

## Der Frank-Hertz-Versuch mit einem Quecksilber-Neon-Gasmisch

### Hintergrund:

Aus den vorherigen Versuchen ist bekannt, dass Elektronen nur bestimmte Energiebeträge aufnehmen, diese befördern die Elektronen auf ein höheres Energieniveau innerhalb des Atoms (siehe z.B. Termschema rechts).

Die Elektronen bleiben aber nicht auf diesen höheren Energieniveaus, sondern geben die aufgenommene Energie in Form von Lichtquanten wieder ab und kehren in den Anfangszustand zurück. Diese Lichtquanten sind stoffspezifisch, dass heißt für jede Atomart nehmen die Elektronen unterschiedliche Energiebeträge auf und senden Lichtquanten unterschiedlicher Wellenlängen aus.

Des weiteren haben wir herausgefunden, dass die aufgenommen Energien immer ein Vielfaches der Energie betragen, die bei dem jeweiligen Atom notwendig sind um Elektronen auf das erste Energieniveau zu bringen. Sollte die Energie ein n-faches der Anfangsenergie betragen so wird das Elektron auf das n-te Energieniveau befördert, wenn es nun in den Ausgangszustand zurückkehrt, springt es jeweils nur ein Energieniveau tiefer und gibt auch nur einen Bruchteil der Energie in Form von Licht ab, dies geschieht solange bis das Elektron wieder in seinem Ausgangszustand angekommen ist.

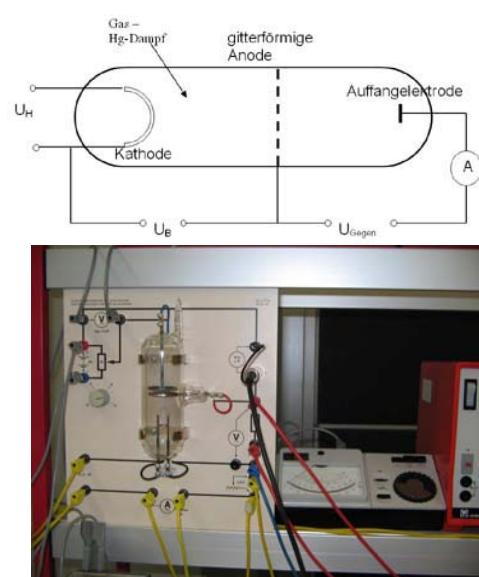
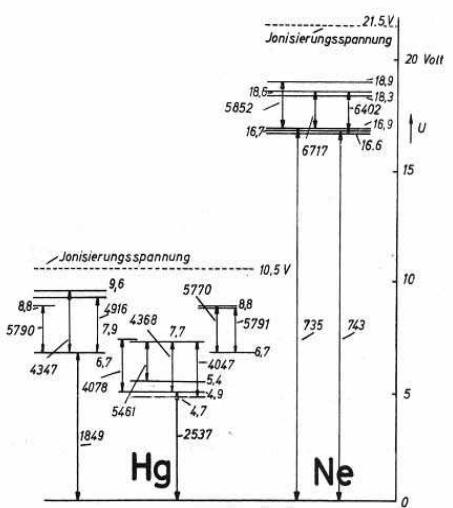
Außerdem haben wir festgestellt, dass bei Quecksilber für die Anregung der Elektronen auf das erste Energieniveau eine Anfangsenergie von 4,9eV (bzw. eine  $U_B$  von 4,9V) und bei Neon eine Energie von 16,6eV (bzw. eine  $U_B$  von 16,6V) notwendig ist (siehe Termschema). Beim FHZ-Versuch mit Hg erschien bei einer  $U_B$  von ca. 10V vor der Gitteranode eine blaue Leuchtschicht. Erhöhte man  $U_B$  weiter so begann die Leuchtschicht in Richtung Glühkathode zu wandern und bei jeder Erhöhung von  $U_B$  um 4,9V erschien eine weitere Leuchtschicht am Gitter. Der Franck-Hertz-Versuch mit Neon verhält sich im Grunde genommen genauso, doch sind bei Neon Beschleunigungsspannungen von n-mal 16,6 V für die Anregung der Elektronen notwendig und es liegt ein rotes Leuchten vor.

In diesem Versuch soll nun untersucht werden, ob sich ein Gemisch aus beiden Gasen genauso oder ganz anders verhält.

### Versuchsaufbau:

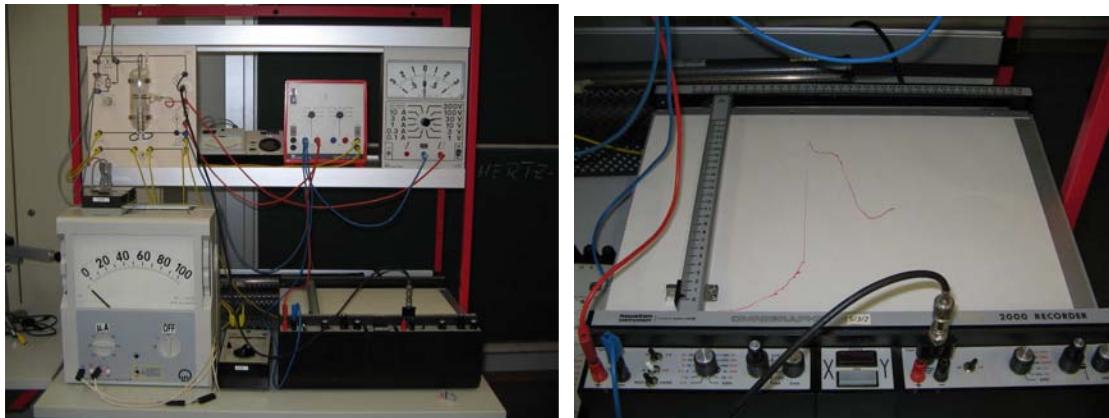
An die, in diesem Versuch mit einem Quecksilber-Neon-Gasmisch gefüllte Franck-Hertz-Röhre, werden drei Spannungen angelegt:

- Die **Heizspannung**, diese sorgt dafür, dass Elektronen aus der Glühkathode herausgelöst werden.
- Die **Beschleunigungsspannung**, die diese herausgelösten Elektronen auf der Strecke zwischen der Glühkathode und der Gitteranode beschleunigt.
- Und die **Gegenspannung**, die die Elektronen hinter dem Gitter wieder abbremst.



Im Gegensatz zu den vorherigen Versuchen mit Quecksilber, wird in diesem auf die Erwärmung der Röhre (auf 170°C) verzichtet. In diesem Fall herrscht in der Röhre ein Unterdruck (1,5 mBar), wodurch das Quecksilber auch bei Raumtemperatur im Gaszustand vorliegt.

Die Beschleunigungsspannung und der zwischen Gitter und der hinteren Anode gemessene Strom werden mithilfe eines X-Y-Schreibers, abhängig voneinander aufgenommen.



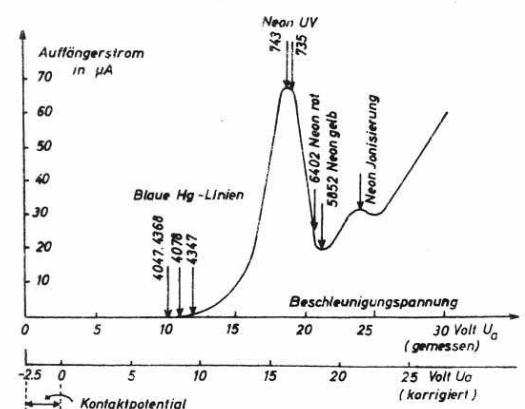
### Durchführung:

Als erstes werden die Heiz- und die Gegenspannung auf feste Werte eingestellt und im weiteren Verlauf nicht mehr verändert. Danach kann das eigentliche Experiment beginnen, die Beschleunigungsspannung wird langsam erhöht und der dabei fließende Strom in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung mit dem X-Y-Schreiber festgehalten.

### Beobachtung:

Der X-Y-Schreiber liefert folgendes Bild. Es ist zu erkennen, dass bei Erhöhung der Beschleunigungsspannung zunächst nichts passiert, doch ab einer  $U_B$  von ca. 10V steigt der Strom plötzlich sehr stark an und fällt ab  $U_B=16V$  wieder ab. Erwartet hatten wir, dass schon bei 4,9V ein Maximum des Stromes zu finden ist, doch ist dies hier nicht so, wir haben ein Maximum bei 16V und eins bei ca. 22V, vermutet hatten wir mehrere Maxima und Minima.

Außerdem ist zu beobachten, dass bei einer Beschleunigungsspannung von ca. 9V das Gas anfängt blau zu leuchten und nach einer weiteren Erhöhung der Spannung (ca. um 11V) wird dieses Leuchten von einem rötlichen leuchten abgelöst. Besonders ist daran, dass die gesamte Röhre von dem Leuchten ausgefüllt ist und nicht wie in den anderen Versuchen nur einzelne Leuchtschichten auftreten.



## **Deutung:**

Diese Beobachtungen lassen sich zum einen mit den schon aus den anderen Versuchen bekannten Grundsätzen der Eigenschaften von Elektronen begründen. Die Elektronen können nur bestimmte Energiebeträge aufnehmen, die sie dann auf ein höheres Energieniveau innerhalb des Atoms befördern. Solange die gelieferte Energie unter diesem Grundwert liegt prallen die Elektronen einfach nur an den Elektronen des Atoms ab, es kommt zu keinerlei Energieübertragung (elastischer Stoß).

Damit aber erst mal ein Stromfluss zustande kommt muss die Beschleunigungsspannung die Elektronen so stark beschleunigen, dass sie nicht gleich am Gitter wieder abfließen und genug Energie haben um auch den Weg vom Gitter bis zur hinteren Anode zu schaffen.

Deshalb fließt am Anfang des Experiments noch kein Strom, doch sobald die Energie ausreicht, um zur hinteren Anode zu gelangen fließt sofort ein sehr hoher Strom.

Aufgrund des starken Unterdrucks in der Röhre, ist zum einen die Wahrscheinlichkeit, dass ein Elektron auf ein Atom trifft wesentlich geringer und zum anderen liegen weniger frei Ladungsträger, die beschleunigt werden und zur Anregung der Atome notwendig sind vor. In dem anderen Versuch mit Quecksilber, war dieses auf 170°C erwärmt, es wurden also schon alleine durch die Wärme gelieferte Energie Elektronen aus den Atomen herausgelöst, die in diesem Versuch nun fehlen. Deshalb steigt unser Strom in diesem Versuch auch erst ab 10V und nicht ab 4,9V an.

Dies liegt daran, dass bei einer Energie von 10,5eV das Quecksilber Ionisiert, dass bedeutet die Energie ist so groß, dass die Elektronen aus dem Hg-Atomen herausgeschlagen werden, dadurch sind mehr freie Ladungsträger in dem Gasgemisch vorhanden, die zur Anregung der anderen Atome genutzt werden können. Es findet also eine Kettenreaktion durch Stoßionisation statt, die immer mehr freie Ladungsträger liefert. Diese neuen Ladungsträger regen die anderen Atome an und da die Strecke auf der sie beschleunigt werden meist nur kurz ist haben sie gerade genug Energie um die Hg-Elektronen so stark anzuregen, dass sie das spezifische blaue Leuchten aussenden.

Des weiteren verstärken diese Elektronen auch den Strom, da nur wenige auf ein Atom treffen und die meisten einfach weiterfliegen und bis zur hinteren Anode gelangen.

Ab einer  $U_B$  von 16V fällt der Strom nun wieder ab, da erstens viele freie Ladungsträger vorhanden sind und zweitens die Energie ausreicht um nun auch die Neon-Atome anzuregen. Die angeregten Neon-Atome senden nun das Neon spezifische rote Leuchten aus und das blaue Hg-Leuchten „verschwindet“.

Es scheint zwar so als wäre das blaue Leuchten verschwunden, doch zerlegt man das Licht spektral, ist zu erkennen, dass sowohl das Lichtspektrum des Quecksilbers sowie das des Neons vorhanden ist. Das Neon-Leuchten ist nur intensiver als das des Quecksilbers und überlagert dieses.

Das nun die ganze Röhre leuchtet liegt auch wieder am Unterdruck, durch diesen wird die eigentlichen Leuchtschichten weit auseinander gezogen und diffus.

Der darauf folgende Stromabfall ist nun damit zu erklären, dass die Elektronen ihre Energie an die Atome abgeben und danach die überbleibende Strecke nicht mehr ausreicht um die Elektronen wieder so stark zu beschleunigen, dass sie gegen das Gegenfeld ankommen, sie fließen also schon am Gitter wieder ab. Was zu einem geringeren Strom zwischen Gitter und Anode führt. Der Strom fällt natürlich nie ganz auf Null zurück, da immer einige Elektronen aufgrund des Unterdrucks und der geringen Auftreffwahrscheinlichkeit einfach nur zur hinteren Anode durchfliegen.

Danach folgen noch einmal ein weiterer kleiner Anstieg bei ca. 18V und dann wieder ein kleiner Abfall des Stromes. Ab 22V steigt der Strom nun unendlich stark an, da auch Neon ionisiert und dadurch noch mehr freie Ladungsträger vorhanden sind und durch die gelieferten Energien eigentlich nur noch weitere Elektronen aus den Atomen herausgelöst werden.