

Wasserstoffspektrum

Benjamin Affolter, beni.affolter@freesurf.ch

Olivier Eugster, olivier.eugster@bluewin.ch

Samuel Reist, samuelreist@bluewin.ch

Kantonsschule Solothurn, Herrenweg 18, 4500 Solothurn

Abstract. Dieses Experiment dient der Bestimmung der Wellenlängen von Wasserstoff im für den Menschen sichtbaren Wellenbereich (die sog. Balmer-Serie). Dabei ermittelt man $H_\alpha = 6.626 \cdot 10^{-7} \text{ m}$, $H_\beta = 4.972 \cdot 10^{-7} \text{ m}$, $H_\gamma = 4.345 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ welche allesamt nur einen kleinen Fehler enthalten.

1 Einleitung

Ziel dieses Versuchs ist die Spektralanalyse der Wellenlängen von Wasserstoff, insbesondere die Analyse der Balmer-Serie. Die Balmer-Serie entspricht dabei denjenigen Wellenlängen, die sich im für den Menschen sichtbaren Wellenbereich befinden [1] und auf Teilchenebene betrachtet sind dies alle jene Frequenzen, die bei Elektronenübergängen einer kernferneren Schale auf die *zweitinnerste* Schale ausstrahlt werden [2].

Diese Serie soll durch Berechnung mit Hilfe der Beugung der vom Wasserstoff ausgesandten Wellen an einem Gitter erfolgen. Als Beugung bezeichnet man die Abweichung von sich geradlinig ausbreitenden Wellen an einer schmalen Öffnung, deren Ausdehnung in der Größenordnung der Wellenlängen ist. Um überhaupt mit Wasserstoffgas arbeiten zu können und es so anzuregen, dass für den Menschen sichtbare Spektren entstehen, muss dieses in einem bestimmten Gefäss eingeschlossen sein, einer Gasentladungslampe. Diese kann an einen Hochspannungsstromkreis angeschlossen werden. Dadurch entstehen Felder, die die durch ständig stattfindende Ionisationsprozesse [3] freien Elektronen beschleunigen. Die freien Elektronen, die nun eine höhere kinetische Energie besitzen, stossen mit anderen H_2 -Atomen zusammen; es kommt zu einer Elektronenlawine, die die Lampe zum Leuchten bringt.

2 Durchführung

Die Apparatur wird wie in Abb. 1 dargestellt, aufgebaut. Danach wird als erstes die Distanz a vom Gitter (Gitterkonstante $g = 570$ Striche pro Millimeter) zur Lampe gemessen. Über ein Netzgerät (SF Power

Supply 0-24 V, $d = 0.1 \text{ V}$) und einen Transformator (Phywe, max. 6 V, max. 0.08 A, $2k\Omega$, 12000 Wdg) wird eine Hochspannung von 10000 V an die Gasentladungslampe angelegt. Die Lampe beginnt zu leuchten. Die zu messenden Linien der Spektralfarben der Balmer-Serie erscheinen symmetrisch zur Gasentladungslampe beim Hindurchblicken. Es wird sowohl der Abstand links davon gemessen (b_l) als auch jener rechts davon (b_r) (siehe Abb. 2). Insgesamt sind drei markante Linien sichtbar mit den Wellenlängen H_α , H_β und H_γ .

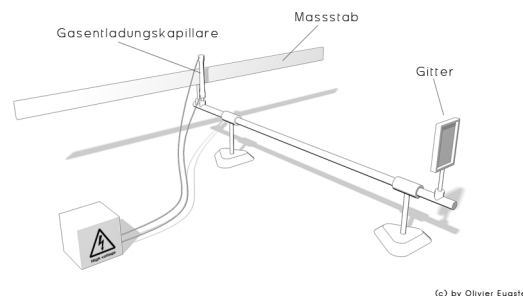


Abbildung 1: Versuchsaufbau

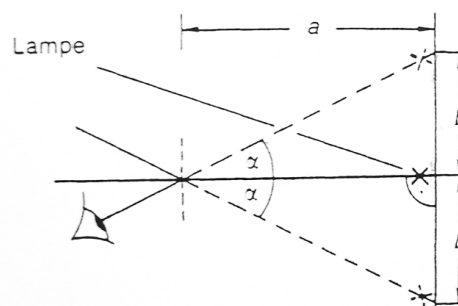


Abbildung 2: Messungen [4]

3 Resultate

In Tabelle 1 sind die Messwerte der beiden Abstände b_l und b_r aufgeführt bezogen auf die jeweils dazugehörigen Linien H_α , H_β , H_γ .

Linie	b_l [m]	b_r [m]
H_α	0.128 ± 0.003	0.854 ± 0.003
H_β	0.231 ± 0.003	0.757 ± 0.003
H_γ	0.270 ± 0.003	0.725 ± 0.003

Tabelle 1: Messwerte

Die daraus abgeleiteten Mittelwerte von b_l und b_r können in Tabelle 2 nachgelesen werden.

Linie	b [m]
H_α	0.363 ± 0.0042
H_β	0.263 ± 0.0042
H_γ	0.228 ± 0.0042

Tabelle 2: Mittelwerte der Abstände

Die sichtbaren Linien sind jeweils diffus, was ein genaues Messen der Abstände verhindert, weshalb ein Fehler von 3 mm mit einbezogen wurde.

Der Abstand a vom Gitter zum Lineal wurde mit $a = (0.890 \pm 0.002)\text{ m}$ bestimmen und die Gitterkonstante ist mit $g = \frac{1}{570000}\text{ m}$ angegeben.

Die berechneten Werte der Wellenlängen sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

Linie	Wellenlänge [m]
H_α	$6.626 \cdot 10^{-7} \pm 6.761 \cdot 10^{-9}$
H_β	$4.972 \cdot 10^{-7} \pm 7.447 \cdot 10^{-9}$
H_γ	$4.345 \cdot 10^{-7} \pm 7.661 \cdot 10^{-9}$

Tabelle 3: Gemessene Wellenlängen

Mit Hilfe der Balmer-Formel [3] (näheres dazu in weiterführender Literatur) erhält man die in Tabelle 4 abgebildeten theoretischen Werte für die Wellenlängen von H_2 .

4 Analyse und Diskussion

Mit Hilfe der im vorangegangenen Abschnitt aufgeführten Messresultate müssen anschliessend die Wellenlängen der Linien H_α , H_β , H_γ berechnet werden.

Aus den Beziehungen

$$\sin(\alpha) = \frac{\lambda_i}{g} \quad (1)$$

und

$$\tan(\alpha) = \frac{b_i}{a} \quad (2)$$

folgt schliesslich

$$\lambda_i = g \cdot \sin\left(\arctan\left(\frac{b_i}{a}\right)\right) \quad (3)$$

wobei b_i der Abstand der zugehörigen Wellenlänge λ_i entspricht.

Vergleicht man nun die Werte aus Tabelle 3 und Tabelle 4, bekommt man für die einzelnen Messungen aus dem Versuch folgende Fehler:

$$H_\alpha = 0.95\%; H_\beta = 2.24\%; H_\gamma = 0.07\%$$

Die ermittelten Werte sind sehr genaue Werte, obwohl von Auge gemessen wurde. Der Paralaxen-Fehler wurde natürlich durch den Mittelwert stark verringert [4].

Linie	Wellenlänge [m]
H_α	$6.564 \cdot 10^{-7}$
H_β	$4.863 \cdot 10^{-7}$
H_γ	$4.342 \cdot 10^{-7}$

Tabelle 4: Theoretische Wellenlängen

5 Schlussfolgerung

Wie im Versuch ermittelt, betragen die Wellenlängen von Wasserstoff die sich im sichtbaren Wellenbereich des Menschen befinden, etwa $H_\alpha = 6.626 \cdot 10^{-7}\text{ m}$, $H_\beta = 4.972 \cdot 10^{-7}\text{ m}$, $H_\gamma = 4.345 \cdot 10^{-7}\text{ m}$.

Literatur

- [1] Horst Kuchling; *Taschenbuch der Physik*; Fachbuchverlag Leipzig; Leipzig; 2001; S. 550
- [2] Horst Kuchling; *Taschenbuch der Physik*; Fachbuchverlag Leipzig; Leipzig; 2001; S. 549, 550
- [3] Reto Basler; *Wellenoptik: Beugung am Gitter*; Physikalisches Praktikum; Solothurn; 2005; S. 1, 2
- [4] Reto Basler; *Wellenoptik: Beugung am Gitter*; Physikalisches Praktikum; Solothurn; 2005; S. 3