

# FRANCKH-HERTZ-VERSUCH (FHV)

DANIEL DOLINSKY UND JOHANNES VRANA

## INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung .....	1
2. Versuchsdurchführung .....	2
2.1. Quecksilberdampfrohre .....	2
2.2. Ne-Röhre .....	2
3. Beantwortung der Fragen .....	3

## 1 EINLEITUNG

Der FRANCK-HERTZ-Versuch bestätigt die Energiequantelung in Atomen nach dem BOHRschen Atommodell. Es werden Elektronen zwischen einer Glühkathode und einem Gitter so stark beschleunigt, daß ihre Energie für mindestens einen unelastischen Stoß mit den Atomen der Gasfüllung (hier: Hg-Dampf bzw. Ne) der Röhre ausreicht. Diese angeregten Atome geben die Anregungsenergie unter Lichtemission wieder ab. Legt man nun zwischen Gitter und Anode eine Bremsspannung an, so erreichen nur noch die Elektronen die Anode, welche noch genügend Energie besitzen, um das Bremsfeld zu überwinden. Dadurch, daß ein Teil der beschleunigten Elektronen Energie beim Stoß mit den Elektronen der Atome in der Gasfüllung verliert und somit die Anode nicht mehr erreichen können, ist es möglich, durch die Messung des Auffängerstromes eine Aussage über die Anregung zu machen. Haben die beschleunigten Elektronen gerade genügend Energie um Valenzelektronen der Gasatome auf ein höheres Energieniveau zu heben, so haben sie nicht mehr genügend Energie um das Gegenfeld zu passieren. Der Auffängerstrom geht zurück. Bei genügend großer Beschleunigungsspannung können die Elektronen natürlich auch mehrere Stöße ausführen.

## 2 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

### 2.1 Quecksilberdampföhre

ABBILDUNG 1. FRANCKH-HERTZ-Diagramm für Hg-Dampf

Gemessene Werte:  $U_{Max1} = 17 \text{ V}$ ;  $U_{Min1} = 18 \text{ V}$ ;  $U_{Max2} = 21 \text{ V}$ ;  $U_{Min2} = 23,5 \text{ V}$ ;  $U_{Max3} = 27 \text{ V}$ ;  $U_{Min3} = 30 \text{ V}$ .

$$\overline{\Delta U} = \frac{1}{4} (4 + 6 + 5,5 + 6,5) \text{ V} = 5,5 \text{ V}$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{3} (1,5^2 + 0,5^2 + 0^2 + 1^2)} \text{ V} = 1,1 \text{ V}$$

$$u_s = \frac{t}{\sqrt{n}} s = 0,6 \cdot 1,1 \text{ V} = 0,6 \text{ V}$$

Durch Schwierigkeiten beim Einstellen der Spannung ergibt sich ein Fehler, den wir auf ca.  $\pm 0,5 \text{ V}$  abschätzen.

$$u = \sqrt{u_s^2 + (0,5)^2} \text{ V} = 0,8 \text{ V}$$

$$U = \overline{\Delta U} \pm u = 5,5 \text{ V} \pm 0,6 \text{ V}$$

Dies kommt dem Literaturwert von  $4,9 \text{ V}$  recht nahe.

### 2.2 Ne-Röhre

ABBILDUNG 2. FRANCKH-HERTZ-Diagramm für Neon

Gemessene Werte:  $U_{Max1} = 18 \text{ V}$ ;  $U_{Min1} = 24 \text{ V}$ ;  $U_{Max2} = 36 \text{ V}$ ;  $U_{Min2} = 43 \text{ V}$ ;  $U_{Max3} = 56,5 \text{ V}$ ;  $U_{Min3} = 64 \text{ V}$ .

$$\overline{\Delta U} = \frac{1}{4} (18 + 20,5 + 19 + 21) \text{ V} = 19,6 \text{ V}$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{3} (1,6^2 + 0,9^2 + 0,6^2 + 1,4^2)} \text{ V} = 1,4 \text{ V}$$

$$u_s = \frac{t}{\sqrt{n}} s = 0,6 \cdot 1,4 \text{ V} = 0,8 \text{ V}$$

$$u = \sqrt{u_s^2 + (0,5)^2} \text{ V} = 1 \text{ V}$$

$$U = \overline{\Delta U} \pm u = 19,6 \text{ V} \pm 1 \text{ V}$$

Dies trifft den in der Aufgabenstellung angegebenen Wert von  $19 \text{ V}$  recht gut.

### 3 BEANTWORTUNG DER FRAGEN

1. Beim elastischen Stoß bleibt die kinetische Gesamtenergie erhalten, wird aber – bei ungleichen Massen der Stoßpartner – nach dem Stoß anders verteilt sein. Beim inelastischen Stoß wird ein Teil der kinetischen Energie in eine andere Energieform umgewandelt, z.B. Anregungsenergie oder Verformungsenergie.
2. Da eine gewisse Energie notwendig ist, um ein Valenzelektron auf ein höheres Energieniveau zu heben, kann ein Elektron mit niedrigerer Energie bei einem Stoß dies nicht durchführen. Da kein Speichern von „Energieportionen“ im Valenzelektron und somit ein Anheben über mehrere Stöße hinweg möglich ist, bleibt nach dem Energieerhaltungssatz nur noch die Möglichkeit, daß keine Energie übertragen wird, d.h. es findet ein elastischer Stoß statt.
3. Dadurch, daß die Elektronenhülle der Gasatome einerseits durch ihre negative Ladung an den positiv geladenen Atomkern gebunden ist, andererseits aber auch dem gesamten Atom durch ihre Ladung nach außen hin eine leicht negative Ladung gibt, kann man Stöße zwischen Elektronen mit weniger als 4,9 eV und den Gasatomen als elastischen Stoß zwischen einem sehr massearmen und einem Körper sehr großer Masse betrachten, bei dem ja auch der kleine Körper vom Großen abprallt und dabei nur wenig Energie überträgt.
4. Die durch den Stoß auf das Valenzelektron übertragene Energie wird durch Aussendung eines oder mehrerer Lichtquanten wieder abgegeben. Dabei fällt das Elektron wieder auf seinen ursprünglichen Energiezustand zurück.
5. Ein Lichtquant kann im Gegensatz zu beschleunigten Elektronen nur seine gesamte Energie verlieren, d.h. es kann nur zu einer Energieübertragung kommen, wenn das Lichtquant genau die Energie besitzt, die notwendig ist, um ein Valenzelektron auf ein höheres Energieniveau zu heben. Ein beschleunigtes Elektron kann bei einem Zusammenstoß auch einen Teil seiner kinetischen Energie an das Valenzelektron übertragen.
6. Ohne Bremsspannung würden alle freien Elektronen (auch die „abgebremsten“!) zur Auffängelektrode gelangen. Eine Messung wäre somit nicht mehr möglich!
7. Prinzipiell arbeiten beide Röhren gleich, indem sie die Anregung der Füllgasatome durch Elektronenstoß und die anschließende Lichtemission der Atome benutzen. In beiden Röhren werden die Elektronen zwischen Anode und Kathode beschleunigt, um ihnen die Energie zur Anregung eines Atoms zu verleihen. In der Leuchtstoffröhre soll dies auf dem Weg von der Anode zu Kathode möglichst oft geschehen, daher wird durch die Startereinheit eine sehr hohe Startspannung an die Röhre gelegt, in deren Folge es zu einer Ionisierung des Röhrengases kommt; der einsetzende Ionenstrom ermöglicht gleichmäßiges Leuchten bei niedrigerer Spannung. Eine Bremsspannung wird nicht benötigt, da ja keine Messungen durchgeführt werden. Außerdem ist im Betrieb keine Gleichspannung vonnöten. Meist wird durch die Gasfüllung nur Licht im UV-Bereich freigesetzt, dieses kann jedoch durch spezielle Beschichtung der Röhreninnenwand (mit dem sogenannten „Leuchtstoff“) in sichtbares Licht umgewandelt werden.
8. Die Röntgenbremsstrahlung entsteht nicht durch die Anregung von Atomen sondern durch das Abbremsen der Elektronen beim Auftreffen auf die Antikathode, wobei elektromagnetische Wellen abgestrahlt werden (beschleunigte Ladungen!). Auf diese Weise wird annähernd die gesamte kinetische Energie der Elektronen in Strahlungsenergie umgewandelt. Die Wechselwirkung der Elektronen findet in der Röntgenröhre nur an der Antikathode statt (da evakuierter, also gasleerer Kolben), beim FRANCKH-HERTZ-Versuch im gesamten Kolben (hier hauptsächlich an den Atomen der Gasfüllung). Wie bei der Leuchtstoffröhre ist auch bei der Röntgenröhre keine Bremsspannung nötig.