

Der Franck-Hertz-Versuch

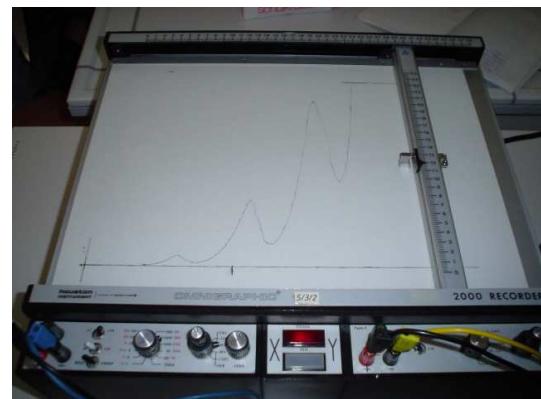
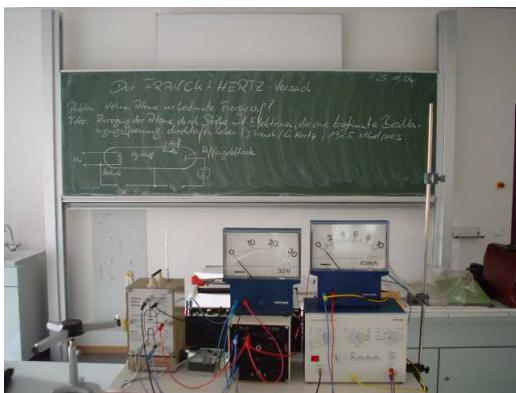
Hintergrund:

In der Physik wurden schon immer neue Sachen entdeckt. Nachdem dieses Neue jedoch erforscht wurde, mussten häufig alte Theorien völlig überworfen werden. So zum Beispiel stellte sich das Atommodell der Schalen und der auf Bahnen um den Atomkern kreisenden Elektronen nach neuen Erkenntnissen in der Atom- und Quantenphysik als auch nicht vollkommen richtig heraus. Es musste jetzt also Untersucht werden, was genau es jetzt mit dem Atom auf sich hat. Dabei bot sich an, auch den Zusammenhang zwischen den Atomen und den zugehörigen Spektrallinien zu untersuchen. Das alte Modell konnte nämlich das Zustandekommen der Spektrallinien nicht erklären. Um in diesem Bereich Untersuchungen anstellen zu können starteten J. Franck und G.L. Hertz einen Versuch, den ich im Folgenden näher beschreibe.

Aufbau:

Der Versuch besteht aus einer Franck-Hertz-Röhre, an die drei Spannungen angelegt sind. Zum einen eine Heizspannung um im Inneren der Röhre im unteren Teil Elektronen aus einem Draht zu lösen. Diese Elektronen werden dann durch die Beschleunigungsspannung in Bewegung versetzt. Dies geschieht jedoch nur bis zum Anodengitter. Danach werden sie durch die angelegte Gegenspannung wieder gebremst.

Die Röhre besteht somit aus einem Körper, der einen Glühdraht (Kathode), ein Gitter (Anode) und eine Auffangelektrode beinhaltet. Außerdem ist in diesem geschlossenen Körper idealerweise ein reiner Quecksilberdampf als Umgebung zu finden. Zur Aufnahme der Ergebnisse wurde zwischen dem Gitter und der hinteren Anode ein Ampermeter geschaltet. Außerdem werden Beschleunigungsspannung und der gemessene Strom mithilfe eines x-y-Schreibers aufgenommen.



Durchführung:

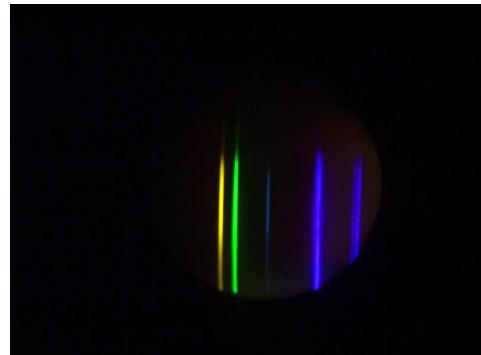
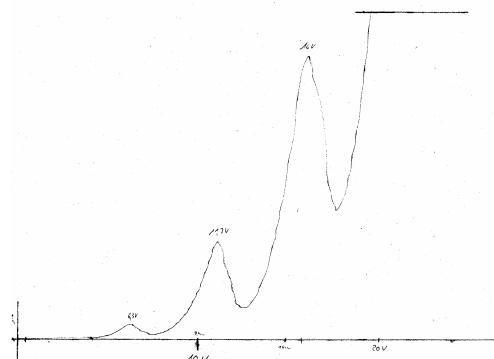
Zunächst wird das sich in der Röhre befindliche Quecksilber auf ungefähr 170° Celsius erhitzt. Dadurch wird sichergestellt, dass das Quecksilber gasförmig ist. Sowohl die Heizspannung, als auch die Gegenspannung werden zu Beginn des Experiments eingestellt und im weiteren Verlauf nicht mehr verändert. Die einzige Größe, die verändert wird ist die angelegte Beschleunigungsspannung. Am Anfang steht sie auf Null und wird dann langsam auf bis zu 30 Volt erhöht.

Beobachtung:

Der x-y-Schreiber liefert uns folgendes Bild. Es lässt sich also erkennen, dass der gemessene Strom ansteigt, sobald die Beschleunigungsspannung größer ist, als die Gegenspannung. Diese Steigung ist jedoch nur bis zu einem gewissen Punkt zu beobachten. Dieser Punkt hat den x-Wert von ungefähr 5 Volt. Danach sinkt der Strom schnell ab, bis er bei ungefähr 7,5V seinen Tiefpunkt erreicht hat. Es kommt wieder zu einem Anstieg des Stroms. Es wiederholt sich ab jetzt das eben beschriebene Szenario. Die x-Werte der weiteren Maxima und Minima sind jeweils ein ganzzahliges Vielfaches des x-Wertes des jeweils ersten Maximums bzw. Minimums (minus Gegenspannung).

Ab einer Beschleunigungsspannung von ungefähr 20V (abhängig von der Temperatur des Gases) kommt es zu einem sehr starken Anstieg des zu messenden Stroms. Ein Abfall ist nun nicht mehr zu verzeichnen:

Parallel zur Beobachtung des Stroms ist in der Röhre ein bläuliches Leuchten zu sehen. Je höher die Beschleunigungsspannung, umso stärker ist das Leuchten. Steigt die Beschleunigungsspannung auf über 10V, so lassen sich zwei "Schichten" innerhalb des Glühens erkennen. Mit einem Spektrometer können wir die einzelnen Spektrallinien bestimmen, die in diesem Blau zu finden sind. Siehe Bild:



Deutung:

Legt die Beschleunigungsspannung unter 4,9V, so haben die Elektronen nicht genug Energie um ein Elektron des Quecksilber-Atoms auf ein höheres Energieniveau zu heben. Es kommt zu keiner Wechselwirkung, die beschleunigten Elektronen prallen ohne Energieverlust ab (elastischer Stoß) und bewegen sich weiter in Richtung Gitter. Beträgt die Beschleunigungsspannung 4,9V oder ein wenig mehr, so hebt genau ein beschleunigtes Elektronen genau ein Elektron eines Quecksilber-Atoms (in Gitternähe) auf ein höheres Energieniveau. Danach wird das Elektron wieder beschleunigt, hat aber aufgrund der noch recht geringen Beschleunigungsspannung nicht genug Zeit, um bis zum Gitter stark genug beschleunigt zu werden, sodass es schon am Gitter abfließt und die hintere Kathode nicht mehr erreicht, es kann daher kein Strom gemessen werden. Ein geringer Strom ist zwar dennoch zu verzeichnen, dies liegt jedoch daran, dass nicht jedes beschleunigte Elektron noch kurz vor dem Gitter ein Atom trifft. Trifft es zu weit vor dem Gitter auf ein Atom, so tritt der oben beschriebene Fall des elastischen Stoßes auf. Die Wechselwirkung mit einem Elektron kann erst kurz vor dem Gitter stattfinden, da es sich um eine beschleunigte Bewegung handelt, die Energie des Elektrons steigt also von 0eV auf die (in diesem Fall $\sim 4,9\text{eV}$). Erhöhen wir die Beschleunigungsspannung langsam, so ist der Restweg (vom Atom bis zum Gitter) groß genug, um eine Geschwindigkeit (oder auch Energie) zu erreichen, die es zulässt die angelegte Gegenspannung zu überwinden und zu der hinteren Kathode zu gelangen. Wir können jetzt also wieder einen höheren Strom messen. Bei ungefähr 10V kann das beschleunigte Elektron schon nach der Hälfte der Strecke ein Elektron eines Quecksilber-Atoms auf ein höheres Energieniveau heben. Es wird dann wieder beschleunigt und hat dann kurz vor dem Gitter wiederum genug Energie, sodass es ein weiteres Elektron auf ein höheres Energieniveau heben kann. Aber auch dieses Mal reicht die Geschwindigkeit, die bis zum Gitter erreicht wird nicht, um die Gegenspannung zu überwinden. Das Elektron fließt also am Gitter ab. Dieses Spiel wiederholt sich jetzt noch bis zu einer Beschleunigungsspannung von 20V. Bei dieser Spannung wird die Energie der beschleunigten Elektronen so groß, dass sie die Elektronen aus dem Quecksilber Atom schlagen. Es kommt daher zur Ionisation des Gases.

Wurde ein Elektron auf ein höheres Energieniveau gehoben, so verweilt es dort kurze Zeit. Da diese Position jedoch instabil ist fällt es irgendwann wieder und emittiert dabei Lichtquanten. Daher ist dann das bläuliche Leuchten zu sehen. Es gibt jedoch bei jedem Atom einer Art verschiedene Energieniveaus. Zum besseren Verständnis folgt ein Bild zu den Niveaus eines Wasserstoffatoms. (Das Bild zum Quecksilber-Atom wäre an dieser Stelle zu unübersichtlich und würde nicht zum besseren Verständnis beitragen.) Daraus ergeben sich die unterschiedlichen Spektrallinien, die sich hinter diesem blauen Glühen verborgen.

