

Praktikum Klassische Physik Teil 2 (P2)

Franck-Hertz Versuch

Simon Fromme, Philipp Laur

4. Juni 2013

Inhaltsverzeichnis

1	Quecksilber-Franck-Hertz-Röhre	2
1.1	Aufbau der Schaltung	2
1.2	Anregungsenergie und Kontaktspannung	2
1.3	Anodenstromkurve	3
1.4	Ionisierungsarbeit von Quecksilber	3
2	Bestimmung der Energie für die nächsthöhere Anregung von Quecksilber	5
3	Bestimmung der mittleren Anregungsenergie von Neon	5

1 Quecksilber-Franck-Hertz-Röhre

1.1 Aufbau der Schaltung

Die Schaltung wurde wie in der Versuchsbeschreibung angegeben aufgebaut. Die Funktionsweise wurde bereits in der Vorbereitung diskutiert.

1.2 Anregungsenergie und Kontaktspannung

Mit Hilfe eines Oszilloskops werden zunächst die Franck Hertz Kurve für die Temperaturen $T = 170\text{ °C}, 160\text{ °C}, 150\text{ °C}, 140\text{ °C}, 120\text{ °C}$ aufgenommen.

Die Betriebsparameter werden jeweils so eingestellt, dass die charakteristische Form der Franck-Hertz-Kurve gut sichtbar ist. Gemessen wird jeweils die Auffägerspannung U_A in Abhängigkeit der Beschleunigungsspannung U_1 .

Tabelle 1

T in °C	U_1 in V	U_2 in V	U_3 in V	Kathodenspannung in V
170	5,26	19,00	0,51	6,4
160	4,75	19,00	0,45	6,4
150	3,70	19,00	0,95	6,4
140	2,44	19,00	0,71	6,4
120	5,01	19,00	2,54	4,9

Wie in der Vorbereitung gezeigt tritt bei den vorliegenden Versuchsparametern nur eine Anregung in den ersten angeregten Zustand auf, so dass der Abstand zweier Peaks der Beschleunigungsspannung die **Anregungsenergie** (in eV) angibt. Mittelt man nun bei verschiedenen Temperaturen über alle Peakabstände, so erhält man

$$E = e \cdot \overline{\Delta U} = 5,28\text{ eV}.$$

Die **Kontaktspannung** lässt sich mit der Beziehung

$$U_K = n \cdot \overline{\Delta U} - U_1 - U_{2,n}$$

berechnen, wobei $\overline{\Delta U}$ die mittlere Spannung zwischen zwei Peaks, $U_{2,n}$ die Beschleunigungsspannung am n -ten Peak und U_1 die Spannung am Hilfsgitter ist. Beachtet werden musste, dass der erste Peak außer bei $T = 120\text{ °C}$ nicht beobachtet werden konnte, so dass dort der erste gemessene dem zweiten auftretenden Peak entspricht.

Es ergeben sich folgende Thermokontaktspannungen für die unterschiedlichen Temperaturen:

Da die Thermokontaktspannung temperaturabhängig ist, wurde auf die Bildung des Mittelwertes verzichtet und nachfolgende jeweils um die Thermokontaktspannung der entsprechenden Temperatur korrigiert.

Tabelle 2: Thermokontaktspannungen bei verschiedenen Temperaturen

T in °C	$U_{\text{Th.}}$
170	-2,15
160	-1,41
150	-1,91
140	-1,27
120	-3,08

1.3 Anodenstromkurve

Für die Aufnahme der Anodenstromkurve wird die Temperatur gemäß Aufgabenstellung auf $T = 150^\circ\text{C}$ eingestellt. Nun wird der Anodenstrom I_A in Abhängigkeit der Beschleunigungsspannung U_2 gemessen.

Die Messwerte sind in Tabelle 3 angegeben.

Tabelle 3: Messerte: Bestimmung der Anodenstromkurve

U in V	I in μA	U in V	I in μA
0,0	0,00	16,0	0,41
2,1	0,05	18,1	0,47
4,1	0,10	19,9	0,54
6,0	0,14	21,9	0,66
7,9	0,18	24,1	0,80
10,2	0,25	26,2	0,94
12,1	0,30	27,5	1,07
14,0	0,35	30,4	1,44

Zur Überprüfung der Beziehung

$$I_A = \lambda U_2^{\frac{3}{2}}$$

wird $\ln(I_A)$ gegen $\ln(U_2)$ abgetragen. Legt man nun eine Regressionsgerade durch diese Punkte, so entspricht deren Steigung gerade dem gesuchten Exponenten. Der ermittelte Wert

$$m = 1,20228$$

weicht jedoch relativ stark von $m = 1,5$ ab und der relative Fehler beträgt 19,8%.

1.4 Ionisierungsarbeit von Quecksilber

In diesem Versuchsteil wird das Gitter G_1 als Beschleunigungsgitter genutzt. Hierbei liegt G_1 auf dem selben Potential wie G_2 . Als Temperatur wird $T = 120^\circ\text{C}$ gewählt, wobei

Abbildung 1: Anodenstromkurve bei $T = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$

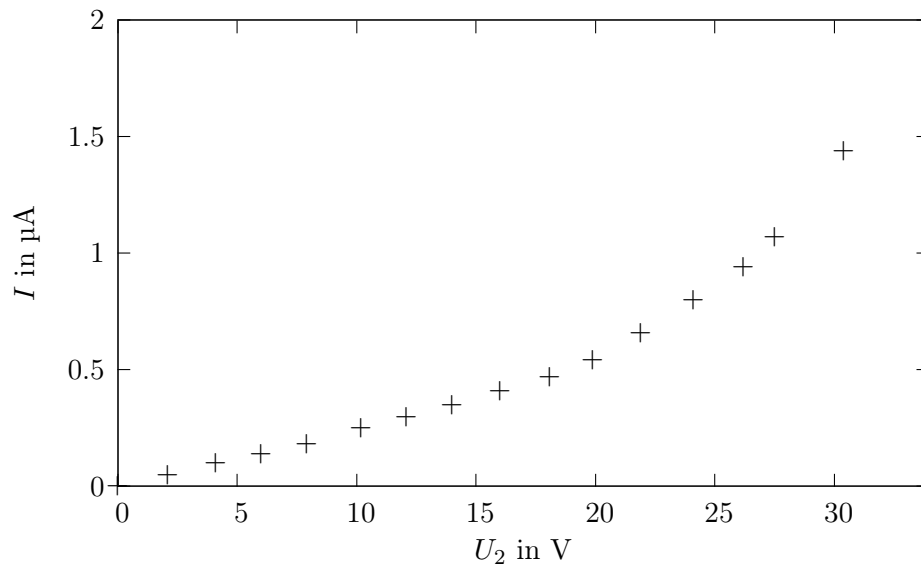
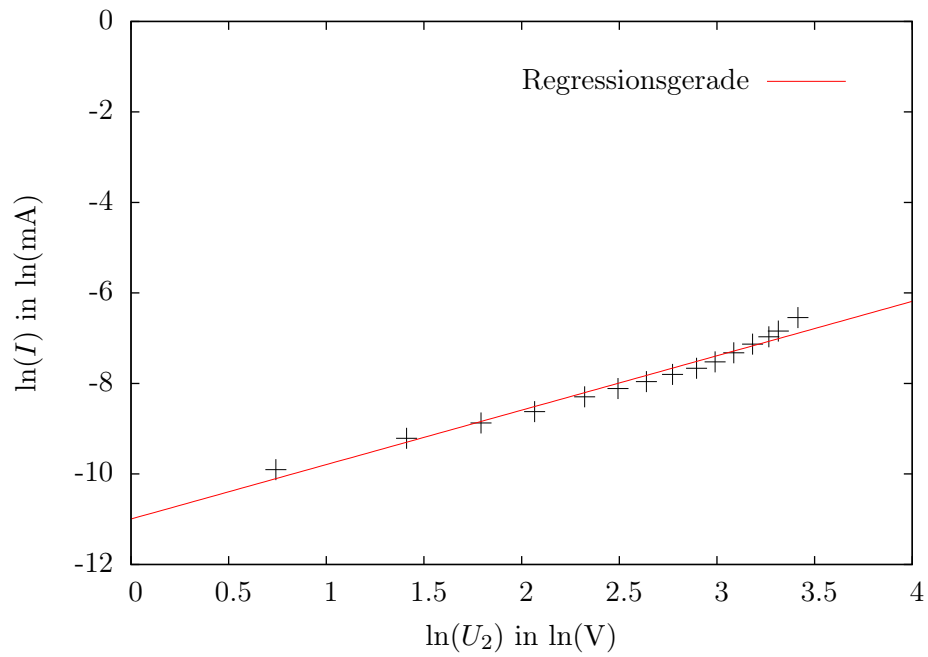


Abbildung 2: logarithmische Anodenstromkurve zur Bestimmung von m



die Betriebsparameter entsprechend 1.2 eingestellt werden.

Zunächst wird der Anodenstrom gegen die Beschleunigungsspannung (korrigiert um Thermokontaktspannung) aufgetragen.

Im Diagramm erkennt man einen typischen Knick, dessen Spannungswert der Ionisierungsarbeit in eV entspricht. Legt man durch die Punkte vor und nach dem Knick eine Regressionsgerade und bestimmt deren Schnittpunkt, so erhält man

$$E_{\text{Ion.}} \approx 17 \text{ eV}$$

Verglichen mit dem Literaturwert von $E_{\text{Ion.}} = 10,44 \text{ eV}$ ergibt sich jedoch eine zu große Abweichung von, so dass ein Fehler in der Rechnung aufgetreten sein muss.

Nun wird der Auffängerstrom gegen die Beschleunigungsspannung aufgetragen und mittels Oszilloskop (*Picoscope*) die Position der Spannungsspitze ermittelt. Diese liegt bei $U_2 = 13,38 \text{ V}$. Korrigiert man um die Thermokontaktspannung, so erhält man $U = 11,11 \text{ V}$, bzw.

$$E_{\text{Ion.}} = 11,11 \text{ eV}$$

2 Bestimmung der Energie für die nächsthöhere Anregung von Quecksilber

Zur Bestimmung der höheren Anregungsniveaus a_i des Quecksilbers wurde der gleiche Aufbau wie 1.4 gewählt, um wieder den langen Stoßraum zu haben. Die Messungen wurden bei $T = 150^\circ\text{C}$ durchgeführt, weshalb die Beschleunigungsspannung um die entsprechende Thermokontaktspannung korrigiert werden muss. Insgesamt könnten ?? Peaks erkannt werden. Diese lassen sich als Linearkombination der ersten beiden Anregungszustände $a_1 = 4,9 \text{ V}$ und $a_1 = 6,7 \text{ V}$ darstellen: $p_i = \lambda_i \cdot a_1 + \mu_i \cdot a_2$.

Die Werte für λ und μ wurden extrapoliert.

Die Thermokontaktspannung wurde mit $U_{\text{thermo}, 150^\circ\text{C}} = 1,8 \text{ V}$ angenommen (der zum Zeitpunkt bestimmte Wert macht keinen Sinn. Die Annahme wurde getroffen, sodass der erste Anregungszustand keine Abweichung hat). Die Werte passen sehr gut mit den theoretischen Werten überein, die rel. Abweichung liegt zwischen minus zwei und plus vier Prozent. Diese Abweichungen sind erklärbar durch die nicht immer exakte Sichtbarkeit und damit verbundene Messungenauigkeit, außerdem ist die Thermokontaktspannung fehlerbehaftet.

Dennoch ist Linearkombination aus den beiden Anfangsenergien gut erkennbar.

3 Bestimmung der mittleren Anregungsenergie von Neon

Es wurde eine Franck-Hertz-Röhre gefüllt mit Neon verwendet, die Temperatur bleibt die Raumtemperatur, da Neon bei hier schon gasförmig vorliegt.

Wir starteten die Beobachtung bei niedrigen Beschleunigungsspannungen. Zuerst entsteht ein Leuchtstreifen in der Nähe von G2, dieser wandert mit steigender Spannung zu

Tabelle 4: Anregungszustände

i	U_{unkorr}	U_{korr} (V)	λ_i	μ_i	Energie (eV)	rel. Abweichung
1	6,8	4,9	1	0	4,9	0
2	11,9	10	2	0	9,8	-0,02
3	13,3	11,4	1	1	11,6	0,02
4	17,6	15,7	2	1	16,5	0,05
5	19,5	17,6	1	2	18,3	0,04
6	21,7	19,8	4	0	19,6	-0,01
7	22,8	20,9	3	1	21,4	0,02
8	24,1	22,2	2	2	23,2	0,04
9	26,3	24,4	5	0	24,5	0
10	28,5	26,6	4	1	26,3	-0,01
11	29,6	27,7	3	2	28,1	0,01
12	30,6	28,7	2	3	29,9	0,04

G1. Ist die Beschleunigungsspannung hoch genug um die Elektronen erneut auf Anregungsenergie zu beschleunigen entsteht ein weiterer Streifen, insgesamt waren 3 Streifen sichtbar.

Bei maximaler Beschleunigungsspannung, $U = 70 \text{ V}$ wurde dann die Kurve ausgemessen. Die Abstände Der Peaks lauten $\Delta U_1 = 17 \text{ V}$, $\Delta U_2 = 19 \text{ V}$ und $\Delta U_3 = 16 \text{ V}$.

Daraus ergibt sich eine mittlere Anregungsenergie:

$$\Delta \bar{E} = 17,3 \text{ eV}$$

Die Messwerte überschneiden sich mit den Literaturwerten. Die Ausmessung an dem Oszilloskop ist ungenau, daher die deutliche Abweichung.