

## Versuchsprotokolle

---

Versuch 422

### Extinktionskoeffizient

#### Aufgaben

1. Bestimmen des Extinktionskoeffizientens von  $\text{CuSO}_4$  bei einer selbstgewählten Wellenlänge.
2. Bestimmen der Extinktion von Fuchsin in Abhängigkeit der Wellenlänge.

#### Grundlagen

Für den Intensitätsverlust von Licht beim Durchgang durch dichtere Optische Medien ist sowohl Reflektion und Streuung (teilweise Ablenkung des gerichteten Energieflusses), als auch Absorption (Aufnahme von photoelektrischer Energie und Abgabe von Wärme) verantwortlich. Während Streuung sich im makroskopischen Bereich (z.B. an Staubpartikel oder Wassertröpfchen) abspielt, liegt Absorption vorwiegend bei mikroskopischen Vorgängen, wie in unserem in Lösungen, vor. Dabei gilt, dass beim Durchgang eines Lichtstrahls durch einen infinitesimal kleinen Volumenwürfel mit der Länge  $dx$  sich dessen Intensität um  $dI$  verringert:

$$dI = -\alpha \cdot I dx$$

Dies ergibt eine Differentialgleichung erster Ordnung mit der Lösung:

$$I = I_0 \cdot e^{-\alpha \cdot x}$$

Betrachtet man die Definition der Transmission (Transmissionsgrad) als Verhältnis der eintretenden und austretenden Lichtintensität, so ergibt sich.

$$T = \frac{I}{I_0} = e^{-\alpha \cdot x}$$

Für verdünnte Lösungen und unter Ausschließen von Wechselwirkungen der Moleküle untereinander gilt eine Proportionalität von der Konzentration.

$$\alpha = \varepsilon \cdot c,$$

wobei  $\varepsilon$  der molare Extinktionskoeffizient ist. Um das Ganze besser handhaben zu können, überführt man die natürliche Exponentialfunktion zu einer dekadischen:

$$e^{-\alpha \cdot x} = 10^{-\frac{\varepsilon \cdot c \cdot x}{\ln 10}} = 10^{-\varepsilon_{10} \cdot c \cdot x} = 10^{-\varepsilon'_{10}}$$

Dabei ist natürlich die Extinktion abhängig von der verwendeten Wellenlänge des Lichts. Dies erscheint aus Atomarer Sicht natürlich angebracht, da eine einlaufende Welle, welche genau die Eigenfrequenz des schwingenden Systems der Atomhülle trifft, vollständig absorbiert und in mechanisch-elektrische Energie umgewandelt.

Dieser Umstand wird in der Physik mit einem Wirkungsquerschnitt  $q$  oft ausgedrückt, dem Absorptionsquerschnitt. Um diesen zu erhalten, wird mit der Avogadrokonstante erweitert und man erhält

$$\varepsilon(\lambda) \cdot c \cdot x = \frac{\varepsilon(\lambda)}{N_A} \cdot c \cdot N_A \cdot x = q(\lambda) \cdot n \cdot x$$

Dabei ist  $n$  die Anzahl der vorhandenen Teilchen pro Volumeneinheit. Damit man die Reflexion berücksichtigt, führt man mit  $R$  den Reflexionskoeffizienten ein:

$$I = (1 - R)^2 I_0 \cdot 10^{-\varepsilon'_{10}}$$

#### Durchführung

##### Versuchsobjekt:

Spektrometer SPEKTOL11 (Aufbau siehe ABB. 1), Küvetten, Stammlösung  $\text{CuSO}_4$ , Stammlösung Fuchsin

##### mögliche systematische Fehler:

1. unbeachtete Verschmutzung der Küvetten oder nicht ausreichend verdünnte Lösungen
2. Frequenzabhängigkeit der Photozelle

##### erwartetes Ergebnis:

Linearität des Extinktionskoeffizientens mit der Konzentration.

##### Versuchsablauf:

- Aufnahme der Gesamtmessreihe des  $\text{CuSO}_4$  in Abständen von 50 nm, dann Detailmessung bei 750 nm
- Aufnahme der Messreihe von Fuchsin

**Versuchsprotokolle**

**Fehlerquellen:**

$$\Delta\lambda = \pm 5,5\text{nm}, \Delta x = 0,001\text{cm}, \Delta c$$

**Messapparatur:**

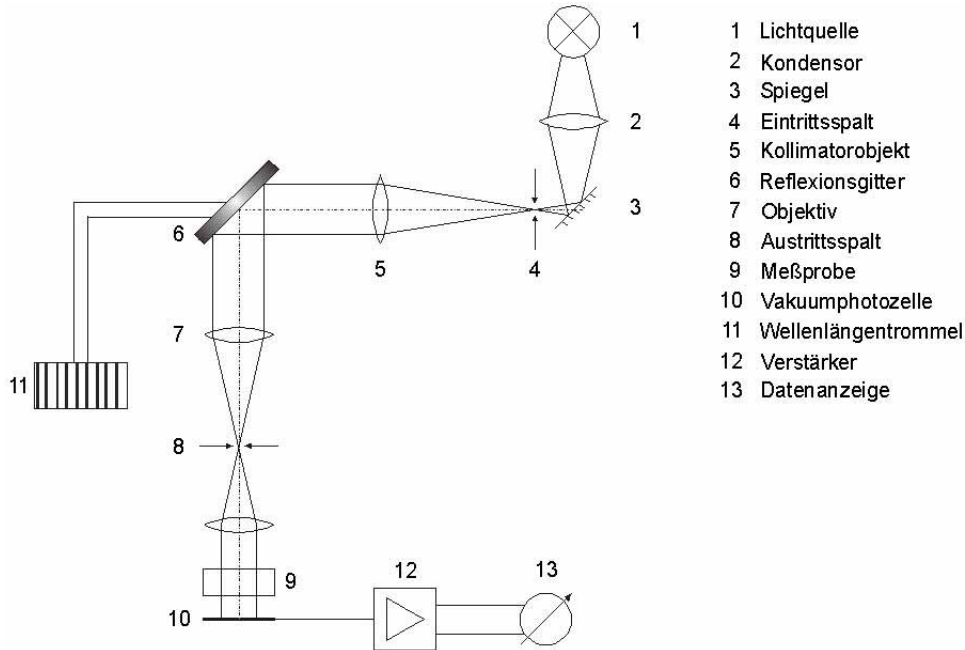


Bild 1: Aufbau des Spektralphotometers

**Messwerte**



$$M = 159,61 \frac{\text{g}}{\text{mol}}, c_{\text{Stammloesung}} = 24,8 \frac{\text{g}}{\text{l}}$$

*Gesamtmessreihe*

$\lambda$ [nm]	450	500	550	600	650	650	700	750	800
$\epsilon_{10}$ [cm <sup>-1</sup> ]	0,026	0,018	0,039	0,148	0,4	0,463	0,997	1,615	1,921

*Detailmessung (750 nm)*

Masse: H <sub>2</sub> O [g]	Masse: CuSO <sub>4</sub> [g]	c <sub>Lösung</sub> [g/l]	$\epsilon_{10}$ [cm <sup>-1</sup> ] Messung 1	$\epsilon_{10}$ [cm <sup>-1</sup> ] Messung 2	$\epsilon_{10}$ [cm <sup>-1</sup> ] Messung 3	$\epsilon_{10}$ [cm <sup>-1</sup> ] Mittelwert
0,3062	1,5844	20,7834	1,429	1,430	1,430	1,430
0,5018	1,3547	18,0967	1,183	1,184	1,184	1,184
0,8977	0,9509	12,7569	0,837	0,840	0,840	0,839
1,0248	0,6481	9,6078	0,644	0,644	0,641	0,643
1,3406	0,5748	7,4423	0,517	0,517	0,517	0,517
Aus der Messung oben:		24,8				1,615

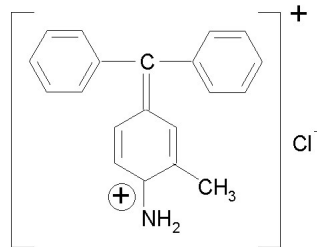


$$M = 337,86 \frac{\text{g}}{\text{mol}}, m = 2,0 \pm 0,1\text{mg}, V = 1000 \pm 20\text{ml}$$

**Versuchsprotokolle**

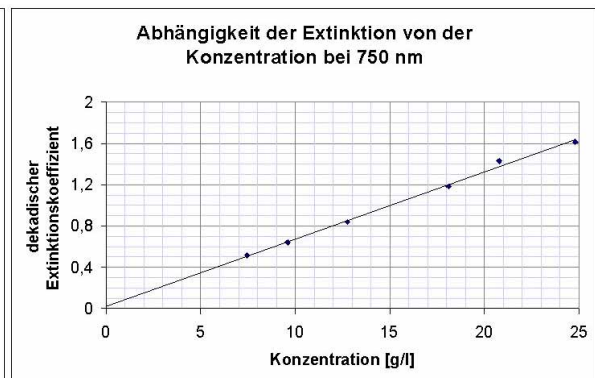
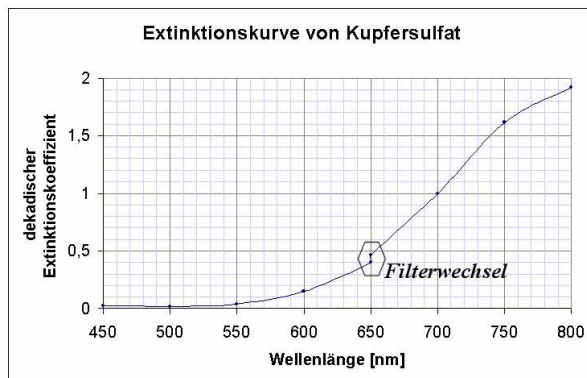
		Messwerte													
$\lambda$ [nm]		350	360	370	375	380	390	395	400	410	420	430	440	450	
$\epsilon'_{10}$ [cm <sup>-1</sup> ]		0,017	0,014	0,011	0,011	0,010	0,009	0,013	0,011	0,016	0,024	0,033	0,048	0,065	
$\lambda$ [nm]		460	470	480	490	500	510	520	530	535	538	539	540	541	
$\epsilon'_{10}$ [cm <sup>-1</sup> ]		0,082	0,101	0,119	0,128	0,140	0,153	0,179	0,218	0,238	0,246	0,247	0,249	0,250	
$\lambda$ [nm]		542	543	544	545	548	550	560	570	575	580	585	590	595	
$\epsilon'_{10}$ [cm <sup>-1</sup> ]		0,250	0,249	0,249	0,248	0,239	0,232	0,164	0,090	0,061	0,041	0,024	0,020	0,014	
$\lambda$ [nm]		600	605	610											
$\epsilon'_{10}$ [cm <sup>-1</sup> ]		0,011	0,009	0,007											

Aufbau von Fuchsin



**Auswertung/Ergebnisse**

CuSO<sub>4</sub>



Es gilt also das Lambert- Beersche Gesetz, also:

$$\epsilon'_{10} = \frac{\epsilon \cdot c_{mol} \cdot x}{\ln 10} = \frac{c \cdot x}{\ln 10 \cdot M} \cdot \epsilon$$

$$\epsilon = \frac{\ln 10 \cdot \epsilon'_{10} \cdot M}{c \cdot x}, \Delta \epsilon = \epsilon \cdot \left( \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta \epsilon'_{10}}{\epsilon'_{10}} \right)$$

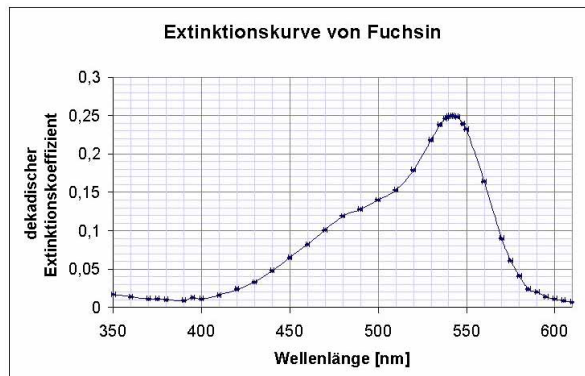
$$\Delta x = 0,001 \text{ cm}, \Delta \epsilon'_{10} = 0,01$$

$$\epsilon = (23,85 \pm 0,15) \frac{l}{\text{mol} \cdot \text{cm}}$$

Bem: Da die Messwertabweichung der Konzentration auf Grund der Präzessionsmassebestimmung der Flüssigkeiten ist der Messfehler gegen den Fehler von  $\epsilon'_{10}$  und kann vernachlässigt werden.

## Versuchsprotokolle

## Fuchsin



Es wurde ein Transmissionsminimum bei 541,5 nm Wellenlänge gefunden.

$$\varepsilon'_{10} = \frac{\varepsilon \cdot c_{mol} \cdot x}{\ln 10} = \frac{c \cdot x}{\ln 10 \cdot M} \cdot N_A \cdot q = \frac{m \cdot x}{\ln 10 \cdot M} \cdot N_A \cdot q$$

$$q = \frac{\ln 10 \cdot \varepsilon'_{10} \cdot V \cdot M}{m \cdot x \cdot N_A}, \Delta q = q \cdot \left( \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta \varepsilon'_{10}}{\varepsilon'_{10}} + \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta V}{V} \right)$$

$$\Delta x = 0,001 \text{ cm}, \Delta \varepsilon'_{10} = 0,01$$

$$q = \underline{\underline{(1,61 \pm 0,12) \cdot 10^{-16} \text{ cm}^2}}$$

**Diskussion**

Die Ergebnisse der Messwerte von der  $\text{CuSO}_4$ -Lösung bestätigen das Lambert-Beersche-Gesetz. Es konnte für die Fuchsinlösung ein Transmissionsminimum für eine Lichtwellenlänge von 541,5 nm innerhalb einer Spektralbreite von 11 nm gefunden werden. Die Messwerte genügen allein schon der groben Überprüfung mittels der Empirik:

Kupfersulfat ist in Lösung bläulich schimmernd. Betrachtet man die Messwertkurve über den Spektralbereich, so stellt man fest, dass gerade die blauen und grünlichen Lichtanteile besonders gut transmittiert werden ( $\varepsilon'_{10}$  ist klein und strebt gegen Null), die roten Anteile hingegen streben gegen ein Transmissionsminimum, werden also gut von der Flüssigkeit absorbiert.

Ähnlich verhält es sich beim Fuchsin: Während rote/gelbe Anteile recht gut transmittiert werden, liegt das Absorptionsmaximum im Bereich gelb/grün mit dem Akzent auf grün. Blau und beginnendes UV hingegen werden zwischen 450 und 350 nm ebenfalls gut durchgeleitet. Was die violette Farbe der Fuchsinlösung erklärt. Somit sind die Ergebnisse nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ sehr gut nachvollziehbar. Die aufgenommenen Messwerte sind im Anhang zu finden.

Jena, 02.06.2002