

# Der Franck-Hertz-Versuch

Der Franck-Hertz-Versuch ist ein Versuch zur Untersuchung der Anregung von Gasatomen durch unelastische Stöße von Elektronen.

Für die Durchführung des Franck-Hertz-Versuches verwendete unsere PL-Gruppe die He-Triode und die Neon-Triode, auch bezeichnet als Neon-Franck-Hertz-Röhre. Mit der He-Triode konnte jedoch keine Meßreihe aufgenommen werden.

Bei der Neon-Franck-Hertz-Röhre wurden 3 Meßreihen mit dem Schreiber und 1 Meßreihe durch Ablesen der Stromstärke aufgenommen. Für die Neon-Triode erhielten wir als Mittelwert aus den Energiedifferenzen  $(18 \pm 1)$  eV. Die aufgenommene Energie wurde in Form von Licht der Wellenlängen 600 – 700 nm emittiert. Der zugehörige Energiebereich liegt bei ungefähr 1,77 bis 2,07 eV. Dies entspricht dem Absorbtionsspektrum von Neon.

**PG 268**

**Tutorin:** Cornelia Sing

**Teilnehmer:**

Daniel Guyot

Diana Bednarczyk

Fabian Fleischer

Heinrich Südmeyer

Inkje Döring

Ramin Torabi

René Könnecke

# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	Seite 2
2. Prinzip des Franck-Hertz-Versuches	Seite 2
3. Aufbau	Seite 3
3.1. Geräteliste	
3.2. Versuchsaufbau mit Durchführung	
4. Auswertung	Seite 4
5. Resümee	Seite 6
6. Literaturverzeichnis	Seite 6

## 1. Einleitung

Die Durchführung des Franck-Hertz-Versuches durch unsere Pl-Gruppe beruht auf der Erkennung der historischen Bedeutung dieses Versuches. Er bewies 1931 erstmals, daß Atome nicht nur durch Strahlung, sondern auch durch unelastische Stöße von Elektronen in den angeregten Zustand gebracht werden können. Zudem bewies der Versuch die Aufnahme von ganz bestimmten Energien. Diese Energien, die wieder in Form von Strahlung emittiert werden, weisen darauf hin, welche Energiedifferenzen zwischen den einzelnen Energieniveaus vorherrschen. Elektronen, die nicht eine bestimmte Energie besitzen, die mindestens der Differenz zwischen zwei Energieniveaus entsprechen, werden nicht von den Atomen absorbiert. Damit wiesen Franck und Hertz die konkreten Energiezustände in Atomen nach.

Aufgrund der großen Bedeutung des Versuches für die Atomphysik versuchten wir nicht nur die Maxima nachzuweisen, sondern sie auch optisch zu zeigen. Damit war klar, daß wir ein Gas nutzen mußten, welches Lichtquanten im optischen Bereich emittiert. Hierfür eignete sich gut Neon. Nichtsdestotrotz wollten wir auch einen Versuch mit einem Gas durchführen, welches von keiner Gruppe bis jetzt verwendet wurde, nämlich Helium.

## 2. Prinzip des Franck-Hertz-Versuches

Das Kernstück des Franck-Hertz-Versuches besteht aus einer mit Gas gefüllten Triode. In unserem Fall befand sich einmal Neon und zum anderen Mal Helium in der Triode.

Die Elektronen, die durch die Heizspirale ausgelöst wurden, wurden in einem elektrischen Feld zwischen Heizspirale und Gitter beschleunigt. Den Elektronen wird somit permanent Energie zugeführt. Alle Elektronen, die nicht auf die Anode, also das Gitter, treffen, bewegen sich durch die Anode hindurch zu einer zweiten Elektrode, wo sich auch das Stromstärke-Meßgerät befindet. Um nur Elektronen mit einer Mindestenergie die zweiten Elektrode erreichen zu lassen, wurde zwischen der zweiten Elektrode und der Anode ein Gegenfeld von 1,2V angelegt.

Auf dem Weg der Elektronen innerhalb der Triode stoßen die Elektronen auf die jeweiligen Gasatome, die die Triode füllen. Solange die Elektronen nicht genügend Energie besitzen, um unelastische Stöße auszuführen, führen sie mit den Gasatomen nur elastische Stöße aus. Besitzen die Elektronen die entsprechende Energie, so muß noch eine bestimmte Wahrscheinlichkeit gegeben sein, um unelastische Stöße auszuführen. Sobald sie unelastische Stöße ausführen, besitzen die Elektronen nicht mehr genügend Energie, um die Gegenspannung zu überwinden. Somit geht trotz steigender Beschleunigungsspannung der Stromfluß an der 2. Elektrode zurück, siehe Skizze: (I.). Ist die Weglänge zwischen den Stößen und der Anode groß genug, um die Gegenspannung zu überwinden, nimmt der Stromfluß mit steigender Beschleunigungsspannung wieder zu, siehe Skizze: (II.).

Die unelastischen Stöße können mehrmals ausgeführt werden, immer dann, wenn die Elektronen genau die Energie besitzen, die die Atome brauchen, um angeregt zu werden. Das Auftreten der unelastischen Stöße beginnt an dem Gitter und bewegt sich mit steigender Beschleunigungsspannung permanent Richtung Kathode (Heizspirale). Werden die Elektronen so stark beschleunigt, dass sie sogar mehrere unelastische Stöße ausführen können, so beginnt auch jeder weiterer unelastischer Stoß am Gitter und verschiebt sich Richtung Kathode, je nach Beschleunigungsspannung. Damit entstehen mehrere Gebiete, in denen die Elektronen unelastische Stöße ausführen.

Dieser Ablauf wird durch die charakteristischen Diagramme des Franck-Hertz-Versuches beschrieben, siehe Skizze. Die Spannungsdifferenzen zwischen den Maxima müssen theoretisch immer gleich sein. Multipliziert man diese Differenz mit der Elementarladung  $e$ , so erhält man die Energie, die die Gasatome absorbieren können.

Die abgegebene Energie der Elektronen an die Gasatome wird wieder als Lichtquant emittiert. Die Energie des Lichtquants entspricht der Energiedifferenz zwischen zwei Energieniveaus. Die Summe der abgegebenen Lichtquanten eines Atoms ist gleich der aufgenommenen Energie durch den unelastischen Stoß.

### 3. Aufbau

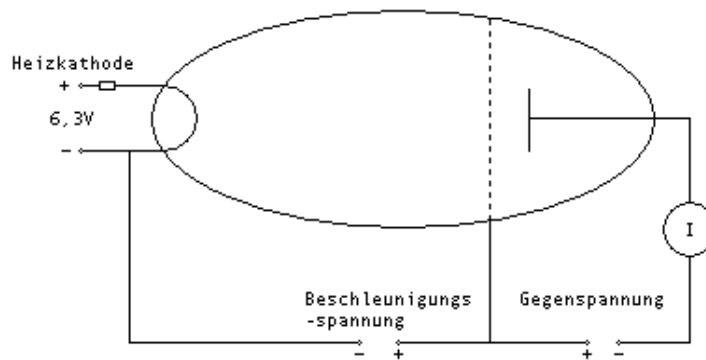
#### 3.1. Geräteliste

GERÄTE	PL-INVENTARNUMMERN
Netzgerät	016 b
Netzgerät	015 b
Netzgerät	014 b
Netzgerät	685 c
Verstärker	036 a
He-Triode	683 c
Ne-Franck-Hertz-Röhre	683 e
x-y-Schreiber	

#### 3.2. Versuchsaufbau mit Durchführung

Zuerst bauten wir die He-Triode auf. Die Triode wurde mit Schraubzwingen auf 2 Ständern befestigt. Relativ am Anfang erfuhren wir über das Netzgerät, welches genau 6,3V liefert, also ideal für unsere Heizspirale war. Nachdem wir alles angeschlossen hatten, siehe Skizze, merkten wir, dass die Beschleunigungsspannung zu niedrig war, um mehr als nur 1 Maximum zu erhalten. Uns wurde klar, wir können keine vernünftige Meßreihe mit der He-Triode erhalten. Diese Erkenntnis gewannen wir vor allem aufgrund dessen, dass wir kein Netzgerät fanden, welches Spannung über 60V bringt und zusätzlich noch eine Feineinstellung besitzt. Das nächstliegende Netzgerät über 60V war das Netzgerät, welches erst ab 250V Spannung liefert. **ACHTUNG: DIESES NETZGERÄT NICHT FÜR EINE DER BEIDEN TRIODEN BENUTZEN.** Jeder, der es dennoch probiert wird nur eine Gasentladung feststellen und wahrscheinlich dabei die Geräte zerstören. Die Verknüpfung zweier Netzgeräte funktionierte auch nicht.

### Schaltplan für die Helium-Triode

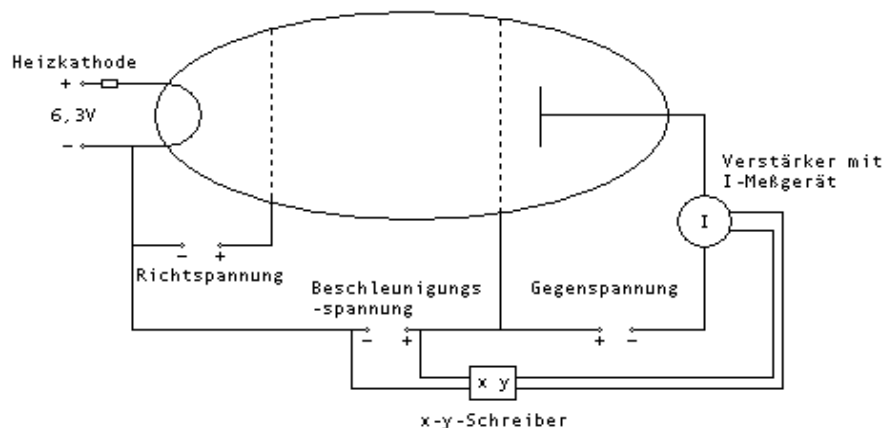


Nun wurde die Neon-Röhre in den Schaltkreis eingebaut. Von anderen Kommilitonen erfuhren wir nun vom Nichtvorhandensein einer Anleitung zur Neon-Franck-Hertz-Röhre. Zudem gab es zwei unterschiedliche Interpretationen der Angaben auf der Röhre. Deshalb bauten wir sie auseinander und FUNKTIONSTÜCHTIG wieder zusammen. Es stellte sich heraus, dass die Anode das obere Gitter war, die Steuerungsspannung am unterem Gitter anlag, die Kathode sich wiederum unter den beiden Gittern befand und die Heizspannung mit der Bezeichnung übereinstimmte.

Die Röhre wurde nun sachgemäß angeschlossen. Zum Überprüfen der Schaltung muß gesagt werden, dass wir zuerst annahmen, dass man den Strom einfach mit einem Stromstärke-Meßgerät messen könne. Jedoch stellte sich heraus, dass das anfänglich gedachte Versagen der Schaltung an der zu geringen Stromstärke lag. Somit wurde ein Meßverstärker eingebaut und alles funktionierte. Wir überprüften danach, ob man optisch die Maxima erkennt. Ja, im dunklen Raum lassen sich bis zu 3 Maxima erkennen.

Da uns die Möglichkeit der Übertragung der Meßwerte auf den Computer versagt blieb, mußten wir wieder einmal den x-y-Schreiber verwenden, welches wiederum „rege Begeisterung“ weckte. Sieht man sich unsere aufgenommenen Kurven an, so erkennt man warum. Hierzu muß gesagt werden, wir haben die Kurven mit Geduld und Geschick aufgenommen. Wir sind froh überhaupt solche guten Kurven mit dem x-y-Schreiber erhalten zu haben. In der Skizze erkennt man, wie dieser angeschlossen wurde. Nachdem wir es nun endlich, wieder einmal nach langer Zeit, geschafft hatten den Schreiber einzustellen, machte er sich bei der Messung des öfteren selbständig, was zu einer kreativen Gestaltung der Franck-Hertz-Kurven führte.

### Schaltplan für die Neon-Franck-Hertz-Röhre



#### 4. Auswertung

Im Allgemeinen war es uns wichtig, die Diagramme des Franck-Hertz-Versuches zu erhalten und die Energieniveaus zu messen. Unsere Kurven stimmen, wie man erkennen kann, grob mit den Diagrammen eines Franck-Hertz-Versuches überein.

Theoretisch müßte der Schreiber immer wieder ein und dieselbe Kurve zeichnen egal wie oft man den Versuch durchführt. Jedoch läßt sich im Diagramm erkennen, dass keine 2 der 3 Kurven übereinstimmen, obwohl in der Schaltung überhaupt nichts verändert wurde. Jedes Mal, wenn die Beschleunigungsspannung für einen kurzen Moment nicht erhöht wurde, zeichnete der Schreiber trotzdem etwas. Daher war es uns nicht möglich das Diagramm zu skalieren.

Jedoch eine Messung mit dem Verstärker ohne Schreiber ergab folgende Ergebnisse:

	Beschleunigungsspannung	Gemessene Stromstärke
<b>1. Maximum</b>	18 V	12 nA
<b>1. Minimum</b>	23 V	6,6 nA
<b>2. Maximum</b>	35 V	25 nA
<b>2. Minimum</b>	41 V	19,5 nA
<b>3. Maximum</b>	54 V	36 nA

Sieht man sich die Differenzen der Beschleunigungsspannungen zwischen den Maxima an, so erhält man folgende Werte:

Maxima	Spannungsdifferenzen
1. und 2.	17 V
2. und 3.	19 V

Das Mittel aus den Spannungsdifferenzen beträgt  $(18 \pm 1)V$ , das entspricht einer Energie von  $(18 \pm 1)eV$ . Die Energie von ungefähr  $18eV$  benötigt das Neon – Atom um in den angeregten Zustand zu gehen. Ein Elektron dieses Atoms befindet sich nun auf einem höheren Energieniveau. Je nach der Wahrscheinlichkeit springt es auf ein Energieniveau herunter, welches zwischen dem jetzigen und dem ursprünglichen Energieniveau liegt.

Jedes Energieniveau besitzt zu einem anderen Energieniveau eine unterschiedliche Energiedifferenz. Somit liegt es an der Wahrscheinlichkeit, welches Lichtquant wieder emittiert wird. Aufgrund dessen, dass viele Neon – Atome angeregt werden, emittieren sie, je nach der Wahrscheinlichkeit, unterschiedliche Lichtquanten. Daraus folgt, dass das Neon – Gas Lichtquanten unterschiedlicher Energie und Intensität emittiert. Mit der Formel  $E=h*f$  lassen sich die Frequenzen bzw. die Wellenlängen bestimmen. Die erhaltenen Wellenlängen gehören zu den Neonspezifischen Spektrallinien.

In unserem Experiment sahen wir rote Spektrallinien. Diese Linien liegen im Wellenbereich von  $600 - 700 \text{ nm}$ . Das entspricht einer Energiedifferenz von ungefähr  $1,77$  bis  $2,07eV$ . Da die Neon – Atome ungefähr  $18eV$  absorbieren, werden die Elektronen beim Zurückspringen auf das ursprüngliche Energieniveau mehrere Energieniveaus betreten und somit unterschiedliche Energien abgeben. Das hat zur Folge, dass unterschiedliche Linien aus diesem Wellenbereich emittiert werden. Sieht man sich das Termschema von Neon an, so sieht man die vielen Linien in dem genannten Bereich.

Nun zur He-Triode. Der einzige erhaltene Meßwert liegt bei einer Beschleunigungsspannung von  $56V$ . Die erzeugte Stromstärke liegt sogar im Mikrovolt-Bereich. Nach unseren Erkenntnissen müßte theoretisch bei dem erhaltenen Maximum eine Linie im optischen Bereich und zwar im roten Bereich erkennbar sein. Warum wir nichts sahen, wissen wir nicht. Jedenfalls blieb uns dieses optische Ereignis verborgen.

## **5. Resümee**

Wir kamen zu dem Schluß, daß es lohnt, den Franck-Hertz-Versuch durchzuführen. Hierbei können unterschiedliche Trioden verwendet werden. Vielleicht funktioniert irgendwann die Quecksilber-Triode wieder und man könnte sogar 3 Trioden nutzen und damit 3 unterschiedliche Gase untersuchen. Schafft man es auch, eine Spannung zu erzeugen, die über 60V liegt und dabei noch fein regulierbar ist, dann kann man wahrscheinlich auch mit der He-Triode eine gute Meßreihe aufnehmen. Vielleicht ist man sogar so gut, daß man die Linien der He-Triode optisch nachweisen kann.

Das Ziel unserer Pl-Gruppe war es ein charakteristisches Diagramm aufzunehmen. Dieses Ziel wurde zwar erreicht, aber aufgrund des Schreibers eben nicht sehr gut. Des weiteren gehen wir im nächsten Experiment auf den Photoeffekt ein, welcher den Umkehrprozess zu der Idee des Franck-Hertz-Versuches darstellt.

## **6. Literaturverzeichnis**

Joachim Grehn, Joachim Krause, Metzler Physik, Schroedel Verlag 1999, 3. Auflage, S.577ff