

Kapitel 3: Fotometrie - Licht messen, Konzentration bestimmen



Frage des Tages: Wie kann man aus der Farbe einer Lösung ihre Konzentration bestimmen?

Praktikumsbeispiel: Aus mehreren Farbstofflösungen bekannter Konzentration entsteht eine Kalibriergerade. Damit bestimmen wir den Farbstoffgehalt einer unbekannten GetränkLösung.

1. Licht ist elektromagnetische Strahlung

Für die Fotometrie genügt zunächst: Licht lässt sich durch seine Wellenlänge λ beschreiben. Sichtbares Licht umfasst ungefähr den Bereich von violett bis rot. Unterschiedliche Wellenlängen werden von Stoffen unterschiedlich stark absorbiert.

Zusammenhang: $c = \lambda \cdot \nu$ und $E = h \cdot \nu$

Kurze Wellenlänge bedeutet hohe Frequenz und damit höhere Photonenenergie. Für unseren Versuch ist aber vor allem wichtig, welche Wellenlänge der Farbstoff besonders stark absorbiert.

2. Was geschieht beim Durchgang durch eine Lösung?

Ein Lichtstrahl mit der Intensität I_0 trifft auf die Küvette. Ein Teil des Lichts wird absorbiert; die austretende Intensität I ist kleiner. Das Verhältnis I/I_0 heißt Transmission.

Transmission: $T = I / I_0$
Extinktion: $E = -\log_{10}(T) = \log_{10}(I_0/I)$

In diesem Kurs verwenden wir – passend zum Praktikum – das Symbol E für Extinktion. In englischsprachigen Büchern findet man dafür häufig A für absorbance.

3. Das Lambert-Beer-Gesetz

$E = \epsilon \cdot c \cdot d$

ϵ ist der molare Extinktionskoeffizient, c die Konzentration und d die Schichtdicke der Küvette. Bei gleicher Substanz, Wellenlänge und Küvette gilt deshalb ganz einfach: E ist proportional zu c .

4. Von der Verdünnungsreihe zur Kalibriergeraden

1	Lösungen mit bekannten Konzentrationen herstellen.
2	Extinktion jeder Lösung bei derselben Wellenlänge messen.
3	E gegen c auftragen und eine lineare Trendlinie bestimmen.
4	Extinktion der unbekannten Probe messen und aus der Geraden c bestimmen.

Praktikumsbezug: Genau hier treffen Kapitel 1 und 2 auf die Physikalische Chemie: korrekt pipettieren, sinnvoll runden, Messwerte beurteilen und eine Trendlinie verwenden.

Kapitel 3 - Das musst du mitnehmen

Clausius-Merkliste

Wellenlänge wählen → Referenz/Blindwert beachten → Extinktion messen → Kalibriergerade erstellen → unbekannte Konzentration bestimmen.

5. Ein vollständiges Mini-Beispiel

Die Kalibriergerade lautet $E = 0,060 \cdot c + 0,002$. Für die unbekannte Probe wird $E = 0,302$ gemessen.

$$c = (E - 0,002) / 0,060 = 5,00 \quad (\text{in der zur Kalibrierung passenden Konzentrationseinheit})$$

Wichtig: Eine Kalibriergerade darf nur im untersuchten Bereich verwendet werden. Starkes Extrapolieren ist keine gute Messpraxis.

6. Was kann eine Messung verfälschen?

Problem	Folge
verschmutzte / falsch eingesetzte Küvette	zusätzliche Lichtverluste; E wird verfälscht
falscher Blindwert	systematischer Offset
Pipettierfehler	Kalibrierkonzentrationen stimmen nicht
Messung außerhalb des linearen Bereichs	Lambert-Beer-Zusammenhang ist praktisch nicht mehr zuverlässig linear

7. Im Brown nachlesen und üben

Chemistry: The Central Science, 15th Global Edition

Der Brown ist hier Ergänzung, nicht alleinige Grundlage: Die Fotometrie und das Lambert-Beer-Gesetz werden dort nur vergleichsweise knapp behandelt. Für das Verständnis von Licht und Photonen ist besonders der Abschnitt zur Energie elektromagnetischer Strahlung / Photonen hilfreich.

Nutzen Sie aus dem Brown vor allem die Abbildungen und Aufgaben zum Zusammenhang von Wellenlänge, Frequenz und Photonenenergie. Die eigentliche Kalibrierung, Extinktion und praktische Anwendung des Lambert-Beer-Gesetzes behandeln wir in diesem Handout und im Praktikum.

8. Üben

Brown: Wählen Sie aus dem zugehörigen Abschnitt Aufgaben, in denen aus Wellenlänge, Frequenz oder Photonenenergie jeweils die anderen Größen berechnet werden.

Eigene Aufgabe A: Eine Lösung hat $T = 0,50$. Berechnen Sie E. Was bedeutet das Ergebnis qualitativ?

Eigene Aufgabe B: Für $E = 0,242$ gilt die Kalibriergerade $E = 0,040 \cdot c + 0,002$. Bestimmen Sie c.

Clausius sagt: Das Spektrometer „sieht“ keine Konzentration. Es misst Licht. Erst das physikalische Modell und die Kalibrierung machen daraus eine Konzentration.

Ausblick auf Kapitel 4

Nach dem konkreten Messverfahren gehen wir einen Schritt zurück und fragen: Was ist eigentlich ein thermodynamisches System, was ist ein Zustand und was ist eine Phase? Damit schaffen wir die Sprache für Gase und Phasendiagramme.