

Franck-Hertz-Röhre mit Neonfüllung

J. Franck und G. Hertz unternahmen außer ihrem berühmt gewordenen Elektronenstoßversuch mit Quecksilber auch Versuche mit Neon. Diese Röhren zeigen in Analogie zum Franck-Hertz-Versuch mit Quecksilber mehrere Minima in der Strom-Spannungskennlinie. Die Abstände dieser Minima lassen Rückschlüsse auf die Anregungsenergie von Neon zu.

Technische Beschreibung

Diese Franck-Hertz-Röhre ist eine Tetrode mit einer indirekt geheizten Bariumoxydkathode, einer netzförmigen Steuerelektrode, der netzförmigen Anode und einer Auffängerelektrode. Die Elektroden sind planparallel angeordnet. Der Abstand Steuergitter - Anodengitter beträgt etwa 5 mm, die Abstände Katode - Steuergitter und Anode - Auffänger jeweils etwa 2 mm. Der Neongasdruck wird im Rahmen der Fertigung dieser Röhre auf eine optimale Kennlinie hin gewählt und liegt im Bereich einiger hPa.



Die Anschlussbuchsen für Heizung, Steuergitter und Anodengitter befinden sich auf der Sockelplatte der Röhre. Der Auffängerstrom wird an der BNC-Buchse am oberen Ende des Abschirmzylinders abgegriffen. An diese Buchse wird der Verstärker mit einer abgeschirmten Leitung angeschlossen. Zwischen der Anschlussbuchse für die Beschleunigungsspannung und der Anode der Röhre ist ein Begrenzungswiderstand ($10\text{ k}\Omega$) fest eingebaut. Durch ihn ist die Röhre geschützt, falls sie bei zu hoher Spannung durchzünden sollte. Der Spannungsabfall an diesem Widerstand kann bei den Messungen vernachlässigt werden, denn der Anodenstrom der Röhre ist kleiner als 5 pA . (Spannungsabfall am Schutzwiderstand $\leq 0,05\text{ V}$).

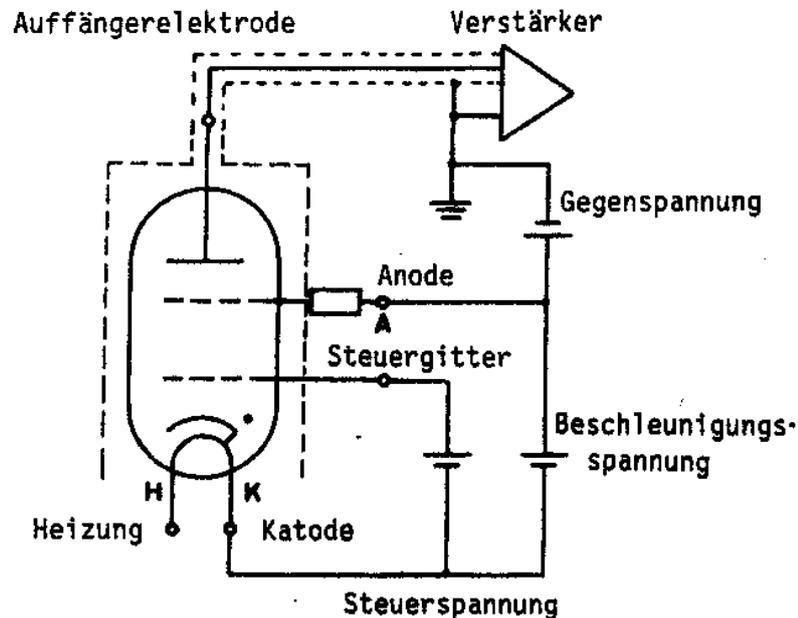


Abb.2

Anschlussspannungen

Heizspannung	6...8 V
Steuerspannung Gitter – Katode	8 V
Beschleunigungsspannung Anode – Katode	max. 80 V
Gegenspannung Anode – Auffänger	4...10 V

Gerätebedarf

- CL09033 Franck-Hertz-Röhre (Neon)
- CL09031 Betriebsgerät für Franck-Hertz-Versuche
- Abgeschirmte Leitung BNC-BNC
- Oszilloskop bzw. 2 Voltmeter
- div. Verbindungsleitungen

Hinweise zur Versuchsdurchführung

Die Anschlüsse zum Betriebsgerät (Messverstärker) und zu den Spannungsquellen ist gemäß der Abb. 2 herzustellen. Bei Verwendung des Betriebsgerätes 6749 muss die Spannung Steuergitter - Katode und die Gegenspannung durch externe Versorgungsgeräte geliefert werden. Für die Verbindung Auffängerelektrode - Betriebsgerät muss eine abgeschirmte Leitung (7256 bzw. 7254) verwendet werden. Auf die richtige Polung der Beschleunigungsspannung, der Steuerspannung Gitter - Katode und der Gegenspannung ist zu achten. Der negative Pol der Beschleunigungsspannung muss mit der Kathodenanschlussbuchse verbunden sein. Alle Betriebsspannungen dürfen keine leitende

Verbindung mit Erde bzw. Masse haben, da die Versuchsanordnung bereits über das Betriebsgerät (Messverstärker) an Erde liegt.

Die indirekt geheizte Katode benötigt nach dem Anlegen der Heizspannung eine Anheizzeit von ca. 1½ min. Danach wird die Beschleunigungsspannung von 0 V ausgehend langsam erhöht. Von der Auffängerelektrode fließt dann ein Strom zur Anode, der in der Größenordnung von 10 nA liegt. Die Verstärkung des Betriebsgerätes bzw. die Stromempfindlichkeit des Messverstärkers ist entsprechend einzustellen.

Die Auffängerelektrode ist negativ gegenüber der Anode; auf die richtige Polung eines Anzeigeinstrumentes am Messverstärker ist zu achten.

Der Emissionsstrom in der Röhre und damit der Auffängerstrom werden durch den Heizstrom beeinflusst. Die Heizspannung wird im Bereich 6...8 V so gewählt, dass bei einer Beschleunigungsspannung von 70 V keine selbständige Entladung auftritt (erkennbar an roten Leuchterscheinungen zwischen Katode und Steuergitter).

Ein am Anodenanschluss der Röhre liegender Begrenzungswiderstand (10 kΩ) verhindert eine Überlastung der Röhre. Auch wenn in der Röhre infolge zu hoher Spannung eine Entladung durch Stoßionisation auftritt, ist die Röhre nicht gefährdet.

Die Gegenspannung zwischen Anode und Auffängerelektrode wird im Bereich 6 bis 10 V so eingestellt, dass die Minima (max. 3) im Strom – Spannungs-Verlauf deutlich hervor-treten. Ist die Gegenspannung zu hoch, tritt eine fallende Kennlinie mit u.U. negativem Auffängerstrom auf.

Versuchsergebnisse und Diskussion

Der Stromverlauf in Abhängigkeit von der Beschleunigungsspannung ist in den Abb. 3 und 4 wiedergegeben.

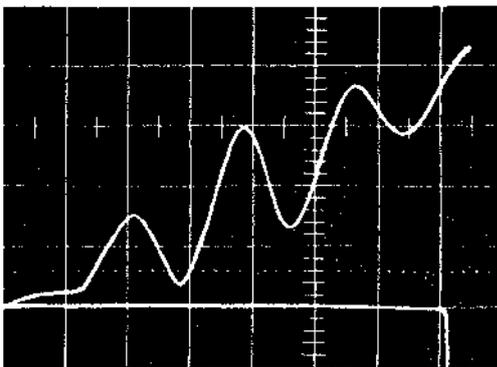


Abb.3

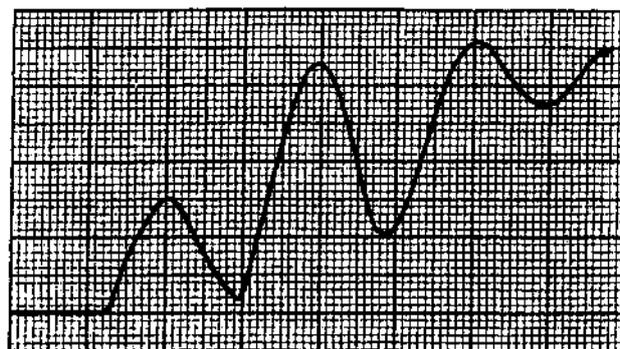


Abb.4 Schreiberdiagramm $x : 10 \text{ V/cm}$, $Y : 0.5 \text{ V/cm}$

Wird die Beschleunigungsspannung langsam vom Wert 0 aus erhöht, so tritt etwa ab 20 V eine Verringerung des Auffängerstromes auf. Damit verbunden ist das Entstehen einer rotleuchtenden Schicht an der Anode. Bei weiterer Erhöhung der Anodenspannung sinkt der

Auffängerstrom und die Leuchtschicht bewegt sich in die Richtung zur Kathode. Der Auffängerstrom erreicht ein Minimum, wenn sich die Leuchtschicht von der Anode löst. Eine Vergrößerung der Anodenspannung führt zum Auftreten einer Dunkelzone und (bei ca. 40 V) einer zweiten Leuchtschicht. Insgesamt können bis zu 2 Dunkelzonen beobachtet werden (geschichtete positive Säule).

Diese Schichten kommen folgendermaßen zustande: Die von der Kathode ausgehenden Elektronen beginnen mit der Geschwindigkeit nahe gleich 0 ihren Lauf und werden alle durch dasselbe Feld beschleunigt, erreichen also auch alle im gleichen Querschnitt die zur Anregung notwendige Energie. Die Anregung erfolgt also in einer Schicht. Dabei verlieren jedoch alle Elektronen ihre Energie und beginnen mit der Geschwindigkeit nahe gleich 0 von Neuem usw. Natürlich verwischen sich die Schichten nach einer Reihe solcher Spiele wegen der statistischen Streuung der Anregungsorte alsbald, und die Säule geht allmählich in die homogene Form über.

Zur exakten Auswertung des Strom - Spannungsverlaufs ist vom Wert der Beschleunigungsspannung das Kontaktpotential Eisen - Barium in Höhe von 2,5 V abzuziehen.

Wie der Abb. 4 entnommen werden kann, liegt die Spannungsdifferenz zwischen dem 1. und 2. Maximum bei 19 V. Dieses Ergebnis steht in guter Übereinstimmung mit dem Termschema von Neon (Abb.5), wenn man annimmt, dass die Elektronen bevorzugt die Zustände zwischen 18,3 und 18,9 eV anregen. Diese Annahme ist gerechtfertigt, weil in diesem Energiebereich 10 Zustände liegen im Gegensatz zu 4 Zuständen zwischen 16,57 und 16,79 eV. Von diesen 4 Zuständen sind zudem 2 noch metastabil, da die Wahrscheinlichkeiten für optische Übergänge in den Grundzustand wegen der Auswahlregel $\Delta J \pm 1$ sehr klein sind. Die Übergänge zwischen diesen beiden Gruppen von angeregten Zuständen liegen im sichtbaren Bereich und sind verantwortlich für das Auftreten der Leuchtschichten. Dieses Licht ist einer spektroskopischen Auswertung zugänglich und enthält mehrere kräftige Spektrallinien im gelben und roten Spektralbereich. Die Übergänge in den Grundzustand liegen weit im ultravioletten Bereich und können daher nicht untersucht werden.

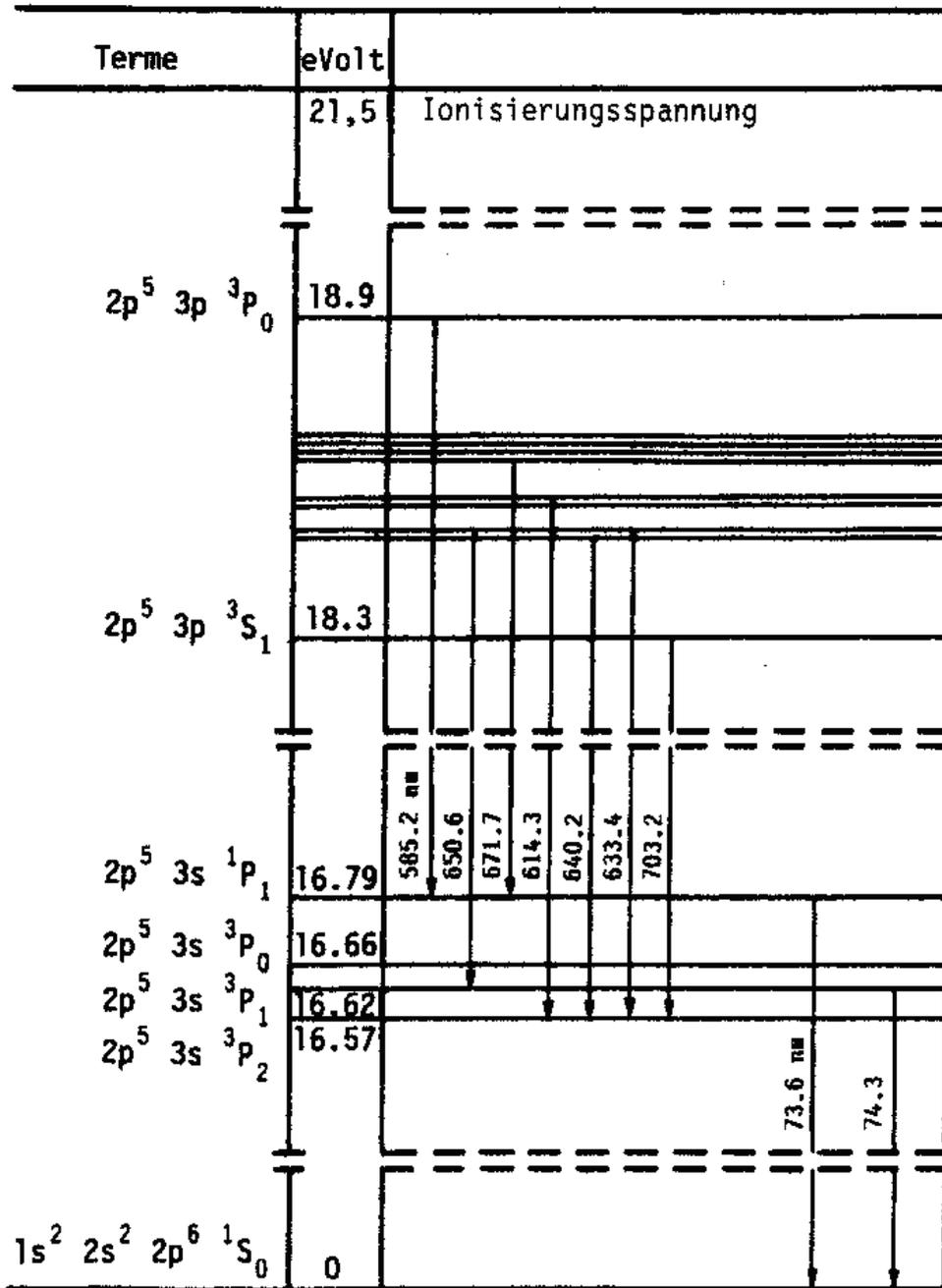


Abb. 5 Auszug aus dem Termschema von Neon