

Auswertung vom Versuch P2-53: Franck-Hertz-Versuch

Gruppe Di-22
Jonas Müller, Genti Saliu

16. Mai 2014

Inhaltsverzeichnis

1	Einführende Versuche	1
1.1	Energie der niedrigsten Anregung von Quecksilber, Kontaktspannung zwischen Kathode und Anode	1
1.2	Messung des Anodenstroms	4
1.3	Bestimmung der Ionisierungsarbeit von Quecksilber	5
1.4	Beobachtung der Emissionslinien bei brennender Gasentladung	7
2	Bestimmung der nächsthöheren Anregungsenergie	7
3	Bestimmung der mittleren Energie der hauptsächlichen Anregung von Neon	9
4	Bestimmung der mittleren Energie der hauptsächlichen Anregung von Neon	10

1 Einführende Versuche

1.1 Energie der niedrigsten Anregung von Quecksilber, Kontaktspannung zwischen Kathode und Anode

In diesem Versuch sollten anhand einigen aus oszillographischen Beobachtungen entstandenen Franck-Hertz-Kurven die niedrigste beobachtbare Anregung von Quecksilber und die Kontaktspannung zwischen Kathode und Anode bestimmt werden.

Die Franck-Hertz-Kurve entsteht, indem man die gemessene Spannung U_A am Auffangschirm über die Beschleunigungsspannung U_2 aufträgt. Dazu schlossen wir also einen Oszilloskopeingang mit U_A und den anderen mit U_2 im Franck-Hertz-Aufbau.

Bei Veränderung der Kathodenspannung und Spannung U_1 können mehr Elektronen für die gleiche Spannung U_2 beschleunigt werden, die Franck-Hertz-Kurve wird steiler. U_1 verringert die Raumladung in der Nähe der Kathode. Die Raumladung ist eine geladene Wolke um die Kathode herum, die entsteht, wenn Elektronen aus der Kathode austreten.

Bei Veränderung der Gegenfeldspannung U_3 beeinflusst man, wie stark das Gegenfeld auf die Elektronen wirkt und damit wie viele Elektronen den Auffangschirm erreichen, damit kann man also die Höhe der Franck-Hertz-Peaks einstellen (Betrag von U_A).

Die Kurven haben wir für verschiedene Temperaturen (170 °C, 160 °C, 150 °C, 140 °C, 120 °C) aufgenommen und jedes Mal die verschiedenen Spannungsparameter U_1 (Spannung zum Transport der Elektronen in der ersten Gitteranode) und U_3 (Gegenfeldspannung) so angepasst, dass wir geeignete Franck-Hertz-Kurven mit erkennbaren Peaks aufnehmen konnten. Wir haben ausserdem verschiedene Spannungsformen (Sägezahn- und Rampenspannung) ausprobiert und dabei festgestellt, dass wir mit Sägezahnspannung die besseren Franck-Hertz-Kurven erhielten.

Die Anregungsenergie bestimmt man aus dem Durchschnitt der Abständen ΔU zwischen den Peaks.

Die Kontaktspannung U_K ermitteln wir:

$$U_K = n \cdot \overline{\Delta U} - U_2 - U_1$$

wobei n ein Peak und U_1 bzw. U_2 die am Gitter g_1 angelegte Spannung und Beschleunigungsspannung sind. Um einen Wert für die Kontaktspannung zu erhalten, bestimmten wir anschliessend den Mittelwert aus diesen Werten.

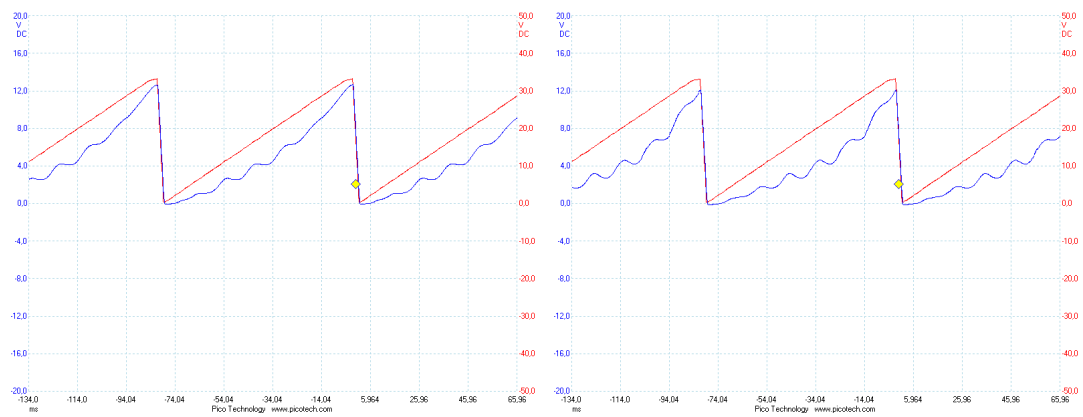
Bei der Berechnung aus den Peaks achteten wir darauf, bei zu großen Abweichungen der Kontaktspannungen etwaige unsichtbare Peaks zu berücksichtigen, um dann bessere Werte zu erhalten. Die Spalte n der Tabelle 1 zeigt, ab welchem Peak wir zu zählen anfangen.

Tabelle 1: Anregungsenergien und Kontaktspannungen für verschiedene Temperaturen

n	$U_1(V)$	Temperatur $T(^{\circ}C)$	Anregungsenergie $\overline{E}(eV)$	Kontaktspannung $U_K(V)$
2	4.3	172	4.85	-3.36
2	3.88	160	5.05	-2.35
2	3.45	150	5.21	-1.98
2	2.59	140	5.48	-1.57
1	1.23	120	5.28	-3.00

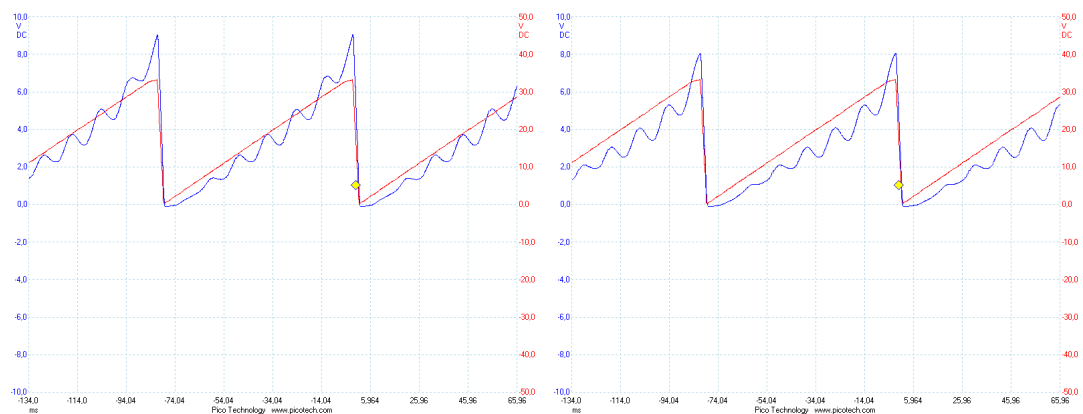
Auffallend bei der Auswertung der Messdaten ist, dass die ermittelte Anregungsenergie mit steigender Temperatur dem Literaturwert (4.89 eV) näher kommt. Bei höheren Temperaturen waren die Peaks schärfer zu erkennen.

Es scheint anhand unserer Ergebnisse keine offensichtliche Abhängigkeit der Thermokontaktspannung U_K von der Temperatur vorhanden zu sein, obwohl die temperaturabhängige Thermospannung da ihren Beitrag liefert. Die große Varianz zwischen den Werten könnte an unseren Messdaten liegen.



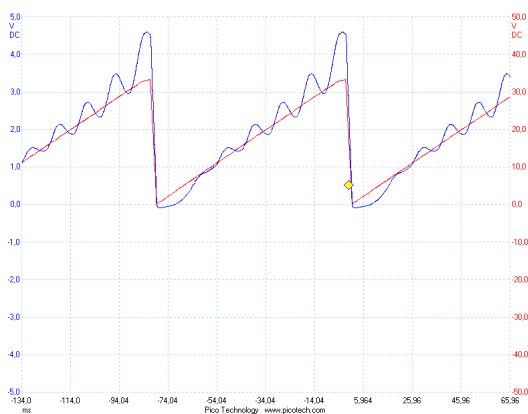
(a) Bei $T = 120\text{ }^{\circ}\text{C}$

(b) Bei $T = 140\text{ }^{\circ}\text{C}$



(c) Bei $T = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$

(d) Bei $T = 160\text{ }^{\circ}\text{C}$



(e) Bei $T = 172\text{ }^{\circ}\text{C}$

Quelle: Oszilloskop

Abbildung 1: Franck-Hertz-Kurve bei unterschiedlichen Temperaturen

1.2 Messung des Anodenstroms

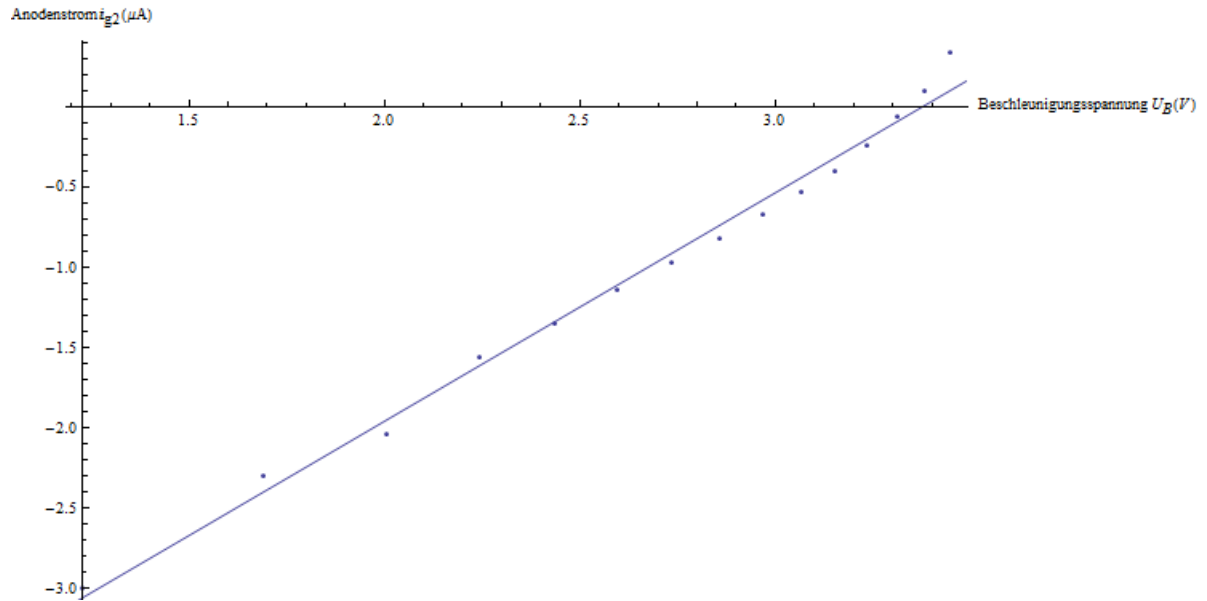
In diesem Versuch sollte, wie in der Vorbereitung beschrieben, die $U^{\frac{3}{2}}$ -Abhängigkeit des (modifizierten) Raumladungsgesetz aus der Vorbereitungshilfe gezeigt werden:

$$I_{g2} \approx \lambda U^{\frac{3}{2}}$$

Dazu wird die Gleichung logarithmiert und die Messwerte aufgetragen. Die Spannung wurde in 2 V-Schritten von 0 V bis auf ca. 31.7 V (maximal einstellbarer Spannungswert) gesteigert. Als Temperatur in der Röhre wurden 150 °C gewählt. Zu dieser Temperatur ist auch die Kontaktspannung bekannt $U_K = -1,98 \text{ V}$, welche zusammen mit der Vorspannung $U_1 = 4,3 \text{ V}$ beim Auftragen der Beschleunigungsspannung berücksichtigt werden muss:

Tabelle 2: Messwerte zur Messung des Anodenstroms

$I_{g2} (\mu A)$	$\ln(I_{g2}(\mu A))$	U_2 in V (gemessen)	U in V (korrigiert)	$\ln(U(V))$
0.05	-3.00	2	4.32	1.46
0.10	-2.30	4	6.32	1.84
0.13	-2.04	6	8.32	2.11
0.21	-1.56	8	10.32	2.33
0.26	-1.35	10	12.32	2.51
0.32	-1.14	12	14.32	2.66
0.38	-0.97	14	16.32	2.79
0.44	-0.82	16	18.32	2.91
0.51	-0.67	18	20.32	3.01
0.59	-0.53	20	22.32	3.11
0.67	-0.40	22	24.32	3.19
0.79	-0.24	24	26.32	3.27
0.94	-0.06	26	28.32	3.34
1.11	0.10	28	30.32	3.41
1.40	0.34	30	32.32	3.48
10.76	2.37	31.7	34.02	3.53



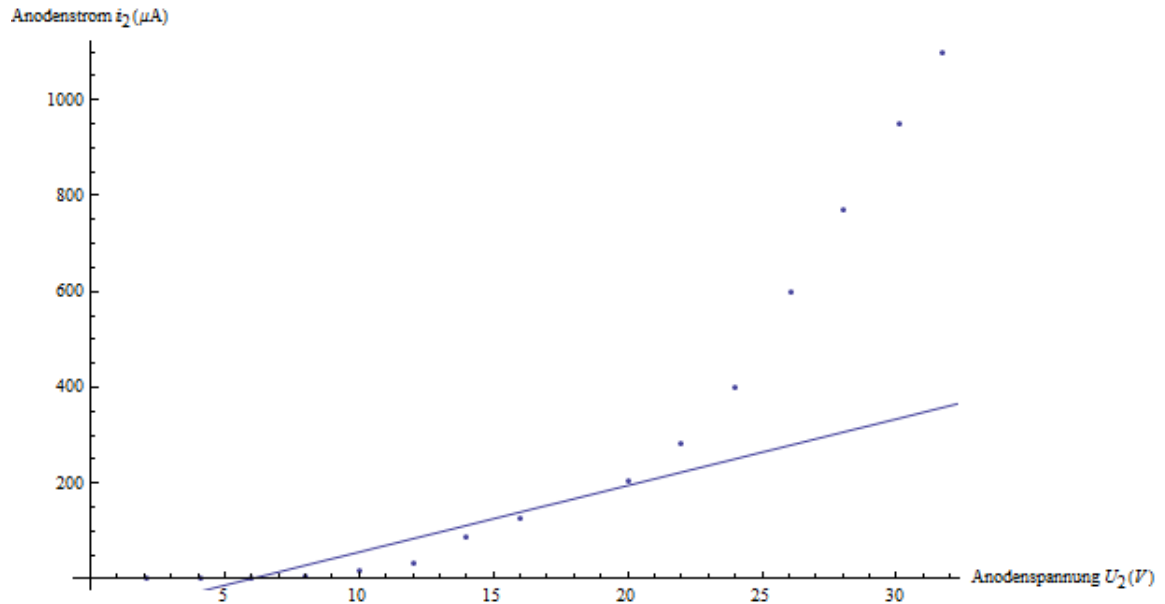
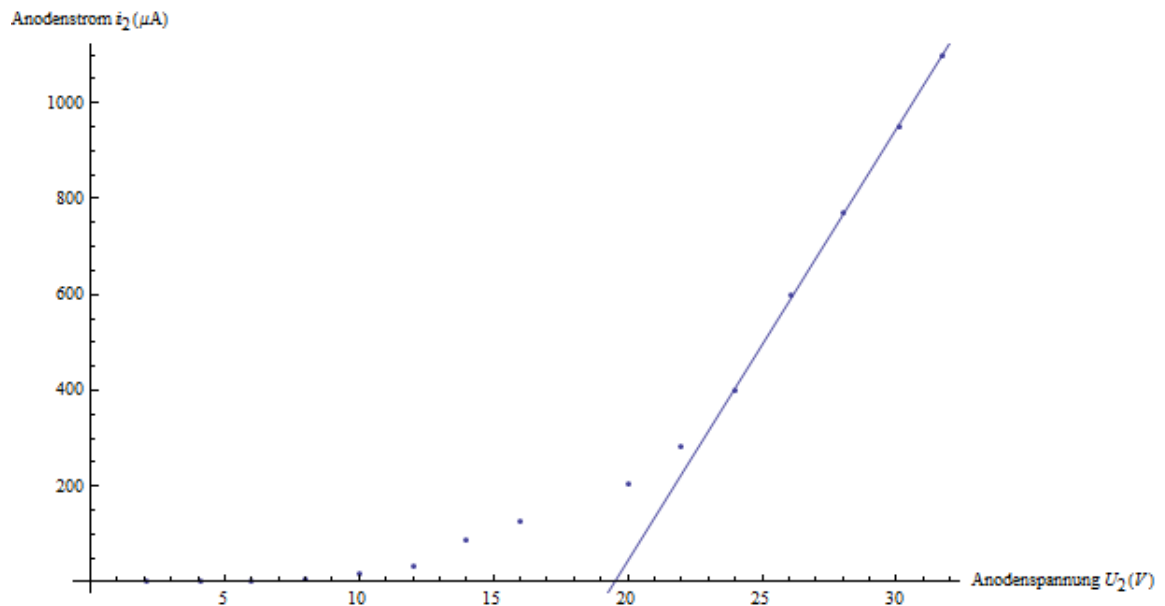


Abbildung 3: Anodenstrom I_2 über Anodenspannung U_2 vor dem stärksten Anstieg



sehr schwer war ordentliche Werte zu messen, da sich kein wirkliches Gleichgewicht einstellte und der Anodenstrom immer weiter stieg.

- **Plotten des Auffängerstroms**

Bei dieser Methode ließen wir uns vom Oszilloskop den Auffängerstrom (bzw. die am Widerstand abfallende Spannung U_A) über die Spannung U_2 aufzeichnen. Sobald die Elektronen genügend Energie zu Ionisierung der Atome haben sollte es einen Einbruch des Auffängerstroms gebe. Wir erhielten folgendes Schaubild:

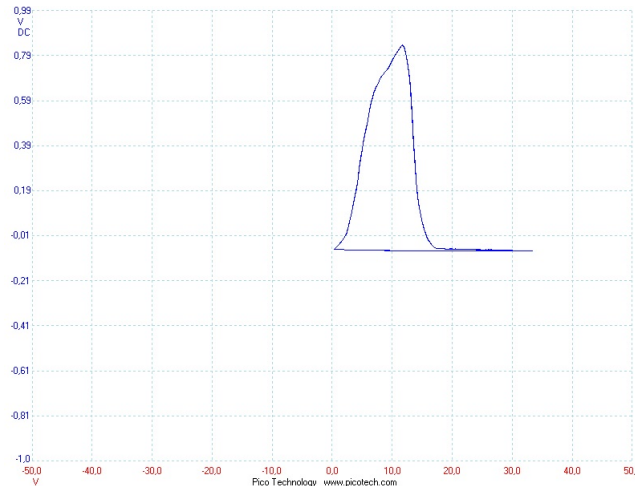


Abbildung 5: I_A über U_2

Wir erhielten als Spitzenwert der Spannung $U = 11.77 \text{ V}$ korrigiert man diesen Wert wiederum mit U_K so erhalten wir $U_{\text{korrr.}} = 8.77 \text{ V}$ und für die Ionisierungsarbeit $W_{\text{Ion}} = 8.77 \text{ eV}$. Dieser Wert weicht um 16.0 % vom Literaturwert ab. Die relativ große Abweichung könnte an einen schlechten Wert für die Kontaktspannung liegen (siehe oben).

1.4 Beobachtung der Emissionslinien bei brennender Gasentladung

In diesem Versuch haben wir mit einem Taschenspektroskop die Spektralfarben der im Bereich des sichtbaren Lichts liegenden Emissionslinien beobachtet. Mit bloßem Auge waren die Emissionslinien fahlblau.

Es war ein Linienspektrum mit den Farben lilla, grün, gelb (orange und rot waren auch zu beobachten, jedoch sind diese dem Glühdraht geschuldet) zu sehen. Die Existenz des Linienspektrums zeigt, dass das Licht des Quecksilbergases bei optischen Übergängen

zwischen genau festgelegten angeregten Zuständen der Elektronenhülle entsteht. Diese Beobachtung bestätigt das Bohrsche Atommodell.

2 Bestimmung der nächsthöheren Anregungsenergie

Für diesen Versuch wurde ein Aufbau wie in Aufgabe 1.4 verwendet, also G_1 als Beschleunigungsgitter verwendet.

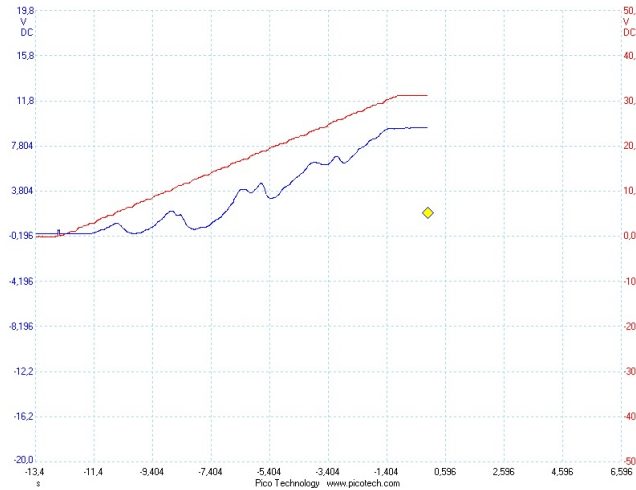


Abbildung 6: Höhere Anregungsstufen

Der erste Peak sollte der Energie der ersten Anregungsstufe entsprechen $E_1 = 4.89 \text{ eV}$, unsere Messung ergab allerdings einen Wert von $E_{mess} = 5.45 \text{ eV}$, die Differenz dieser Werte kann uns als Offset dienen $U_{off} = 0.56 \text{ V}$. Unsere Messung ergab:

Tabelle 3: Messwerte bei zweiter Anregungsstufe

Peak	Auffängerspannung U_A in V	U_2 in V (gemessen)	U_B in V (korrigiert)
1	1.009	5.45	4.89
2	2.051	10.32	9.76
3	1.727	11.27	10.71
4	3.994	17.19	16.63
5	4.558	18.90	18.34
6	6.431	23.67	23.11
7	6.905	25.87	25.31

Die Werte für die Peaks können als Linearkombination der Energie der ersten und zweiten Anregungsstufe dargestellt werden $p_i = n \cdot U_{1.Anregung} + m \cdot U_{2.Anregung}$, wir wissen, dass $U_{1.Anregung} = 4.89 \text{ V}$ ist. Vergleichen wir unsere Werte damit so können wir n und m bestimmen:

Tabelle 4: Messwerte bei zweiter Anregungsstufe

Peak	n	m	U_B in V (korrigiert)	$U_{2.Anregung}$ in V
1	1	0	4.89	-
2	2	0	9.76	-
3	1	1	10.71	5.82
4	2	1	16.63	6.85
5	1	2	18.34	6.73
6	2	2	23.11	6.67
7	1	3	25.31	6.81

Damit ergibt sich ein Mittelwert von $\overline{U_{2.Anregung}} = 6.58 \text{ V}$. Dieser Wert weicht nur um 1,9 % vom Literatur Wert $U_{2.Anregung,Lit} = 6.7 \text{ V}$ ab.

3 Bestimmung der mittleren Energie der hauptsächlichen Anregung von Neon

In diesem Versuch sollte die Franck-Hertz-Kurve von Neon untersucht und daraus die mittlere Anregungsenergie von Neon bestimmt werden. Wir beobachteten qualitativ bei Erhöhung der Beschleunigungsspannung das Auftreten und die Wanderung von Leuchtschichten von der Anode g_2 hin zur Kathode. Die Leuchtschichten hatten einen konstanten Abstand voneinander, was sich an dem Weg erklären lässt, den die Elektronen nach einem inelastischen Stoß durchlaufen mussten um genügend Energie für den nächsten inelastischen Stoß aufzunehmen.

Wie in Aufgabe 1.2 haben wir oszilloskopisch die Entstehung der Franck-Hertz-Kurve und dabei die Peaks der Auffängerschirmspannung beobachtet und den zugehörigen Wert der Beschleunigungsspannung notiert. Wir konnten dabei 4 Peaks feststellen.

Für den Abstand zwischen den Peaks erhalten wir:

Tabelle 5: Anregungsenergien und Kontaktspannungen für verschiedene Temperaturen

$U_1(V)$	$U_2(V)$	$U_3(V)$
16	19	17

Aus dem Mittelwert der Abstände ergibt sich für die mittlere niedrigste Anregungsenergie Folgendes:

$$\overline{E} = 17.33 \text{ eV} \quad (3.1)$$

Der Literaturwert liegt zwischen 18.5 V und 19 V, unsere Messungen müssen nicht sehr genau gewesen und mit großem Fehler behaftet sein.

4 Bestimmung der mittleren Energie der hauptsächlichen Anregung von Neon

In diesem Versuch sollte die Franck-Hertz-Kurve von Neon untersucht und daraus die mittlere Anregungsenergie von Neon bestimmt werden. Wir beobachteten qualitativ bei Erhöhung der Beschleunigungsspannung das Auftreten und die Wanderung von Leuchtschichten von der Anode g_2 hin zur Kathode. Die Leuchtschichten hatten einen konstanten Abstand voneinander, was sich an dem Weg erklären lässt, den die Elektronen nach einem inelastischen Stoß durchlaufen mussten um genügend Energie für den nächsten inelastischen Stoß aufzunehmen.

Wie in Aufgabe 1.2 haben wir oszillographisch die Entstehung der Franck-Hertz-Kurve und dabei die Peaks der Auffängerschirmspannung beobachtet und den zugehörigen Wert der Beschleunigungsspannung notiert. Wir konnten dabei 4 Peaks feststellen.

Für den Abstand zwischen den Peaks erhalten wir:

Tabelle 6: Anregungsenergien und Kontaktspannungen für verschiedene Temperaturen

$U_1(V)$	$U_2(V)$	$U_3(V)$
16	19	17

Aus dem Mittelwert der Abstände ergibt sich für die mittlere niedrigste Anregungsenergie Folgendes:

$$\overline{E} = 17.33 \text{ eV} \quad (4.1)$$

Der Literaturwert liegt zwischen 18.5 V und 19 V, unsere Messungen müssen nicht sehr genau gewesen und mit großem Fehler behaftet sein.