

## Auswertung

# Franck-Hertz-Versuch

Carsten Röttele      Stefan Schierle

Versuchsdatum: 19.06.2012

### Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Franck-Hertz-Versuch</b>	<b>2</b>
1.1	Versuchsaufbau . . . . .	2
1.2	Versuchsdurchführung . . . . .	2
1.3	Anodenstromkurve . . . . .	4
1.4	Ionisierungsarbeit von Quecksilber . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Energie der nächsthöheren Anregung von Quecksilber</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Mittlere Anregungsenergie von Neon</b>	<b>9</b>

# 1 Franck-Hertz-Versuch

## 1.1 Versuchsaufbau

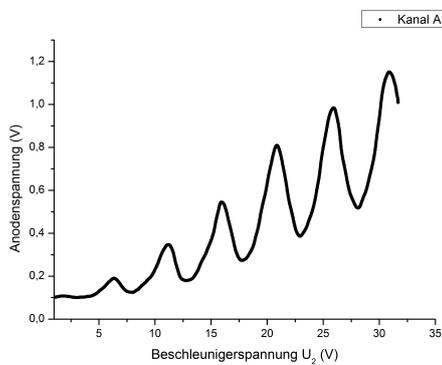
Als erstes haben wir die Versuchsanordnung laut Schaltplan aufgebaut. Die Funktionsweise der Schaltung, sowie das Zustandekommen der Frank-Hertz-Kurve wurde bereits ausführlich in der Vorbereitung besprochen.

## 1.2 Versuchsdurchführung

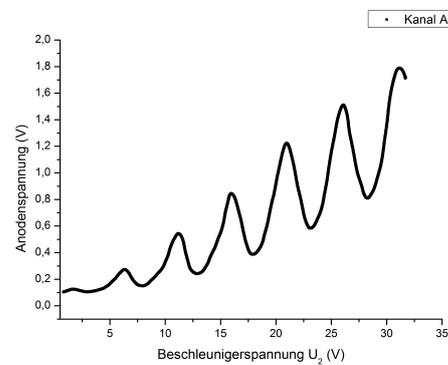
Wir haben mithilfe der Kathodenheizung versucht die Röhre laut Aufgabenstellung zuerst auf  $170^{\circ}\text{C}$  aufzuheizen. Leider war bei uns nur eine Höchsttemperatur von  $166^{\circ}\text{C}$  möglich. Wir haben nun jeweils bei maximaler Spannung  $U_2$  durch Ändern der Gegenspannung versucht, eine „schöne“ Frank-Hertz-Kurve zu bekommen. Dieses Bild konnten wir mithilfe von Picoscop 6 auf dem Computer anschauen. Damit war es auch möglich jeweils die Spannung für die ersten Maxima zu finden, sowie die Abstände der benachbarten Maxima.

Wir haben zum Erstellen der Bilder immer eine lineare Rampe statt einer Sägezahnspannung für  $U_2$  gewählt, da wir damit bessere Ergebnisse bekamen. Für die folgenden Schaubilder wurde dann die gemessene Spannung an der Anode über die Beschleunigungsspannung aufgetragen. Um nun die gesuchte Energie der niedrigsten beobachteten Anregung zu finden, haben wir wie bereits gerade eben erwähnt den mittleren Abstand zwischen den beiden Maxima gemessen.

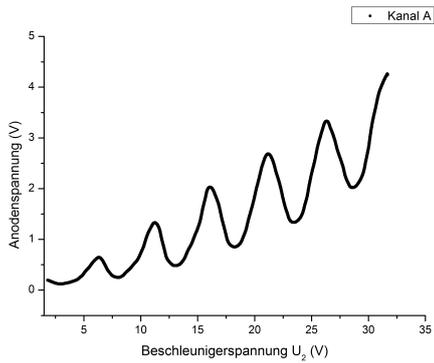
Wir erhielten dabei folgende Frank-Hertz-Kurven:



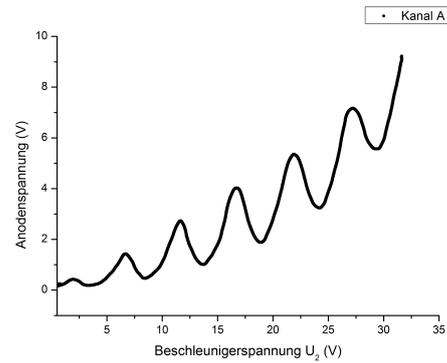
Frank-Hertz-Kurve bei  $166^{\circ}\text{C}$



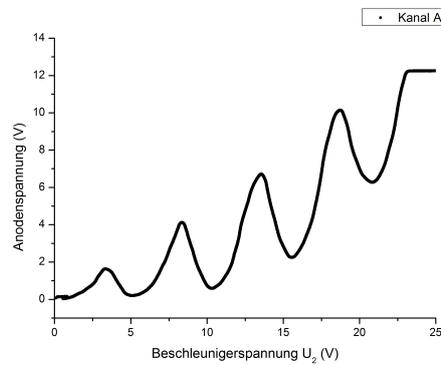
Frank-Hertz-Kurve bei  $160^{\circ}\text{C}$



Frank-Hertz-Kurve bei 150°C



Frank-Hertz-Kurve bei 141°C



Frank-Hertz-Kurve bei 120°C

Zudem soll noch die Kontaktspannung bestimmt werden. Hierbei können wir aber nur die Thermospannung berechnen, welche dem folgenden Gesetz unterliegt:

$$U_{th} = U_{1.Peak} + U_1 - n \cdot \Delta\bar{U}$$

Hierbei ist n die Anzahl des ersten messbaren Peaks und das  $\Delta\bar{U}$  steht für den Mittelwert aller Spannungsabstände der Maxima.

Mit unseren Messwerten erhält man dadurch folgende Tabelle (alle Spannungen sind dabei in Volt angegeben):

Temperatur in °C	$U_1$	$U_3$	$U_{1.Peak}$	$\bar{U}$	n	$U_{th}$
166	5,26	0	6,3	4,90	2	1,76
160	5,26	0	6,3	4,97	2	1,62
150	5,26	0	6,28	5,01	2	1,52
141	4,86	0	1,9	5,05	1	1,71
120	3,52	1,70	3,39	5,09	1	1,82

Man erkennt an unseren Mittelwerten  $\Delta\bar{U}$ , dass diese mit dem erwarteten Wert von 4,89V bei Quecksilber recht gut übereinstimmt, vor allem bei den höheren Temperaturen, während mit fallender Temperatur die Ungenauigkeit, sowie auch die Anzahl der Peaks abnimmt, was man auf den Graphen gut erkennen kann. Auch war es bei den niedrigeren Temperaturen schwieriger eine schöne Frank-Hertz-Kurve zu bekommen, sowie den genauen Maximalpunkt zu bestimmen.

Außerdem gibt erhalten wir die Kontaktspannung alle in einem Bereich zwischen 1 und 3 V, welcher auch zu erwarten war. Diese Kontaktspannung ist die Ursache für die Verschiebung des ersten Peaks nach rechts oder links, da wir diese überwinden müssen, damit wir die erste Anregung erhalten.

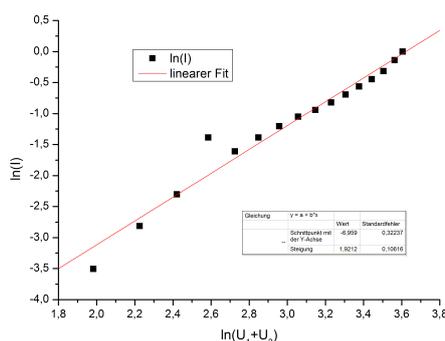
### 1.3 Anodenstromkurve

Als nächstes haben wir die Temperatur wieder auf 150°C erhöht, um anschließend mit einem neu dazu geschlossenen Strommessgerät den Strom  $I_{g2}$  an der Anode gemessen. Wir haben dabei bei einem Strom von  $1\mu A$  angefangen, den wir bei einer Spannung von 31,5V erhielten. Anschließend sind wir auf 30V heruntergegangen mit  $U_2$  und haben den neuen Strom abgelesen. Dies wiederholten wir in 2V-Schritten und notierten uns jeweils den Strom.

Um die gesuchte  $U^{3/2}$ -Abhängigkeit zu zeigen, tragen wir nun wie bereits beschrieben folgende Gerade auf:

$$\ln(I_{g2}) = \frac{3}{2}(\ln(\lambda) + \ln(U_2 + U_1 - U_{KT}))$$

Wie man schon anhand der Formel sehen kann, bräuchten wir die Kontaktspannung, welche uns aber leider unbekannt ist. Berücksichtigen wir diese nicht, sondern tragen nur zusätzlich zu unseren Werten  $U_2$  die zusätzliche Hilfsgitterspannung  $U_1 = 5,26V$  auf, so erhalten wir:

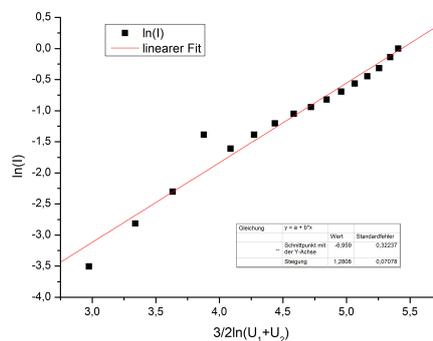


Wir erhalten durch unseren Plotter Origin die Steigung von  $m \approx 1,92$ . Dieser Wert hat eine Abweichung von 28% von der zu zeigenden Steigung von 1,5. Der Grund ist aber

hierbei, dass wir, wie schon oben erwähnt, die Kontaktspannung nicht beachtet haben. Wir können aber nun gerade diese berechnen, wenn wir die  $U^{3/2}$ -Abhängigkeit annehmen, dann lässt sich  $U_{KT}$  dadurch bestimmen, indem man zu dem vorherigen  $\ln(U)$  noch  $\frac{3}{2}$  hinzu multipliziert um anschließend aus der Steigung  $m$  die Kontaktspannung zu erhalten durch:

$$U_{KT} = \exp\left(\frac{1}{m}\right)$$

Wir haben dabei folgenden Graphen erhalten:



Wir erhalten also mit der Steigung von  $m = 1,28$  eine Kontaktspannung von:

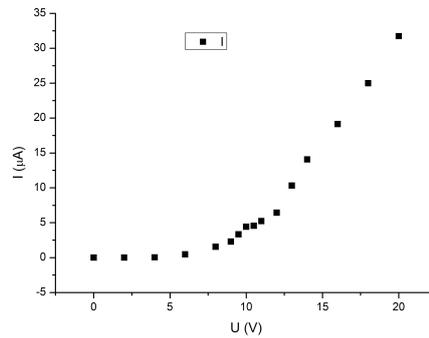
$$U_{KT} = \exp\left(\frac{1}{m}\right) \approx 2,18V$$

Man erkennt im Vergleich mit der Aufgabe 1.2, dass man im selben Bereich der Kontaktspannung liegt, auch wenn wir hier eine etwas größere erhalten.

#### 1.4 Ionisierungsarbeit von Quecksilber

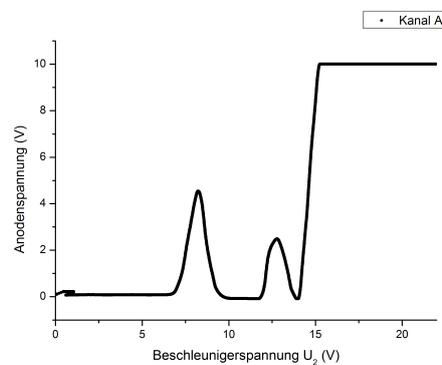
Beim nächsten Versuchsteil mussten wir als erstes wieder eine Röhrentemperatur von  $120^\circ C$  erreichen und gleichzeitig wurde  $U_1$  auf  $U_2$  gesetzt, aus dem bereits in der Vorbereitung beschriebenem Grund. Auch hier wurde im ersten Aufgabenteil wieder der Strom mithilfe eines Multimeters gemessen. Wir fingen dieses Mal aber bei  $0V$  an und erhöhten zunächst in  $2V$ -Schritten, wobei wir im Bereich  $8V$  bis  $14V$  mehrere Messungen gemacht haben, da wir in diesem Bereich die Ionisierungsarbeit von Quecksilber vermuten. Je größer dann die Spannung wurde, desto schwieriger wurde es einen Strom abzulesen, da dieser immer stärker variierte, weshalb wir bei  $20V$  stoppten.

Trägt man nun den Strom über die Spannung auf, so erhält man folgendes Schaubild:



Wir müssen uns nun den Beginn der ersten starken linearen Steigung suchen und in dort erhalten wir die gesuchte Ionisationsenergie. Wir erhalten demnach einen Wert von etwa 11,44eV. Berücksichtigt man noch die Thermokontaktspannung aus dem Aufgabenteil 1.2 bei 120°C, so ergibt sich für unsere Ionisierungsenergie einen Wert von 9,62eV, was mit dem bereits in der Vorbereitung erwähnten Literaturwert von 10,44eV eine Abweichung von knapp acht Prozent ist, wobei wir hier auf jeden Fall berücksichtigen müssen, dass wir bei unserer Apparatur Schwierigkeiten hatten  $U_2$  zu halten, da wir dort Druck auf den Regler ausüben mussten, weshalb wir das Ergebnis in einem akzeptablen Rahmen sehen.

Außerdem wurde zur Bestimmung der Ionisationsenergie noch eine weitere Messung durchgeführt. Wir haben jetzt wieder das Oszilloskop benutzt und dabei den Auffängerstrom geplottet. Wir erhielten dabei folgendes Bild:



Wir sollen hier den Punkt suchen, bei dem es einen Knick gibt, kurz vor dem zweiten Maximum. Dies ist unserem Fall bei etwa 12,19V. Allerdings müssen wir bei diesem Wert natürlich noch die Thermokontaktspannung berücksichtigen und wenn wir die aus der Aufgabe 1.2 bei 120°C nehmen, also 1,82 V so erhalten wir 10,37 V, was verglichen mit dem Literaturwert einer sehr gute Messung ist.

## 1.5 Emissionsspektrum der Gasentladung

Als wir in diesem Versuchsteil, wobei der Raum komplett dunkel war, die Glühkathode zunächst ohne die Gasentladung beobachteten, konnten wir mit einem Taschenspektroskop ein kontinuierliches Spektrum erkennen, welches in der Mitte heller war.

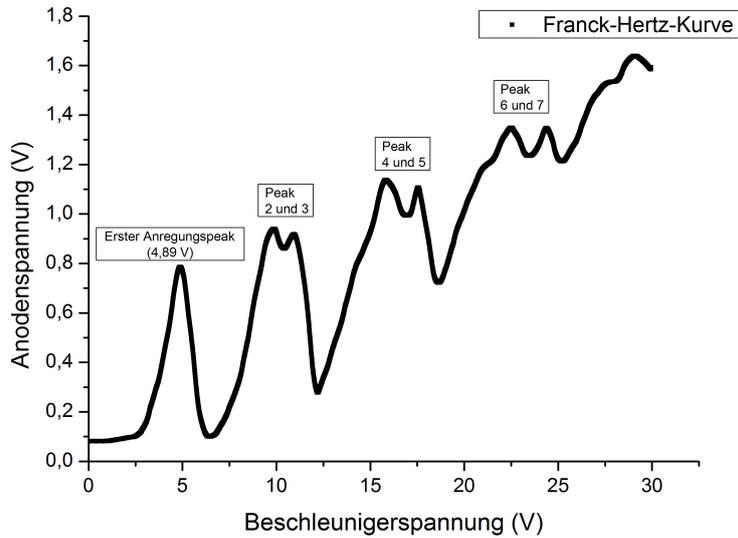
Als wir dann die Gasentladung durchführten, sahen wir zuerst einen Blitz und anschließend blieb die Glühentladung kontinuierlich. Wir konnten nun mit dem Spektroskop verschiedene scharfe Linien beobachten, nämlich violette, türkisfarbene, grüne und gelbe, während der Rest unschärfer wurde. Diese soeben genannten Farben werden also von der Glühentladung emittiert.

## 2 Energie der nächsthöheren Anregung von Quecksilber

Nun versuchten wir die Energie der nächsthöheren Anregung von Quecksilber zu bestimmen. Hierfür verwenden wir den gleichen Versuchsaufbau, wie er seit Aufgabe 1.4 verwendet wird. Jedoch muss nun durch die die Feineinstellung der Spannung an der Kathodenheizung und der Gegenfeldspannung  $U_3$  nun versucht werden eine Gasentladung zu verhindern, und doch möglichst schöne unterscheidbare Peaks zu erhalten.

zur Bestimmung des zweiten Anregungsniveaus führen wir eine Achsenskalierung durch, indem wir davon ausgehen, dass der erste einzelne sichtbare Peak dem ersten Anregungsniveau ( $U_1 = 4,89V$ ) entspricht.

Bei einer gemessenen Beschleunigungsspannung von  $U_{Messung} = 6,618V$  ist der erste Peak der Franck-Hertz-Kurve zu sehen. Deshalb korrigieren wir nun die Beschleunigungsspannung um den Offset von  $U_{Korrektur} = U_{Messung} - U_1 = 1,728V$ .



Franck-Hertz-Kurve höherer Anregungsstufen mit korrigierter Beschleunigungsspannung

Nun bestimmen wir mit Hilfe der exportierten Messdaten, die einzelnen Werte der ersten sieben zu sehenden Peaks.

Peak-Nummer	1	2	3	4	5	6	7
Beschleunigungsspannung (V)	4,89	9,88	10,95	15,83	17,55	22,51	24,39

Nun lassen sich zum Vergleich die eigentlich erwarteten Maxima ( $U_i$ ) der ersten beiden Anregungen errechnen. Dabei wird der Theoriewert der beiden Anregungen wie folgt angenommen:  $U_{1.Anregung} = 4,89V$  und  $U_{2.Anregung} = 6,70V$ . Bei der Berechnung für alle möglichen Fälle von  $n$  und  $m$  werden auch einige nicht für den Versuch relevant sein, da diese außerhalb des Messbereichs ( $> 35V$ ) sind. Diese Werte wurden bereits vernachlässigt.

$$U_i = n \cdot U_{1.Anregung} + m \cdot U_{2.Anregung}$$

$n$	1	0	2	1	0	3	2	1
$m$	0	1	0	1	2	0	1	2
$U_i$ (V)	04,89	06,70	09,78	11,59	13,40	14,67	16,48	18,29
$n$	4	0	3	2	5	1	4	0
$m$	0	3	1	2	0	3	1	4
$U_i$ (V)	19,56	20,10	21,27	23,18	24,45	24,99	26,26	26,80
$n$	3	6	2	5	1	4	7	3
$m$	2	0	3	1	4	2	0	3
$U_i$ (V)	28,07	29,34	29,88	31,15	31,69	32,96	34,23	34,77

Vergleicht man diese theoretischen Werte mit denen aus dem von uns durchgeführten Versuch, so fällt auf, dass wir im betrachteten Spannungsintervall viel mehr Peaks sehen müssten. Da wir aber bereits wissen, dass die dargestellte Franck-Hertz-Kurve bereits eine Linearkombination der ersten beiden Anregungsniveaus ist, lässt sich doch gut deuten, bei welchem Peak welche Kombinationen wirken.

Die ersten drei Peaks sind am deutlichsten zu erkennen, und hier können wir auch die wahrscheinlich genauesten Aussagen treffen. Der erste Peak befindet sich schon aufgrund der Korrektur der Beschleunigungsspannung an dem erwarteten Spannungswert von  $4,89V$ . Der erwartete erste Peak des 2. Anregungsniveaus bei  $6,70V$  ist im Graphen nicht zu erkennen, da allein schon wegen der Wahrscheinlichkeit eher ein Stoß zur 1. Anregung stattfindet. Jedoch ist es anhand einer Steigungsänderung bei ca.  $7V$  die Auswirkung dieses Peaks zu sehen. Die Peaks 2 und 3 im Graphen lassen sich dann aber doch relativ genau zuordnen. Peak Nummer 2 müsste somit bei zwei Stößen zum ersten Anregungsniveau erzeugt werden. Der dritte gemessene Peak von  $10,95V$  kann dann, auch wenn mit geringer Abweichung, der ersten Kombination beider Anregungsniveaus bei  $11,59V$  zugeordnet werden. Bei den Peaks höherer Ordnung kann man auch erkennen, aus welchen theoretisch erwarteten Werten diese sich zusammensetzen, wobei die Franck-Hertz-Kurve bei höheren Beschleunigungsspannungen immer schwerer zu deuten wird, da hier immer mehr Überlagerungen der beiden Anregungsniveaus stattfinden.

Genauere Betrachtung des dritten gemessenen Peaks:

Mit diesem Peak kann man nun die nötige Beschleunigungsspannung und somit die Energie für die nächsthöhere Anregung bestimmen. Da wir aufgrund des Vergleichs mit den Theoriewerten herausgefunden haben, dass der dritte Peak aus einer Linearkombination jeweils eines Stoßes beider Anregungsniveaus ist, kann man durch die obige Formel die im Versuch nötige Anregungsenergie berechnen.

$$U_{2.Anregung} = 10,95V - 4,89V = 6,06V$$

Dabei muss man beachten, dass diese Messung stark fehlerbehaftet ist, da die Kontaktspannung des Versuchsaufbaus nicht bekannt ist, und die Beschleunigungsspannung somit nur ungenau korrigiert wurde. Die Abweichung von  $9,55\%$  von den erwarteten  $6,70V$  ist daher nur gering.

### 3 Mittlere Anregungsenergie von Neon

Am Oszilloskop untersuchten wir die von der Neon-Franck-Hertz-Röhre angezeigte Kurve. Wir konnten anhand der Bildschirmskalierung und der Möglichkeit die Kurve gegen diese Skalierung zu verschieben, die Abstände der Maxima bestimmen. Dabei ist jedoch zu bemerken, dass hierbei eine Ungenauigkeit beim Ablesen vorliegen kann.

Die gemessenen Abstände der vier Maxima der erzeugten Franck-Hertz-Kurve betragen:

$$\frac{U_{1,2}}{18V} \mid \frac{U_{2,3}}{18V} \mid \frac{U_{3,4}}{18V}$$

So kann man schon ohne Mittelwertbildung sagen, dass die mittlere Anregung von Neon bei  $18eV$  liegt. Dies entspricht der Erwartung, dass die mittlere Anregung auf jeden Fall unterhalb der Ionisierungsenergie von  $21,4eV$  und oberhalb der aus der Literatur bekannten ersten Anregungsstufe bei  $16,6eV$  liegt.