

ANFÄNGERPRAKTIKUM 2015/2016

Franck-Hertz-Versuch

Durchführung: 17.05.16

Clara RITTMANN¹
Anja BECK²

Betreuer:
Andreas GRUHN

¹clara.rittmann@tu-dortmund.de

²anja.beck@tu-dortmund.de

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	2
2 Theorie	2
2.1 Bohrsches Atommodell	2
2.2 Grundsätzlicher Aufbau	3
2.3 Einflussfaktoren auf die Gestalt der Franck-Hertz-Kurve	4
3 Aufbau und Ablauf des Experiments	6
4 Auswertung	7
4.1 Statistische Formeln	7
4.1.1 Fehlerrechnung	7
4.2 Anzahl der Stöße in der Röhre	8
4.3 Differentielle Energieverteilung	8
4.4 Erste Anregungsenergie des Quecksilberatoms	13
4.4.1 Bestimmung der Kontaktspotentials	13
4.4.2 Bestimmung der Ionisierungsspannung	14
5 Diskussion	15
6 Anhang	16
7 Fragen	18

1 Einleitung

Niels Bohr entwickelte 1913 sein berühmtes Atommodell. Es war das erste Atommodell, dass Ideen der Quantenmechanik enthielt. Im selben Jahr gelang Franck und Hertz der experimentelle Nachweis, dass Atome diskrete Energiezustände haben. Dieser sogenannte Franck-Hertz-Versuch war eine der wichtigsten Bestätigungen des Bohrschen Modells. Dieses Protokoll beschreibt die Durchführung des Franck-Hertz-Versuchs im Anfänger Praktikum. [Walcher]

2 Theorie

2.1 Bohrsches Atommodell

Das Bohrsche Atommodell beschreibt ein Atom, das aus einem positiv geladenen Kern und einer Hülle aus Elektronen besteht. Die Elektronen können sich dabei nur auf festgelegten geschlossenen Bahnen um den Kern bewegen. Auf den einzelnen Bahnen haben nur begrenzt viele Elektronen Platz, wobei alle Elektronen auf einer Bahn die gleiche Energie haben. Jeder Bahn wird also ein Energieniveau E_i zugeordnet. [Walcher]

Angenommen ein so aufgebautes Atom ist in Ruhe und trifft auf ein bewegtes Elektron. Sei E_0 das Niveau mit der niedrigsten Energie, E_1 das nächsthöhere und ΔE die Differenz zwischen den beiden. Abhängig von der kinetischen Energie des Elektrons E_{kin} können zwei verschiedene Beobachtungen gemacht werden:

1. $E_{\text{kin}} < \Delta E$: Elastischer Stoß. Das heißt es wird keine Energie (dauerhaft) übertragen. Da das Atom im Verhältnis zum Elektron sehr schwer ist, kann genähert werden, dass das Atom an seinen ursprünglichen Ort verbleibt und das Elektron die Richtung, nicht aber den Betrag seiner Geschwindigkeit verändert.
2. $E_{\text{kin}} \geq \Delta E$: Inelastischer Stoß. Das Elektron hat genug Energie, um das Atom anzuregen. Das bedeutet, das Elektron überträgt die Energie ΔE auf das Atom, sodass ein Hüllenelektron von E_0 auf E_1 "angehoben" wird. Die kinetische Energie des bewegten Elektrons nach dem Stoß ist

$$E_{\text{kin},\text{nach}} = E_{\text{kin},\text{vor}} - \Delta E . \quad (1)$$

Für das Atom ist der angeregte Zustand instabiler, als der Grundzustand, weshalb das zuvor angehobene Elektronen nach kurzer Zeit wieder auf E_0 "herunterfällt". Dabei wird ein Lichtquant emittiert, was auf Grund der Energieerhaltung genau die Energie

$$h\nu = \Delta E \quad (2)$$

besitzt. h ist das Plancksche Wirkungsquantum und ν die Frequenz des emittierten Lichts.

Diese Prozesse können auf beliebige höhere, sowie nicht aufeinanderfolgende Niveaus verallgemeinert werden. Ganz speziell können noch ein beliebiges Niveau E_i und das höchste Niveau E_{max} mit der Energiedifferenz $\Delta E = E_{\text{max}} - E_i$ betrachtet werden. Hat das bewegte Elektron eine kinetische Energie, die größer ist, als ΔE , dann wird ein Elektron aus der Atomhülle ausgelöst. Das Atom ist dann ionisiert. Die dafür nötige Energie wird als Ionisierungsenergie bezeichnet.

2.2 Grundsätzlicher Aufbau

Abbildung 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau des Franck-Hertz-Versuchs. Der schraffierte Bereich ist ein evakuiertes Glaskolben in dem sich Quecksilbergas befindet. Durch Glühemission werden Elektronen aus dem Glühdraht emittiert. Durch die Beschleunigungsspannung U_B werden die Elektronen beschleunigt. Dabei gilt allgemein der Zusammenhang

$$E_{\text{kin}} = eU , \quad (3)$$

mit der Elementarladung e . Die Spannung U ist die vom Elektron überwundene Spannungsdifferenz.

Treten nur elastische Stöße auf, haben die Elektronen an der Beschleunigungselektrode eine Geschwindigkeit von

$$v = \sqrt{\frac{2eU_B}{m}} , \quad (4)$$

mit der Elektronenmasse m . Die Beschleunigungselektrode ist ein leitendes Gitter, sodass es Elektronen hindurch lässt, aber dennoch als Spannungspol verwendet werden kann. Je nachdem, wie U_A gepolt ist, werden die Elektronen gebremst oder positiv beschleunigt und können, falls sie die Auffängerelektrode erreichen, als Strom I_A gemessen werden. In Abbildung 1 ist U_A als Bremsspannung eingezeichnet.

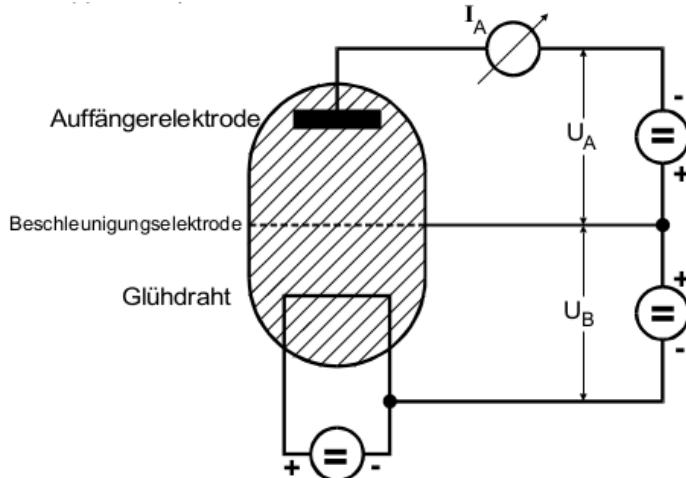


Abbildung 1: Schematischer Aufbau des Frank-Hertz-Versuchs [V601]

Die Bremsspannung U_A sei nun konstant und klein. Wird U_B , beginnend bei $U_B = 0 \text{ V}$, erhöht, wird ein Strom gemessen, sobald die Elektronen das geringe Gegenfeld überwinden können. Ist die Spannung dann gerade

$$eU_B = \Delta E \quad (5)$$

(ΔE ist wie im vorigen Abschnitt die Anregungsenergie), fällt der Strom abrupt ab, da die Elektronen kurz vor der Beschleunigungselektrode inelastisch mit den Atomen stoßen und danach keine kinetische Energie mehr haben, um das Gegenfeld zu überwinden. Wird die Beschleunigungsspannung weiter erhöht, können die Elektronen immer früher ihre kinetische Energie abgeben. Da sie dann aber noch nicht bei der Beschleunigungselektrode sind, werden sie wieder beschleunigt und können wieder als Strom detektiert werden. Sobald für U_B gilt

$$2eU_B = \Delta E \quad (6)$$

kann ein zweiter inelastischer Stoß der Elektronen mit den Atomen statt finden, usw.

2.3 Einflussfaktoren auf die Gestalt der Franck-Hertz-Kurve

Dampfdruck

Der Dampfdruck im Glaskolben muss kontrolliert werden. Ist er zu gering, sind die Hg-Atome zu weit von einander entfernt. Dann würden die Elektronen ohne Stoß bis zur Beschleunigungselektrode kommen, selbst wenn ihre Energie für eine Anregung der Atome ausreichend ist. Ist er zu hoch, liegen die Atome so dicht beieinander, dass die Elektronen sehr häufig elastische Stöße ausführen (und ihre Richtung ändern), was dafür sorgt, dass weniger Elektronen an der Beschleunigungselektrode ankommen. Für die mittlere Weglänge w in cm zwischen den Atomen gilt

$$w = \frac{2.9}{p_{\text{sät}}} , \quad (7)$$

wobei $p_{\text{sät}}$ der Sättigungsdampfdruck in bar ist. Für den Dampfdruck gilt

$$p(T) = 5.5 \cdot 10^4 \exp\left(-\frac{6876}{T}\right) , \quad (8)$$

er kann also einfach über die Temperatur T im Gefäß reguliert werden.

Kontaktpotential

Haben die zwei Elektroden einer Spannungsquelle unterschiedliche Austrittsarbeiten, weicht die real anliegende Spannung von der am Gerät eingestellten ab. Dieses Problem tritt bei der Beschleunigungsspannung auf, denn der Glühdraht sollte aus einem Material sein, dessen Austrittsarbeit Φ_G sehr gering ist. Die Beschleunigungselektrode dagegen hat eine vergleichsweise hohe Austrittsarbeit Φ_B . Mit Abbildung 2 gilt

$$U_{B,\text{eff}} = U_B - \underbrace{\frac{\Phi_B - \Phi_G}{e}}_{:= K} , \quad (9)$$

mit dem Kontaktpotential K . Die später aufgenommenen Kurven sind demnach um K verschoben.

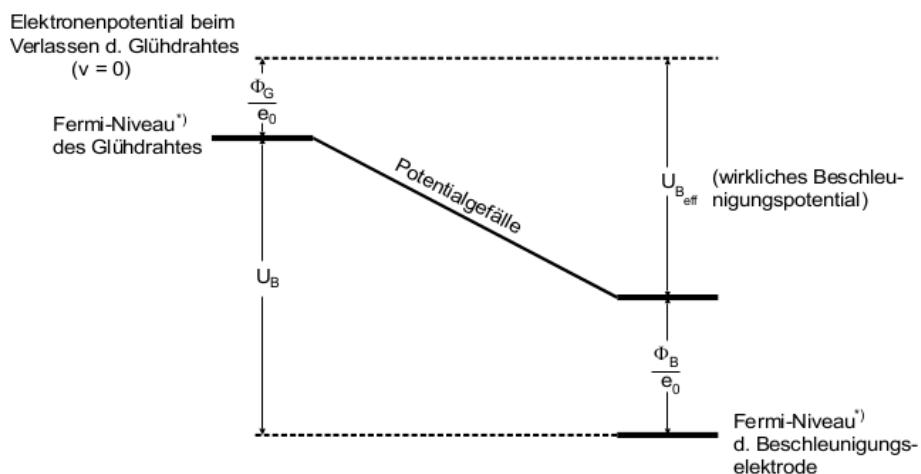


Abbildung 2: Veranschaulichung der Zusammenhänge zwischen Austrittsarbeiten und Beschleunigungsspannung [V601]

Energie-Spektrum der Elektronen

Idealisiert wird davon ausgegangen, dass die Elektronen direkt nach dem Auslösen aus dem Glühdraht alle eine kinetische Energie von $E_{\text{kin}} = 0$ haben. In Wirklichkeit aber besitzen die Elektronen schon im Metall unterschiedliche Energien. Die Verteilung dieser Energien der Leitungselektronen wird durch die Fermi-Dirac-Verteilung beschrieben. Sie besagt, dass Elektronen mit sehr geringer Energie im Metall sehr häufig vorkommen, wobei die Häufigkeit mit zunehmender Energie sehr schnell abfällt. Diese kontinuierliche Energieverteilung sorgt dafür, dass die später gemessenen Peaks nicht so steil abfallen, wie aus der Theorie erwartet.

3 Aufbau und Ablauf des Experiments

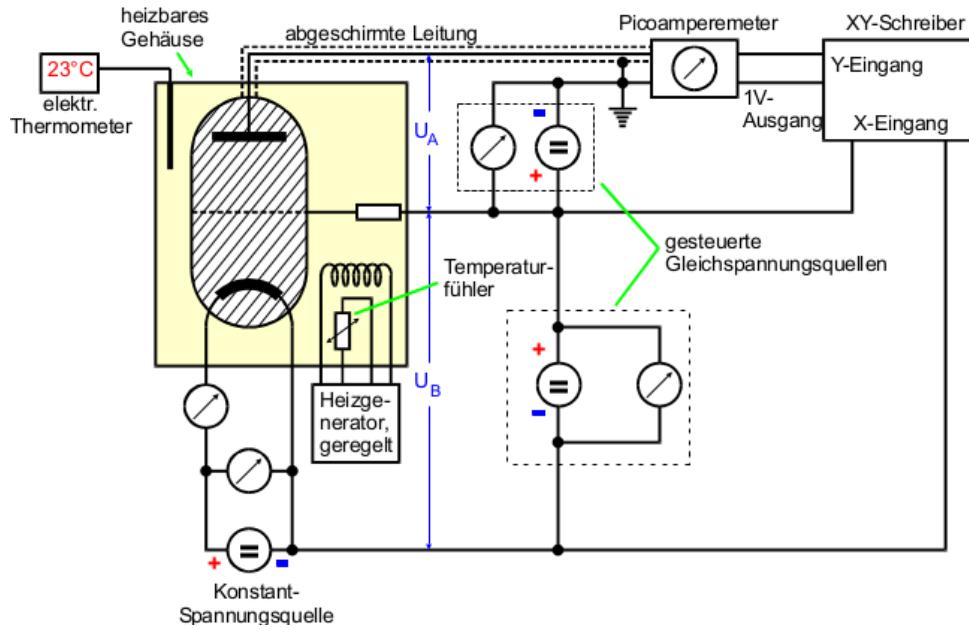


Abbildung 3: Schaltbild zur Aufnahme einer Franck-Hertz-Kurve

Abbildung 3 zeigt den verwendeten Versuchsaufbau. Gelb hinterlegt ist der schematische Aufbau aus Kapitel 2.2. Die einzige Erweiterung stellt der XY-Schreiber dar, mit dem verschiedene Kurven aufgezeichnet werden sollen.

Die Messung

Die Messung besteht aus der Aufzeichnung verschiedener Kurven mit dem XY-Schreiber. Die erste Kurve ist $I_A(U_A)$. Sie wird bei konstanter Beschleunigungsspannung

$$U_B = 11 \text{ V} \quad (10)$$

und jeweils einmal bei einer Temperatur von $T = 25^\circ\text{C}$ und $T = 130^\circ\text{C}$ aufgenommen. Dann wird die Franck-Hertz-Kurve $I_A(U_B)$, mit konstanter Bremsspannung

$$U_A = 1 \text{ V} \quad (11)$$

bei einer Temperatur von $T = 100^\circ\text{C}$.

Zuletzt wird zur Bestimmung der Ionisierungsenergie eine (nun beschleunigende) Spannung

$$U_A = 30 \text{ V} \quad (12)$$

angelegt und wieder $I_A(U_B)$ aufgetragen.

4 Auswertung

Alle Messungen werden mit einem x-y-Schreiber aufgezeichnet. Die Graphen, die dieser Auswertung zu Grunde liegen, sind im Anhang 6 zu sehen. Messung 1 (Abb. 6) und Messung 2 (Abb. 7) gehen in Kapitel 4.3 ein, wobei Messung 1 zusätzlich in Kapitel 4.4.2 verwendet wird. Messung 3 (Abb. 8) – die Frank-Hertz-Kurve – wird im Auswertungsteil 4.4.1 analysiert. Messung 4 (Abb. 9) wird in Kapitel 4.4.2 benötigt.

4.1 Statistische Formeln

4.1.1 Fehlerrechnung

Im folgenden wurden Mittelwerte von N Messungen der Größe x berechnet

$$\bar{x} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N x_i , \quad (13)$$

sowie die Varianz

$$V(x) = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \quad (14)$$

woraus die Standardabweichung folgt

$$\sigma_x = \sqrt{V(x)} . \quad (15)$$

Die Standardabweichung des Mittelwertes

$$\Delta_x = \frac{\sigma_x}{\sqrt{N}} , \quad (16)$$

kürzer auch Fehler des Mittelwertes genannt, bezieht noch die Anzahl der Messungen mit ein.
Des weiteren ist die Gaußsche Fehlerfortpflanzung definiert als

$$\sigma_A = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial A(x_1, \dots, x_N)}{\partial x_i} \right)^2 \sigma_{x_i}^2} . \quad (17)$$

4.2 Anzahl der Stöße in der Röhre

Für das Gelingen des Versuches ist es wichtig, dass weder zu viele noch zu wenige Elektronen mit Quecksilberatomen zusammenstoßen. Bei zu wenig Stößen treten kaum Wechselwirkungen auf, die beobachtet werden sollen. Gibt es hingegen zu viele Stöße, sind einige elastisch unter Änderung der Richtung, sodass sie nicht an der Kathode ankommen und fälschlicherweise nicht zu Strom beitragen.

Aus den Temperaturen in Kelvin lässt sich nach Gleichung (7) und (8) der Sättigungsdruck und daraus die freie Weglänge d.h. die Strecke, die ein Teilchen ohne Kollisionen zurücklegt, berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Anzahl der Stöße in der 1 cm langen Röhre

Temperatur / K	Sättigungsdruck / mbar	freie Weglänge / μm	Anzahl Stöße
298.15	0.01	5468.00	1.83
413.15	3.25	8.91	1122.17
453.15	14.14	2.05	4876.12
373.15	0.55	53.06	188.48

4.3 Differentielle Energieverteilung

Aus der Messung des Stromes bei veränderlicher Bremsspannung U_A kann die Energieverteilung der austretenden Elektronen bestimmt werden

$$E(U_A) \sim \frac{I(U_A) - I(U_{A+1})}{U_A - U_{A+1}} \quad (18)$$

Strom und Spannung sind bekannt. Sie werden mit Hilfe eines x-y-Schreibers aufgenommen. Es werden zwei Messreihen für die Temperaturen $T = 25^\circ\text{C}$ und $T = 140^\circ\text{C}$ erstellt. Die Werte des Stromes für $T = 25^\circ\text{C}$ sind in Tabelle 2 zu finden und die Steigung (Tabelle 3) in Abbildung 4 grafisch dargestellt, während die Daten zu $T = 140^\circ\text{C}$ in den Tabellen 4 und 5 und der Abbildung 5 stehen.

Aus der Energieverteilung bei Raumtemperatur kann das Kontaktpotential bestimmt werden (siehe Kapitel 4.4.1).

Tabelle 2: Strom in Abhangigkeit der Spannung (T = 25 °C)

Spannung / V	Strom / nA
0.00	3800
0.18	3747
0.61	3614
1.05	3561
1.49	3401
1.93	3269
2.37	3136
2.81	3003
3.25	2870
3.68	2750
4.12	2617
4.56	2471
5.00	2338
5.44	2166
5.88	1993
6.32	1807
6.75	1608
7.19	1382
7.63	1116
8.07	771
8.29	531
8.51	213
8.73	53
8.95	0

Tabelle 3: Steigung des Stromverlaufes ($T = 25^\circ\text{C}$) und zugehörige Spannungswerte

Spannung / V	Strom pro Spannung / nA/V
0.00	302.94
0.18	302.94
0.61	121.17
1.05	363.52
1.49	302.94
1.93	302.94
2.37	302.94
2.81	302.94
3.25	272.64
3.68	302.94
4.12	333.23
4.56	302.94
5.00	393.82
5.44	393.82
5.88	424.11
6.32	454.41
6.75	514.99
7.19	605.87
7.63	787.64
8.07	1090.57
8.29	1454.10
8.51	727.05
8.73	242.35

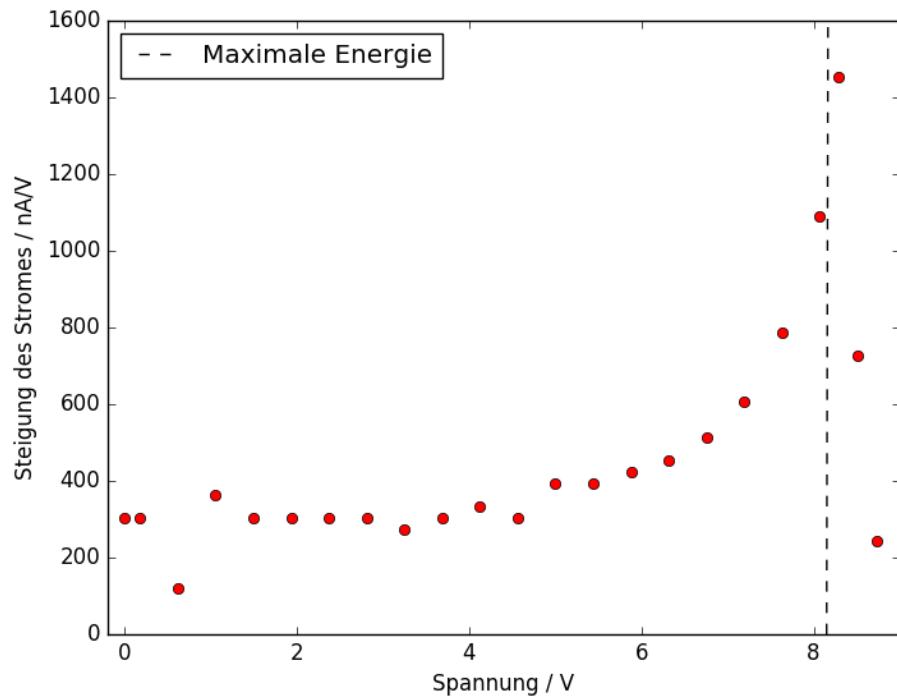
**Abbildung 4:** Energieverteilung bei $T = 25^\circ\text{C}$ ist proportional zur Steigung des Stromes

Tabelle 4: Strom in Abhängigkeit der Spannung ($T = 140^\circ\text{C}$)

Spannung / V	Strom / nA
0.00	110
0.22	97
0.44	88
0.66	81
0.88	73
1.11	65
1.33	58
1.55	51
1.77	45
1.99	38
2.21	32
2.43	26
2.65	20
2.88	15
3.10	12
3.32	9
3.54	6
3.76	4
3.98	3

Tabelle 5: Steigung es Stromverlaufes ($T = 140^\circ\text{C}$) und zugehörige Spannungswerte

Spannung / V	Strom pro Spannung / nA/V
0.00	57.82
0.22	40.48
0.44	34.69
0.66	34.69
0.88	34.69
1.11	34.69
1.33	28.91
1.55	28.91
1.77	28.91
1.99	28.91
2.21	28.91
2.43	23.13
2.65	23.13
2.88	17.35
3.10	11.56
3.32	11.56
3.54	11.56
3.76	5.78

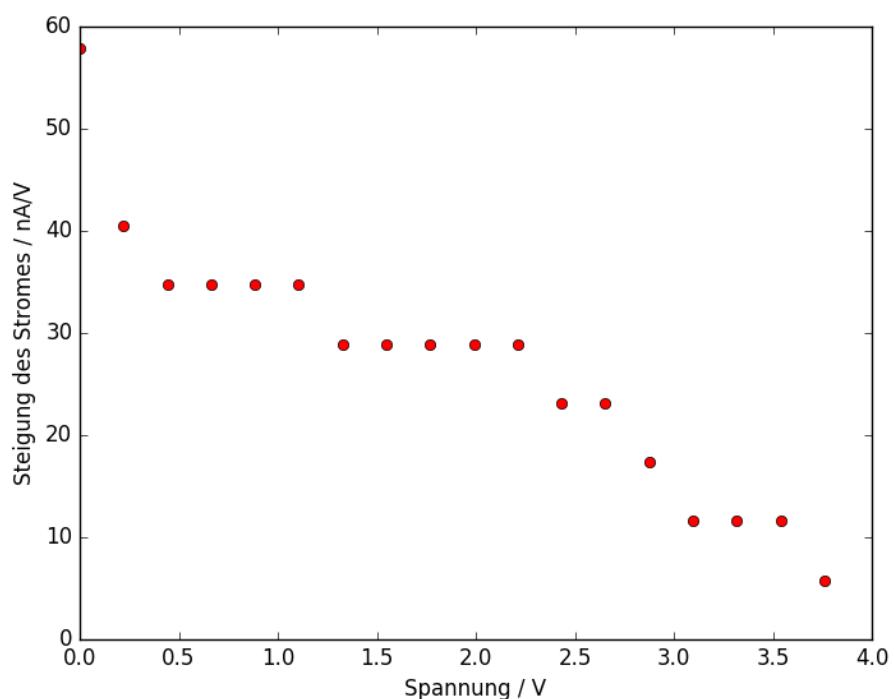


Abbildung 5: Energieverteilung bei $T = 140 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ist proportional zur Steigung des Stromes

4.4 Erste Anregungsenergie des Quecksilberatoms

Die erste Anregungsenergie wird aus den Abständen der Maxima der Frank-Hertz-Kurve bestimmt. Die Spannungsdifferenzen sind in Tabelle 6 dargestellt. Ihr Mittelwert und deren Fehler ist

$$U_{\text{Mittel}} = (4.95 \pm 0.18) \text{ V} \quad . \quad (19)$$

Tabelle 6: Die Differenzen der Strommaxima der Frank-Hertz-Kurve entsprechen der Anregungsspannung des Quecksilberatoms

Spannung / V
4.6216
5.2297
4.9865

Aus der Anregungsspannung kann mit Hilfe den Formeln (2) und (5) die Anregungsenergie und daraus die Wellenlänge bestimmt werden. Für die Anregungsenergie ergibt sich der Wert

$$\Delta E = (7.92 \pm 0.28) \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad (20)$$

und für die Wellenlänge

$$\lambda = (250.7 \pm 9.0) \text{ nm} \quad . \quad (21)$$

Die Fehler werden jeweils mit Hilfe der Gaußschen Fehlerfortpflanzung berechnet

$$\sigma_{\Delta E} = |e_0 \sigma_{U_{\text{Mittel}}} | \quad (22)$$

und

$$\sigma_{\lambda} = \left| \frac{hc_0}{e_0} \frac{1}{U_{\text{Mittel}}^2} \sigma_{U_{\text{Mittel}}} \right| \quad . \quad (23)$$

4.4.1 Bestimmung der Kontaktpotentials

Methode 1:

Die Frank-Hertz-Kurve ist genau um das Kontaktpotential K nach rechts verschoben. Das erste Maximum liegt bei

$$U_1 = 8.0256 \text{ V} \quad . \quad (24)$$

Folglich ist das Kontaktpotential

$$K_1 = U_1 - U_{\text{Mittel}} = (3.08 \pm 0.18) \text{ V} \quad (25)$$

Methode 2:

In Abbildung 4 ist erkennbar, dass bei einer Bremsspannung $U_{A,\text{max}}$ von 8.15 V Elektronen die größte Energie haben. Das Kontaktpotential ist die Differenz der Bremsspannung bei größter Energie und der konstanten Beschleunigungsspannung $U_B = 11 \text{ V}$.

$$K_2 = U_B - U_{A,\text{max}} = 2.85 \text{ V} \quad (26)$$

4.4.2 Bestimmung der Ionisierungsspannung

Die Ionisierungsspannung U_{ION} ergibt sich aus der letzten Messung des Stromes bei einer höheren Gegenspannung von 30 V. Um sie zu bestimmen wird eine möglichst steile Asymptote an den Stromverlauf angelegt. Die Beschleunigungsspannung, bei der diese Asymptote die Spannungsachse schneidet ist

$$U'_1 = 13 \text{ V} . \quad (27)$$

Sie setzt sich zusammen aus der Ionisierungsspannung und dem Kontaktpotential K , wobei für K der Mittelwert der in Kapitel 4.4.1 bestimmten Werte K_1 und K_2

$$K = \frac{K_1 + K_2}{2} = 2.965 \text{ V} \quad (28)$$

angenommen wird.

$$U_{\text{ION}} = U'_1 - K = 10.035 \text{ V} \quad (29)$$

5 Diskussion

Anzahl der Stöße

Die Stoßzahlen (siehe Tabelle 1) liegen im Größenordnungsbereich 1 bis 10^3 . Laut Anleitung ist die optimale Anzahl von Stößen A in der Röhre 1000 bis 4000. Die Temperatur in Abhängigkeit der Stoßzahl lautet:

$$T[\text{°C}] = \left(-\frac{1}{6870} \ln \left(\frac{0.0029}{5.5 \cdot 10^7} A \right) \right)^{-1} - 273.15 \quad . \quad (30)$$

Der optimale Temperaturbereich ist somit $T = 137\text{°C}$ bis $T = 174\text{°C}$. In diesem Bereich liegt lediglich eine Messung und zwar die zweite Messung der integralen Energieverteilung. Die Messreihen zur Frank-Hertz-Kurve und dem Ionisierungspotential liegen recht nahe an dem Bereich. Lediglich die Messung bei Raumtemperatur weiß nicht mal 2 Stöße auf der gesamten Röhrenlänge auf, was eindeutig zu wenige sind, um eine Anregung zu beobachten.

Frank-Hertz-Kurve

Die Frank-Hertz-Kurve ist bei dem hier vorliegenden Versuchsaufbau nur schlecht realisiert worden. Es sind nur die Maxima zwei bis vier gut und das erste schwach zu erkennen. Die Anzahl der elastischen Stöße hat nur einen Einfluss auf die Höhe der Maxima der Frank-Hertz-Kurve. Die Abstände der Maxima bleiben bei unterschiedlichen Zahlen von elastischen Stößen unverändert. Die hier berechnete Spannungsdifferenz zwischen den Maxima liegt sehr nah am Literaturwert für die ersten Anregungsenergie eines Quecksilberatoms (siehe Tabelle 7 [Gerthsen]).

Tabelle 7: Vergleich der gemessenen ersten Anregungsenergie des Hg-Atoms mit Literaturwert

Messung	Literaturwert	Abweichung
4.95 V	4.9 V	1 %

Kontaktpotential Das Kontaktpotential wird in diesem Versuch auf zwei Arten bestimmt. Beide Ergebnisse liegen zufriedenstellend nah beieinander.

$$K_1 = (3.08 \pm 0.18) \text{ V} \quad (31)$$

$$K_2 = 2.85 \text{ V} \quad (32)$$

Ionisierungsenergie

Der Literaturwert für die erste Ionisierungsenergie von Quecksilber [CODATA] ist

$$E_{\text{ION,Lit}} = 10.4375 \text{ eV} . \quad (33)$$

Das entspricht einer Beschleunigungsspannung von

$$U_{\text{ION,Lit}} = 10.4375 \text{ V} , \quad (34)$$

wovon der bestimmte Wert nur um 4 % abweicht.

6 Anhang

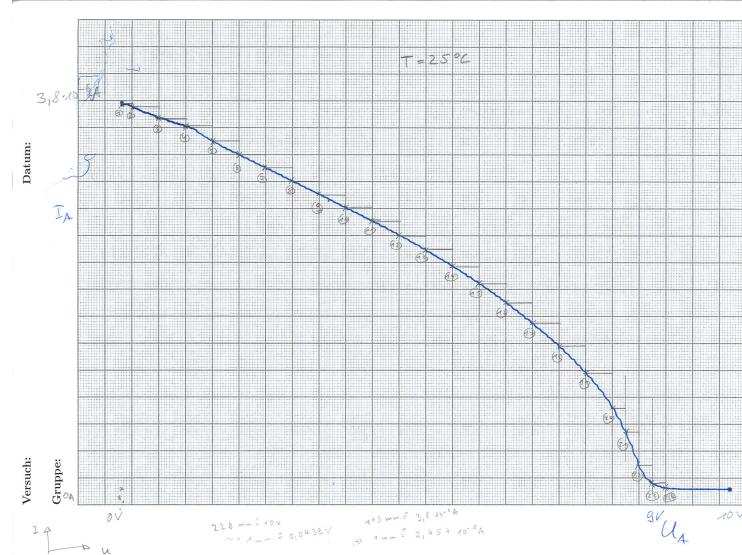


Abbildung 6: Integrale Energieverteilung bei $T = 25^{\circ}\text{C}$

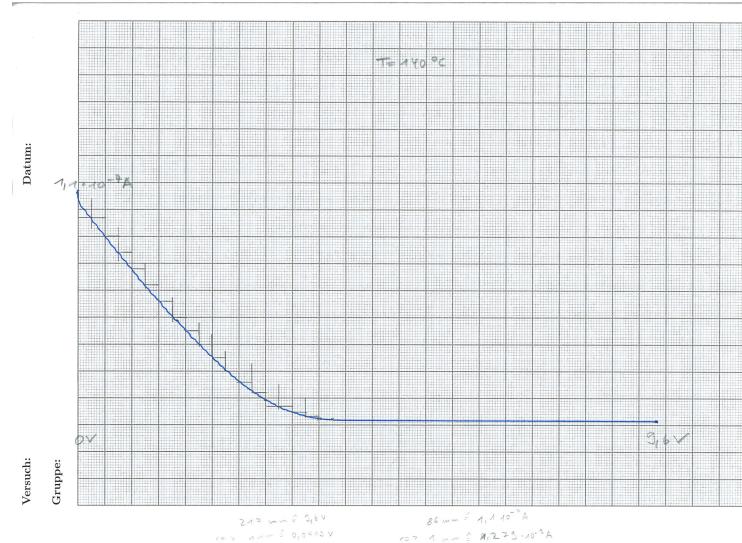
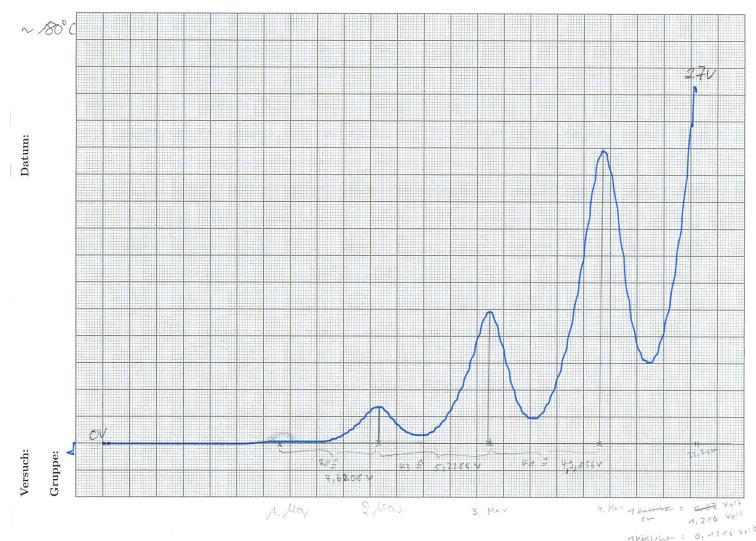
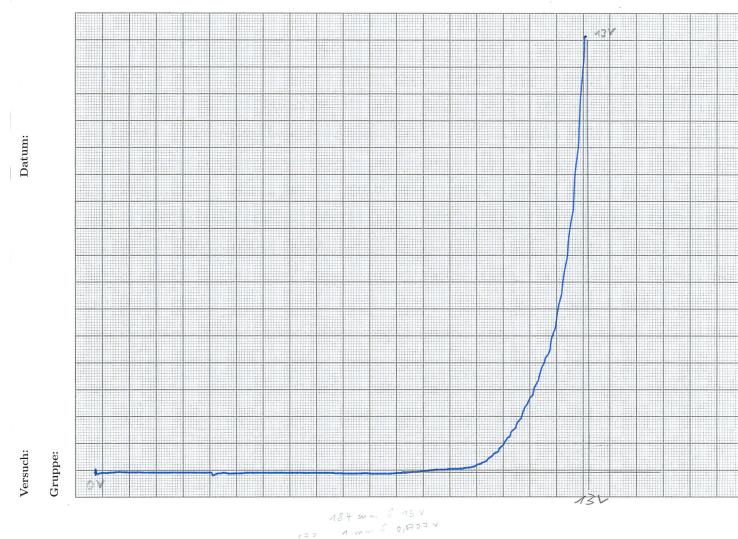


Abbildung 7: Integrale Energieverteilung bei $T = 140^{\circ}\text{C}$

**Abbildung 8:** Frank-Hertz-Kurve $T = 180^\circ\text{C}$ **Abbildung 9:** Grafik zur Bestimmung der Ionisierungsspannung $T = 100^\circ\text{C}$

7 Fragen

Kapitel 2.2: Ideale Franck-Hertz-Kurve

Warum muss die Franck-Hertz-Kurve so aussehen?

Der steile Abfall ist klar, aber der Teil davor ist unklar:

1. $|U_A| < 4.9 \text{ V}$:

Die Elektronen werden ausgelöst und haben keine kinetische Energie. U_B wird erhöht, ist aber kleiner als U_A , es wird also kein Strom gemessen. Sobald $|U_B| = |U_A| < 4.9 \text{ V}$ ist, würden sofort alle Elektronen das Gegenfeld überwinden können und als Strom gemessen. Da immer konstant viele Elektronen aus dem Glühdraht ausgelöst werden, kann dieser Strom auch nicht größer werden. Erst bei $U_B = 4.9 \text{ V}$ käme dann der abrupte Abfall, bis der Strom bei $U_B = 4.9 \text{ V} + U_A$ wieder abrupt ansteigt. Mit diesen Überlegungen sähe die Kurve aus, wie die einer Rechteckspannung.

2. $U_A > 4.9 \text{ V}$:

Hier würde doch überhaupt kein Strom gemessen oder?

Warum werden die Peaks immer höher?

Kapitel 2.3: Kontaktpotential

Warum sollte Φ_B groß sein? Weil da sonst auch Elektronen rauskämen?

Kapitel 2.3: Leitungselektronen vs $E_1 - E_0$

In der Anleitung und demnach auch in diesem Theorienteil steht, dass die Anregungsenergie die Energie $E_1 - E_0$ ist. Das suggeriert, dass ein Elektron von der innersten Schale auf die zweit-innerste angeregt wird. Kann das überhaupt gehen? Die zweite Schale ist doch voll besetzt, da ist doch gar kein Platz mehr? Andererseits, wäre eine Anregung von der äußersten besetzten Schale in die darüber viel logischer und du hast bei einem Kommentar auch von Leitungselektronen gesprochen. Das sind doch die Valenzelektronen oder nicht?

Die Frage ist: Welches Elektron wird von wo nach wo angeregt?

Todo list**Abbildungsverzeichnis**

1	Schematischer Aufbau des Frank-Hertz-Versuchs [V601]	3
2	Veranschaulichung der Zusammenhänge zwischen Austrittsarbeiten und Beschleunigungsspannung [V601]	4
3	Schaltbild zur Aufnahme einer Franck-Hertz-Kurve	6
4	Energieverteilung bei $T = 25^\circ\text{C}$ ist proportional zur Steigung des Stromes	10
5	Energieverteilung bei $T = 140^\circ\text{C}$ ist proportional zur Steigung des Stromes	12
6	Integrale Energieverteilung bei $T = 25^\circ\text{C}$	16
7	Integrale Energieverteilung bei $T = 140^\circ\text{C}$	16
8	Frank-Hertz-Kurve $T = 180^\circ\text{C}$	17
9	Grafik zur Bestimmung der Ionisierungsspannung $T = 100^\circ\text{C}$	17

Tabellenverzeichnis

1	Anzahl der Stöße in der 1 cm langen Röhre	8
2	Strom in Abhängigkeit der Spannung ($T = 25^\circ\text{C}$)	9
3	Steigung des Stromverlaufes ($T = 25^\circ\text{C}$) und zugehörige Spannungswerte	10
4	Strom in Abhängigkeit der Spannung ($T = 140^\circ\text{C}$)	11
5	Steigung des Stromverlaufes ($T = 140^\circ\text{C}$) und zugehörige Spannungswerte	11
6	Die Differenzen der Strommaxima der Frank-Hertz-Kurve entsprechen der Anregungsspannung des Quecksilberatoms	13
7	Vergleich der gemessenen ersten Anregungsenergie des Hg-Atoms mit Literaturwert	15