



**PHYSIKALISCHES
GRUNDPRAKTIKUM I**

Versuchsprotokoll

P2 : A2 – Franck-Hertz-Versuch

Versuchsort: Raum 201 - 2

Versuchsbetreuer: Nagy, A.

Name:

Drobniewski, Kai;

Matr.Nr.:

Versuchspartner:

Matr.Nr.:

03. Juni 2009

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----------|
| 1. Abstrakt..... | 1 |
| 2. Versuchsaufbau und -durchführung | 1 |
| 3. Messergebnisse und Auswertung | 2 |
| 3.1 Anregungsenergie von Quecksilber | 2 |
| 3.2 Anregungsenergie von Neon | 3 |
| 3.3 Diskussion der Lichterscheinung | 3 |
| 4. Fehleranalyse und Ergebniseinschätzung | 5 |
| 4.1 Auswertung der Ergebnisse | 5 |
| 5. Anhang | 6 |
| 5.1 Messdatenprotokoll..... | 6 |
| 5.2 Franck-Hertz-Kurve für Quecksilber | 7 |
| 5.3 Franck-Hertz-Kurve für Neon..... | 8 |

1. ABSTRAKT

In dem Versuch soll die Anregungsenergie von Quecksilber und Neon aus der Franck-Hertz-Kurve bestimmt werden. Außerdem soll die Lichterscheinung an der Neon-Röhre diskutiert werden.

Dadurch kann gezeigt werden, dass die Aufnahme, bzw. Abgabe von Energie nur in Form von diskreten Energiepaketen erfolgt.

2. VERSUCHSAUFBAU UND -DURCHFÜHRUNG

Innerhalb einer Glasröhre befindet sich Quecksilberdampf, bzw. Neon.

Aus einer Glühkathode werden Elektronen durch eine Saugspannung U_S verstärkt emittiert und dann durch eine Beschleunigungsspannung U_B bis zu einem Gitter beschleunigt.

Hinter diesem Gitter werden sie durch die Gegenspannung U_G abgebremst und treffen schließlich zum Teil auf einen Auffänger, an dem die Stromstärke gemessen wird.

Während dieser Bewegung können die Elektronen mit den Quecksilber-, bzw. Neonatomen zusammenstoßen. Dieser Stoß ist elastisch, es sei denn das Elektron besitzt genügend Energie, um das Atom anzuregen.

Nur Elektronen, die genügend Energie nach der Beschleunigung besitzen gelangen bis zum Auffänger. Die gemessene Stromstärke wurde mittels X-Y Schreiber als Funktion von U_B auf ein Millimeterpapier aufgetragen und währenddessen auf einem Oszillographen beobachtet.

Da Neon im angeregten Zustand aber zuerst in einen niedrigen Zustand von 16,5eV bis 16,8eV übergeht und erst danach in den Grundzustand, emittiert es Licht im sichtbaren Bereich (rot bis gelb) und UV-Licht. Daher treten die Leuchterscheinungen auf, die wir untersuchen wollen.

Für detailliertere Informationen betrachte man das Script.

Benutzte Messmittel, bzw. angegebene Unsicherheiten:

| MESSGRÖßE/MESSINSTRUMENT | MESSUNSICHERHEIT |
|--------------------------|----------------------|
| Spannungen U_S, U_G | 0,01 V |
| Spannung U_B | 0,1 V |
| Millimeterpapier | 0,5 mm |
| X-Y Schreiber | 5% des MBE (30V/80V) |

Berechnungen erfolgten mit „Microsoft Excel“ und unter Verwendung von „QtPlot“.

3. MESSERGEBNISSE UND AUSWERTUNG

3.1 Anregungsenergie von Quecksilber

Bei dem Versuch mit Quecksilber wurde eine Betriebstemperatur der Röhre von $T = (183 \pm 1)^\circ\text{C}$ gemessen, wobei nach Script eine von 180°C herrschen sollte. Es gibt also eine kleine Abweichung.

Für die Saugspannung und die Gegenspannung wurden $U_S = (1,61 \pm 0,01)\text{V}$ und $U_G = (2,90 \pm 0,01)\text{V}$ eingestellt, wobei U_S stark schwankte und leicht durch Erschütterungen beeinflusst wurde.

Die Skalierung s der Franck-Hertz-Kurve berechnet sich aus dem Quotient der maximal genau ablesbaren Beschleunigungsspannung und der Länge vom Nullpunkt bis zu diesem Punkt. Die Unsicherheit berechnet sich aus dem Fehlerfortpflanzungsgesetz unter Berücksichtigung der Unsicherheiten der beiden beteiligten Größen U_G und d_{max} .

$$s = (0,1319 \pm 0,0005) \frac{\text{V}}{\text{mm}}$$

Abstand der Maxima M und Minima m voneinander

| Max/Min | Abstand d in mm |
|--------------------|-----------------|
| M1 | 32,5 |
| M2 | 35,0 |
| M3 | 38,5 |
| M4 | 37,5 |
| M5 | 39,0 |
| m1 | 35,5 |
| m2 | 37,5 |
| m3 | 37,0 |
| m4 | 38,0 |
| Mittelwert | 36,72 |
| Standartabweichung | 2,05 |
| Vertrauensbereich | 0,68 |
| $u_{d,ges}$ | 1 |

Wir erhalten also für den durchschnittlichen Abstand zwischen zwei Extrema: $\bar{d} = (37 \pm 1)\text{mm}$

Die Energie berechnet sich nun aus: $E = e \cdot d \cdot s$ mit e als der elementaren Ladung.

Die Unsicherheit ergibt sich dann aus dem Fehlerfortpflanzungsgesetz.

Wir erhalten: $E_{HG} = \underline{\underline{(4,8 \pm 0,2)\text{eV}}}$

3.2 Anregungsenergie von Neon

Auch bei diesem Versuch mit Neon wurde die Skalierung s der Franck-Hertz-Kurve wie in 3.1 berechnet, ebenso wie die dazugehörige Unsicherheit.

$$s = (0,3211 \pm 0,0009) \frac{V}{mm}$$

Für die Saugspannung und die Gegenspannung wurden $U_S = (1,93 \pm 0,01)V$ und $U_G = (6,15 \pm 0,01)V$ eingestellt.

Bei dieser Auswertung wurde bewusst der Abstand zum letzten (3.) Maximum weggelassen, da der Punkt des 3. Maximums nicht genau bestimmt werden kann.

Die Unsicherheit berechnet sich wie in 3.1. aus der Längenunsicherheit, addiert mit dem Vertrauensbereich, wobei in diesem Fall der Wert 1,3 (nach Berechnung des Vertrauensbereichs mit den zwei zusätzlichen Abständen in Höhe des Mittelwerts) dafür abgeschätzt wurde.

Hinzu kommt die doppelte Ungenauigkeit vom X-Y Schreiber (mit der Skalierung umgewandelt).

Abstand der Maxima M und Minima m voneinander

| Max/Min | Abstand d in mm |
|--------------------|------------------------|
| M1 | 53,0 |
| M2 | 58,5 |
| m1 | 54,0 |
| m2 | 62,0 |
| Mittelwert | 56,88 |
| Standartabweichung | 4,17 |
| $u_{d,ges}$ | 2,1 |

Wir erhalten also für den durchschnittlichen Abstand zwischen zwei Extrema: $\bar{d} = (56,9 \pm 2,1)mm$

Die Energie berechnet sich wie in 3.1 beschrieben. Wir erhalten:

$$E_{NE} = \underline{\underline{(18,3 \pm 0,7)eV}}$$

3.3 Diskussion der Lichterscheinung

Für die Beobachtung der Lichterscheinung an der Neon-Röhre haben wir die Saugspannung auf den Maximalwert gestellt (5,24V) und die Gegenspannung auf 2,89V.

Bei der manuellen Vergrößerung der Beschleunigungsspannung konnte man am zweiten Gitter ab etwa 22V die erste Lichterscheinung erkennen, die eine Kreisscheibenform besaß und in einem schwachen orange leuchtete.

Mit steigender Beschleunigungsspannung verlagerte sich diese nach links Richtung erstes Gitter. Außerdem nahmen die Intensität und die Breite des Streifens zu.

Ab ca. 40,5V erschien eine 2. Leuchterscheinung am 2. Gitter, die sich mit steigender Spannung ebenso verhielt, wie die erste, diese aber einholte. Dabei blieb aber immer ein kleiner Spalt zwischen den beiden.

Ab ca. 58V erschien dann die 3. Lichterscheinung, die seinen beiden Vorgängern im Verhalten identisch war. Bei maximaler Beschleunigungsspannung konnte man erkennen, dass der 3. Streifen breiter war als der 2. und dieser wiederum als der 1..

Danach haben wir noch die Auswirkungen der Veränderungen der anderen beiden Spannungen getestet. Eine Änderung der Gegenspannung bewirkte nichts, was zu erwarten war, da die Lichterscheinungen nur vor dem 2. Gitter auftraten.

Die Änderung der Saugspannung hingegen wirkte sich auf die Streifenbreite und die Intensität aus. Beide nahmen ab, wenn die Saugspannung abnahm.

Die Werte für das Erscheinen der Leuchtstreifen liegen ungefähr (max. Abweichung ca. 3V) bei den Minima der Franck-Hertz-Kurve.

Da dies der Punkt ist, bei dem die Anzahl der Elektronen, die den Auffänger erreichen, stark abnimmt (weil Energie bei Stößen an die Atome abgegeben werden), war es zu erwarten, dass ungefähr bei diesen Punkten die Leuchterscheinungen, also die von den angeregten Atomen emittierten Photonen, auftreten.

Das Auftreten der anderen Streifen lässt sich dann damit erklären, dass bei der angegebenen Spannung ein Teil der Elektronen nach einem Stoß wieder genügend Energie besitzt, um bei einem erneuten Stoß wieder Energie abzugeben (was ein Beleg für die Hypothese diskreter Energiepakete ist).

Die Streifen treten deshalb am zweiten Gitter auf, weil sie dort ihre maximale kinetische Energie besitzen und dort zum ersten Mal die nötige Energie für die Abgabe besitzen und er wandert zum ersten Gitter, weil sie immer früher diese Energie erreichen.

Hinter dem zweiten Gitter treten keine Leuchtstreifen auf, da die Elektronen dort abgebremst werden, ihre kinetische Energie also abnimmt und sie somit nicht mehr genügend Energie zur Abgabe besitzen. (Deshalb hat die Änderung der Gegenspannung auch keine Auswirkung)

Der Spalt zwischen den Streifen muss existieren, weil nach einem Stoß mit genügender Energie zwischen einem Elektron und einem Atom das Elektron erst wieder beschleunigen muss, ehe es wieder Energie abgeben kann.

Warum nehmen nun aber die Intensität und die Streifenbreite mit steigender Spannung zu?

Das liegt daran, dass die Wahrscheinlichkeit, dass ein Elektron bei einem Stoß, ob nun der erste oder ein folgender, Energie abgibt, zunimmt, da mehr Elektronen die benötigte Energie besitzen.

Somit geben mehr Elektronen ihre Energie ab (mehr Photonen werden emittiert, die Intensität nimmt zu). Da aber die Elektronen zu unterschiedlichen Zeiten auf Atome treffen und ihre Energie bei der Emission unterschiedlich ist, stoßen einige früher mit Atomen zusammen, wenn sie Energie abgeben können, und andere später. Außerdem sind die Elektronen durch Stöße, bevor sie die benötigte Energie zur Abgabe besitzen, gestreut. Dadurch entsteht die Streifenbreite.

Die Auswirkung der Änderung der Saugspannung lässt sich nun dadurch erklären, dass die Elektronen eine größere Anfangsenergie besitzen und somit mehr Elektronen früher Energie abgeben können, wenn die Saugspannung erhöht wird.

4. FEHLERANALYSE UND ERGEBNISEINSCHÄTZUNG

4.1 Auswertung der Ergebnisse

Als Vergleichswert für die Anregungsenergie von Quecksilber und Neon liefert und „Wikipedia“ und das Script: $E_{HG,V} \approx 4,9eV$, $E_{NE,V} = 18,3eV$ bis $19eV$.

$$E_{HG} = \underline{\underline{(4,8 \pm 0,2)eV}} \quad E_{NE} = \underline{\underline{(18,3 \pm 0,7)eV}}$$

Vergleicht man diese mit unseren Ergebnissen, so erkennt man, dass der Vergleichswert für die Energie von Quecksilber im Intervall des berechneten Wertes liegt und der berechnete Wert der Energie von Neon im Vergleichsintervall liegt, wobei der Mittelwert mit dem minimalen Vergleichswert identisch ist.

Das lässt auf eine ausreichende Genauigkeit unseres Experiments schließen, auch wenn die Ungenauigkeit bei Neon wegen der geringeren Auswertungsdaten und der daraus resultierenden Abschätzung für den zufälligen Fehler größer ist..

Es sei zu erwähnen, dass man bessere Resultate erhalten könnte, wenn man eine größere Bandbreite der Beschleunigungsspannung auftragen könnte.

Damit hätte man mehr Minima und Maxima zur Auswertung zur Verfügung und gerade in unserem Fall, würde die Aufzeichnung nicht bei einem für die Auswertung wichtigem Maximum enden. Alternativ könnte man den Versuch auch mehrmals durchführen.

Bei der Kurve von Neon waren die Extrema sehr deutlich erkennbar, bei Neon gab es durch eine Abflachung und einen minimalen Ausschlag leichte Ungenauigkeiten.

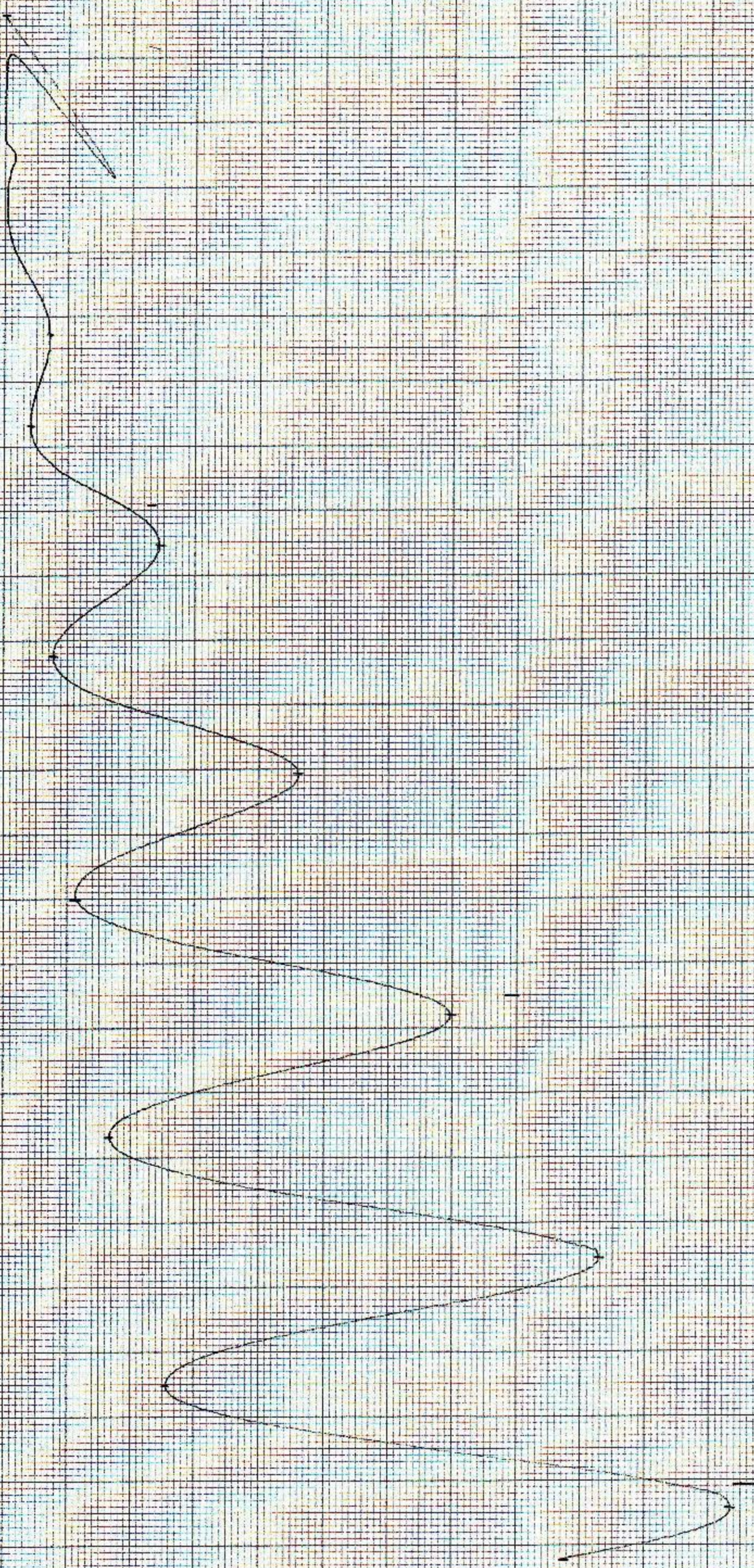
Dennoch waren sie gut abzulesen.

Wie bereits in 3.1 erwähnt könnte die Genauigkeit auch dadurch verbessert werden, indem die elektrischen Messmittel richtig justiert werden, damit es nicht zu diesen Schwankungen der Saugspannung kommt.

Einen großen Genauigkeitserfolg dürfte man auch durch die Auswertung durch ein Computerprogramm, das den X-Y Schreiber ersetzt, erhalten, da die Unsicherheit des X-Y Schreibers sich immerhin mit 0,3 mm für die Distanz zwischen zwei Extrema auswirkt.

Auf jeden Fall liefert der Versuch leicht reproduzierbare Ergebnisse, die ein klarer Beleg für Bohrs Hypothese sind.

H_q-Kurve



Ne - Kurve

