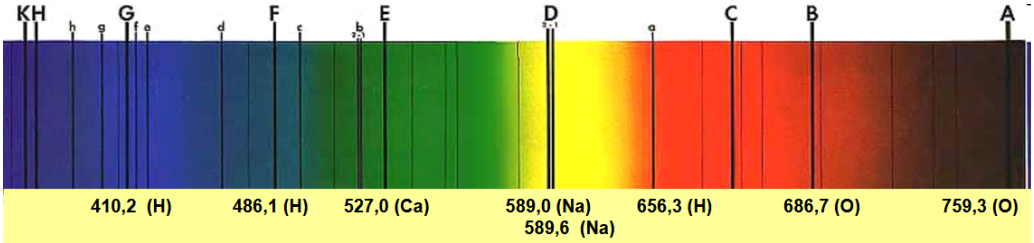



# Absorptionsspektren

Jeder Stoff absorbiert Licht auf bestimmten, für ihn charakteristischen Wellenlängen. Mit einem Spektralapparat ermittelt man diese Wellenlängen und kann so den Stoff identifizieren. In diesem Versuch sollen Sie das Prinzip dieser so genannten Spektralanalyse an einem einfachen Prismen- Spektralapparat kennen lernen. Sie werden den Apparat zunächst kalibrieren und dann die Absorptionsspektren von Farbstofflösungen, bunten Folien oder Chlorophyll untersuchen.

## Schriftliche VORbereitung:

- Wenn Licht auf Gase oder Flüssigkeiten oder transparente Stoffe trifft, wird es gebrochen, reflektiert, absorbiert und gestreut. Was heißt das jeweils konkret ? (fertigen Sie eine Skizze an)
- Was bedeutet der Begriff Dispersion in der Optik?
- Welche für diesen Praktikumsversuch relevanten Zusammenhänge folgen aus dem Franck-Hertz-Versuch?

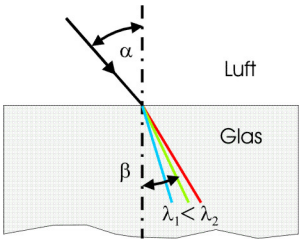
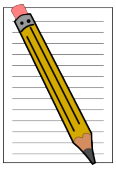



**Abbildung 1:** Prismen-Spektralapparate nutzen die Dispersion $n = n(\lambda)$ für die Trennung der Wellenlängen aus.

- Plancksche Strahlung: Die Absorption oder Emission von Licht durch Materie erfolgt diskontinuierlich in Energiequanten $\Delta E = h \cdot f$ ($h$ Planck-Konstante, $f$ Frequenz) der Lichtstrahlung.
  - Was hat diese Gleichung zu bedeuten
  - Wie hängen Frequenz und Wellenlänge des Lichts zusammen?
  - Sie sollten das Spektrum eines schwarzen Körpers kennen und wissen, wie es sich mit zunehmender Temperatur verändert. Für welchem Wellenlängenbereich ist das menschliche Auge sensitiv?



- Emissionsspektren werden nach Linien-, Bandenspektren und kontinuierlichen Spektren unterschieden. Wodurch erkennt man diese drei Typen, wie entstehen sie?
- Bei der Absorption von Licht beobachtet man mit unter Fluoreszenz und Phosphoreszenz. Wie entstehen diese Leuchteffekte? Wie leuchten Glühwürmchen?
- Warum darf $R_0$ nicht größer als $R_L$ sein? (siehe Abschnitt 2)

**Mitzubringen:**

- Wenn Sie möchten etwas Grünzeug (z. B. Spinat) für die Chlorophyll-Untersuchung.

# 1 Grundlagen

## Der Spektralapparat

Spektralapparate dienen dazu, Licht spektral zu zerlegen und so die in dem Licht enthaltenen Farbanteile nach Wellenlänge geordnet (das „Spektrum“) zu ermitteln. Manche Geräate zeigen sogar das Intensitätsverhältnis der verschiedenen Wellenlängen (Linien) untereinander (die „spektrale Intensitätsverteilung“). Die zu untersuchende Lichtquelle wird direkt vor einen Spalt $Sp_1$ gestellt. Dieser wird so zur senkundären Lichtquelle und liegt im Brennpunkt der Kollimatorlinse $L_1$. Das Prisma wird daher von einem parallelen Strahlenbündel durchsetzt. Hinter dem Prisma ist das Licht in seine spektralen Anteile zerlegt, für jede Wellenlänge ergibt sich ein eigenes Parallelbündel unter einem anderen Ausfallswinkel. Sie werden im Fernrohr mit der Linse $L_2$ in deren Brennebene fokussiert. In dieser Ebene sieht man alle Farben, die von der Lichtquelle emittiert werden, nebeneinander.

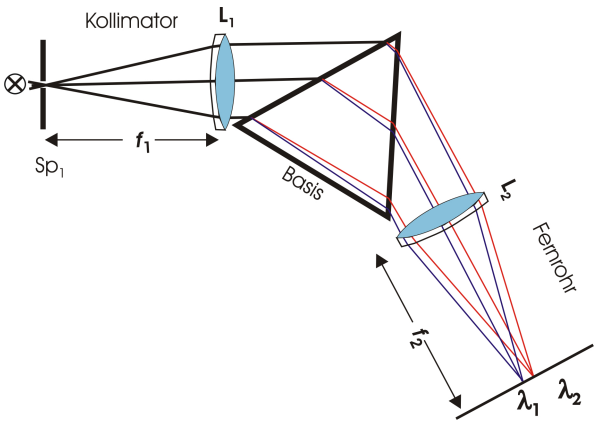



**Abbildung 2:** Strahlengang im Prismen-Spektralapparat

Für genaue Messungen muss man das Prisma in Abb. 2 für jede Wellenlänge in den minimalen Ablenkwinkel drehen - das ausgewählte Parallelbündel verläuft dann im Prisma parallel zur Basis - und auch das Fernrohr (Fadenkreuz) jedes Mal entsprechend nachführen (vergl. dazu Versuch D05). Dieses aufwendige Justieren wird im Versuch hier mit einem Prisma wie in Abb. 3 vermieden. Bei ihm muss lediglich das Prisma gedreht werden, einfallender und austretender Strahl stehen stets senkrecht zueinander. Bei Drehung des Prismas um die Achse F gleitet im Spalt $Sp_2$ in der Abbildungsebene das gesamte Spektrum vorüber.

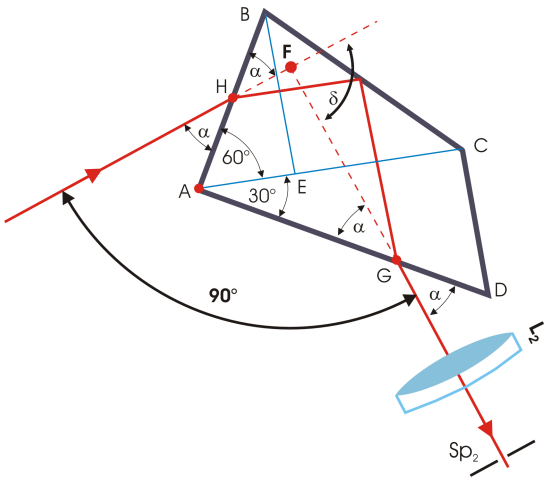



**Abbildung 3:** Spektralapparate, die nur einen schmalen Wellenlängenbereich durchlassen, nennt man Monochromatoren.

# 2 Experimente

## Emissionsspektrum einer Spektrallampe

Mit dem bekannten Linienspektrum einer Quecksilber-Cadmium-Spektrallampe (Abb. 4) kalibrieren Sie einen Monochromator. Das Prisma (Abb. 3) wird dazu mit einer Messtrommel gedreht. Den Skalenteilen (Skt) auf dieser Trommel sind die entsprechenden Wellenlängen $\lambda$ zuzuordnen. Die Hg-Cd-Spektrallampe unmittelbar vor den Eintrittspalt $Sp_1$ stellen und den Spalt gut ausleuchten. Schauen Sie in den Spalt $Sp_2$ und drehen Sie die Trommel. Wenn Sie den Eintritt- und Austrittsspalt hinreichend schmal einstellen, sollten Sie alle 9 (mindestens 8) Linien sehen und zuordnen können.

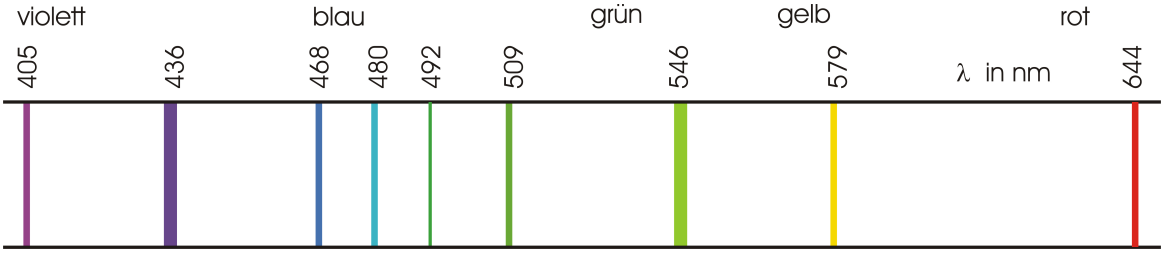



**Abbildung 4:** Spektrum der Hg-Cd-Spektrallampe. Die mittlere Linie bei 492 nm ist sehr schwach und nur bei optimaler Einstellung zu beobachten.

Mit dem Auge können Sie die Linienmitte (Abb. 5) nur so ungefähr ermitteln. Das gelingt mit optischen Sensoren, mit denen sich Beleuchtungsstärken elektrisch messen lassen, wesentlich besser. Im Versuch wird hier ein Fotowiderstand (LDR) benutzt. Je mehr Licht auf den Fotowiderstand fällt, desto geringer ist sein Widerstand. Zur Messung dieses Widerstands wird ein Multimeter verwendet.

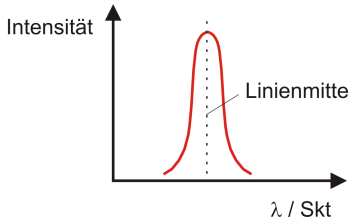



**Abbildung 5:** Die Linien der Spektrallampe sind nicht scharf, sie besitzen insbesondere wegen des Dopplereffekts eine endliche Breite

**Vor der Messung:**
Kalibrieren Sie das Ohmmeter. Hierzu wird das Multimeter auf die niedrigste Widerstandsanzeige eingestellt. Schließen Sie nun mit einem Kabel den Messeingang kurz. Mit dem schwarzen Stellrad ("**OHM ADJ**") stellen Sie die Anzeige auf Null ein. Das Multimeter kann nun als Ohmmeter verwendet werden. Schließen Sie den LDR für die weiteren Messungen an das Multimeter an.

(M1) Mit der Trommel können Sie die Stellung des Prismas im Inneren des Spektralapparats verändern. Variieren Sie die Stellung des Prismas bis Sie eine Linie sehen (z.B. rot) und setzten Sie anschließend das Ansatzstück mit dem LDR auf das Fernrohr. Verändern Sie die Stellung der Trommel so, dass der Widerstand möglichst gering wird. Ändern Sie gegebenenfalls die Anzeigegrößenordnung am Multimeter. Lesen Sie die Trommelskala T(Siehe: Abb. 6 und Abb. 7 ) auf 0.005 Skt genau ab und notieren Sie den Wert zusammen mit der Wellenlänge der entsprechenden Linie. Wiederholen Sie den Vorgang für alle Linien.

(A1) Stellen Sie die Kalibrierkurve $\lambda = \lambda(\mathrm{T})$ grafisch dar.

(A2) Zeichnen Sie eine Fit-Kurve ein. Nutzen Sie als Fitfunktion: $A \cdot x^2 + B \cdot x + C$

## Absorptionsspektrum einer Farbstofflösung

Der *Monochromator* wird zuerst mit dem weißen Licht einer Halogenlampe durchstrahlt. Eine Küvette mit der zu untersuchenden Lösung und eine Küvette mit dem Lösungsmittel werden auf den Schlitten im Strahlengang zwischen Lampe und Eintrittspalt $\mathrm{Sp}_1$ gestellt. Im Emissionsspektrum einer Halogenlampe sind zwar alle sichtbaren Wellenlängen vorhanden, aber leider mit unterschiedlichen Intensitäten. Zur Bestimmung der Absorption sind daher stets zwei Schritte für jede Wellenlänge notwendig: Messung des Widerstandes

- $R_0$ mit einer Küvette, die nur mit dem Lösungsmittel gefüllt ist.
- $R_L$ mit einer Küvette, die mit der zu untersuchenden Lösung gefüllt ist.

Die Durchlässigkeit $D$ der gelösten Substanz wird bestimmt durch den Vergleich dieser beiden Widerstände

$$D = \frac{R_0}{R_L}$$

Beispiel: $R_L = R_0 \Rightarrow D = 1 = 100\,\%$ es wird kein Licht absorbiert
Dementsprechend darf $R_0$ nicht größer als $R_L$ sein.

(M2) Messen Sie für 20 verschiedene Stellungen der Trommelskala, innerhalb des sichtbaren Wellenlängenbereichs, jeweils $R_0$ und $R_L$.

(A3) Stellen Sie mithilfe der Kalibrierkurve die Durchlässigkeit $D$ als Funktion der Wellenlänge $\lambda$ grafisch dar.

(A4) Erklären Sie mithilfe des Absorptionsspektrums, ihre Farbwahrnehmung des transmittierten Lichts.

(A5) Identifizieren Sie den gemessenen Farbstoff durch Vergleich mit den Transmissionskurven (Abb. 9 bis Abb. 12). Begründen Sie Ihre Entscheidungen. Benennen Sie den Zusammenhang zwischen Absorptions- und Transmissionsspektrum.

# 3 Anhang

## Ablesen der Trommelskala

Als erstes wird der Wert auf der Hauptskala abgelesen. Entscheidend ist der größte Wert, der vor der Trommelskala liegt. Anschließend wird der Wert auf der Trommelskala bestimmt. Entscheidend ist hier der Wert, dessen Markierung exakt mit einer Linie der Hauptskala übereinstimmt. Der Gesamtwert ergibt sich aus der Summe beider abgelesenen Werte.

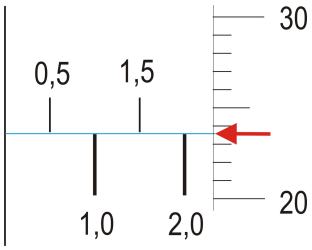



**Abbildung 6:** Hier zeigt die Trommelskala den Wert 2.235.

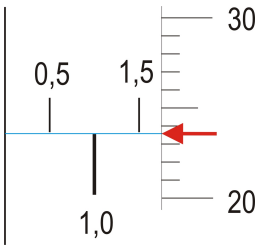



**Abbildung 7:** Hier zeigt die Trommelskala den Wert 1.735.

## Beispiel: Spektren von Chlorophyll und einiger Farbfolien

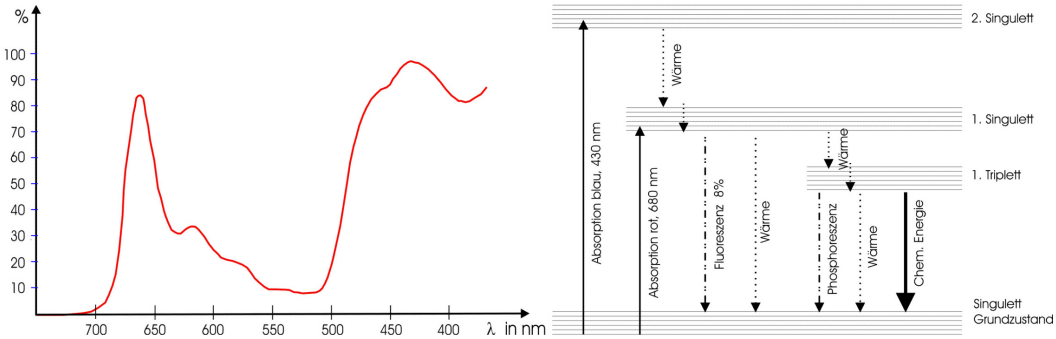



**Abbildung 8:** Absorptionsspektrum und Termschema von Chlorophyll [1]

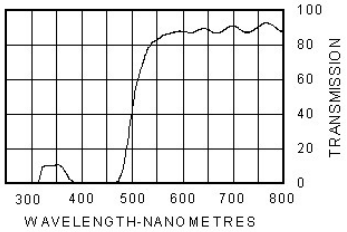



**Abbildung 9:** Folie CH 101

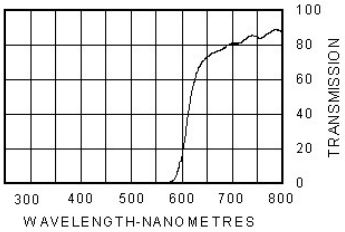



**Abbildung 11:** Folie CH 106

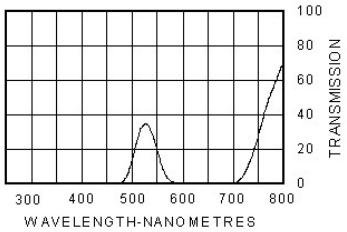



**Abbildung 10:** Folie CH 139

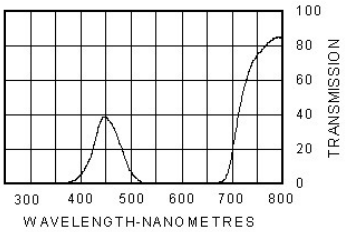



**Abbildung 12:** Folie CH 120

# Literatur

[1] Fogg, G.E.;*Photosynthese*, Klett