

Physikalisches Blockpraktikum für Naturwissenschaftler

Betreuer: Marcel Cech

Gruppe 2

Atomstruktur

28.02.2019

3.Abgabe

Teilnehmer (Autor): Michael da Silva, Kathrin Fleissner,
Jolanda Friedrich,

eMail: michael_dasilva@gmx.de

1. Versuchsbeschreibung

Im Versuch „Atomstruktur“ wird die Struktur der Atome untersucht. Dieser gliedert sich in 2 Versuchsteile: Dem Franck-Hertz-Versuch und der Röntgenfluoreszenz-Spektroskopie.

Beim Franck-Hertz-Versuch werden die diskreten Energieniveaus der äußeren Schalen von Quecksilberatomen nachgewiesen.

Mit Hilfe der Röntgenfluoreszenz-Spektroskopie analysiert man die Energie der Photonen, die beim Übergang zwischen zwei kernnahen Schalen entstehen.

2. Auswertung

2.1 Franck-Hertz-Versuch

1. Franck-Hertz-Kurven

Die Beschleunigungsspannung [V] wird berechnet durch

$$U_B = \frac{1}{2} t \frac{V}{s} \quad \text{mit } t \text{ [s]}$$

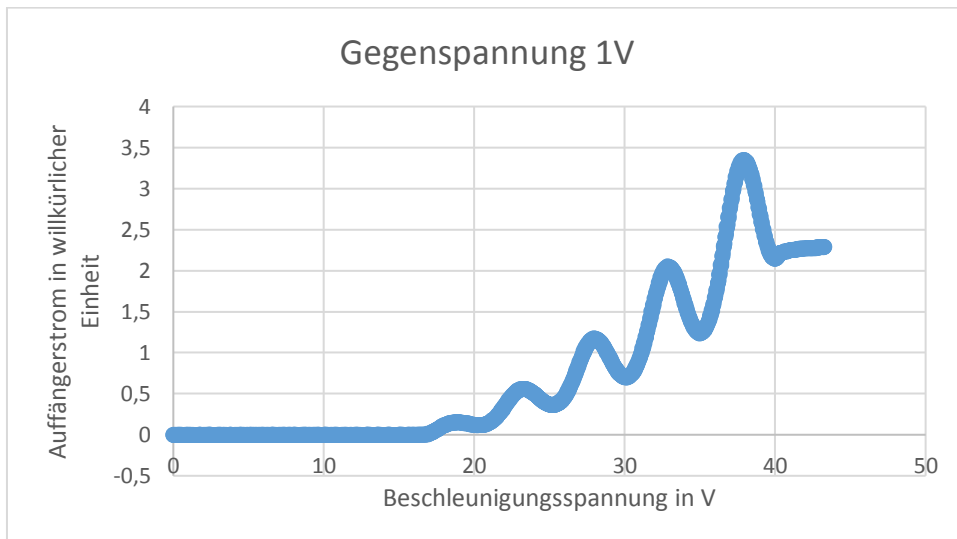


Abb.1: Franck-Hertz-Kurve bei einer Gegenspannung von 1V

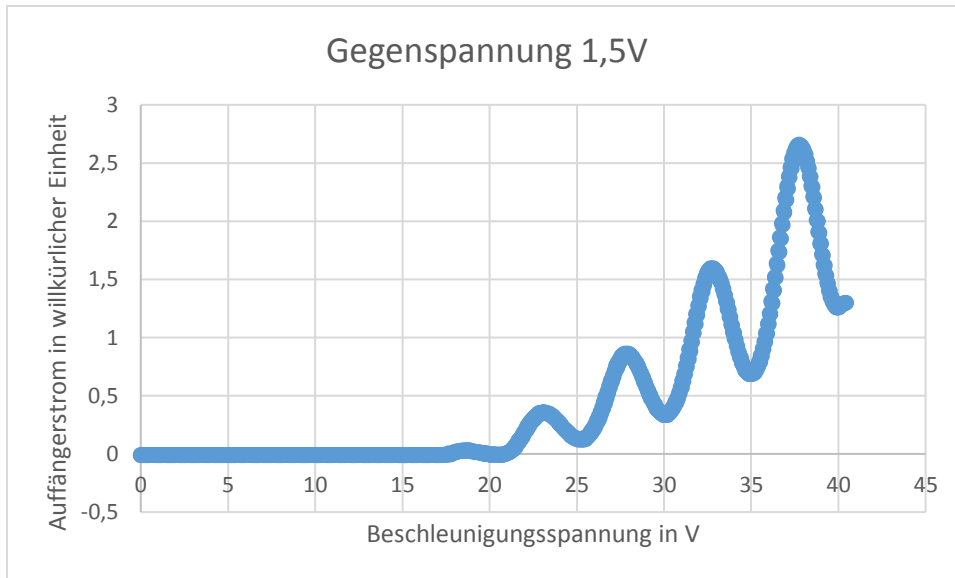


Abb.2: Franck-Hertz-Kurve bei einer Gegenspannung von 1,5V

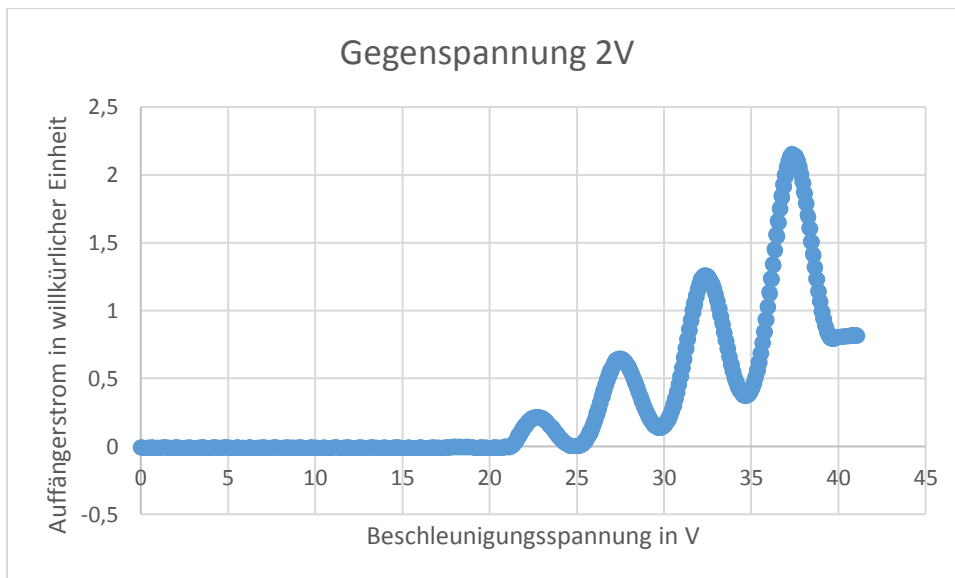


Abb.3: Franck-Hertz-Kurve bei einer Gegenspannung von 2V

2. Anregungsenergie

Gesucht sind die Beschleunigungsspannungswerte U_i , für die der Auffängerstrom einen Mittelwert zwischen einem Strommaximum und dem darauffolgendem Stromminimum annimmt. Es wird angenommen, dass diese Bedingung näherungsweise auch zeitlich zwischen dem Maximum und Minimum liegt.

U_i wird berechnet durch:

$$U_i = \frac{(U_{max} + U_{min})}{2}$$

Tabelle 1: Messergebnisse und berechnete Spannungswerte U_i

Gegenspannung	Maximumsstelle in V	Minimumsstelle in V	U_i (U_1 bis U_{11})
1V	23,275	25,1	U_1 : 24,1875
	27,975	30,1	U_2 : 29,0375
	32,875	35	U_3 : 33,9375
	37,75	40	U_4 : 38,875
1,5V	23,05	25,075	U_5 : 24,0625
	27,25	29,975	U_6 : 28,6125
	32,65	34,875	U_7 : 33,7625
	37,75	39,875	U_8 : 38,8125
2V	22,625	24,65	U_9 : 23,6375
	27,425	29,65	U_{10} : 28,5375
	32,325	34,675	U_{11} : 33,5

Zunächst berechnet man die Differenz aufeinanderfolgender Werte mit $\Delta U = U_{i+1} - U_i$

Daraus ergibt sich die Anregungsenergie durch $A = e \cdot \Delta U$

$$\Delta U_1 = 29,0375 - 24,1875 = 4,85 \quad \rightarrow \quad A_1 = 4,85\text{eV}$$

$$\Delta U_2 = 33,9375 - 29,0375 = 4,9 \quad \rightarrow \quad A_2 = 4,9\text{eV}$$

$$\Delta U_3 = 38,875 - 33,9375 = 4,9375 \quad \rightarrow \quad A_3 = 4,9375\text{eV}$$

$$\Delta U_4 = 28,6125 - 24,0625 = 4,55 \quad \rightarrow \quad A_4 = 4,55\text{eV}$$

$$\Delta U_5 = 33,7625 - 28,6125 = 5,15 \quad \rightarrow \quad A_5 = 5,15\text{eV}$$

$$\Delta U_6 = 38,8125 - 33,7625 = 5,05 \quad \rightarrow \quad A_6 = 5,05\text{eV}$$

$$\Delta U_7 = 28,5375 - 23,6375 = 4,9 \quad \rightarrow \quad A_7 = 4,9\text{eV}$$

$$\Delta U_8 = 33,5 - 28,5375 = 4,9625 \quad \rightarrow \quad A_8 = 4,9625\text{eV}$$

Der Mittelwert wird berechnet mit $\tilde{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i$ und wir erhalten $\tilde{A} = 4,9125\text{eV}$.

Die Standardabweichung erhalten wir mit $\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (A_i - \tilde{A})^2}$ und somit $\sigma = 0,18\text{eV}$

Das Fehlerintervall berechnet man dann mit $\Delta A = \frac{2\sigma}{\sqrt{n}}$ also $\Delta A = 0,13\text{eV}$

Daraus folgt dann: $A = (4,91 \pm 0,13) \text{ eV}$

$$A = 4,91\text{eV} \pm 2,6\%$$

3. Energie eV

Die hier benötigte Formel lautet: $\Delta E = h \cdot f$ (AS 2.1.2)

f lässt sich hier durch die Wellenlänge $\lambda=253,7\text{nm}$

und die Lichtgeschwindigkeit $c=3 \cdot 10^{17}\text{nm/s}$ beschreiben.

h ist das Planck'sche Wirkungsquantum $h=4,135 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$

(Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Plancksches_Wirkungsquantum)

Also berechnet man $E = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 4,88963\text{eV} \rightarrow 4,88963\text{eV}$

Dieser Wert entspricht unserer berechneten Anregungsenergie A aus 2. Dies lässt sich durch den Energieerhaltungssatz erklären, da das Quecksilberatom die gesamte erhaltene Energie in Form von Licht abgeben muss, um wieder in den Ruhezustand zu gelangen.

4. Zeitpunkt für ΔU

Da ΔU eine Differenz ist, spielen die Positionen der Extrema an sich keine Rolle, sondern nur ihre Differenzen.

5 Bohrsche Postulate

Die drei Bohrschen Postulate sind:

- 1. Um den Atomkern herum gibt es stabile Kreisbahnen, auf denen sich die Elektronen bewegen. Auf diesen Bahnen strahlen die Elektronen keine Energie ab*
- 2. Beim Übergang eines Elektrons von einer Bahn zu einer anderen wird entweder Energie freigesetzt oder aufgenommen*
- 3. Die stabilen Kreisbahnradien ergeben sich nur, wenn der Bahndrehimpuls L des Elektrons ein ganzzahliges Vielfaches des Plank'schen Wirkungsquantums ist.*

Erhöht man im Frank-Hertz-Versuch die Beschleunigungsspannung von 0V ausgehend, steigt der Auffängerstrom zunächst langsam an, da es nur zu elastischen Stößen kommt. Bei elastischen Stößen verlieren Elektronen keine Energie, was dem 1. Bohrschen Postulat entspricht, welches sich mit gebundenen Elektronen beschäftigt. Aufgrund der diskreten Energieniveaus kommt beim elastischen Stoß nur die eine Anregungsenergie vor.

Erst ab einer bestimmten Beschleunigungsspannung werden die Elektronen zum Übergang von ihrer stabilen Bahn gezwungen, wodurch es zu den Extrema im Schaubild kommt. Dies liegt daran, dass die Stöße inelastisch werden und die Elektronen nun einen Großteil ihrer kinetischen Energie abgeben und die kinetische Energie somit nicht mehr genügt, um die Gegenspannung zu überwinden. Dadurch wird auch der Zusammenhang zum Zweiten Bohrschen Postulat gezeigt.

2.2 Röntgenfluoreszenz-Spektroskopie

1. Nachweis des Moseley-Gesetzes

Tabelle 2: Messwerte für bekannte Proben mit Ordnungszahl und Gleichung AS.5

Element	$E_{K\alpha}$ in eV	Ordnungszahl Z	$\sqrt{\frac{E_{K\alpha}}{13,6\text{eV}}}$
Fe	6270	26	21,4715955
Cr/VA	5290	24	19,7223373
Ni	7450	28	23,405002
Cu	8020	29	24,2838605
Zn	8640	30	25,2050415

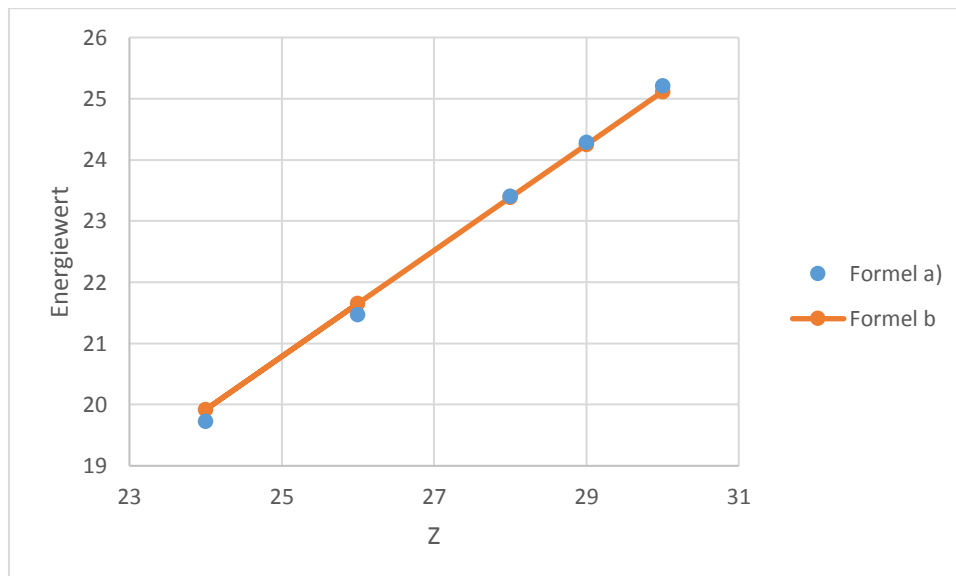


Abb. 4: Berechnete Energiewerte über die Ordnungszahl Z .

Formel a): $\sqrt{\frac{E_{K\alpha}}{13,6\text{eV}}}$

Formel b): $(Z - 1) \cdot \sqrt{\frac{3}{4}}$

Beide Datenreihen sind fast identisch. Die Abweichungen könnten von Messfehlern kommen, sind aber extrem klein.

Man kann das Moseley-Gesetz verifizieren.

2. Zusammensetzung unbekannter Proben

Tabelle 3: Messergebnisse unbekannter Proben

Probe	E_{A1} in keV	E_{A2} in keV
5-Ct-Münze	8,03	8,91
1-CZK-Münze	7,45	8,25

5ct-Münze:

Eine 5ct- Münze besteht aus mit Kupfer überzogenem Eisen. Die Messwerte für E_A sind bei dieser Probe und Kupfer fast identisch (8,03keV und 8,02keV), da die Oberfläche der Münze aus Kupfer besteht. Die Abweichung lässt sich höchstwahrscheinlich durch die schmutzige oder abgenutzte Oberfläche, bzw. auch durch zufällige Messfehler erklären.

1CZK-Münze:

Eine 1CZK besteht aus mit Nickel überzogenem Stahl. Daher sind die Messwerte für diese Münze und Nickel identisch (beide 7,45keV).

Fazit:

Die Messergebnisse spiegeln größtenteils die theoretischen Berechnungen, sowie die Gesetze wieder. Daher kommen wir zum Punkt, dass die Versuchsreihe bei guter Durchführung sehr aussagekräftige Einblicke in das Thema der Atomstruktur liefert.

Anhänge

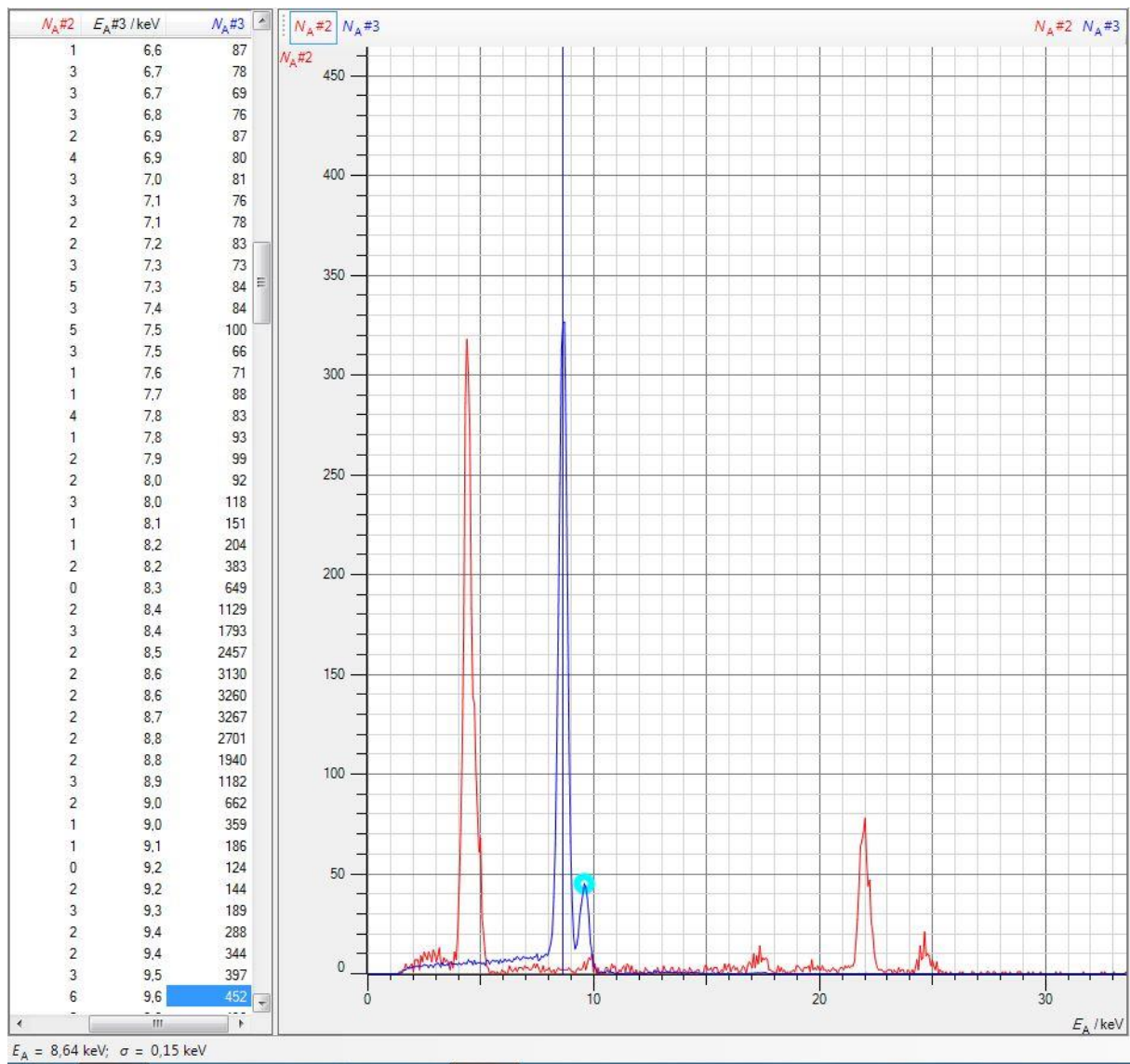


Abb. 5: Messergebnisse zu bekannten Proben im 2. Versuchsteil

Messwerttabelle

AS

$$U = \frac{1}{2} k \frac{V}{s}$$

Franck-Hertz-Versuch

Gegenspannung	Maximumsstelle in V	Minimumsstelle in V
1V	23,275	25,1
	27,975	30,1
	32,875	35
	37,875	40
1,5V	23,05	25,075
	27,25	29,975
	32,65	34,875
	37,75	39,875
2V	22,625	24,65
	27,425	29,65
	32,325	34,675

Röntgenfluoreszenz-Spektroskopie

Bekannte Proben:

Element	E_A in keV	
Eisen Fe	(109,7) 6,27	von Gruppe Eisenbletz
Chrom Cr/NA	(93,9) 5,29	
Nickel Ni	7,45 7,45	
Kupfer Cu	8,02	
Zink Zn	8,64	

Unbekannte Proben:

Probe	E_A in keV	(möglicherweise) 2. E_A in keV
5-Cent - Münze	8,03	8,91
1 Tschechischer Geld 100H - Münze / Sloven	7,45	8,25

Unterschrift

M. Grotz