

Praktikum Klassische Physik II

Versuchsauswertung:

Franck-Hertz-Versuch

(P2-53,54,55)

Christian Buntin, Jingfan Ye

Gruppe Mo-11

Karlsruhe, 19. April 2010

Inhaltsverzeichnis

1	Bestimmung der kleinsten Anregungsenergie von Quecksilber	2
1.1	Aufbau der Schaltung mit Quecksilber-Franck-Hertz-Röhre	2
1.2	Messung der niedrigsten beobachtbaren Anregungsenergie und Bestimmung der Kontaktspannung zwischen Kathode und Anode	2
1.3	Bestimmung der Anodenstromkurve	5
1.4	Bestimmung der Ionisierungsarbeit von Quecksilber	5
1.5	Spektroskopische Betrachtung der Emissionslinien bei Gasentladung	7
2	Bestimmung der Energie der nächsthöheren Anregung	7
3	Bestimmung der mittleren Anregungsenergie von Neon	8

1 Bestimmung der kleinsten Anregungsenergie von Quecksilber

1.1 Aufbau der Schaltung mit Quecksilber-Franck-Hertz-Röhre

Die Quecksilber-Franck-Hertz-Röhre wurde nach den Vorgaben angeschlossen und in Betrieb genommen.

1.2 Messung der niedrigsten beobachtbaren Anregungsenergie und Bestimmung der Kontaktspannung zwischen Kathode und Anode

Wir haben durch Verändern der Kathodenheizung (Spannung U_H), der Spannung U_1 am Raumladungsgitter und der Gegenspannung U_3 möglichst gute Franck-Hertz-Kurven bei verschiedenen Röhrentemperaturen aufgenommen. Dabei haben wir den Auffängerstrom I_A (Die Messapparatur maß pro Nanoampere ein Volt Spannung) über die Beschleunigungsspannung U_2 aufgetragen.

Zum optimalen Einstellen der Parameter wurde eine Sägezahnspannung für die Beschleunigungsspannung U_2 verwendet, damit man die Auswirkungen auf die Frank-Hertz-Kurve sofort erkennen konnte. Allerdings zeigte sich die Kurve bei Verwendung einer linearen Rampe für U_2 viel deutlicher ausgeprägt.

Um die Energie $W_A = e \cdot U_e$ für die niedrigste beobachtbare Anregung zu bestimmen, haben wir für jede Kurve den mittleren Abstand zweier Maxima bestimmt, welcher dieser Energie entspricht.

Unter Berücksichtigung der Spannung am Raumladungsgitter haben wir anhand der Position des n -ten Maximums auf die Thermo- und Kontaktspannung geschlossen:

$$U_{\text{Thermo}} = U_{2,\text{max}} + U_1 - nU_e$$

Zur konkreten Auswertung haben wir die Maximalspannungen über der Nummer des jeweiligen Maximas aufgetragen und die Regressionsgerade bestimmt. Dabei entspricht die Steigung dieser Geraden der mittleren Spannungsdifferenz zwischen den Maxima – also der Austrittsarbeit – und der y-Achsenabschnitt entspricht der Thermospannung.

Abbildung:	1	2	3	4	5
Temperatur [°C]:	168	160	150	140	120
Hilfsgitterspannung U_1 [V]:	5,26	5,25	4,34	3,81	1,99
Gegenspannung U_3 [V]:	0,88	0,41	0,46	1,44	1,63
Heizspannung U_H [V]:	6,4	6,4	5,56	5,28	5,18
Austrittsarbeit W_A [eV]:	4,87	4,97	4,94	5,02	5,09
Thermospannung U_{Thermo} [V]:	1,96	1,40	1,77	1,62	1,53

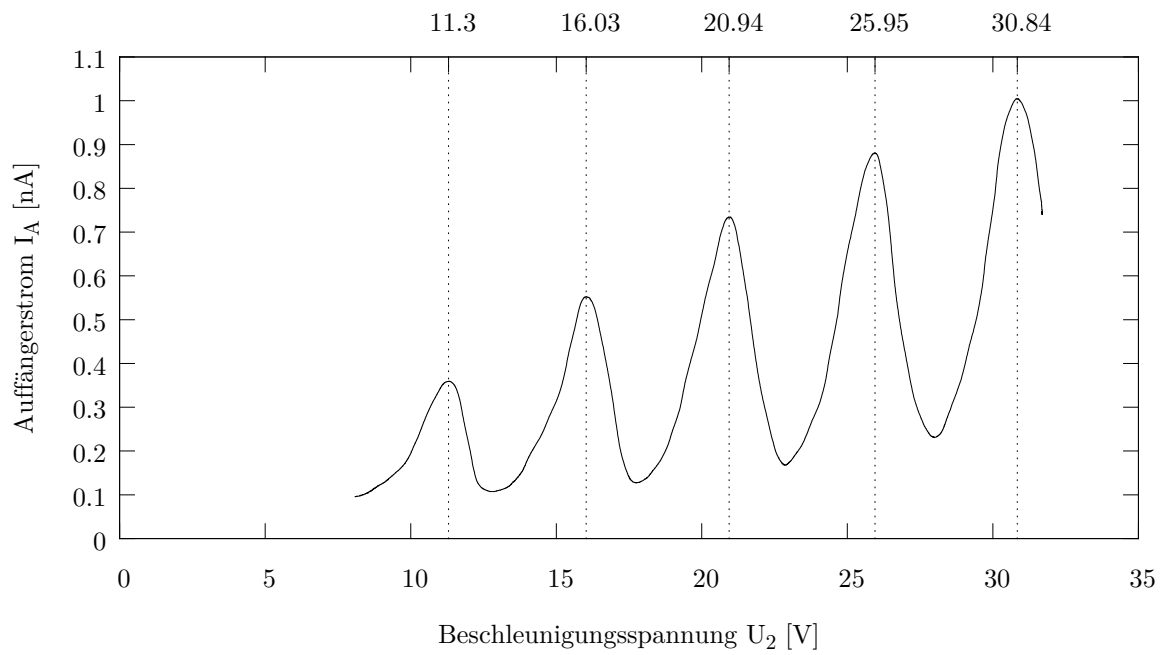
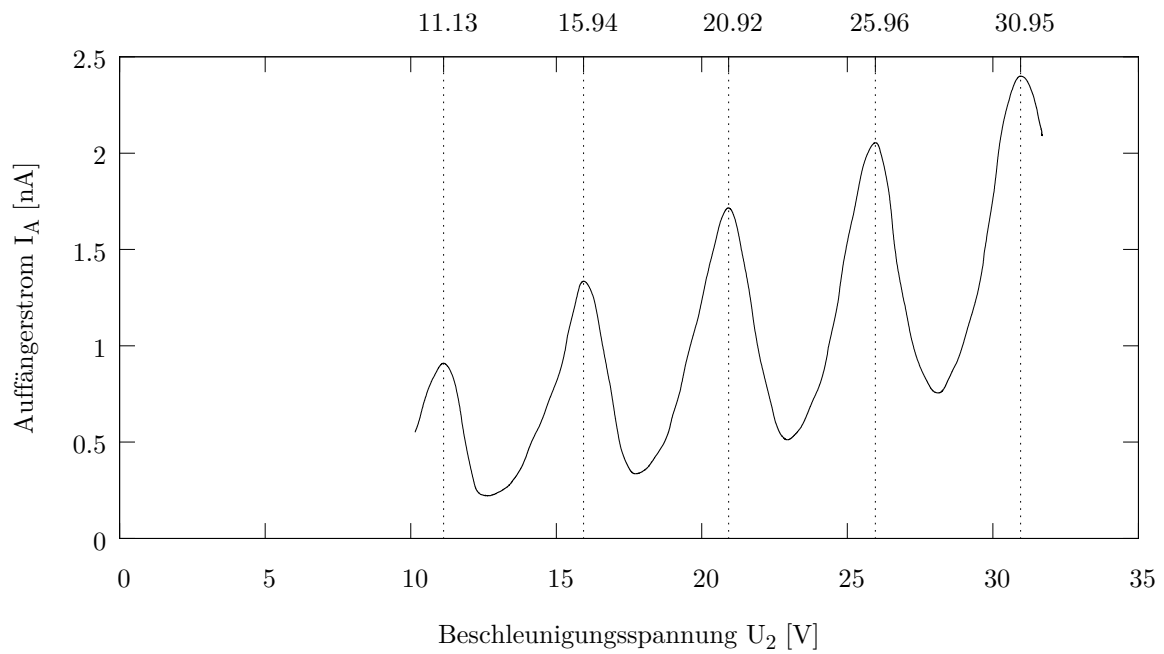
Tabelle 1: Versuchsdaten und Messwerte

Aus den Messdaten aus Tabelle 1 folgt ein Mittelwert für die niedrigste beobachtbare Anregung von Quecksilber von

$$W_A = 4,89 \text{ eV}$$

Dies entspricht (mit unserer Genauigkeit) genau dem Literaturwert.

Es zeigt sich, dass die Messungen zwischen 140 °C und 160 °C die besten Ergebnisse liefern.

**Abbildung 1:** Franck-Hertz-Kurve bei 170 °C**Abbildung 2:** Franck-Hertz-Kurve bei 160 °C

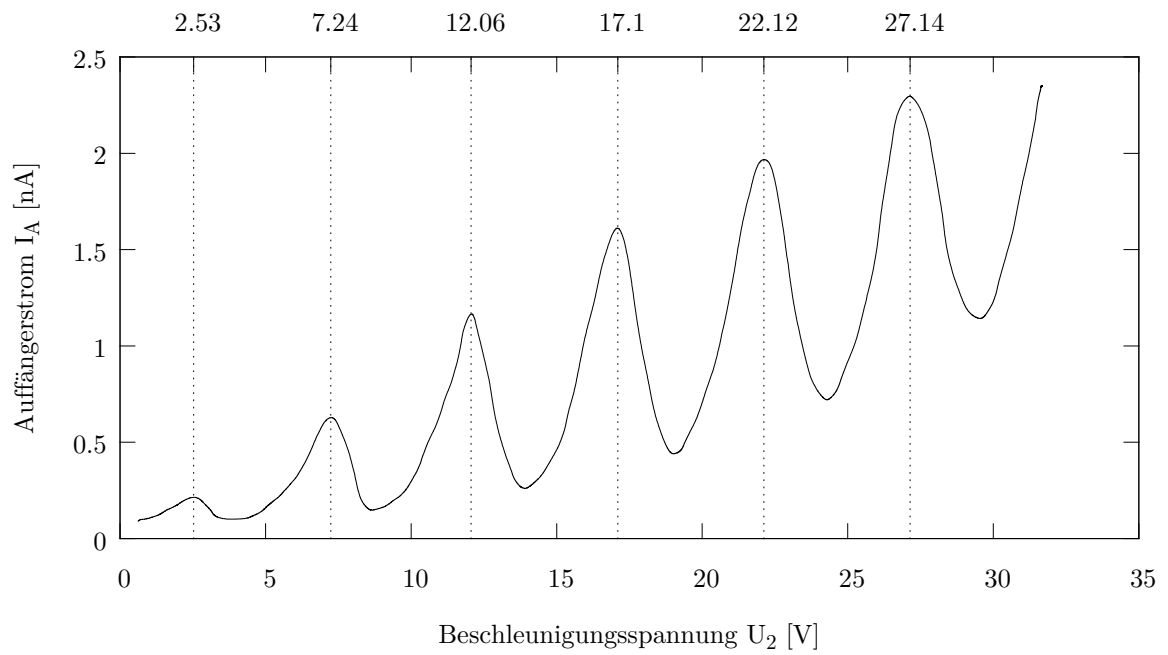


Abbildung 3: Franck-Hertz-Kurve bei 150 °C

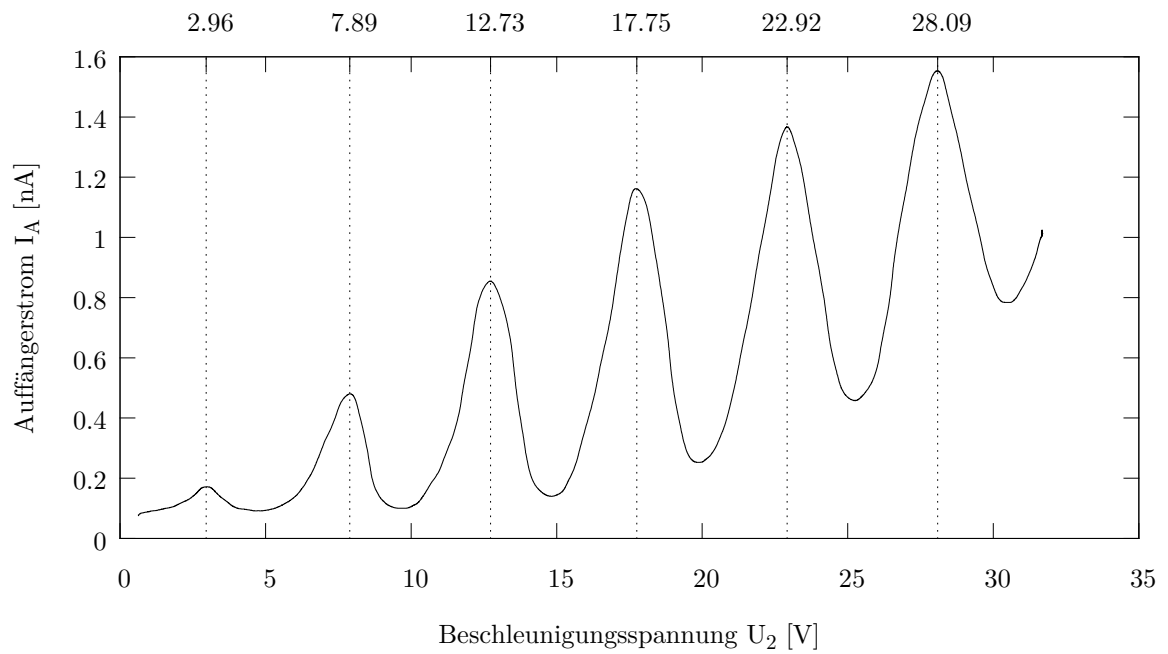


Abbildung 4: Franck-Hertz-Kurve bei 140 °C

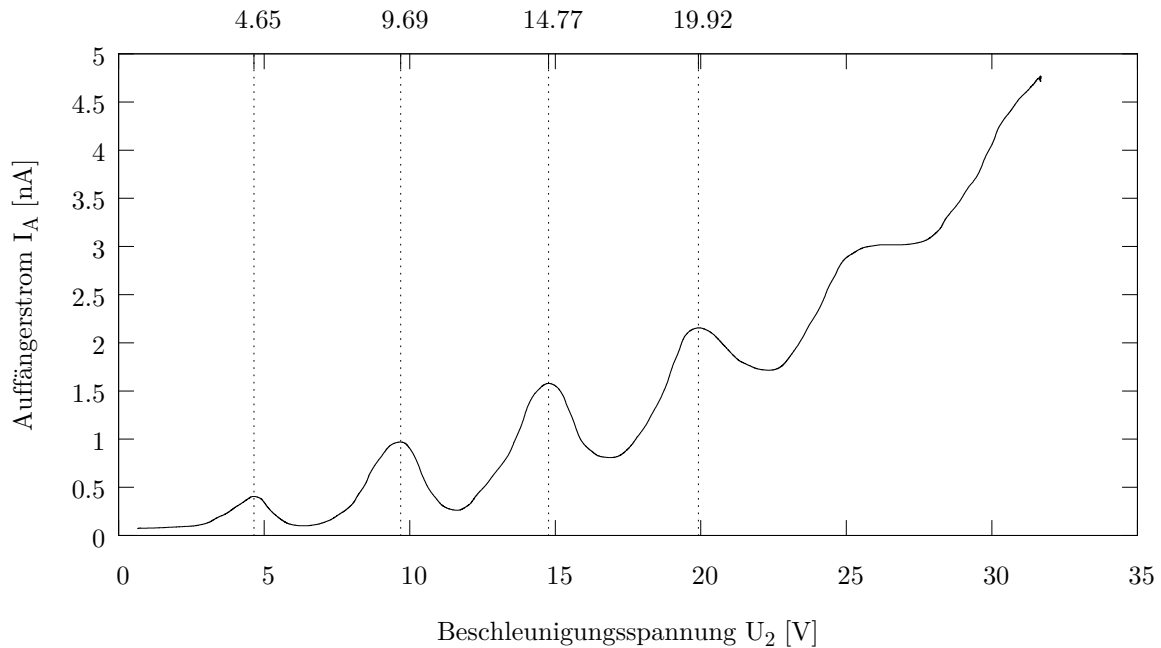


Abbildung 5: Franck-Hertz-Kurve bei 120 °C

Anfangs haben wir auch die Spannung U_1 am Raumladungsgitter so hoch eingestellt, dass die ersten Anregungen schon stattfanden, obwohl noch keine Beschleunigungsspannung U_2 vorlag. Daher beginnen die Kurven dort erst später.

Bei der Kurve auf Abbildung 5 sind am rechten Rand entweder höhere Anregungsniveaus, oder eine beginnende Gasentladung zu sehen.

1.3 Bestimmung der Anodenstromkurve

Wir haben bei 150 °C den Anodenstrom I_{G_2} in Abhängigkeit der Beschleunigungsspannung U_2 gemessen, wobei zu U_2 noch die Spannung $U_1 = 4,30$ V des Hilfsgitters addiert wurde. Diese Messwerte haben wir mit einer $\lambda U^{3/2}$ -Funktion angenähert (Abbildung 6 auf der nächsten Seite). Hier sieht man, dass der Anodenstrom – abgesehen von einer x- und y-Verschiebung – gut dem Raumladungsgesetz entspricht, was besagt, dass der Anodenstrom proportional zu $U^{3/2}$ ist.

1.4 Bestimmung der Ionisierungsarbeit von Quecksilber

Wir haben bei einer Röhrentemperatur von 120 °C und einer Gegenspannung von 3,62 V wieder den Auffängerstrom über die Beschleunigungsspannung aufgetragen (Abbildung 7 auf der nächsten Seite).

Ab 8,03 V zeigt sich ein starker Abfall des Auffängerstromes. Somit ist die Ionisierungsarbeit hier erreicht. Mit dem Wert der Thermospannung aus Aufgabe 1.2 folgt somit für die Ionisierungsarbeit von Quecksilber:

$$W_I = 9,56 \text{ eV}$$

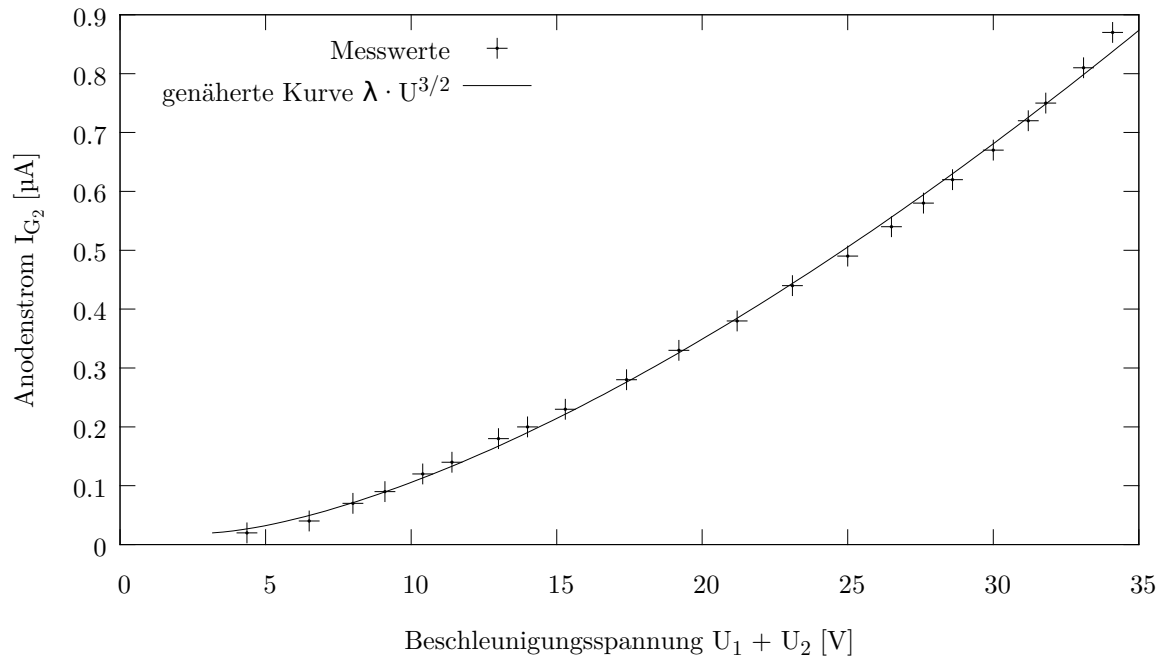


Abbildung 6: Anodenstrom I_{G_2} in Abhängigkeit der Beschleunigungsspannung U_2

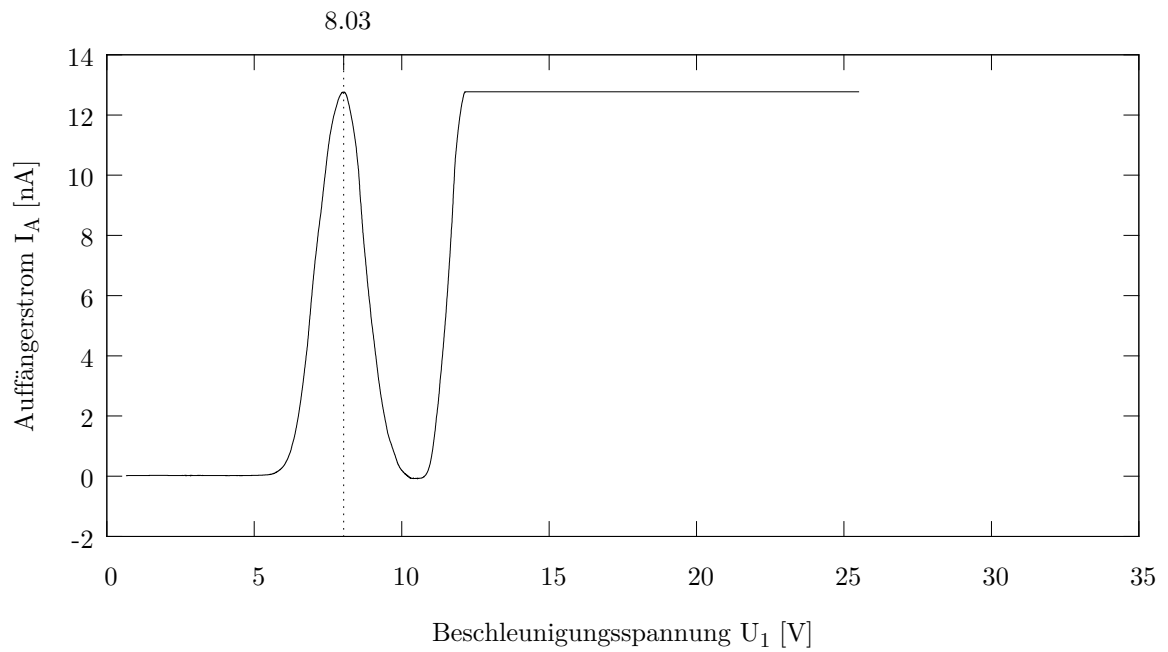


Abbildung 7: Auffängerstrom I_{G_1} in Abhängigkeit der Beschleunigungsspannung U_2 bei Ionisierung

Dies liegt ein knappes eV unterhalb des Literaturwertes von 10,44 eV. Allerdings beobachteten wir tatsächlich früh das fahlblaue Leuchten einer Gasentladung zwischen Kathode und dem ersten Gitter.

1.5 Spektroskopische Betrachtung der Emissionslinien bei Gasentladung

Durch das Spektroskop konnten wir mehrere zu erwartende Spektrallinien der Gasentladung beobachten: rot, orange, grün und violett. Die rote Linie kann allerdings auch vom Glühen der Kathode kommen. Eine blaue Linie war nicht zu sehen. Das bläuliche Leuchten kommt also durch eine Überlagerung mehrere Farben zustande.

2 Bestimmung der Energie der nächsthöheren Anregung

Wir haben in der Röhre Bedingungen wie in Aufgabe 1.4 hergestellt, allerdings war es uns nicht möglich, eine Franck-Hertz-Kurve aufzunehmen, ohne dass es bereits im Beschleunigungsraum zwischen Kathode und dem ersten Gitter zu Gasentladungen kam. Daher wurde zur Bestimmung der Energie der nächsthöheren Anregung die Franck-Hertz-Kurve der Gruppe Mo-21 herangezogen (Abbildung 8).

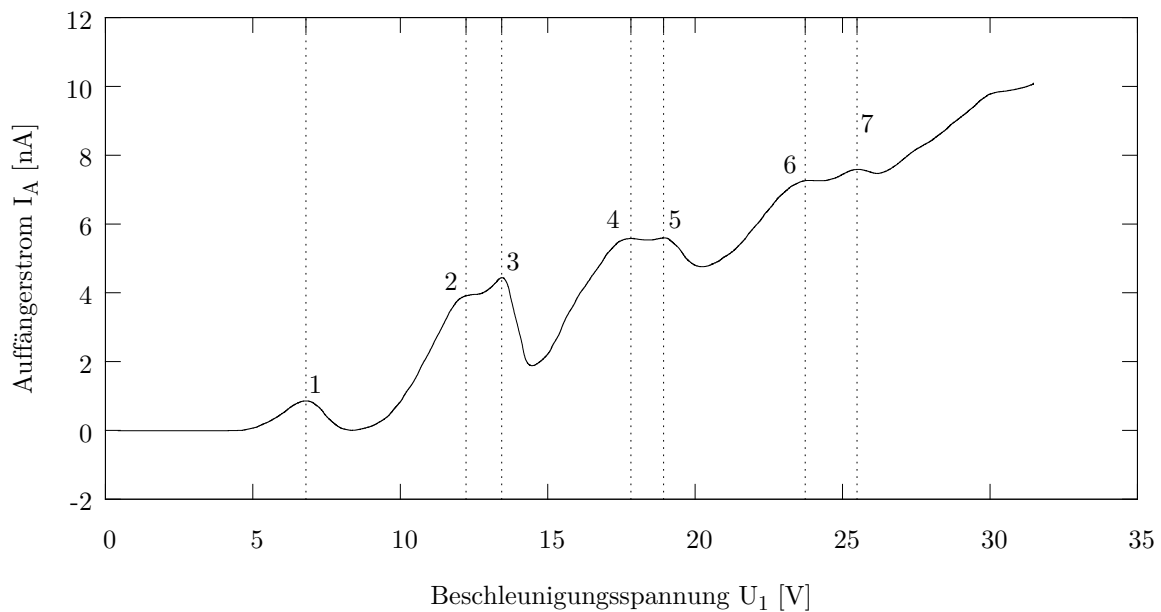


Abbildung 8: Franck-Hertz-Kurve mit höheren Anregungen

Zur Auswertung wurde untersucht, aus welcher Kombination von Anregungsniveaus die Maxima bestehen. Denn diese Maxima setzen sich aus Linearkombinationen der aus Aufgabe 1.2 bekannten niedrigsten Anregungsenergie $a = 4,89$ eV und der unbekannteren nächsthöheren Anregungsenergie b zusammen. Durch Probieren haben wir die in Tabelle 2 auf der nächsten Seite dargestellten Vermutungen über die Linearkombinationen gefunden. Daraus folgt die Tabelle 3 auf der nächsten Seite der Linearkombinationen. In dieser haben wir die Kombinationen mit

gleicher Anzahl von a -Niveaus verglichen und daraus jeweils einen Wert für b berechnet. Dabei weicht der Wert von b an der Stufe $3a$ von den anderen dreien ab. Daher nehmen wir an, dass unsere Vermutung über die Linearkombinationen hier eventuell nicht mehr ganz der Realität entspricht. Für den Mittelwert haben wir deshalb nur die drei anderen verbleibenden Werte herangezogen, mit denen wir für die Energie für die nächsthöhere Anregung erhalten:

$$W_b = 6,66 \text{ eV}$$

Dies liegt gut am Literaturwert von $6,7 \text{ eV}$.

Maximum:	1	2	3	4	5	6	7
Wert am Maximum [eV]:	6,8	12,23	13,44	17,82	18,93	23,73	25,49
Vermutung der Linearkombinationen:	a	$2a$	$a + b$	$3a$	$2a + b$	$3a + b$	$2a + 2b$

Tabelle 2: Messwerte für höhere Anregungen aus der Franck-Hertz-Kurve in Abbildung 8 auf der vorherigen Seite

Σ	$0b$	$1b$	$2b$	b
$1a$	6,8	13,44		6,64
$2a$	12,23	18,93	25,49	6,70 6,63
$3a$	17,82	23,73		5,91

Tabelle 3: Vermutete Linearkombination der gemessenen Werte mit Berechnung von b

3 Bestimmung der mittleren Anregungsenergie von Neon

Mit der bereits aufgebauten Apparatur wurde oszilloskopisch eine Franck-Hertz-Kurve für Neon dargestellt. Auf dem Oszilloskop konnten wir eine ungefähre Differenz der ersten beiden Maxima von etwa 20 V ablesen. Somit folgt für die mittlere Energie der hauptsächlichen Anregung von Neon:

$$W_A = 20 \text{ eV}$$

Durch Verwendung einer manuell einstellbaren Beschleunigungsspannung konnten die orange-farbenen Leuchtschichten gut beobachtet werden. Je höher die Spannung war, desto größer war auch der Licht-emittierende Bereich.