

<b>Versuch O10 - Messungen mit dem Diodenarray-Spektralphotometer</b>		
Namen:		
Gruppennummer:	lfd. Nummer:	Datum:

## 1. Aufgabenstellung

### 1.1. Versuchsziel

Bestimmen Sie den spektralen Verlauf der Transmission für Farbfilter und die Extinktion einer Verdünnungsreihe von einer Salzlösung.

Verschaffen Sie sich Kenntnisse zu folgenden Schwerpunkten des Versuches:

- Transmission, Absorption, Extinktion
- LAMBERT-BEERSches Gesetz
- Prinzip der Messanordnung

### 1.2. Messungen

- 1.2.1. Starten Sie den Computermessplatz laut der Anweisung.
- 1.2.2. Lassen Sie die Diagramme der spektralen Abhängigkeit der Transmission für die fünf Farbfilter aufnehmen.
- 1.2.3. Lassen Sie den spektralen Verlauf der Extinktion einer Verdünnungsreihe von einer  $\text{CuSO}_4$  - Lösung darstellen. Dazu werden, ausgehend von einer gegebenen Anfangskonzentration  $c_0$ , durch Verdünnen mit destilliertem Wasser folgende weitere Konzentrationen hergestellt und untersucht:  $c_0/2$ ,  $c_0/4$ ,  $c_0/8$ ,  $c_0/16$ ,  $c_0/32$ ,  $c_0/64$ .
- 1.2.4. Messen Sie den spektralen Verlauf der Extinktion einer  $\text{CuSO}_4$  - Lösung unbekannter Konzentration  $c_x$ .

### 1.3. Auswertungen

- 1.3.1. Diskutieren Sie anhand der Transmissionskurven die spektralen Eigenschaften der Farbfilter.
- 1.3.2. Berechnen Sie die Extinktionen  $E$  und Transmissionen  $T$  aller Lösungen für folgende Wellenlängen:  $\lambda = 600 \text{ nm}$ ,  $650 \text{ nm}$ ,  $700 \text{ nm}$  und  $750 \text{ nm}$ . Stellen Sie die Ergebnisse tabellarisch und in Form eines  $E(c)$ -Diagramms dar.
- 1.3.3. Bestimmen Sie aus dem Diagramm die molare Konzentration  $c_x$  der unbekanntem Lösung.

## 2. Grundlagen

### 2.1. Transmission und Absorption

Mittels des digitalen Diodenarray-Spektralphotometers lassen sich sehr bequem und zeitökonomisch spektrale Verläufe der Transmission  $T(\lambda)$  und der Extinktion  $E(\lambda)$  von Lösungen und festen Stoffen (z.B. Farbfiltern o.ä.) messen und graphisch darstellen, wenn das Gerät über eine Schnittstelle an einen PC angeschlossen wird.

Der Transmissionsgrad  $\tau$  charakterisiert den Bruchteil der von einer Probe hindurch gelassenen Strahlungsleistung, gemessen an der in die Probe eintretenden Strahlungsleistung  $\Phi_0$ . In Prozent ausgedrückt ergibt sich die Transmission  $T$ :

$$\tau = \frac{\Phi}{\Phi_0} \quad \text{Transmissionsgrad} \quad (1)$$

$$T = \frac{\Phi}{\Phi_0} \cdot 100 \quad \text{Transmission (in \%)} \quad (2)$$

Der Absorptionsgrad  $\alpha$  charakterisiert den Teil der Strahlungsleistung, der von der durchstrahlten Probe absorbiert wird, wiederum gemessen an der in die Probe eintretenden Strahlungsleistung  $\Phi_0$ . In Prozent ausgedrückt ergibt sich die Absorption  $A$  :

$$\alpha = 1 - \frac{\Phi}{\Phi_0} \quad \text{Absorptionsgrad} \quad (3)$$

$$A = \left(1 - \frac{\Phi}{\Phi_0}\right) \cdot 100 \quad \text{Absorption (in \%)} \quad (4)$$

Bei vernachlässigbarer Reflexion und Streuung gilt folglich :

$$\tau + \alpha = 1 \quad (5)$$

Die Größen  $\tau$ ,  $T$ ,  $\alpha$  und  $A$  sind wellenabhängig und erhalten daher den Zusatz „spektral“, also spektraler Transmissionsgrad  $\tau(\lambda)$  usw..

### 2.2. Lambertsches und Lambert-Beersches Absorptionsgesetz

Für qualitative und quantitative photometrische Untersuchungen interessieren besonders zwei Zusammenhänge:

- Zusammenhang zwischen Transmission (bzw. Absorption) und Schichtdicke der Probe,
- Zusammenhang zwischen Transmission (bzw. Absorption) und Konzentration der Lösung.

Bei gegebener Wellenlänge und konstanter Temperatur nimmt mit wachsender Schichtdicke  $d$  die Transmission exponentiell ab. Es gilt das LAMBERTSche Absorptionsgesetz (je nach Wahl der Basis e oder 10) in der Form:

$$\Phi = \Phi_0 \cdot e^{-a' \cdot d} \quad \text{oder} \quad \Phi = \Phi_0 \cdot 10^{-a \cdot d} \quad \text{mit} \quad a' = a \cdot \ln 10 \quad (6)$$

Für Flüssigkeiten und Gase erfuh dieses Gesetz eine Erweiterung und wird in der Literatur als LAMBERT-BEERSches Absorptionsgesetz benannt:

$$\Phi = \Phi_0 \cdot e^{-\varepsilon' \cdot c \cdot d} \quad \text{oder} \quad \Phi = \Phi_0 \cdot 10^{-\varepsilon \cdot c \cdot d} \quad \text{mit} \quad \varepsilon' = \varepsilon \cdot \ln 10 \quad (7)$$

Die Größe  $E = \varepsilon \cdot c \cdot d$  nennt man Extinktion. Sie hängt unmittelbar mit der Transmission zusammen:

$$E = \varepsilon \cdot c \cdot d = \lg \frac{\Phi}{\Phi_0} = \lg \frac{100}{T} = 2 - \lg T \quad . \quad (8)$$

Je nach den gewählten Maßeinheiten bedeuten

- $\varepsilon$  - molarer spektraler Extinktionskoeffizient (in  $\text{l mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$ )
- $c$  - molare Konzentration (in  $\text{mol l}^{-1}$ )
- $d$  - Schichtdicke (in  $\text{cm}$ ) .

Andernfalls erhält man bei Benutzung der Massenkonzentration  $c^*$  (in  $\text{g l}^{-1}$ ) einen modifizierten spektralen Extinktionskoeffizienten  $\varepsilon^*$  (in  $\text{l g}^{-1} \text{cm}^{-1}$ ).

In jedem Falle muss man sich über die im Lehrbuch oder der Betriebsanleitung eines Gerätes benutzten Definitionen und Gleichungen sowie die verwendeten Maßeinheiten Klarheit verschaffen, um Vergleiche vornehmen zu können und Irritationen auszuschalten. Streng genommen ist das LAMBERT-BEERSche Gesetz ein Grenzgesetz und gilt nur für kleine Konzentrationen, weil es Wechselwirkungen zwischen den Teilchen vernachlässigt.

### 3. Experiment

#### 3.1. Geräte / Material

- 1 - Diodenarray-Spektralphotometer mit Anschluss an einen PC
- 2 - Flasche destilliertes Wasser
- 3 - Flasche 0,2 molarige  $\text{CuSO}_4$  -Lösung
- 4 - Flasche mit  $\text{CuSO}_4$  - Lösung unbekannter Konzentration
- 5 - Küvetten
- 6 - Pipetten
- 7 - Becherglas
- 8 - Farbfilter

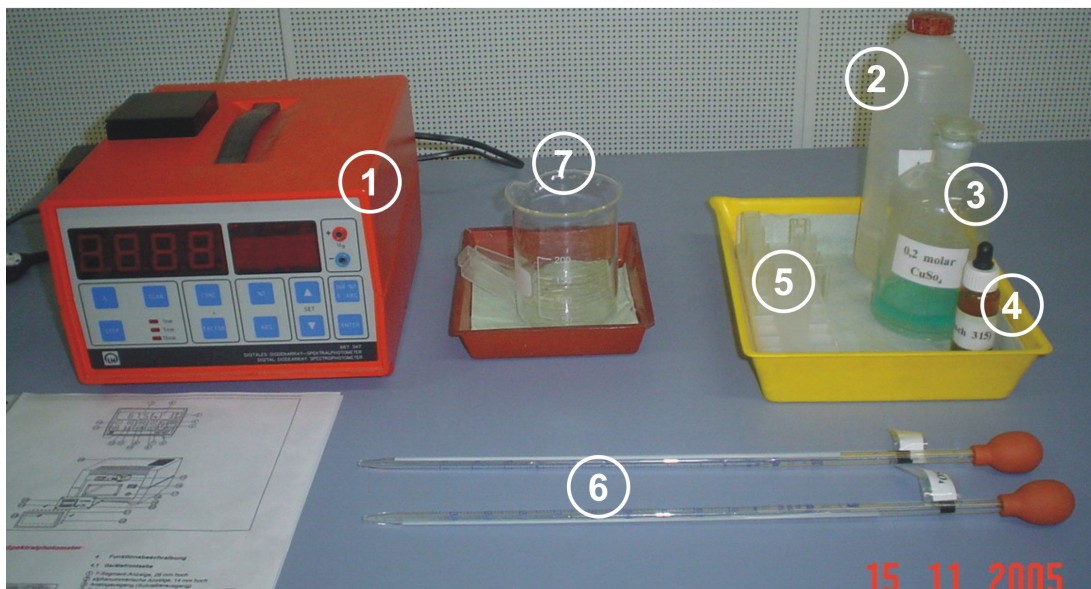
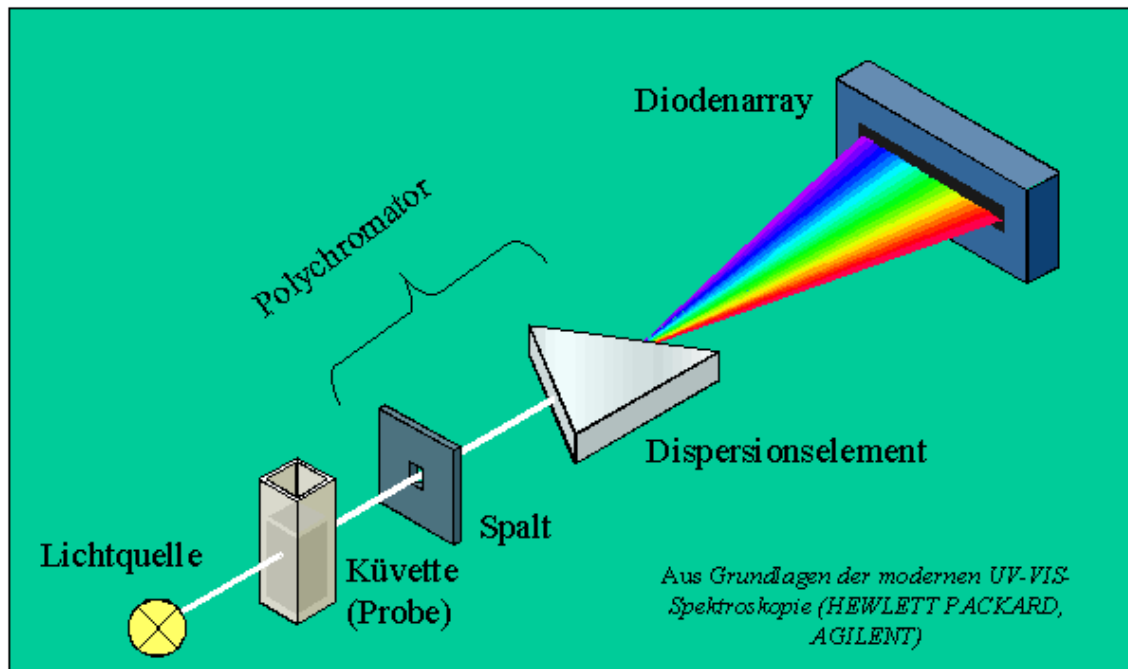


Abb. 1 Versuchsansicht

### 3.2. Versuchsanordnung und Inbetriebnahme

Der Aufbau und die Funktionsweise eines Diodenarray-Spektralphotometers sind in Abb. 2 schematisch dargestellt.



**Abb. 2** Schematische Darstellung eines Diodenarray-Spektralphotometers

Inbetriebnahme des PC-gesteuerten Diodenarray-Spektralphotometers:

- PC einschalten, WINDOWS starten
- Eigenes Verzeichnis unter „C:\fotom\student“ anlegen (max. 8 Buchstaben/Zahlen)
- Steckernetzteil des Spektralphotometers an Steckdose anschließen, Spektralphotometer einschalten (Schalter an Geräterückwand), Startphase abwarten
- Programm FOTOM starten, Menü „Graphik/Transmission“ öffnen, Kuvette mit „Nullsubstanz“ (dest. Wasser) füllen und mit Pfeilmarke in Richtung Frontplatte vorsichtig in die Kuvettenhalterung einsetzen (Keine Lösung in den Kuvettenschacht schütten! Kratzer an der Kuvettenwand vermeiden!)
- Kalibriertaste (100% T) drücken
- Farbfilter bzw. Kuvette mit Messsubstanz einsetzen
- Schalter (SCAN) im Programmfenster des PC mit linker Maustaste anklicken, um den Messvorgang auszulösen
- Nach Betätigung dieses Befehls erscheint in Anzeigefenster des Photometers für kurze Zeit die Meldung SCAN, nach Übertragung der Messwerte vom Photometer zum PC wird im Fenster TRANSMISSION die graphische Darstellung der Transmissionskurve angezeigt, aus der zu jeder Wellenlänge zwischen 380 nm und 750 nm der  $T$  - Wert abgelesen werden kann
- Jetzt können die Daten abgespeichert und gedruckt werden

### 3.3. Weitere Hinweise zum Umgang mit der PC-Software

Zum Speichern der Daten gehen Sie wie folgt vor:

- per Mausklick den Menüpunkt „Datei/Speichern unter“ wählen
- Ins Dateiverzeichnis „C:\fotom\student\eigenes Verzeichnis“ wechseln
- Dateiname: geeigneter Name (maximal 8 Buchstaben/Zahlen ohne Dateianhang), der die Konzentration erkennen lässt, z.B. Isg\_01 für 0,1 molare Lösung
- Das Programm hängt automatisch die Dateikennung .trs an → Isg\_01.trs

Wird eine abgespeicherte Datei geöffnet, erscheint im Dateifenster der vergebene Dateiname. Jetzt besteht auch die Möglichkeit, über das Menü Graphik / Extinktion die Extinktionskurve darzustellen, die der PC intern über die Beziehung  $E = 2 - \lg T$  berechnet.

Das Anklicken der Schaltfläche „Tabelle“ ermöglicht den Zugang zur Wertetabelle für  $T$  bzw.  $E$ . Mittels der Schaltfläche „Drucken“ im Transmissions- bzw. Extinktionsfenster kann eine einzelne bzw. die zuletzt geladene Kurve ausgedruckt werden. Zum Zweck des Vergleichs können in ein Fenster mehrere Kurven geladen werden, wodurch sehr anschaulich der Einfluss einer Konzentrationsänderung auf die spektralen Eigenschaften sichtbar wird. Sie lassen sich leider nicht gemeinsam ausdrucken.

Ferner können auf dem Bildschirm nach Anklicken des Menüpunktes „Graphik / Trans. + Ext.“ beide Kurven gleichzeitig dargestellt werden.

## 4. Literatur

Ilberg (Autorenkollektiv): Physikalisches Praktikum. Teubner Verlag, Leipzig/Stuttgart.