

Blockpraktikum Physik

Atomstruktur

01.03.2018

Betreuer: Matthias Hiltwein

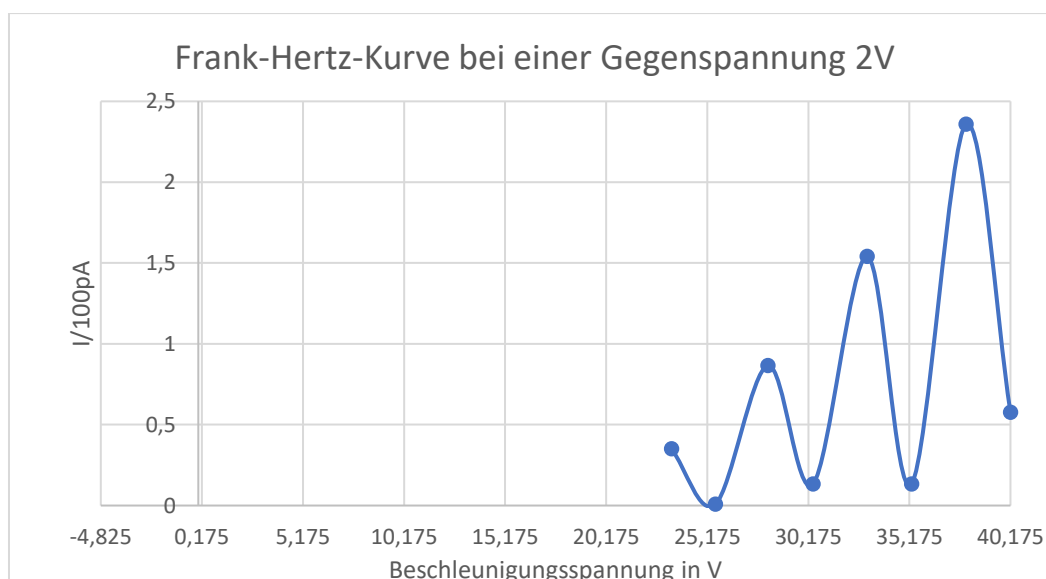
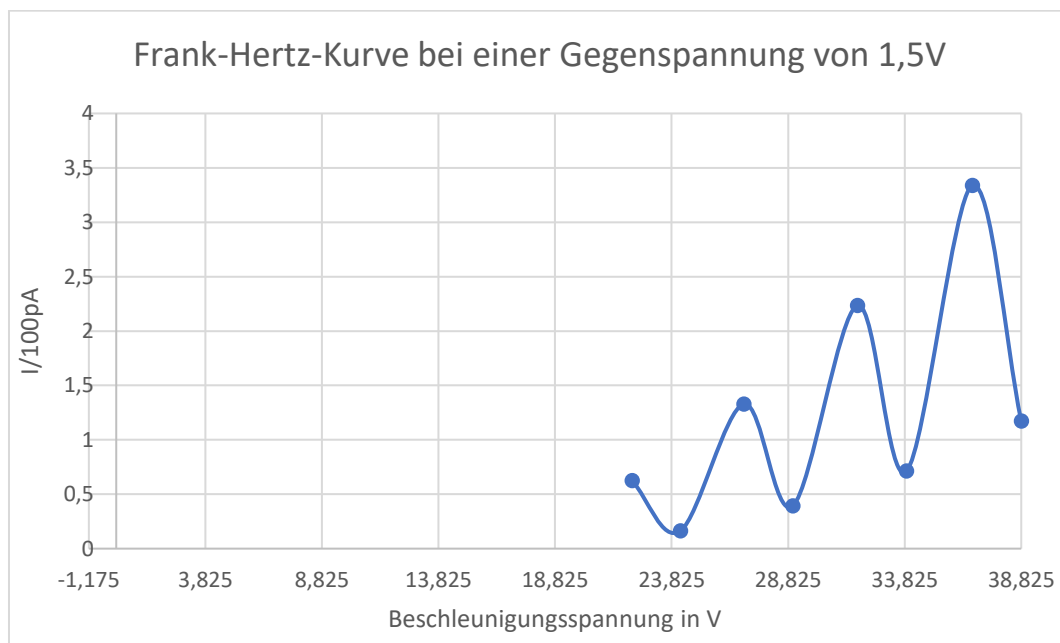
Gruppe: 21

Stefan Kern, Dominic Baum

Theoretische Einleitung:

Beim Versuch „Atomstruktur“ sollte in einem zweiteiligem Versuchsaufbau die Struktur der Atome besser kennengelernt werden. Hierbei wurden im Versuchsteil 1 Frank-Hertz-Kurven aufgenommen, mit denen diskrete Energieniveaus der äußeren Schalen von Quecksilberatomen nachgewiesen werden konnten.

Im zweiten Versuchsteil wurde mit Röntgenfluoreszenz-Spektroskopie gearbeitet, um die Energie von Photonen, die bei Übergängen zwischen kernnahen Schalen entstehen, zu analysieren. In Anknüpfung daran kam es zur Analyse der charakteristischen Strahlung, mit der schließlich die spezifische chemische Zusammensetzung einiger Proben untersucht werden konnte.

Auswertung:**Auswertung des Versuchs Teil 1: Frank-Hertz-Versuch****1.**

2. Berechnung der Beschleunigungsspannungswerte U_i

Gesucht sind die Beschleunigungsspannungswerte U_i , an denen der Auffängerstrom den Mittelwert zwischen einem Strommaximum und dem darauffolgenden Stromminimum annimmt. Näherungsweise wurde angenommen, dass diese Bedingung zeitlich ebenfalls in der Mitte zwischen Minimum und Maximum liegt.

Mit der Formel für den zeitlichen Verlauf der Beschleunigungsspannung

$$U_i = \frac{1}{2} \cdot t \cdot \frac{v}{s}$$

$$\text{ergibt sich: } U_i = \frac{1}{4}(t_{\max} + t_{\min})$$

Für die Gegenspannung 1,5V ergibt sich:

$$U_1 = 11,58125V$$

$$U_2 = 13,9875V$$

$$U_3 = 16,425V$$

$$U_4 = 18,875V$$

Für die Gegenspannung 2V ergibt sich:

$$U_1 = 12,24375$$

$$U_2 = 14,64375$$

$$U_3 = 17,0875$$

$$U_4 = 19,5375$$

Berechnung von $\Delta U = U_{i+1} - U_i$ und daraus folgend Berechnung der Anregungsenergie $A = e \cdot \Delta U$ in eV:

$$\Delta U_1 = 13,9875V - 11,58125V = 2,40625 \rightarrow A_1 = 2,40625eV$$

$$\Delta U_2 = 16,425V - 13,9875V = 2,4375V \rightarrow A_2 = 2,4375eV$$

$$\Delta U_3 = 18,875V - 16,425V = 2,45V \rightarrow A_3 = 2,45eV$$

$$\Delta U_4 = 14,64375V - 12,24375V = 2,4V \rightarrow A_4 = 2,4eV$$

$$\Delta U_5 = 17,0875V - 14,64375V = 2,44375V \rightarrow A_5 = 2,44375eV$$

$$\Delta U_6 = 19,5375V - 17,0875V = 2,45V \rightarrow A_6 = 2,45eV$$

Für den Mittelwert gilt $\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i$, wodurch sich bei uns ein Mittelwert von 2,43125eV ergibt.

Die Standardabweichung beträgt nach der Formel $\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2} = 0,023eV$.

Daraus folgt: $A = 2,43125eV \pm 0,023eV$.

$$A = 2,43125eV \pm 0,946\%.$$

3. Emittierte Energie

Mithilfe der gegebenen Wellenlänge des Lichts ($\lambda=253,7nm$), der Lichtgeschwindigkeit ($c=3 \cdot 10^{17}nm/s$) und dem Plank'schen Wirkungsquantum ($h=4,135 \cdot 10^{-15}eV$) lässt sich die Energie des emittierten Photons berechnen:

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 4,8904eV \quad 4,8904eV : 2 = 2,4448eV$$

Nun lässt sich erkennen, dass die emittierte Energie des Quecksilberatoms in etwa dem Mittelwert der Anregungsenergie $A = 2,43125eV \pm 0,023eV$ entspricht. Der Wert liegt damit sogar im Vertrauensintervall des berechneten Werts.

Diese Übereinstimmung der vom Lichtquant transportierten Energie mit der Anregungsenergie lässt sich durch den Energieerhaltungssatz erklären: Das

Quecksilbergasatom muss natürlich die komplette aufgenommene Energie (Anregungsenergie) auch wieder abgeben (elektromagnetische Welle).

Mit einer Wellenlänge von 253,7 nm gehört der ausgestrahlte Lichtquant zum ultravioletten Bereich (1-380nm), wohingegen sichtbares Licht in einem Bereich zwischen 380 – 780 nm liegt. Dies entspricht einem Energiebereich von etwa 1,6 eV – 3,3 eV.

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

4. Der genaue Zeitpunkt des Starts der Messung spielt für die Berechnung der ΔU keine Rolle, denn wichtig ist nur die Differenz zwischen den Extrema. Diese wird nicht durch den Startzeitpunkt bestimmt oder beeinflusst. Das liegt daran, dass zu Beginn der Messung nur sehr kleine Stromstärken vorliegen, die nicht messbar sind. Erst ab einer bestimmten Kathodenspannung können ausreichend viele Elektronen die Gegenspannung überwinden, da sie dann erst die nötige Energie besitzen.
5. 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 Planckschen Wirkungsquantums ist.

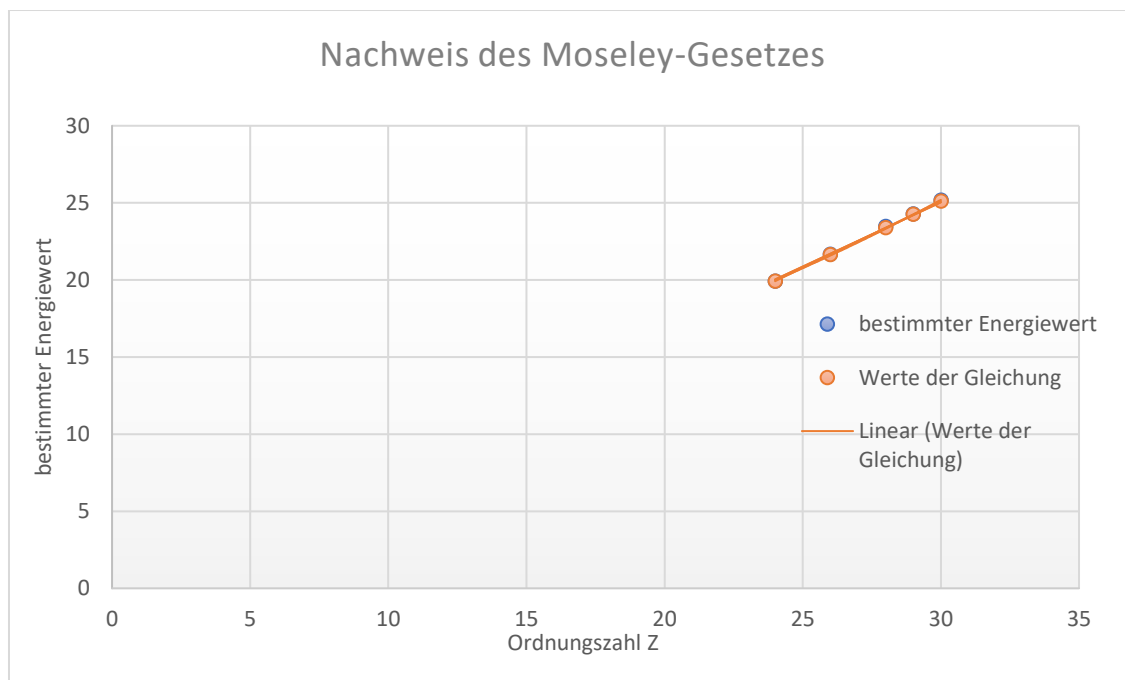
Erhöht man im Frank-Hertz-Versuch, wie im Strom-Spannungskennlinien-Diagramm abgebildet, die Beschleunigungsspannung von 0V ausgehend, steigt der Auffängerstrom zunächst langsam an, da es vorerst nur zu elastischen Stößen kommt. Bei elastischen Stößen verlieren Elektronen keine Energie, was dem 1. Bohrschen Postulat entspricht. Erst ab einer bestimmten Beschleunigungsspannung werden die Elektronen zum Übergang von ihrer stabilen Bahn gezwungen, wodurch es zu einem Einbruch im Auffängerstrom kommt. Es kommt zu inelastischen Stößen, die Elektronen geben nun einen Großteil ihrer kinetischen Energie ab, wodurch ebenfalls der Zusammenhang zum Zweiten Bohrschen Postulat gezeigt wäre.

Auswertung des Versuchs Teil 2: Röntgenfluoreszenz-Spektroskopie

Hinweis: In dem Versuchsteil 2 wurde aufgrund von Geräteknappheit mit der Gruppe von Johannes und Luisa zusammengearbeitet. Dementsprechend sind die Messwerte unserer beider Gruppen für den gesamten Versuchsteil 2 identisch.

1. Nachweis des Moseley-Gesetzes (a) Und (b)

Element	$E_{K\alpha}$	$\sqrt{\frac{E_{K\alpha}}{13,6\text{eV}}}$	Ordnungszahl Z
Eisen(Fe)	6,38keV	21,6591239	26
Chrom(Cr)	5,4keV	19,9263349	24
Nickel(Ni)	7,49keV	23,4677501	28
Kupfer(Cu)	8,02keV	24,2838605	29
Zink(Zn)	8,62keV	25,1758521	30



Die Werte für den bestimmten Energiewert mit der Formel $\sqrt{\frac{E_{K\alpha}}{13,6\text{eV}}}$ und die Werte aus der Formel

$(Z-1) \cdot \sqrt{\frac{3}{4}}$ stimmen nahezu überein. Daher kann man das Moseley-Gesetz als bestätigt ansehen. Abweichungen lassen sich durch systematische sowie statistische Messfehler erklären.

2. Messung unbekannter Proben

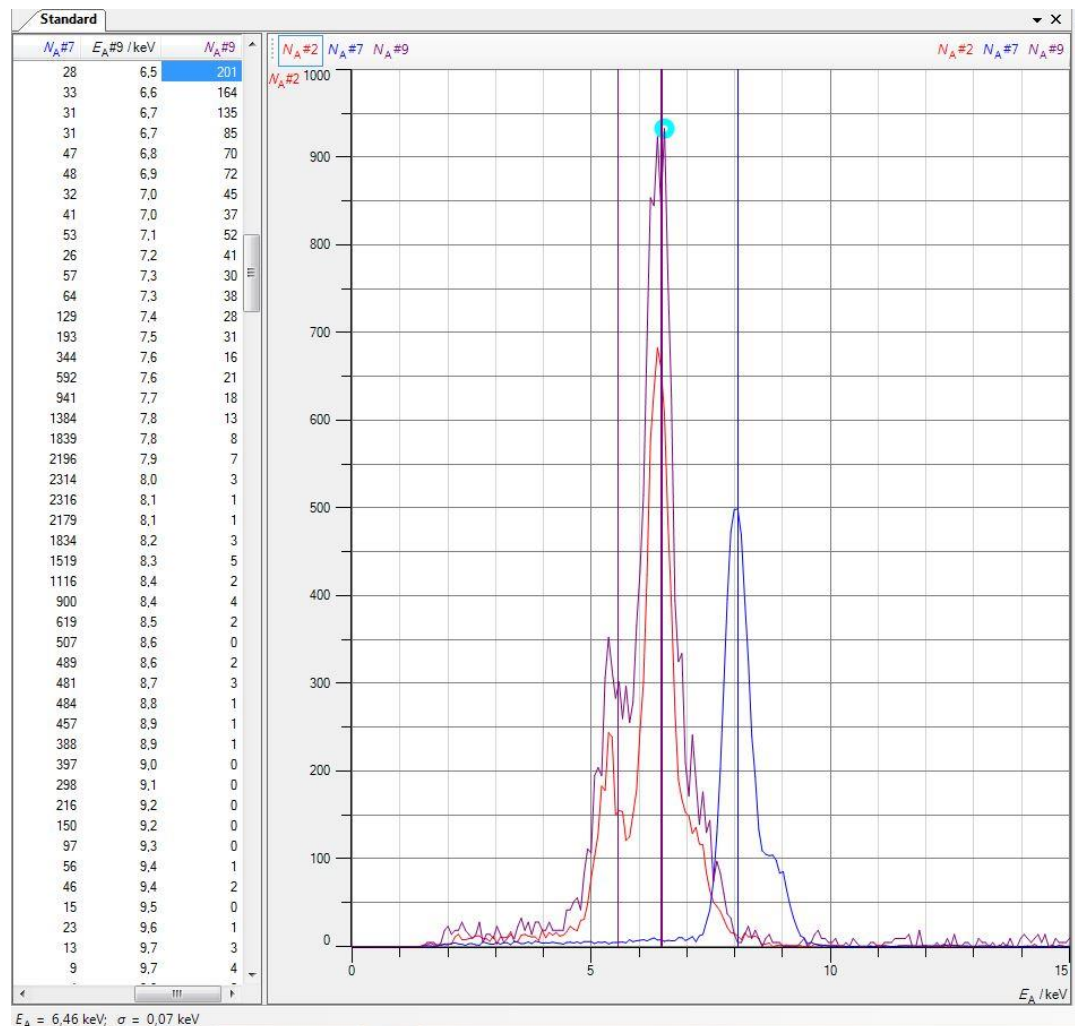


Abb.: Screenshot der Messergebnisse unserer beiden unbekannten Proben

1. Unbekannte Probe: $E_{K_\alpha} = 8,06 \text{ keV}$

Bei der ersten untersuchten Probe handelt es sich um eine 50-Cent-Münze. 8,06 keV entspricht der charakteristischen Röntgenenergie von Kupfer, woraus man ableiten kann, dass die 50-Cent-Münze zum größten Teil aus Kupfer besteht. Eine 50-Cent-Münze besteht jedoch noch aus weiteren Elementen, wie Aluminium, Zink und Zinn, was auch erklärt warum die Münze nicht braun ist. Obwohl diese Anteile im Vergleich zum Kupfer sehr gering sind, sind sie doch enthalten, was man aus dem Diagramm jedoch nicht ablesen kann. Dies lässt sich einerseits auf Fehler des Gerätes zurückführen, das nur eine Höchstspannung von etwa 35 kV erreicht und daher keine so tiefgehende Messung ermöglicht, wie hier nötig wäre. Außerdem sind die Anteile nur so gering, dass die zugehörigen Peaks im Vergleich zum Peak des Kupfers so klein sind, dass sie im Rauschen praktisch verschwinden.

2. Unbekannte Probe: $E_{K_\alpha} = 5,55 \text{ keV}$ und $6,46 \text{ keV}$

Bei der zweiten untersuchten Probe handelt es sich um ein Schmuck-Armband. Es wurden zwei Energiewerte gemessen, wobei der erstere unserem gemessenem Energiewert von Chrom (5,4 keV) sehr gleicht. Der

zweite Energiewert ist unserem gemessenen Energiewert von Eisen (6,38keV) sehr ähnlich. Daher ist darauf zu schließen, dass das untersuchte Armband zu großen Teilen aus Chrom und Eisen besteht.

Anhänge:

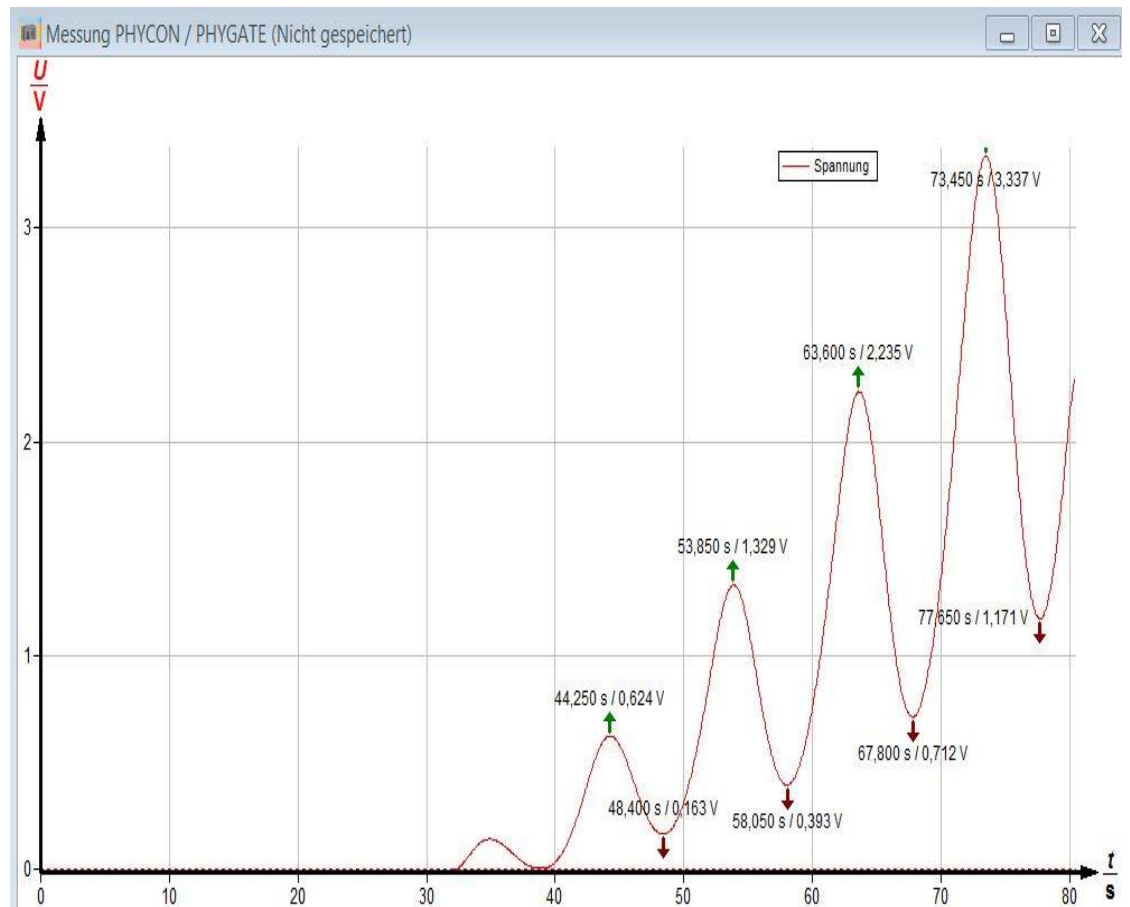


Abb.: Screenshot der Messergebnisse im ersten Versuchsteil mit 1,5V

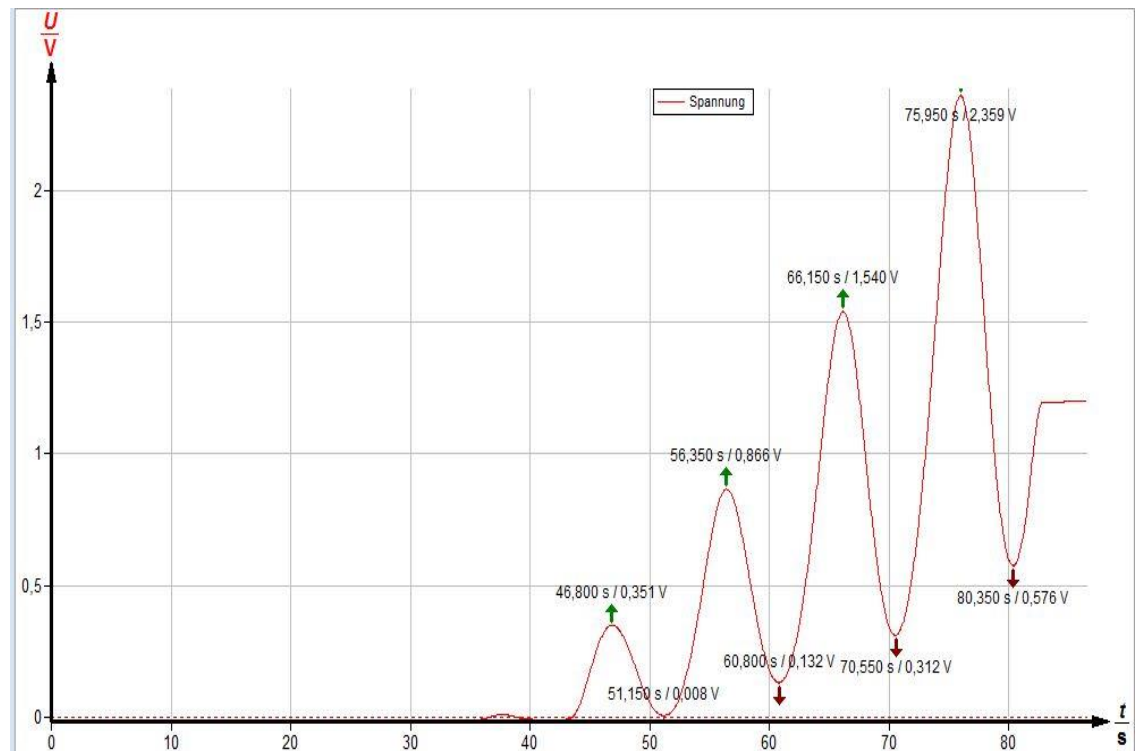


Abb.: Screenshot der Messergebnisse im ersten Versuchsteil mit 2V

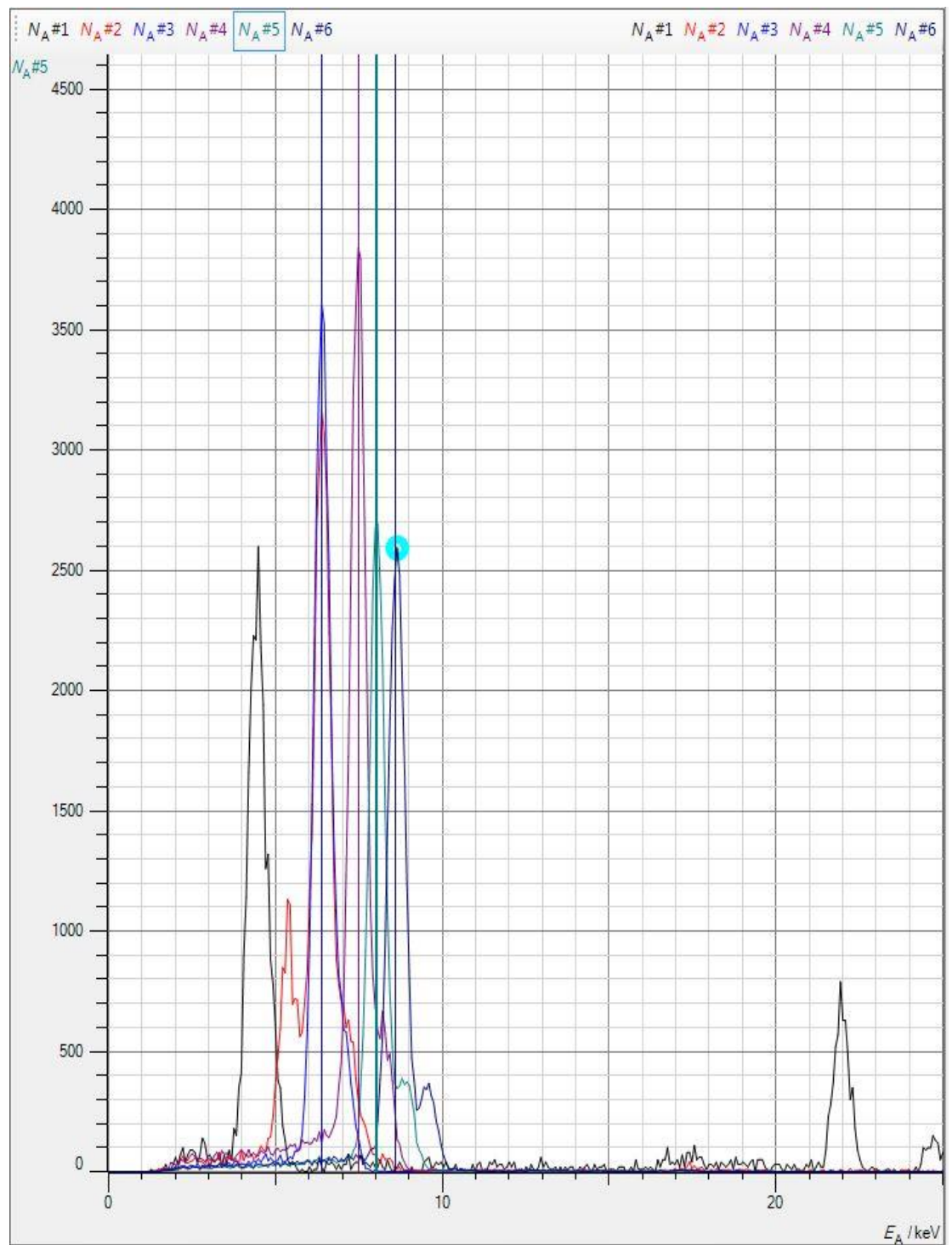


Abb.: Screenshot der Messergebnisse aus Versuchsteil der vorgegebenen Messproben

Versuch - Atomstruktur

Bei den Messergebnissen die Zahl mit
den Sekunden wird zu Volt und dann durch
den angezeigte Voltwert wird zu pA. ² teilen.
(pikoampere)

y-Achse: $I / 100 \text{ pA}$

x-Achse: V, da wo 80 ist soll 40.

Franck-Hertz-GeräteEAVa

# 3 (Eisen (Fe))	:	Fe: 6,33 keV; Cr: 5,4 keV
# 2 (Chrom (Cr))	:	Cr: 5,4 keV
# 4 (Nickel (Ni))	:	Ni: 7,49 keV
# 5 (Kupfer (Cu))	:	Cu: 8,02 keV
# 6 (Zink (Zn))	:	Zn: 8,62 keV
# 7 (50-Cent-Münze)	:	8,06 keV
# 9 (Luisa's Armband)	:	5,55 keV und 6,46 keV

Stefan + Bönnik

M. S.

Abb.: Messergebnisse der bestimmten Energiewerte der diversen Proben im Versuchsteil 2