

# Eine Fotometrie mit dem Smartphone durchführen

Moritz Krause Universität Bremen

Christoph Thyssen Technische Universität Kaiserslautern

## Überblick

Schwierigkeitsgrad	für Fortgeschrittene
Vorbereitungsaufwand	mittel
Fächer	Chemie, Biologie, Naturwissenschaften
Durchführungsduer/Zeitaufwand	2 Doppelstunden
Zielgruppe	Sekundarstufe II
Themengebiet	Katalytische Reaktionen, Konzentrationsbestimmungen (Chemie und Biologie); Farbstoffe (Chemie)
Ziele	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ Schülerinnen und Schüler lernen, eine Fotometrie durchzuführen und das Lambert-Beer'sche Gesetz anzuwenden.</li><li>◆ Schülerinnen und Schüler lernen, das Smartphone als Analysegerät zu verwenden.</li><li>◆ Lehrkräfte fördern mit diesem Ansatz die Experimentierfähigkeiten ihrer Schülerinnen und Schüler.</li></ul>
Kompetenzbereiche	Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren: 1.2.1 Produzieren und Präsentieren: 3.2.1 Problemösen und Handeln: 5.2.1, 5.2.3, 5.2.4, 5.5.3 Kommunizieren und Kooperieren: 2.2.1

### ► Worum geht es?

Mit Hilfe einer Fotometrie lässt sich die Konzentration von farbigen Lösungen ermitteln, indem weißes Licht durch verschiedene Proben gestrahlrt wird und mit einer App gemessen wird, wie sich die Intensität in geeigneten Spektralbereichen verringert. Über eine Kalibrierung des Systems mittels einer Verdünnungsreihe und entsprechenden Berechnungen für zu bestimmende Proben lässt sich auf die Konzentration der Lösungen schließen.

Dieses Vorgehen kann in verschiedenen Unterrichtssituationen nützlich sein, um zum Beispiel in der Biologie Enzymreaktionen nachzuverfolgen, wie es beim Abbau von Stärke zu Maltose durch Amylase der Fall ist. Mithilfe der Lugolschen Lösung lässt sich parallel dazu eine Abnahme der Intensität der Blaufärbung erkennen, die zur Quantifizierung genutzt werden kann. Alternativ kann auch mithilfe der Fehling-Probe das Produkt Maltose nachgewiesen werden. Dabei handelt es sich um semi-quantitative oder qualitative Nachweise. Für quantitative Analysen kann eine fotometrische Messung eingesetzt werden, z. B. um die Abnahme der Stärkekonzentration während einer Enzymreaktion zu bestimmen. Darüber hinaus sind quantitative Analysen von farbigen Lösungen wie z. B. von Kaliumpermanganat, Kupfersulfat oder von Komplexen, z. B. Kupfertetraminkomplex, möglich.

## Vorwissen

- ▶ **Technisches Vorwissen** Allgemeiner Umgang mit Smartphones und/oder Tablets und deren relevanten Betriebssystemen, grundlegende Funktionsweise von Excel oder Alternativen, eine kurze Einführung in die verwendete App ist sinnvoll.
- ▶ **Fachliches Vorwissen** Grundlage der Fotometrie ist das Lambert-Beer'sche Gesetz, die Bestimmung des molaren Extinktionskoeffizienten und die Berechnung von verschiedenen Konzentrationen über eine Verdünnungsreihe. Dieses Wissen lässt sich mithilfe der zur Verfügung gestellten Materialien erlernen. Zudem wird Wissen über die Zerlegung von weißem Licht benötigt (Optik/Physik).

## Ausstattung

▶ Geräte und Materialien	Geräteanzahl	Betriebssystem	Gerätetyp
	<input type="checkbox"/> nur Lehrkraft <input checked="" type="checkbox"/> 1 Gerät pro Gruppe <input type="checkbox"/> 1:1-Ausstattung	<input checked="" type="checkbox"/> iOS <input checked="" type="checkbox"/> Android <input type="checkbox"/> Windows <input type="checkbox"/> macOS <input type="checkbox"/> Linux	<input checked="" type="checkbox"/> Smartphone <input checked="" type="checkbox"/> Tablet <input type="checkbox"/> Notebook <input type="checkbox"/> Desktop-PC

**Zusätzlich** sollten noch drei bis vier weitere Geräte in der Lerngruppe zur Verfügung stehen, um als Lichtquelle zu dienen. Außerdem hat es sich in der Praxis als hilfreich erwiesen, Multiwell-Platten (sechs Wells) für die verschiedenen Lösungen zu verwenden.

▶ Software	App bzw. Programm	Kosten	Kompatibilität	Funktion	Internet benötigt?
	ColorAssist	kostenlos	iOS	Ermitteln von RGB-Werten einer Strahlungsquelle	nein
	Color Grab	kostenlos	Android	Ermitteln von RGB-Werten einer Strahlungsquelle	nein
	Colormeter free	kostenlos	Android	Ermitteln von RGB-Werten einer Strahlungsquelle	nein

- ▶ **Web-Ressourcen** Die Webseite [www.digitale-medien.schule](http://www.digitale-medien.schule) unterstützt die Lehrkraft in der Kategorie „digitale Messwertaufnahme“ bei der Durchführung der Fotometrie und der Auswertung mit Arbeitsmaterialien, Hilfeseiten zur Verwendung der App ColorAssist und einer Vorlage für ein Tabellenkalkulationsprogramm für die Berechnungen.

## Einsatz im Unterricht

### ► Wie geht das?

Im ersten Schritt sollten Sie eine definierte Stärkelösung (wasserlöslich) herstellen und diese bereits mit Lugolscher Lösung anfärbten. Mithilfe dieser Lösung können die einzelnen Lerngruppen eine Verdünnungsreihe in fünf Wells einer Multiwell-Platte ansetzen. Diese fünf Wells dienen zur Bestimmung des molaren Extinktionskoeffizienten bzw. zur Kalibrierung. Ein weiterer Well wird zur Analyse einer unbekannten Stärkekonzentration oder eines Reaktionsverlaufes nach Zugabe von Amylase benötigt.



▲ Abb.1 Durchführung einer fotometrischen Messung im Schülerversuch

Im zweiten Schritt können Sie die Messung durchführen, indem Sie die Multiwell-Platte auf ein Tablet mit einem weißen Screen stellen. Dazu kann z. B. eine leere Folie einer Präsentationssoftware verwendet werden (Abb.1).

Mithilfe eines weiteren Tablets und der entsprechenden App wird die Messung durchgeführt. Die Apps messen die drei Farbwerte Rot, Gelb und Blau. Für die Messung von Stärkekonzentrationen wird der Rot-Wert benötigt, da rotes Licht am deutlichsten von der blauen Lösung absorbiert wird.

Insgesamt werden auf diese Weise fünf RGB-Werte ermittelt, aus denen die Extinktion von den Lernenden berechnet und auf dem Arbeitsmaterial notiert wird.

Im dritten Schritt können die berechneten Werte in eine Vorlage für ein Tabellenkalkulationsprogramm wie Excel oder Numbers eintragen werden. Aus den eingegebenen Werten wird automatisch ein Graph mit einer Trendlinie inklusive der Geradengleichung angezeigt. Damit kann aus der Steigung der Geraden direkt ein Wert für den molaren Extinktionskoeffizienten abgelesen und das Lambert-Beer'sche Gesetz vervollständigt werden.

Durch eine weitere Messung der Extinktion einer unbekannten Stärkekonzentration oder der Zugabe einer Amylase im letzten Well lässt sich die Konzentration berechnen oder die Aktivität der enzymatischen Reaktion zeitlich verfolgen.

### ► Wie kann ich das in meinen Unterricht übertragen?

Je nach Unterrichtsfach und thematischer Einbindung sind verschiedene Zugangswege möglich. Sowohl im Fach Chemie als auch in der Biologie können enzymatische Reaktionen eine Rolle spielen. Denkbar ist aber auch der Fokus auf das methodische Vorgehen und die Bestimmung von unbekannten Konzentrationen.

Beginnen Sie im ersten Abschnitt mit der theoretischen Auseinandersetzung mit dem Lambert-Beer'schen Gesetz und der Bedeutung und Bestimmung seiner einzelnen Parameter. Mithilfe von Übungsaufgaben können Sie den Umgang mit dem Gesetz üben.

Im zweiten Abschnitt weiten Sie die Theorie auf den molaren Extinktionskoeffizienten aus und erläutern die Notwendigkeit einer Verdünnungsreihe. Mithilfe des Arbeitsmaterials erhalten Ihre Lernenden eine Einführung in die Berechnung und können dies an einem Beispiel aus dem Arbeitsmaterial üben. Je nach Leistungsstand Ihrer Lerngruppe könnten Sie an dieser Stelle auch die Vorlage für das Tabellenkalkulationsprogramm einführen und die Eingabe und Auswertung der Daten üben. Dieses Vorgehen kann zu einem sichereren Umgang in der Auswertungsphase führen.

Im Anschluss kann die praktische Arbeit beginnen und Sie teilen Ihre Lerngruppe in Dreier- bis Vierergruppen ein. Nun erhalten die Lernenden die Stärkelösung von Ihnen. Das Ansetzen der Verdünnungsreihe und die anschließende Messung kann, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, beginnen.

► Was muss ich beachten?

Bei der Herstellung der Stärkelösung sollten Sie darauf achten, dass die Stärke gut erhitzt wird, bis sie aufgrund vollständiger Lösung eine fast klare Flüssigkeit bildet. Außerdem sollte die Lösung im Anschluss abkühlen, bevor sie im Unterricht verwendet wird. Eine warme Lösung kann auf Grund von Gleichgewichtsreaktionen bei der Ausbildung des farbigen Komplexes oder dem Abdampfen von Iod zu einer Verschiebung der Blaufärbung durch die Lugolsche Lösung und damit zu Ungenauigkeiten bei der Messung führen.

Für die fotometrische Messung ist es wichtig, dass die Strahlungsquelle zum Durchleuchten der Multiwell-Platten eine gleichbleibende Lichtintensität liefert. Die Einstellungen des in diesem Beispiel verwendeten Tablets sollten deshalb nicht verändert werden. Funktionen zur Anpassung der Hintergrundbeleuchtung an die Umgebungshelligkeit müssen deaktiviert werden. Außerdem sollte der Messabstand zwischen Multiwell-Platte und dem zweiten Tablet zur Aufnahme der Farbwerte ebenfalls möglichst identisch bleiben. Da die zu durchstrahlende „Probendicke“ von der Füllhöhe abhängt, ist darauf zu achten, die Probenvolumina so korrekt wie möglich (zumindest konstant) zu pipettieren. Verwendet man ein Tablet als Strahlungsquelle, können auch Untersuchungen unter Variation der eingestrahlten Lichtqualitäten vorgenommen werden, indem auf dem Display als Leuchtfläche reines Rot, Blau oder Grün angezeigt wird.

## Material für den Unterricht

► Weiterführende Materialien

**Überblick – Durchführung und Auswertung einer Fotometrie im Unterricht**

Hinweise zur Durchführung, Eindrücke aus dem Unterricht und Materialdownload  
[www.digitale-medien.schule/phm.html](http://www.digitale-medien.schule/phm.html)

**Material 1 – Theoretischer Hintergrund zum Lambert-Beer'schen Gesetz**

Gesetzmäßigkeiten, Darstellungen, Übungsaufgaben  
[www.digitale-medien.schule/download/FM\\_01\\_Theorie\\_I\\_Web.pdf](http://www.digitale-medien.schule/download/FM_01_Theorie_I_Web.pdf)

**Material 2 – Berechnung des molaren Extinktionskoeffizienten**

Gesetzmäßigkeiten, Umgang mit dem Diagramm, Übungsaufgaben  
[www.digitale-medien.schule/download/FM\\_02\\_Theorie\\_II\\_Web.pdf](http://www.digitale-medien.schule/download/FM_02_Theorie_II_Web.pdf)

**Material 3 – Anleitung zur praktischen Durchführung**

Tipps zur Durchführung und QR-Code zur Hilfeseite  
[www.digitale-medien.schule/download/FM\\_03\\_Durchfuhrung\\_Web.pdf](http://www.digitale-medien.schule/download/FM_03_Durchfuhrung_Web.pdf)



### Weiterführende Literatur

Thyssen, C., Hartner, L., & Nieß, C. (2017). Taschenphotometer – Chemische und biologische Analysen mit Smartphone oder Tablet. *MNU Sonderheft – Handy, Tablet & Co. | Taschenphotometer – Chemische und biologische Analysen mit Smartphone oder Tablet*, 92–107.

Witte, T., Hanemann, S., Sommerfeld, H., Temmen, K., & Fechner, S. (2019). Selbstbau eines digitalen Low-Cost-Fotometers für den Chemieunterricht. *ChemKon*, 27(4), 193–198. doi:<https://doi.org/10.1002/ckon.201900026>

Thyssen, C., Huwer, J., & Krause, M. (2020). Digital Devices als Experimentalwerkzeuge – Potenziale digitalen Experimentierens mit Tablet und Smartphone. *Unterricht Biologie*, 451, 44–47.