

Versuch 234: Lichtquellen und Gitterspektroskopie

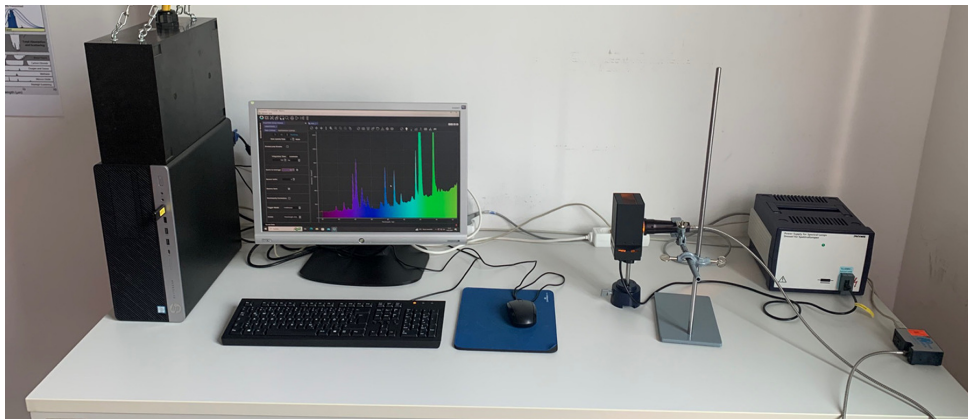


Abbildung 1: Versuchsaufbau

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---------------------------------------|----------|
| 1 | Einleitung | 2 |
| 1.1 | Physikalische Grundlagen | 2 |
| 1.2 | Versuchsdurchführung | 4 |
| 2 | Messprotokoll | 5 |
| 3 | Auswertung | 7 |
| 4 | Zusammenfassung und Diskussion | 8 |

1 Einleitung

In Versuchs 234 betrachten wir verschiedene Arten von Lichtquellen und deren Spektren. Hierbei unterscheiden wir speziell zwischen Temperaturstrahlern und Nichttemperaturstrahlern, welche in ihrer Art und Weise, Licht bzw. Strahlung auszusenden auf zwei verschiedenen physikalischen Phänomenen basieren.

1.1 Physikalische Grundlagen

Zur Erklärung von **Temperaturstrahlern** betrachten wir zunächst einen idealisierten schwarzen Körper, also einen Körper mit dem Emissionsvermögen $\varepsilon = 1$. Sobald die Temperatur T dieses, und allgemein jedes Körpers, größer 0K ist, sendet dieser elektromagnetische Strahlung aus, deren Intensität dem Planck'schen Strahlungsgesetz

$$M_\lambda(\lambda, T) dA d\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} dA d\lambda \quad (1)$$

folgt. M_λ steht hierbei für die Strahlungsleistung, welche vom Flächenelement dA im Wellenlängenbereich $[\lambda, \lambda + d\lambda]$ abgestrahlt wird. Die Intensitätsverteilung besitzt ein Maximum bei einer bestimmten Wellenlänge, welche nach dem Wie'schen Verschiebungsgesetz

$$\lambda_{\max} = \frac{2897.8 \mu\text{m K}}{T} \quad (2)$$

von der Temperatur des Körpers abhängt.

Durch Betrachtung der Farbe des ausgestrahlten Lichts lassen sich die Lichtquellen charakterisieren. Ein Körper erscheint bei einer Temperatur von 0K absolut schwarz. Darauf folgt bei leichter Erwärmung die Emission von zunächst rotem Licht. Bei einer weiteren Erwärmung wird zusätzlich grünes Licht emittiert, welches sich mit den Rotanteilen zu orange bis gelblich erscheinendem Licht vermischt. Weißlich wirkendes Licht erhält man, wenn sich bei einer Temperatur von etwa 5500K alle Wellenlängen des sichtbaren Bereichs mit etwa gleicher Intensität emittiert werden. Mit weiterer Erwärmung des Körpers kommen vermehrt Blauanteile hinzu, welche das Licht zunächst hellblau, dann blau bis violett erscheinen lässt.

Die Streuung von Licht ist nach der Rayleigh-Streuung stark Frequenzabhängig, daher wird blaues Licht deutlich stärker gestreut als rotes Licht. Dies ist auch der Grund, weshalb der Himmel blau erscheint, obwohl das direkte Sonnenlicht weiß ist. Betrachtet man das kontinuierliche Spektrum des von der Sonne abgestrahlten Lichts, so sind in diesem Absorptionslinien, die sogenannten Fraunhoferlinien zu erkennen. Diese entstehen dadurch, dass die Atmosphärenschichten der Sonne und der Erde, welche das Licht passiert, Teile der Strahlung absorbieren.

Bei **Nichttemperaturstrahlern** beruht die Aussendung von Licht auf der Anregung von Atomzuständen in Gasen oder Festkörpern oder der Rekombination von Elektron-Loch-Paaren in Halbleitern. Diese Art von Lichtquellen zeichnet sich durch diskrete Spektren, statt der kontinuierlichen bei Temperaturstrahlern, aus. Leuchtstoffröhren und Energiesparlampen sind Beispiele für Gasentladungslampen, die Quecksilberdampf als Leuchtgas verwenden. Da die meiste emittierte Strahlung von Quecksilber im nicht sichtbaren UV-Bereich liegt, werden derartige Lampen mit einem Leuchtstoff umzogen, welcher bei Bestrahlung mit UV-Licht im sichtbaren Bereich fluoresziert. In Leuchtdioden (LEDs) werden in pn-Übergängen bei der Rekombination von Elektron-Loch-Paaren Photonen emittiert. Die Farbe des Lichts hängt hierbei von den Halbleitermaterialien ab.

Neben den Quecksilberdampflampen sind Natriumdampflampen ein Beispiel für Gasentladungslampen, welche wir in diesem Versuch auch näher betrachten werden. Natrium ist ein Alkalimetall, dessen Atome ein Leuchtelektron besitzen. Das Potential, welches dieses eine Elektron „sieht“, kann in Kernnähe durch das Coulombpotential

$$V(r) = -\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (3)$$

und in weiterer Entfernung über das Wasserstoffpotential

$$V(r) = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (4)$$

angenähert werden. Dieses ist kein Coulombpotential mehr, somit ist die Entartung des Bahndrehimpuls l aufgehoben und die Energieniveaus

$$E_{n,l} = -13.6\text{eV} \frac{1}{(n - \Delta_{n,l})^2} \quad (5)$$

hängen neben der Hauptquantenzahl n auch von der Bahndrehimpulsquantenzahl ab. Die Korrektur $\Delta_{l,n}$ kann aufgrund der geringen n -Abhängigkeit zu Δ_l umgeschrieben beziehungsweise angenähert werden. Halten wir die Hauptquantenzahl n fest, so liegt das s -Niveau am tiefsten und das d -Niveau am höchsten. Die Übergänge $np \rightarrow 3s$ werden als Hauptserie bezeichnet. Die Übergänge $nd \rightarrow 3p$ und $ns \rightarrow 3p$ bezeichnen wir als erste und zweite Nebenserie. Die wichtigsten Übergänge sind in Abbildung (2) dargestellt.

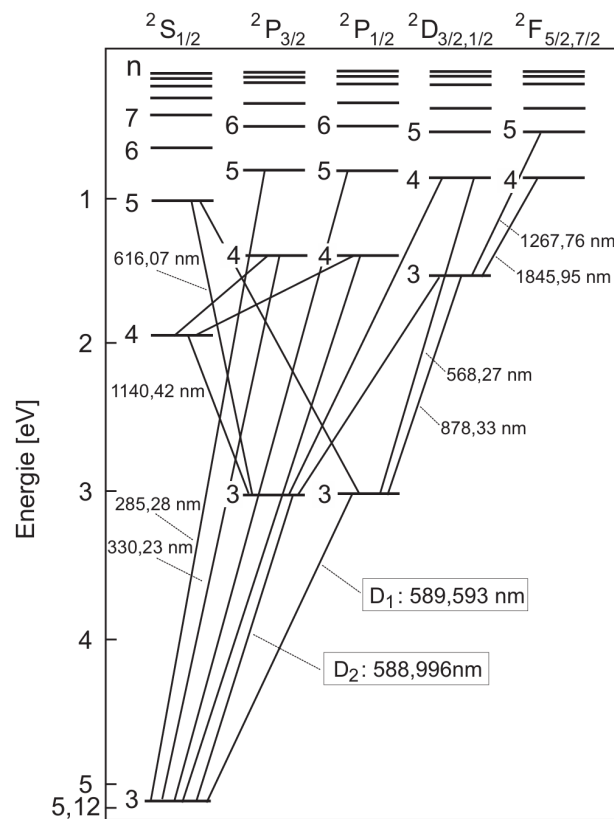


Abbildung 2: Energiespektrum und wichtige Übergänge im Natriumatom

1.2 Versuchsdurchführung

Die Durchführung des Versuchs setzt sich zusammen aus allgemeineren Untersuchungen der Spektren der Sonne und verschiedenen künstlichen Lichtquellen im ersten Teil und einer detaillierteren Untersuchung des Natriumspektrums im zweiten Teil. Zur Aufzeichnung der Spektren verwenden wir ein computergesteuertes Gitterspektroskop, welches einen Spektralbereich von 180nm bis 950nm registrieren kann. Das Programm **OceanView**, welches wir zur Erfassung der Daten verwenden, bietet Funktionen zur Aufzeichnung und Subtraktion von Dunkelstrom, sowie eine automatisierte Mittelwertbildung über mehrere Scans zur Rauschreduzierung.

Aufnahme des Sonnenspektrums. Wir richten das Spektroskop zunächst durch das geöffnete Fenster auf den Himmel und zeichnen einmal das Spektrum auf. Dann schließen wir das Fenster und nehmen das Spektrum noch einmal durch die Scheibe auf.

Qualitativer Vergleich der Spektren verschiedener Leuchtmittel. Qualitativ zeichnen wir die Spektren verschiedener Lichtquellen auf. Dazu gehörten

- eine Glühlampe,
- eine Energiesparlampe,
- ein Laser,
- LEDs in Blau, Gelb, Orange, Rot, Weiß und Warmweiß.

Aufnahme der Spektrallinien kleiner Intensität einer Natriumlampe. Wir stellen die Natriumdampflampe auf, warten bis diese auf Betriebstemperatur ist und richten das Spektroskop aus. Ziel dieses ersten Aufgabenteils ist die Aufzeichnung der schwächeren Spektrallinien im Bereich von 400 bis 540nm. Durch das Justieren der Irisblende am Spektroskop, sowie der Integrationszeit und Mittelwertbildung in **OceanView** versuchen wir die bestmögliche Auflösung der Spektrallinien zu erzielen.

Aufnahme der Spektrallinien um die D-Linie einer Natriumlampe. Wir justieren die Einstellungen so, dass im Spektrum bei 570 und 615nm jeweils eine Spektrallinie beobachtet werden kann, welche nicht von der D-Linie verschluckt werden.

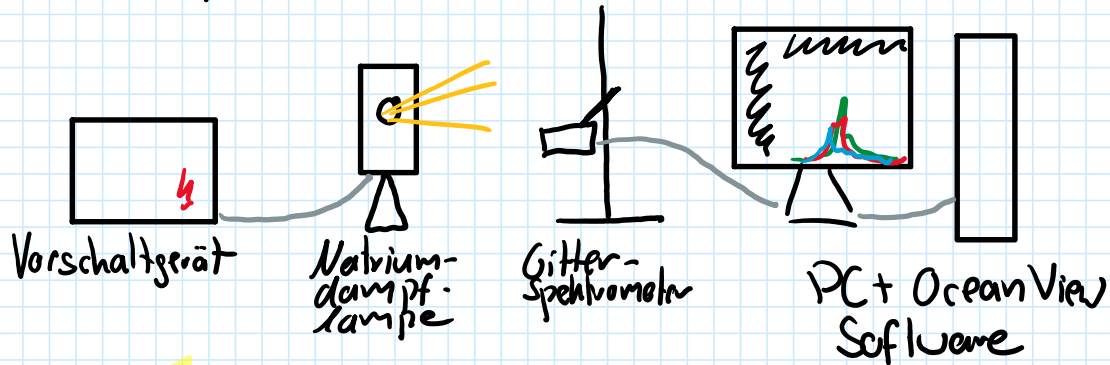
Aufnahme der Spektrallinien im Bereich von 650 bis 850nm. Wir zeichnen abschließend die Spektrallinien des Natriumspektrums im Bereich von 650 bis 850nm auf.

Versuchsprotokoll 234

Narius Pfeiffer
Robert Grosch

12.02.2025

Versuchsaufbau



Aufgabe 1, Sonnenlichtspektrum

Integrationszeit 100ms, 1 Scan to Average

Die Dunkelstrommessung zeigt, wie erwartet, nur bei sehr hoher Zoomstufe Ausschläge im Spektrum.

Intensität bei Sonnenlichtspektrum ohne Fenster allgemein etwas höher als durch das Fenster. Vor allem im IR- und UV-Bereich des Spektrums sichtbar.

Aufgabe 2, Vergleich der Spektren verschiedener Lichtquellen

(a) LEDs in rot, orange, gelb, blau zeigen um die jeweilige Farbe zentriertes Spektrum

LEDs in weiß zeigen ein kontinuierliches Spektrum auf. Je "wärmer" das Weiß, umso geringer ist der blaue Peak

(b) Spektrum der Glühlampe ist kontinuierlich

(c) Spektrum der Energiesparlampe ist diskret

(d) Spektrum des Lasers konzentriert, diskret
um 532 nm

Spektren wurden alle mit 100ms Integrationszeit aufgenommen.

Aufgabe 3

Integrationszeit 100ms, 40 Scans für Mittelwert

Aufgabe 4

Bei Sättigung im D-Peak

Integration Time: 10ms

Scans für Mittelwert: 1

Ohne Sättigung im D-Peak

Integration Time: 10ms

Scans für Mittelwert: 5

Aufgabe 5

H. Lutz

Integration Time: 50ms

Scans für Mittelwert: 5

Alle Messungen wurden mit Dunkelstromkorrektur durchgeführt.

3 Auswertung

4 Zusammenfassung und Diskussion

$$x = 3 \frac{1}{|\text{cm}|} \quad (6)$$

$$x = 3 \text{ cm} \quad (7)$$

$$H = \frac{\vec{p}^2}{2m} + \frac{m}{2} \omega^2 \vec{q} \quad (8)$$

$$\vec{p}^2 = \delta_{ij} p_i p_j \quad (9)$$

$$\vec{q}^2 = \delta_{kl} q_k q_l \quad (10)$$

$$\{L_i, H\} = \left\{ \varepsilon_{abc} q_b p_c, \frac{\delta_{ij} p_i p_j}{2m} + \frac{m}{2} \omega^2 \delta_{kl} q_k q_l \right\} \quad (11)$$

$$= \varepsilon_{abc} \left\{ q_b p_c, \frac{\delta_{ij} p_i p_j}{2m} + \frac{m}{2} \omega^2 \delta_{kl} q_k q_l \right\} \quad (12)$$

$$= \varepsilon_{abc} \left(\frac{1}{2m} \{q_b p_c, \delta_{ij} p_i p_j\} + \frac{m}{2} \omega^2 \{q_b p_c, \delta_{kl} q_k q_l\} \right) \quad (13)$$

$$(14)$$