}{2n_p d} & \Delta v = \\ \end{array} \quad (4)$$

3 Versuchsanordnung

Bevor die Messungen überhaupt starten konnten musste natürlich alles richtig augebaut werden. Hierfür wurde das Spektralphotometer mit Strom versorgt und in weiterer Folge mit einem Computer der Universität verbunden. Am Spektralphotometer befindet sich außerdem eine Halogen-Lichtquelle, eine Probenhalterung und ein Lichtleiter, welcher das transmittierte Licht an das Spektralphotometer weitergibt. Am PC wurde dann die Software Splicco gestartet, welches zur grafischen Darstellung der Spektren bzw. deren export als CSV-Files dient und das optische Messgerät verbunden.

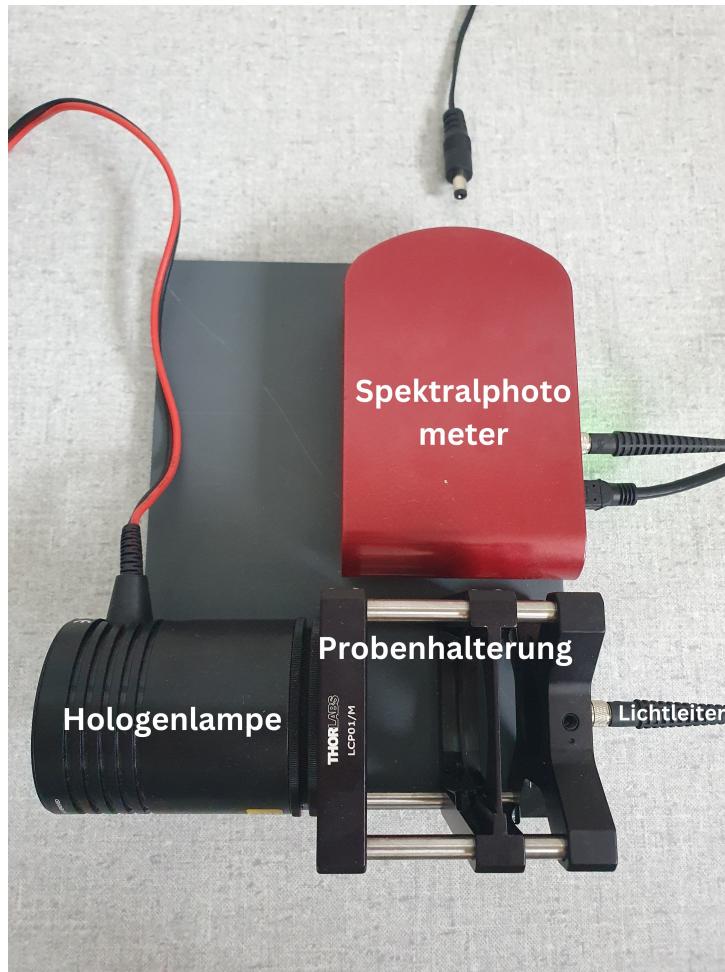


Abb. 3: Aufbau Spektralphotometer

Nach einschalten der Hologenlampe konnten dann bereits die ersten Graphen der Lichtspektren am Monitor beobachtet werden.

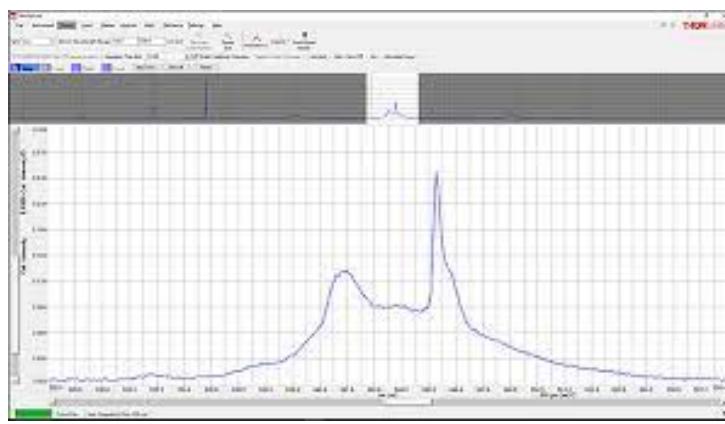


Abb. 4: Beispiel Spektrumsdarstellung am PC [2]

Durch einsetzen von verschiedenen Proben können nun die dazugehörigen Spektren grafisch beobachtet und zur weiteren Auswertung CSV-file exportiert werden.

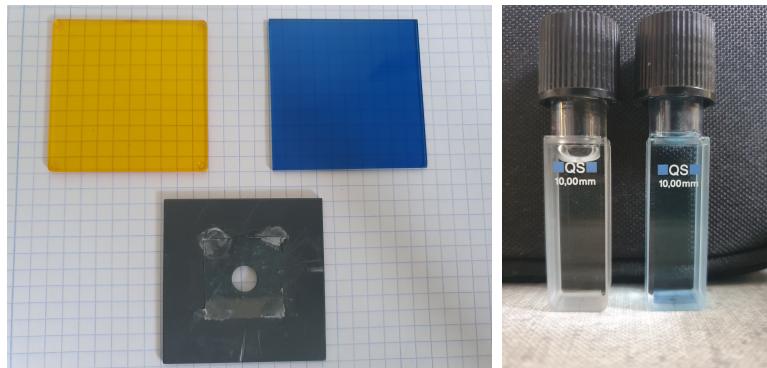


Abb. 5: Proben von Farbblättchen/Glasblättchen und Wasser/Methylenblaulösung

4 Geräteliste

Tab. 1: Im Versuch verwendete Geräte und Utensilien.

| Gerät | Gerätenummer | Unsicherheit |
|-------------------------|--------------|--------------|
| Spektralphotometer | n.a | n.a |
| Hologenlampe | n.a | n.a |
| Probenhalterung | n.a | n.a |
| Lichtleiter | n.a | n.a |
| Proben | n.a | n.a |
| PC mit Splicco-Software | n.a | n.a |

5 Versuchsdurchführung & Messergebnisse

6 Auswertung und Unsicherheitsanalyse

In der Auswertung werden zur erhöhten Genauigkeit durchgehend ungerundete Werte bis zu den Endergebnissen verwendet und nur zur Darstellung gerundet.

Zur Berechnung der Unsicherheiten wird, wenn nicht anders angegeben, die Größtunsicherheitsmethode verwendet.

7 Diskussion

8 Zusammenfassung

Literatur

- [1] TU Graz TeachCenter. *"Laborübungen 2: Elektrizität, Magnetismus, Optik". Kurs: PHYD30UF.* (besucht am 24.11.2023). URL: <https://tc.tugraz.at/main/course/view.php?id=796>.
- [2] Thorlabs. *COMPACT CCD SPECTROMETERS.* (besucht am 24.11.2023). URL: https://www.thorlabs.com/NewGroupPage9_PF.cfm?ObjectGroup_ID=3482.

- [3] Wikipedia. *Spektralphotometer*. (besucht am 24.11.2023). URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Spektralphotometer#/media/Datei:Photometer_mit_Monochromator.png.