

3.5 Franck-Hertz-Versuch

1 Methode und Theorie

Im Jahre 1885 gelang es *Balmer* in den Spektren des atomaren Wasserstoffs Spektralserien zu erkennen. Die empirische Serienformel von *Balmer* wurde durch *Runge* und *Rydberg* weiterentwickelt und auf andere Elemente angewendet. 1913 forderte Nils *Bohr* unter radikalem Bruch mit der klassischen Vorstellung für die Atome die Existenz diskreter Energiestufen und setzte die Energie einer Spektrallinie bei Absorption oder Emission gleich der Differenz zweier solcher Energiestufen zu $h\nu$ fest. Man kann die Energie der verschiedenen Zustände, die ein Atom annehmen kann, nach dieser Theorie spektroskopisch ermitteln und in einem Niveauschema einzeichnen. *Franck* und *Hertz* bestimmten 1914 unabhängig von der Bohrschen Theorie die Größe der einzelnen Energieniveaus von Quecksilberatomen aus elektrischen Messungen und zwar aus Untersuchungen des Elektronenstoßes mit Quecksilberdampf. Sie erhielten bei diesen Experimenten Anregungsenergien, die mit den spektroskopisch ermittelten übereinstimmen.

In einem mit Quecksilberdampf (siehe hierzu Abb. 1) gefüllten Rohr befindet sich eine Glühkathode K, eine netzförmige Anode A, und eine Gegenelektrode G, deren Potential etwa 1,5 V negativer als das der Anode ist. Die Elektronen werden durch eine zwischen K und A liegende, variable Spannung U_A beschleunigt. Ist U_A größer als die Gegenspannung U_G , so reicht die kinetische Energie der Elektronen aus, um zur Gegenelektrode G zu gelangen. Der Strom I_G wird also mit wachsendem U_A ansteigen.

Bei Erreichen einer bestimmten Spannung $U_{A,kr}$ fällt I_G allerdings plötzlich stark ab: Die Elektronen übertragen jetzt ihre kinetische Energie durch inelastische Stöße an die Hg-Atome und regen diese dabei an. Die bleibende kinetische Energie reicht dann nicht mehr aus, um gegen U_G anzulaufen. Bei weiter wachsender Spannung U_A wird die Anregungsenergie auf dem Weg zur Anode früher erreicht, so dass die Elektronen nach dem Stoß wieder so stark beschleunigt werden, dass sie das Gegenfeld überwinden. Der Strom I_G steigt wieder an. Bei $U_A = 2 \cdot U_{A,kr}$ wird die Anregungsenergie zwischen A und K zweimal erreicht. Der Strom I_G fällt wieder ab. Dieser Vorgang wiederholt sich nun bei ganzzahligen Vielfachen von $U_{A,kr}$. Man erhält also einen Verlauf von $I = I(U_A)$ wie in Abb. 2.

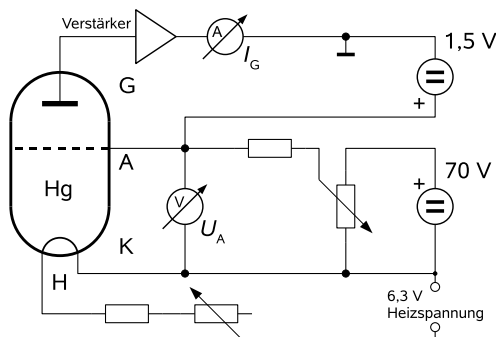


Abbildung 1: Versuchsaufbau

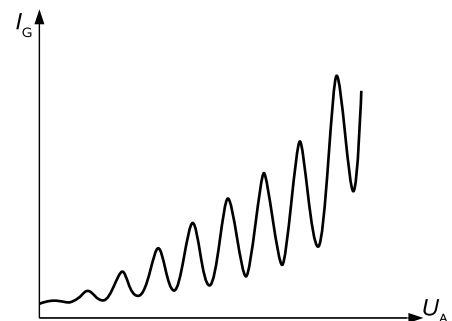


Abbildung 2: Beispielmesskurve

In dem Versuch wird das erste Niveau (6^3P_1) über dem Grundzustand (6^1S_0) des Quecksilbers angeregt (Be-

achten Sie dabei die Änderung der Multiplizität, die bei Hg leicht erreicht wird: Es gilt kein strenges Interkombinationsverbot mehr!). Mit einem Spektroskop würde man die Spektrallinie beobachten, die dem Übergang des Elektrons aus dem Zustand 6^3P_1 in den Grundzustand entspricht. Die Linie befindet sich im ultravioletten Bereich.

Aufgrund ihrer geringen Amplitude kann man die ersten Maxima nur schlecht beobachten. Außerdem liegt das erste Maximum aufgrund von Kathodeneffekten nicht exakt bei $U_{A,kr}$. Im Versuch werden daher nur die Abstände zwischen den Maxima ausgewertet. Durch energiereichere Elektronen lassen sich grundsätzlich höhere Energieniveaus entsprechend ihrem Wirkungsquerschnitt anregen. Man erhält so durch Elektronenstoßanregung ein Energieschema, welches mit dem optisch ermittelten übereinstimmt.

2 Versuchsaufbau

Das Schaltbild des Versuchsaufbaus ist in Abb. 1 dargestellt.

3 Durchführung

Die Elektronenstoßröhre muss vor Versuchsbeginn in einem Ofen auf etwa 180°C erhitzt werden, damit die Hg-Dampfdichte ausreicht, um eine genügend hohe Stoßwahrscheinlichkeit zu gewährleisten. Als Folge der geringen Primärelektronendichte gelangt nur ein kleiner Strom zur Gegenelektrode. Er wird in einem Messverstärker linear verstärkt. Auf der Frontseite des Ofens ist ein komplettes Röhrenschaltbild durch fette Striche und die Beschaltung der Peripherie durch dünne Striche angegeben.

1. Verändern Sie U_A von 0 V bis 50 V in 1 V-Schritten, und tragen Sie den Strom I_G als Funktion der Beschleunigungsspannung U_A grafisch auf.
2. Messen Sie die Maxima fünfmal genau aus. Beginnen Sie jeweils bei $U_A = 0\text{ V}$ und erhöhen die Spannung so, dass nacheinander die Maxima erreicht werden. Notieren Sie die zugehörigen Spannungen U_A .
3. Berechnen Sie den Mittelwert von $U_{A,kr}$ und die zugehörige Standardabweichung.
4. Berechnen Sie die Wellenlänge λ der Spektrallinie, die als Folge der Stoßanregung von den Hg-Atomen emittiert wird, und geben Sie ihren Fehler an.

Achtung: Vor dem Einschalten der Geräte und Spannungen muss die Schaltung vom *Assistenten* überprüft werden!

Literatur: Gehrtsen Physik: Kap. 13.4.