

# Protokoll Grundpraktikum I: A2 - Franck-Hertz-Versuch

Sebastian Pfitzner

27. Mai 2013

**Durchführung:** Sebastian Pfitzner (553983), Anna Andrlé (550727)

**Arbeitsplatz:** Platz 2

**Betreuer:** Natalya Sheremetyeva

**Versuchsdatum:** 22.05.2013

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorbetrachtungen</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Messwerte und Auswertung</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse</b>	<b>3</b>

## 1 Vorbetrachtungen

Ziel dieses Versuches ist die Bestimmung der ersten Anregungsenergien von Quecksilber und Neon. Dazu wird eine variable Spannung an die jeweilige mit Quecksilberdampf bzw. Neon gefüllte Röhre angeschlossen und der entstehende Strom zwischen Glüh- und Empfängerelektrode gemessen. Diese Spannung-Strom-Kurve wird mit einem x-y-Schreiber auf Millimeterpapier aufgebracht und lässt eine Bestimmung der Anregungsenergie zu: Der Strom wird immer dann maximal, wenn die Elektronen fast die benötigte erste Anregungsenergie erreicht haben, sodass sich aus den Spannungsdifferenzen zwischen den Maxima direkt die erste Anregungsenergie ergibt.

## 2 Messwerte und Auswertung

Im Anhang sind die erwähnten Kurven zu finden, aus deren Scans die Spannungsdifferenzen abgelesen wurden. Aufgrund der digitalen Vermessung der Daten können Ungenauigkeiten des Millimeterpapiers bzw. des verwendeten Messgerätes ignoriert werden; nur ein nicht-lineares digitalisieren des Bildes könnte einen Messfehler zur Folge haben. Dieser kann aufgrund seines geringen Einflusses vernachlässigt werden.

Der verwendete Maßstab wurde durch manuelles Einstellen von Spannungsdifferenzen und darauffolgendem Markieren der Position des x-y-Schreibkopfes gewonnen. Aus der Tabelle ist zu erkennen, dass eine annähernd lineare Abhängigkeit

	1	2	3	4	5	6	7	8	mean	conf
$2 \cdot \gamma$ in $\frac{\text{px}}{\text{V}}$	104	107	106	104	107	107	108	106	106,1	0,52
$d$ in px	235	250	263	267	278				258,6	8,52

**Tab. 1:** Messwerte in Pixel für den Maßstab  $\gamma$  sowie den Abstand  $d$  der Maxima für Quecksilberdampf sowie den jeweiligen Mittelwert und das Konfidenzintervall

besteht. Diese wird durch die Mittelwertbildung ausgeglichen, denn eine Korrektur dieses offensichtlich systematischen Fehlers kann einer Drehung der Geraden um den Mittelwert (aber auch jedem anderen Punkt, abhängig davon wo der Koordinatenursprung hinverschoben wird) entsprechen, sodass sich ebendieser nicht verändert. Dieses Verfahren erscheint in diesem Zusammenhang sinnvoll, da es keine physikalische Begründung dafür gibt, einen anderen Wert dem Mittelwert vorzuziehen.

Für die Spannungsdifferenz  $\Delta U$  und ihre Unsicherheit  $\Delta_{\Delta U}$  (gaußsche Fehlerfortpflanzung) ergeben sich folgende Formeln:

$$\Delta U = \frac{\bar{d}}{\bar{\gamma}} \quad (1)$$

$$\Delta_{\Delta U} = \sqrt{\left(\frac{1}{\bar{\gamma}}\right)^2 \cdot \Delta \bar{d}^2 + \left(-\frac{\bar{d}}{\bar{\gamma}^2}\right)^2 \cdot \Delta \bar{\gamma}^2} \quad (2)$$

Die Unsicherheiten für  $\gamma$  und  $\Delta U$  ergeben sich aus den in der Tabelle angegebenen Konfidenzintervallen, wobei das der Spannungsdifferenz mit einem Student-Faktor von  $t = 1,15$  berechnet wurde. Die Ablesefehler werden mit  $\pm 2$  px abgeschätzt, während die systematischen Fehler dieser Messung vernachlässigbar klein sind. Als vollständiges Ergebnis für die Spannungsdifferenz und damit auch die erste Anregungsenergie ergibt sich somit:

$$\Delta U = (4,9 \pm 0,2)\text{V}$$

$$E_{Hg} = (4,9 \pm 0,2)\text{eV}$$

Die selbe Vorgehensweise lässt sich auch für die mit der Neon-gefüllten Röhre gewonnenen Daten (siehe Tabelle 2) anwenden. Das Konfidenzintervall von  $d$  wurde

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	mean	conf
$5\gamma$ in $\frac{\text{px}}{\text{V}}$	85	90	86	86	87	91	85	89	88	87	88	87,45	0,59
$d$ in px	305	337	368									336,67	24,00

**Tab. 2:** Messwerte in Pixel für den Maßstab  $\gamma$  sowie den Abstand  $d$  der Maxima für Neon sowie den jeweiligen Mittelwert und das Konfidenzintervall

in diesem Fall mit einem Student-Faktor von  $t = 1,32$  berechnet. Aus den Gleichungen (1) und (2) ergibt sich ein vollständiges Ergebnis von

$$\Delta U = (19,2 \pm 1,6)\text{V}$$

$$E_{Ne} = (19,2 \pm 1,6)\text{eV}$$

Bei der Beobachtung der durch das angeregte Neon hervorgerufenen Leuchterscheinungen konnte das erwartete Verhalten bestätigt werden: Bei einer Spannung, bei der der Stromfluss minimal ist erscheint ein leuchtender Bereich am nahe der Anode. Dieser wandert bei steigender Spannung Richtung Kathode. Im nächsten Stromminimum erscheint dann der nächste Bereich, bis dann schlussendlich vier räumlich getrennte Leuchterscheinungen bei  $U = 80\text{ V}$  zu beobachten sind.

### 3 Diskussion der Ergebnisse

Als Referenzwert für die erste Anregungsenergie des Quecksilbers findet sich im Demtröder<sup>1</sup>  $E_{Hg,r} = 4,9\text{ eV}$ , was außerordentlich gut mit dem im Experiment gewonnenen Wert von  $E_{Hg} = (4,9 \pm 0,2)\text{ eV}$  übereinstimmt.

Ein Referenzwert für Neon von  $E_{Ne,r} = 19\text{ eV}$  wird im Skript angegeben; auch dieser stimmt gut mit dem aus der Franck-Hertz-Kurve abgeleiteten Wert überein.

Eine Erklärung für die Unterschiede in den Spannungsdifferenzen bietet die Betrachtung der niedrigsten Energieniveaus von Quecksilber- bzw. Neonatomen. Diese<sup>2</sup> liegen bei  $E_{Hg,r1} = 4,67\text{ eV}$ ,  $E_{Hg,r2} = 4,89\text{ eV}$  und  $E_{Hg,r3} = 5,46\text{ eV}$ . Bei einzelner Betrachtung der Spannungsdifferenzen ergeben sich Werte von  $E_{Hg,1} = (4,42 \pm 0,3)\text{ eV}$ ,  $E_{Hg,2} = (4,71 \pm 0,2)\text{ eV}$ ,  $E_{Hg,3} = (4,95 \pm 0,2)\text{ eV}$ ,  $E_{Hg,4} = (5,03 \pm 0,2)\text{ eV}$  und  $E_{Hg,5} = (5,24 \pm 0,2)\text{ eV}$ . Eine Zuordnung der Messwerte zu den Referenzwerten ist im Rahmen der Messunsicherheit durchaus möglich und erklärt diese unterschiedlichen Werte. Dass bei höheren Spannung die Atome auch in höhere Energiezustände gebracht werden, liegt daran, dass die freie Weglänge im Gas konstant bleibt während die Beschleunigung der Elektronen steigt. Demzufolge haben sie

<sup>1</sup>Wolfgang Demtröder, Experimentalphysik 3: Atome, Moleküle und Festkörper

<sup>2</sup>[http://grundpraktikum.physik.uni-saarland.de/scripts/New\\_features.pdf](http://grundpraktikum.physik.uni-saarland.de/scripts/New_features.pdf), 27.05.2013; Seite 424

bei einer höheren Spannung bei der Kollision mit einem Gasatom eine im Mittel höhere Energie, so dass sie die Atome in einen höher angeregten Zustand bringen können. Beim Neon wird der selbe Sachverhalt festgestellt; auch hier ist die oben genannte Begründung passend.

Die Leuchterscheinungen lassen sich leicht begründen: Immer dann, wenn die Franck-Hertz-Kurve ein Stromminimum aufweist, haben die Elektronen genug Energie um das Neon anzuregen. Diese Energie wird bei der stufenweisen Rückkehr in den Grundzustand in Form von Licht abgegeben. Wenn nun die Spannung weiter erhöht wird, dann erreichen die Elektronen schneller die benötigte Energie und es werden Neonatome näher an der Kathode angeregt, so dass sich auch das Leuchten dorthin verschiebt. Bei jedem neuen Minimum - genauer: nach jedem weiteren Maximum - kommt ein weiterer Bereich hinzu, in dem das Neon angeregt werden kann. Dieser verschiebt sich aus dem gleichen Grund Richtung Kathode, wenn die Spannung erhöht wird.