

Auswertung: Franck-Hertz-Versuch

Christine Dörflinger und Frederik Mayer, Gruppe Do-9

10. Mai 2012

Inhaltsverzeichnis

1	Erste Anregung von Quecksilber	3
1.1	Aufbauen der Schaltung der Quecksilber-Franck-Hertz-Röhre	3
1.2	Energie für die niedrigste Anregung von Quecksilber	3
1.3	Aufnahme einer Anodenstromkurve	3
1.4	Bestimmung der Ionisierungsarbeit von Quecksilber	4
1.5	Emissionslinien bei brennender Gasentladung	6
2	Nächsthöhere Anregung von Quecksilber	6
3	Anregung von Neon	7
4	Quellenangabe	8

1 Erste Anregung von Quecksilber

1.1 Aufbauen der Schaltung der Quecksilber-Franck-Hertz-Röhre

Wir bauten den Versuch wie in der Anleitung beschrieben auf.

1.2 Energie für die niedrigste Anregung von Quecksilber

Der Versuch wurde gemäß Versuchsbeschreibung durchgeführt.

Gemessen wurde die Spannung U_2 (Rampe) gegenüber der Spannung am Auffänger U_{Auf} . Hierbei werden allerdings nur die Werte für U_2 betrachtet, an denen U_{Auf} maximal ist. Da mehrere Maxima bei den jeweiligen Temperaturen gemessen wurden, wird über die Anzahl gemittelt. Die gemittelten Spannungsintervallen entsprechen der Energie $\bar{E}$ in eV.

Die Kontaktspannung U_{Kont} wurde berechnet aus:

$$U_{Kont} = \bar{U}_{I=max} - U_1 - U_{1.Max} \quad (1)$$

T in °C	$\bar{U}_{I=max}$ in V	$U_{1.Max}$ in V	U_1 in V	U_{Kont}
120	5,130	4,200	3,210	-2,280
131	5,138	3,490	3,000	-1,352
140	4,987	1,740	4,070	-0,823
150	5,046	2,890	4,070	-1,914
157	4,903	1,760	5,260	-2,117
166	4,883	1,850	5,260	-2,227

Tabelle 1: Übersicht der Ergebnisse aus 1.2

1.3 Aufnahme einer Anodenstromkurve

In diesem Versuch nahmen wir eine Anodenstromkurve (also Strom am 2. Gitter, nicht am Auffänger) auf. Da in diesem Fall keine Gegenspannung vorhanden ist, erreichen alle Elektronen die Anode. Folglich wird bei der Kurve keinerlei Franck-Hertz-Form erwartet.

Zur Aufnahme der Kurve stellten wir eine Temperatur von $T = 120^\circ\text{C}$, eine Heizspannung von $U_{Heiz} = 6.29\text{V}$ und eine Raumladungsgitterspannung von $U_1 = 2.88\text{V}$ ein.

Nun variierten wir die Beschleunigungsspannung U_2 und maßen die Stromstärke am 2. Gitter. Es ergaben sich folgende Werte:

U_2 in V	I in μA
0	0
3,1	0,06
6,2	0,15
9,1	0,24
12,1	0,33
15,3	0,45
17,9	0,58
20,9	0,75
23,9	1,03

Tabelle 2: aufgenommene Messwerte

Erwartungsgemäß sollte sich eine $U^{\frac{3}{2}}$ -Abhängigkeit ergeben, da für die Stromstärke ungefähr

$$I \approx \lambda \cdot U^{\frac{3}{2}} \quad (2)$$

gilt, wobei $\lambda = \frac{kT}{p\sigma}$ die mittlere freie Weglänge ist. Dabei bezeichnet k den Boltzmann-Faktor, T die Temperatur, p den Druck und σ den Wirkungsquerschnitt.

Um die $U^{\frac{3}{2}}$ -Abhängigkeit zu überprüfen, trugen wir die Stromstärke über $U^{\frac{3}{2}}$ auf. Es ergab sich folgendes Schaubild:

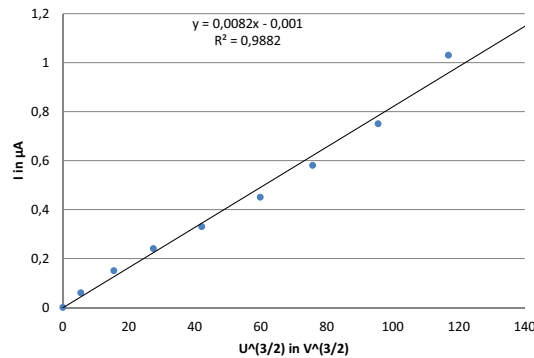


Abbildung 1: Auftragung von I am Gitter g_2 über $U^{\frac{3}{2}}$

Wie zu sehen ist, führt die gewählte Auftragung zu einem annähernd linearen Zusammenhang. Durch die Messung konnten unsere Erwartungen also bestätigt werden.

Alternativ kann man auch $\ln(I)$ über $\ln(U)$ auftragen. Man erhält dann eine Geradengleichung der Form

$$\ln(I) = \ln(\lambda) + \frac{3}{2} \cdot \ln(U) \quad (3)$$

Führt man nach der Auftragung eine lineare Regression durch, erhält man eine Geradensteigung von 1.34. Dies entspricht annäherungsweise dem theoretischen Wert von $\frac{3}{2} = 1.5$, die relative Abweichung beträgt ungefähr -10%.

1.4 Bestimmung der Ionisierungsarbeit von Quecksilber

In diesem Versuch sollte die Ionisierungsarbeit von Quecksilber auf zwei Arten bestimmt werden. Um Ionisation von Quecksilberatomen zu erreichen, musste die Beschleunigungsstrecke verringert werden, da ansonsten die meisten Elektronen schon wechselwirken, bevor sie die zur Ionisierung nötige Energie erreichen. Deshalb verwendeten wir das Raumladungsgitter als Beschleunigungsgitter.

Variante 1: Zunächst maßen wir bei einer Temperatur von $120^\circ C$ mit dem Multimeter den Anodenstrom I in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung U_1 .

Um die Beschleunigungsspannung zu bestimmen, ab der Ionisierung auftritt, trugen wir den gemessenen Strom über der Beschleunigungsspannung auf. Ab einer gewissen Spannung sollte darin ein Knick zu erkennen sein, da sich bei Ionisation die Anzahl der freien Ladungsträger signifikant erhöht. Die Stromstärke sollte dadurch zunehmen.

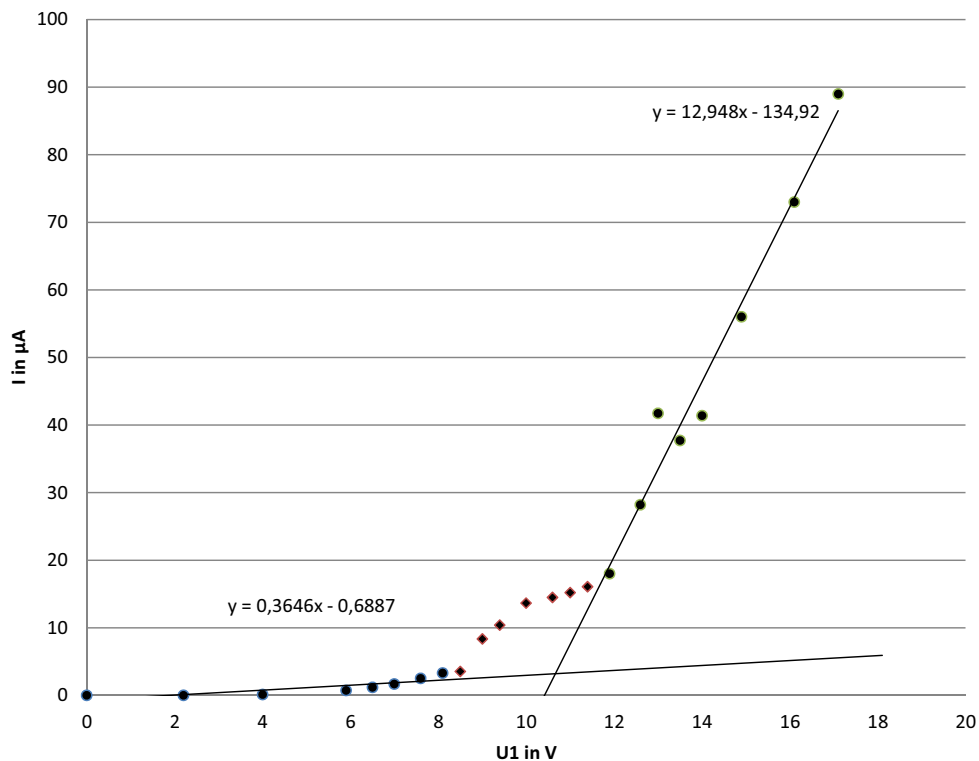


Abbildung 2: Auftragung von I über U_1

Leider ist der Knick in unserem Schaubild nur sehr undeutlich zu erkennen. In der 'Mitte' folgen die Messwerte keinem linearen Zusammenhang. Dies könnte daran liegen, dass die Spannung bei der Messung nur sehr schwierig einzustellen war; bei minimaler Änderung am Drehknopf der Spannungsquelle gab es große Spannungssprünge.

Um einen Spannungswert zu erhalten, ab dem die Ionisation eintritt, legten wir in den zwei Bereichen, in denen die Messwerte linearen Zusammenhängen folgten, lineare Fits an (also ungefähr bis 8 V und ab 12 V). Dann ermittelten wir den Schnittpunkt der zwei Fits. Er lag bei einer Spannung von ungefähr $U_{Ion} \approx 10.1V$. Der theoretische Wert für die Ionisierungsspannung beträgt 10.44 V. Damit hat unsere Messung eine relative Abweichung von -3%.

Die zugehörige Ionisierungsarbeit berechnet sich mit:

$$W_{Ion} = e \cdot U_{Ion} = 10.1eV \quad (4)$$

Variante 2: Alternativ kann man statt dem Anodenstrom den Auffängerstrom in Abhängigkeit der Beschleunigungsspannung plotten. Bei Eintritt der Ionisation ist ein Abfall der Stromstärke zu erwarten.

Es ergab sich folgendes Schaubild:

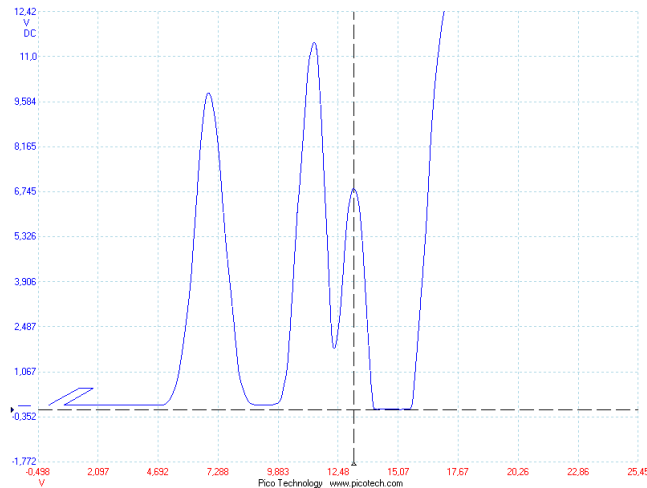


Abbildung 3: Auffängerstrom in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung

Im Schaubild sind zunächst die Peaks zu erkennen, die jeweils von der ersten und der zweiten Anregung der Quecksilberatome stammen. Der 3. beobachtbare Spannungsabfall entsteht durch den Eintritt der Ionisation. Dies geschah ab einer Beschleunigungsspannung von ungefähr 13.16 V. Zieht man die Thermokontaktspannung $U_{TK}(120^{\circ}C) = -2.28V$ ab, erhält man eine Beschleunigungsspannung von $U = 10.88V$ und eine Ionisierungsenergie von $W_{Ion} = 10.88eV$. Dies entspricht recht genau dem Literaturwert von $W_{Ion} = 10.44eV$.

1.5 Emissionslinien bei brennender Gasentladung

Hier wurde eine ständige Gasentladung gezündet (hellblau mit bloßem Auge) und mit einem Taschenspektroskop untersucht. Wir konnten helle Streifen in orange, grün und blau sowie einen dunkleren türkisen bis grünen Streifen und einen schwachen und verwaschenen roten Streifen beobachten.

Um unsere Beobachtungen beurteilen zu können vergleichen wir unsere Ergebnisse mit Emissionsspektrum der Hg-Dampflampe. Diese besitzt im sichtbaren Bereich Linien bei 404,66nm (violett), 435,83nm (blau), 546,07nm (grün) und im Bereich 577-579nm (orange).

Somit stimmen alle Beobachtungen mit den Emissionslinien der Hg-Dampflampe überein, außer der verwaschene rote Streifen, der sich aber beispielsweise mit der Glühkathode erklären lassen könnte.

2 Nächst höhere Anregung von Quecksilber

Um die Energie für die nächsthöhere Anregung von Quecksilber zu bestimmen, senkten wir die Heizspannung ab. Damit an der Glühkathode weniger Elektronen freigesetzt, wodurch die Wahrscheinlichkeit für Ionisation von Quecksilberatomen sinkt, während die Wahrscheinlichkeit für das 2. Anregungsniveau steigt. Ansonsten ließen wir die Spannungen im Vergleich zum vorhergehenden Versuch unverändert.

Wir plotteten wieder den Auffängerstrom in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung:

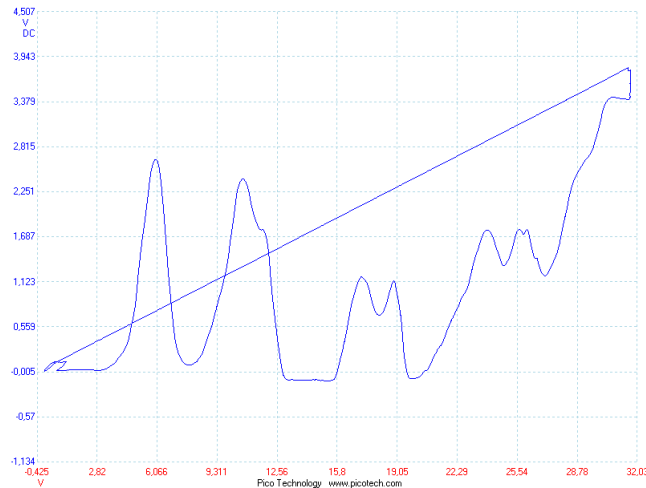


Abbildung 4: Auffängerstrom in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung

Dann bestimmten wir die Beschleunigungsspannungen der einzelnen Peaks und ordneten sie mithilfe von Abb. 7 aus der Vorbereitungshilfe verschiedenen Linearkombinationen aus 1. (a) und 2. (b) Anregung zu:

Angeregte Zustände	Beschleunigungsspannung in V
a	5,93
2a	10,68
a+b	11,81
2a+b	17,14
a+2b	18,85
3b	23,96

Tabelle 3: Angeregte Zustände: a = 1. Anregung, b = 2. Anregung; zugehörige Beschleunigungsspannungen

Mithilfe der Literaturwerte für das erste (4.9V) und das zweite (6.7 V) Anregungsniveau führten wir einen Vergleich mit den theoretischen Werten durch und berechneten die relativen Abweichungen. Es ergaben sich folgende Werte:

Angeregte Zustände	Beschleunigungsspannung U_B in V	$U_{B,theoretisch}$ in V	relative Abweichung in %
a	5,93	4,9	-17,4
2a	10,68	9,8	-8,2
a+b	11,81	11,6	-1,8
2a+b	17,14	16,5	-3,7
a+2b	18,85	18,3	-2,9
3b	23,96	20,1	-16,1

Tabelle 4: Theoretische Beschleunigungsspannungen, relative Abweichungen

Die errechneten Werte stimmen also größtenteils ungefähr mit den gemessenen Werten überein; lediglich für 2a und 3b ergibt sich eine größere Abweichung.

3 Anregung von Neon

In diesem Teilversuch wurde die Frank-Hertz-Kurve von Neon mit einem Oszilloskop dargestellt. Wie in der Versuchsbeschreibung bereits geschrieben liegt im Unterschied zu den vorherigen Versuchen, Neon

bereits bei Zimmertemperatur gasförmig vor, weswegen das Aufheizen der Röhre keinen Effekt (wie beispielsweise bei Aufgabe 2) hätte. Mit dem Oszilloskop konnten 3 Maxima dargestellt werden. Ähnlich wie bei Aufgabe 1.2 wurde der Abstand zwischen den Maxima bestimmt:

- Abstand zwischen erstem und zweiten Maximum: 17V
- Abstand zwischen zweitem und dritten Maximum: 18V

Daraus ergibt sich eine mittlere Spannung von $\bar{U} = 17,5V$ und somit eine Mittlere Energie von $\bar{E} = 17,5eV$.

Wir konnten außerdem beobachten, dass sich je nach angelegter Spannung ein bis drei rote Leuchtstreifen in der Röhre "bilden", da die Emission von Licht beim Neonversuch im für uns sichtbaren roten Bereich liegt.

4 Quellenangabe

<http://de.wikipedia.org/wiki/Quecksilberdampflampe>