

Anscheinend immer noch nicht ganz korrekt!!! War nicht einfach testiert zu bekommen. Haben es trotzdem so testiert bekommen.

Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler

Blockpraktikum Wintersemester 2022/23

AS - Atomstruktur

Betreuer: Marcel Alius

Protokollanten:

[REDACTED]

Gruppe 3

Versuchsdatum: 01.03.2023

Inhaltsverzeichnis

1.1 Einführung und Zielstellung:	2
1.2 Versuchsaufbau und Durchführung:	2
1.3 Auswertung:	3
1.4 Fazit:	6
2.1 Einführung und Zielstellung:	7
2.2 Versuchsaufbau und Durchführung:	7
2.3 Auswertung:	8
2.4 Fazit:	11
3. Anhang:	12

Teilversuch 1:

1.1 Einführung und Zielstellung:

In dem ersten Teilversuch wollen wir das 2. Bohrsche Postulat nachweisen. Das machen wir mit dem sogenannten Franck-Hertz Versuch. Wir bestimmen hierzu die diskrete Anregungsenergie von Quecksilber.

1.2 Versuchsaufbau und Durchführung:

Der schematische Aufbau des Franck-Hertz-Versuchs sieht man im folgenden Bild:

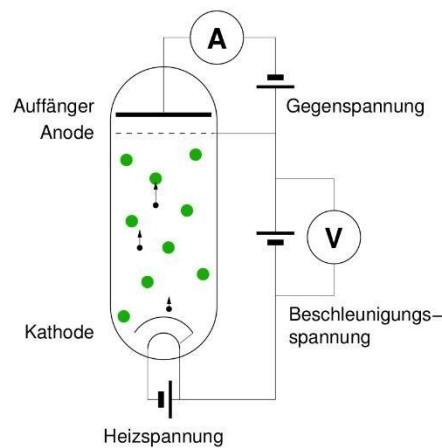


Abb.1: Schematischer Aufbau des Franck-Hertz-Versuchs

In einer, zuvor auf 160 Grad gebrachte, gefüllten Röhre mit Quecksilberdampf, werden Elektronen mit einer Beschleunigungsspannung beschleunigt. Die Beschleunigungsspannung wird dabei konstant erhöht. Diese stoßen dann auf Quecksilberatome und fliegen im Anschluss durch die Gitteranode. Die Anode ist somit als Gitter gestaltet. Zwischen Anode und Auffängerelektrode wird eine Gegenspannung von bis zu 2V angelegt, die energiearme Elektronen aufhält. Der Auffängerstrom wird dabei bei verschiedenen Gegenspannungen gemessen. Die Beschleunigungsspannung wird während der Messung konstant von 0V auf 40V (0,5 V/s) erhöht. Die Messung wird dabei mithilfe eines Programms aufgezeichnet und dargestellt. Anschließend wurden die Zeitpunkte von Tief- und Hochpunkten notiert.

1.3 Auswertung:

Teilversuch Franck-Hertz-Kurve 1:

1) Zuerst soll unser Franck-Hertz-Kurve dargestellt werden.

Man sieht unsere Franck-Hertz-Kurve mit einer eingestellten Gegenspannung von 1V. Da die anderen Kurven für eine Gegenspannung von 1,5V und 2V ähnlich sind, wird hier nur eine Variante dargestellt. Unsere Messergebnisse, also der gemessene zeitliche Verlauf des Auffängerstroms, über die Zeit in willkürlichen Einheiten, werden im folgenden Diagramm dargestellt.

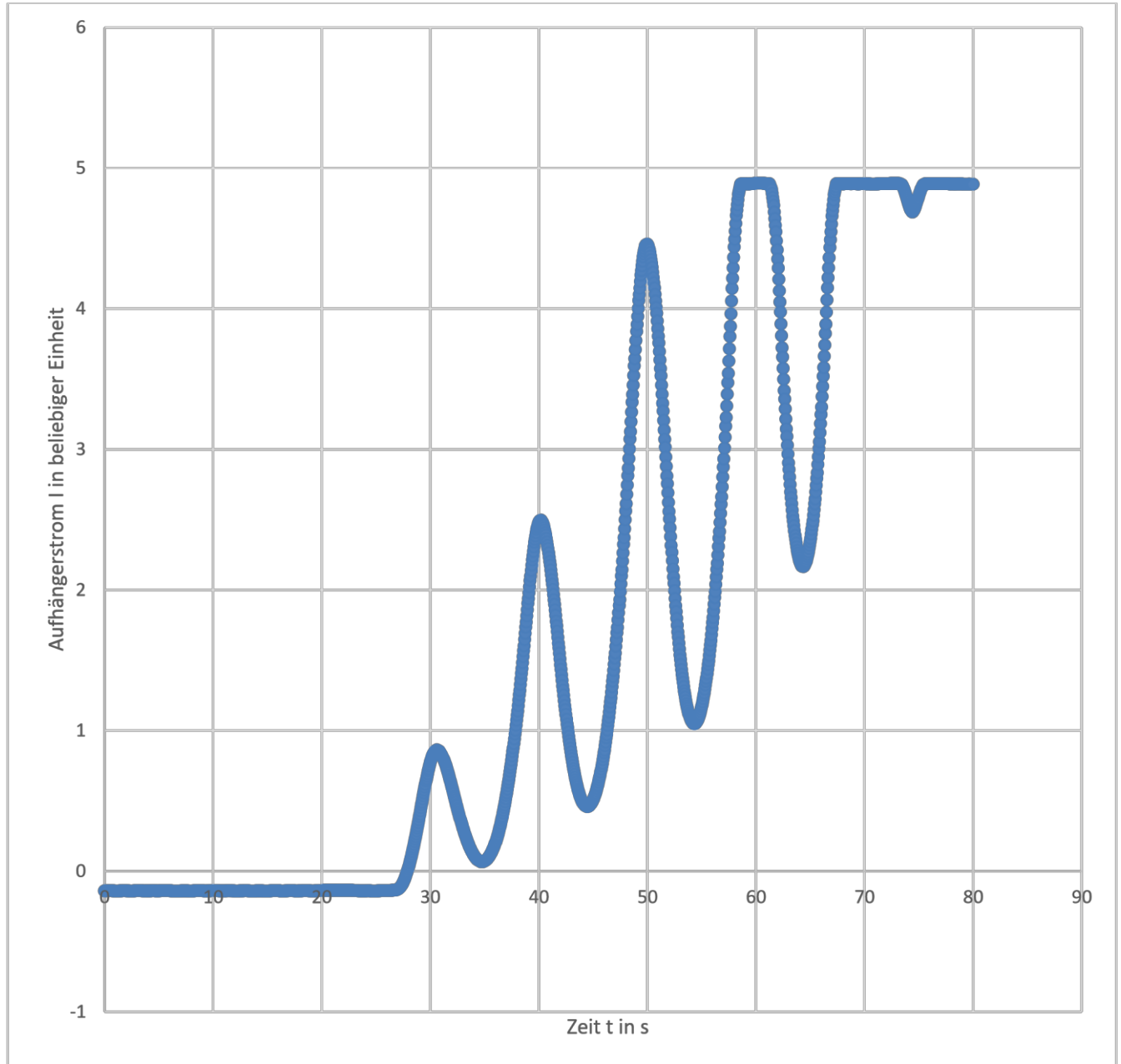


Abb.3: Franck-Hertz-Kurve mit einer Gegenspannung von 1V

2) Nun sollen wir die Zeiten t_i bestimmen, dieser gibt dabei den Mittelwert der Zeitpunkte eines Hochpunkts und des darauffolgenden Tiefpunkts an. Anschließend soll die Differenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden t_i , also Δt , ΔU und die Anregungsenergie A berechnet werden..

ΔU wird dabei wie folgt berechnet (entnommen aus der Anleitung AS. Seite 9):

$$\Delta t = t_{i+1} - t_i$$

$$\Delta U = c \cdot \Delta t \quad (\text{mit } c = 0,5 \text{ Vs}^{-1})$$

Die Anregungsenergie A wird folgendermaßen berechnet (entnommen aus der Anleitung AS. Seite 9):

$$A = e \cdot \Delta U$$

Die Messergebnisse ergeben dann folgende Tabelle:

Tabelle 1: Übersicht unserer Messwerte, ΔU in V und A in eV

Gegenspannung in V	Maximumstelle in s	Minimumstelle in s	t_i in s	Δt in s	ΔU in V	A in eV
1 V	31,15	35,20	33,1750			
1 V	40,60	44,95	42,7750	9,6000	4,8000	4,8000
1 V	50,45	54,80	52,6250	9,8500	4,9250	4,9250
1 V	61,80	64,80	63,3000	10,6750	5,3375	5,3375
1,5 V	32,75	37,25	35,0000			
1,5 V	42,40	46,95	44,6700	9,6700	4,8350	4,8350
1,5 V	52,30	56,75	54,5250	9,8550	4,9275	4,9275
1,5 V	62,55	66,75	64,6500	10,1250	5,0625	5,0625
2 V	33,05	36,80	34,9250			
2 V	42,65	47,05	44,8500	9,9250	4,9625	4,9625
2 V	52,45	57,25	54,8500	10,0000	5,0000	5,0000
2 V	62,45	67,25	64,8500	10,0000	5,0000	5,0000

Nun berechnen wir für alle A Werte den Mittelwert, sowie die Standardabweichung. Diese Werte werden beide mithilfe von Excel berechnet. Es sei dann:

Mittelwert $\bar{A}$ (mit GR.10) = 4,98333... eV

Standardabweichung σ (mit GR.11) = 0,156054... eV

Wir berechnen jetzt die dazugehörige Messunsicherheit mit der Formel: $\Delta u_A = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot 2$

$$\Delta u_A = 0,10403... \text{ eV}$$

Absolute Messunsicherheit: $A = (4,98 \pm 0,11) \text{ eV}$

Relative Messunsicherheit: $A = 4,98 (1 \pm 2,2\%) \text{ eV}$

3) Wenn ein Quecksilberatom aus dem ersten angeregten Zustand in den Grundzustand zurückkehrt, wird ein sogenanntes Lichtquant ausgesendet. Das Lichtquant emittiert mit der Wellenlänge 253,7nm. Es stellt sich die Frage, welche Energie in eV transportiert wird.

Durch die Formel $\Delta E = h \cdot f$ (entnommen aus AS. Seite 2) kann man die transportierte Energie berechnen. Um die Frequenz f zu berechnen, verwenden wir die Formel $f = c / \lambda$ mit $c = 299.792.458$ (Quelle: Lichtgeschwindigkeit • Definition, Messung und Berechnung · [mit Video] (studyflix.de)) in m/s. Daraus ergibt sich: $f = \frac{299.792.458 \text{ m/s}}{253,7 \text{ nm}}$

Wir rechnen außerdem mit der Plancksche Wirkungsquantum $h = 4,13566743 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$ (Quelle: Planck-Konstante – Wikipedia). Es folgt daraus:

$$\Delta E = 4,13566... \cdot 10^{-15} \text{ eVs} \cdot \frac{299.792.458 \text{ m/s}}{253,7 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 4.88703... \text{ eV} \approx 4,89 \text{ eV}$$

Verglichen mit unserem Ergebnis für die Anregungsenergie sieht man fast denselben Wert. Dies liegt an dem Satz der Energieerhaltung. Der berechnete Wert liegt im Fehlerintervall des Messwertes, also stimmt unser Messwert an dieser Stelle.

Wenn die Anregungsenergie aufgenommen wird, befindet sich das Atom in einem angeregten Zustand. Die Energie wird dann wieder abgegeben, so fällt es dann in den Grundzustand zurück. Es lässt also die Energie wieder durch das Lichtquant frei. Es entsteht die Energie, die entsteht, wenn das Atom wieder in den Grundzustand zurückkehrt.

Der Bereich der für ein menschliches Auge sichtbar ist, liegt bei ungefähr 380 bis 780nm (Quelle: Leifi Internet). Ein Lichtquant emittiert hier (laut Anleitung) mit der Wellenlänge 253,7nm. Damit liegt der Bereich im Ultraviolett. Der Mensch kann Licht in einem Energiebereich von ungefähr 1,59eV bis 3,26eV sehen.

4) In dieser Aufgabe soll geklärt werden, warum der genaue Zeitpunkt des Starts bei der Messung für die Berechnung von ΔU keine Rolle spielt.

Für die Berechnung von ΔU spielt nur Δt eine Rolle (siehe Formel: $\Delta U = c \cdot \Delta t$). Δt ist dabei die Differenz aufeinanderfolgender Mittelwerte t_i eines Hochpunkts und des darauffolgenden Tiefpunkts. Man kann sagen, dass die Differenz immer unabhängig vom Startzeitpunkt ist, da der Abstand der Extrema, egal wie man ihn verschiebt, immer gleichbleibt. Δt ist unabhängig vom Startzeitpunkt, da sich die Mittelwerte bei einer Verschiebung der Startzeit, auch beide gleichermaßen (um denselben Wert) mitverschieben, die Differenz bleibt gleich. Wäre dies nicht der Fall, würde sich auch die Differenz wieder verändern.

5) Im Folgenden soll das Entstehen der charakteristischen Franck-Hertz-Kurve erklärt werden und im gleichen Zuge erläutert werden, wie das zweite Bohrsche Postulat bestätigt wird.

Wir erhöhen die Beschleunigungsspannung (von 0V aus) konstant und gleichmäßig.

Die freien Elektronen werden in die Richtung der Anode beschleunigt, sobald die Beschleunigungsspannung größer null ist. Die kinetische Energie der Elektronen ist bei geringer Beschleunigungsspannung noch zu klein um die Gegenspannung zu überwinden. Anfangs steigt der

Auffängerstrom gar nicht, er bleibt zunächst konstant bei null. Es finden nur elastische Stöße mit den Quecksilberatomen im Rohr statt, dabei wird keine Energie übertragen.

Wenn die Beschleunigungsspannung weiter erhöht wird, steigt die Kurve an, denn sobald die kinetische Energie der ersten Elektronen ausreicht um die Gegenspannung zu überwinden, steigt der Auffängerstrom.

Am ersten Hochpunkt der Kurve können erste Elektronen genug kinetische Energie aufnehmen, um kurz vor der Gitteranode Quecksilberatome anzuregen. Die Elektronen verlieren dabei jedoch wegen einem inelastischen Stoß, die nahe am Gitter auftreten, bei der Anregung ihre kinetische Energie. Somit können sie die Gegenspannung nicht mehr überwinden. Der Auffängerstrom fällt somit ab und hat seinen ersten Tiefpunkt.

Nach dem ersten Tiefpunkt, steigt die Kurve wieder langsam an, da die Elektronen nun nach dem inelastischen Stoß wieder elektrische Energie haben, also geladen sind. Die Gegenspannung kann deshalb wieder überwunden werden. Die Elektronen werden erneut beschleunigt. Sie treffen auf die Auffängerelektrode.

Der Strom fällt nochmals ab. Dies liegt daran, dass die Elektronen am zweiten Hochpunkt, kurz vor dem Gitter, ein zweites Quecksilberatom anregen können, dann wieder aufgrund dessen zu wenig kinetische Energie haben, um die Gegenspannung zu überwinden. Es kommt folglich zum zweiten Hochpunkt.

Man erkennt einen Vorgang, der sich immer wieder periodisch wiederholt, dies geht so lange bis die Beschleunigungsspannung ihr Maximum erreicht.

Das zweite Bohrsche Postulat besagt, dass die Energieniveaus der Kreisbahnen einen bestimmten Wert haben. Die daraus folgende Differenz zwischen diesen zwei Bahnen, sei die Anregungsenergie, die einen bestimmten und konstanten Wert hat. Wir sehen also insgesamt, dass die Differenz zwischen ihnen bestimmte Werte besitzt. Daraus folgt, dass die Energieniveaus selbst auch schon konstant sind.

1.4 Fazit:

Bei dem ersten Versuch, haben wir die Zielstellung erfüllt, indem wir das zweite Bohrsche Postulat erfolgreich durch die Aufnahme unserer Frank-Hertz-Kurve nachweisen konnten. Unsere Ergebnisse waren dabei zufriedenstellend, sie decken sich mit dem Literaturwert. Messfehler wurden minimiert, durch die mehrfache Durchführung des Versuches.

Teilversuch 2 Röntgenfluoreszenz-Spektroskopie:

2.1 Einführung und Zielstellung:

Im zweiten Teil des Versuches führen wir die Röntgenfluoreszenz-Spektroskopie durch. Dabei untersuchen wir die K-Alpha-Strahlung von unterschiedlichen bekannten Materialien, die wir mithilfe eines Computerprogrammes darstellen können. Dies machten wir zum Nachweis des Mosley-Gesetzes. Wir haben auch unbekannte Proben bestimmt. Zusammengefasst kann man sagen, dass wir an dem Versuchstag, wie der Name schon sagt, die Struktur eines Atoms untersucht haben.

2.2 Versuchsaufbau und Durchführung:

Im zweiten Versuchsteil arbeiteten wir mit einem Röntgengerät (siehe Abb.2), in welches verschiedene, bekannte und unbekannte, Materialien reingegeben wurden. Wir messen hier die KAlpha- oder Beta-Strahlung. Die Proben werden dabei mit Röntgenstrahlung beschossen. Hierbei wird im Probeatom ein Elektron aus seiner K-Schale geschossen. Ein Elektron, welches auf einer äußeren Schale liegt, füllt die entstandene Lücke auf. Die Energiedifferenz wird als elektromagnetische Strahlung abgegeben. Dabei muss beachtet werden, dass die jeweiligen Energien für die Probe charakteristisch sind. Wir messen also die Energien der Photonen. Diese Signale werden durch den verbundenen Computer aufgezeichnet. Es werden sogenannte Peaks sichtbar.

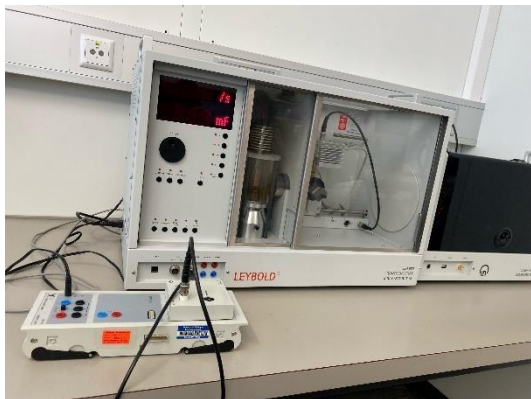


Abb.2: Röntgengerät des zweiten Versuch Teiles

2.3 Auswertung:

1a) Es sollen, mithilfe der Gleichung AS.5, für die Elemente Cr, Fe, Ni, Cu und Zn

$\sqrt{\frac{E_{K\alpha}}{13,6\text{eV}}}$ bestimmt werden. Die Energiewerte für die $K\alpha$ -Linien wurden gemessen und werden nun in die Gleichung eingesetzt.

$$\sqrt{\frac{E_{K\alpha}}{13,6\text{eV}}} = (Z-1) * \sqrt{\frac{3}{4}} \quad (\text{AS.5})$$

Tabelle 2: Die Elemente, unsere Messwerte, die Ordnungszahl und Ergebnisse von AS.5

Element	Ordnungszahl	$E_{K\alpha}$ in eV	$\sqrt{\frac{E_{K\alpha}}{13,6\text{eV}}}$
Chrom Cr	24	5470	20,05507
Eisen Fe	26	6310	21,53998
Nickel Ni	28	7330	23,21574
Kupfer Cu	29	7950	24,17765
Zink Zn	30	8530	25,04408

Anschließend sollen die Werte in ein Diagramm über Z eingezeichnet werden.

b) In das folgende Diagramm wird außerdem eine schwarze Gerade mit der Geradengleichung:

$(Z-1) * \sqrt{\frac{3}{4}}$ eingefügt. Die Werte für die schwarze Gerade sind durch das einsetzen der Ordnungszahlen der einzelnen Elemente in die gegebene Gleichung entstanden.

*Tabelle 3: Energiewerte mit Formel $(Z-1) * \sqrt{\frac{3}{4}}$ berechnet*

Element	$(Z-1) * \sqrt{\frac{3}{4}}$
Chrom Cr	19,91858429
Eisen Fe	21,65063509
Nickel Ni	23,3826859
Kupfer Cu	24,24871131
Zink Zn	25,11473671

Die Werte aus Aufgabe a und b werden in einem Diagramm zusammengetragen. Datenreihe 1 in blau beschreibt dabei die in a) ausgerechneten Werte, schwarze Gerade, wie bereits erwähnt die Werte aus Tabelle 3.

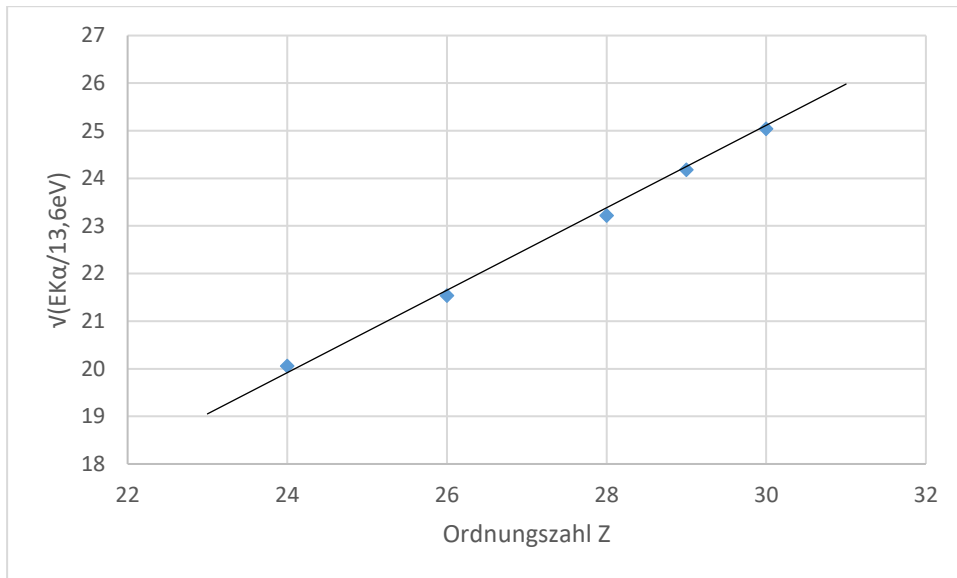


Abb. 4: Diagramm das die Abhängigkeit der Ordnungszahl Z und der verschieden berechneten Energiewerte aufzeigt

Man erkennt eine starke Ähnlichkeit der Messwerte, sie stimmen gut mit dem „Richtwert“, der Moseley-Gerade, überein. Minimale Abweichungen sind durch statische Messfehler zu erklären. Man kann also zusammenfassen, dass sich das Moseley-Gesetz dadurch verifizieren lässt.

2) In der letzten Aufgabe sollten wir versuchen, unsere zwei unbekannten Proben (nach der Tabelle in der Anleitung) nach ihrer Zusammensetzung aufzuschlüsseln.

Zunächst folgt eine Übersicht unserer Messwerte:

Tabelle 4: Messergebnisse der unbekannten Proben

Probe	E in keV	E in keV
Silbermünze	7,37; 6,69	8,09
Bierdeckel	6,32	7,29

Erste unbekannte Probe, Silbermünze:

Bei der Silbermünze konnten wir von links, einen kleineren Peak bei 6,69 keV sehen. Dabei könnte es sich um $E_{K\alpha}$ Eisen handeln. Den nächsten und größten Peak fanden wir bei 7,37 keV, wobei $K\text{-}\alpha$ -Nickel dazu passen würde. Einen dritten Peak messen wir bei 8,09 keV. Der Wert passt am besten zum Element Kupfer, jedoch fehlt uns an dieser Stelle noch ein $K\text{-}\beta$ -Peak Nickel zu unserem gemessenen $K\text{-}\alpha$ -Nickel-Peak. Es handelt sich also wahrscheinlich um $K\text{-}\beta$ -Nickel. Die Werte befinden sich also zusammengefasst, nach der Tabelle in der Anleitung und unseren Messungen, nahe an den Werten von Nickel ($E_{K\alpha}$ gemessen: 7,33 keV ; $E_{K\beta}$ Anleitung: 8,265 keV). Der zweite kleinere α -Peak bei 6,69 keV, könnte noch dem Element Eisen ($E_{K\alpha}$ gemessen: 6,31 keV) zugeordnet werden.

Man sieht unsere Messung im folgenden Bild:

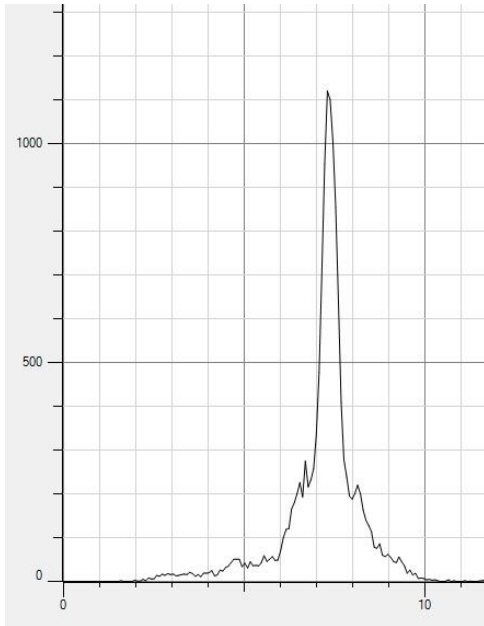


Abb. 5: Messung einer Silbermünze mithilfe einer Röntgenfluoreszenz-Spektroskopie

Zweite unbekannte Probe, Bierdeckel:

Bei unserer zweiten unbekannten Probe konnten wir ein „Haupt- α -Peak“ mit 6,32 keV und einen deutlich kleineren, am wahrscheinlichsten, β -Peak bei 7,29 keV messen. Man erkennt hier, dass der Kronkorken hauptsächlich aus Eisen bestehen muss, da unserer gemessener Wert für $E_{k\alpha} = 6,31$ keV, fast dem hier gemessenen Wert von 6,32 keV entspricht. Auch der Literaturwert für Eisen $E_{k\beta} = 7,057$ keV liegt nahe von unserem gemessenen Wert von 7,29 keV.

Unsere Messung erkennt man im nachfolgenden Bild:

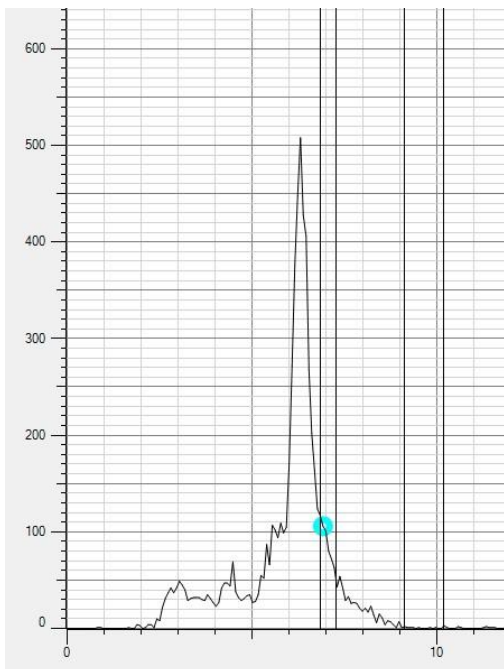


Abb. 6: Messung eines Bierdeckels mithilfe einer Röntgenfluoreszenz-Spektroskopie

2.4 Fazit:

Bei dem zweiten Versuch konnten wir verschiedene Energiewerte und auch Zusammensetzungen von Gegenständen untersuchen. Dabei konnten wir unsere unbekannten Proben zwar zuordnen, die Messwerte stimmen dennoch nicht identisch mit den Literaturwerten überein. Eine Fehlerquelle bei uns war dabei, die Erfassung des Peaks auf dem Computer, da dies nur nach „Augenmaß“ möglich war und somit zu teilweise ungenauen und fehlerhaften Ergebnissen führt.

Trotz dessen waren unsere Ergebnisse insgesamt zufriedenstellend.

Zusammenfassend kann man sagen, dass unsere Messwerte beider Teilversuche relativ nahe an die erwarteten Werte rankamen.

3. Anhang:

1. Messwerte Franck-Hertz-Versuch

Gegenspannung:	1V, 1				
Maxima /s	30,6	40,2	50	60,3	72,45
Minima /s	34,8	44,45	54,25	64,35	74,4

Gegenspannung:	1,5V, 1				
Maxima /s	32,8	42,55	52,35	62,5	74,5
Minima /s	37,25	47,0	56,8	66,8	77,0

Gegenspannung:	2V, 1				
Maxima /s	32,9	42,55	52,35	62,35	72,55
Minima /s	36,75	47,0	57,25	67,15	77,35

Datum des Versuchstags: 10.3.2023

Gruppennummer: 3

Teilnehmer:

Unterschrift Assistent/-in: M. Ali

Gegenspannung:	1V, 2				
Maxima /s	31,5	40,6	50,45	61,8	
Minima /s	35,2	44,95	54,8	64,8	

Gegenspannung:	1,5V, 2				
Maxima /s	32,25	42,4	52,3	62,55	72,85
Minima /s	37,25	46,85	56,75	66,75	76,9

Gegenspannung:	2V, 2				
Maxima /s	33,05	42,65	52,45	62,45	72,9
Minima /s	36,8	47,05	57,25	67,25	77,4

2. Messwerte Röntgenfluoreszenz-Spektroskopie

Bekannte Proben:

Element	E_A in keV
Eisen Fe	6,31
Chrom Cr	5,47
Nickel Ni	7,33
Kupfer Cu	7,95
Zink Zn	8,53

Unbekannte Probe 1:

E_A in keV	Silbermünze
α -Peak: 7,37	
β -Peak: 8,09	
γ -Peak: 6,69 (links)	
andere d	

Unbekannte Probe 2:

E_A in keV	Franken-Deckel
Peak: 6,32	
β -Peak: 7,29	
gehört zusammen (Eisen)	