

Institut für Experimentalphysik der Technischen Universität Graz

&

Institut für Physik der Universität Graz

Laborübungen 3:

Fortgeschrittene Experimentiertechniken

Übungstitel: Beta Absorption

Betreuer: M. Ramsey

Name: Johannes Winkler

Kennzahl: UB 033 678 Matrikelnummer: 00760897

Datum: 19.06.2021 Sommer 2021

1 Aufgabenstellung

Die für das Experiment nötigen Daten inklusive der Aufgabenstellung wurden zur Verfügung gestellt.

1. Bestimmung der Hintergrundstrahlung
2. Messung der Absorption der β -Strahlung durch Aluminium- bzw Kupferfolien in Abhängigkeit von der Massendicke ρ_d
3. Bestimmung man den Massenabsorptions-Koeffizienten und die maximale Energie E_0 der β -Teilchen für Aluminium und Kupfer
4. Bestimmung der effektiven Reichweite und den Wert E der mit E_0 verglichen werden soll

2 Grundlagen

Die Absorptionskurve zeigt einen exponentiellen Abfall bezüglich der Dicke d . Dieser ist gegeben durch

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\mu \cdot d} \quad (1)$$

wobei μ der Absorptionskoeffizient ist. E_0 kann anhand der empirischen Formel

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{17}{E_0^{1.14}} \quad (2)$$

berechnet werden. Bei bekannter effektiver Reichweite kann E_0 auch durch die Formel

$$R_{\text{eff}} = 0.412 \cdot E_0^{1.38} \quad (3)$$

berechnet werden.

3 Versuchsaufbau

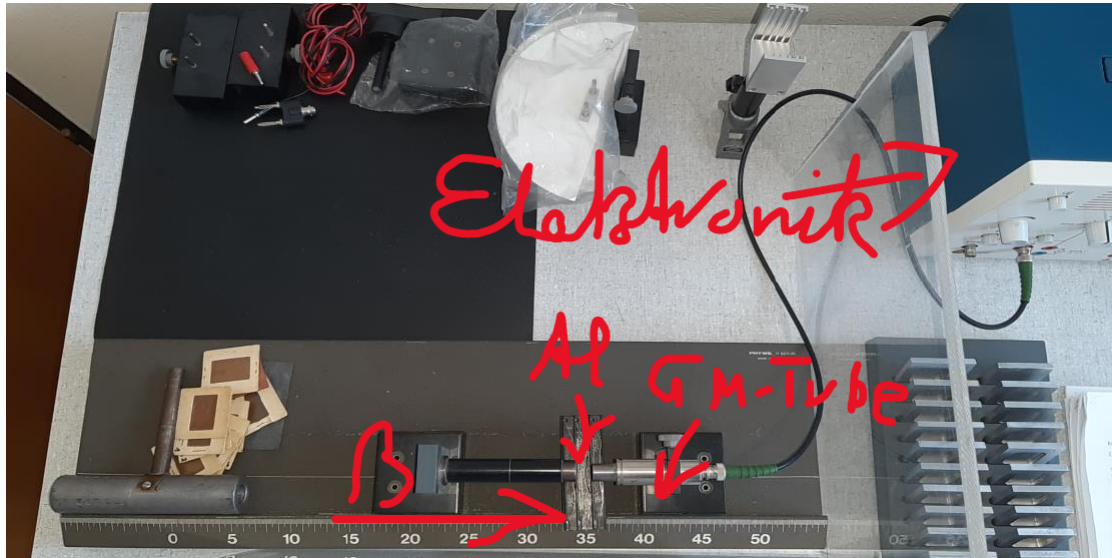


Abbildung 1: Versuchsanordnung gemäß Skriptum [1].

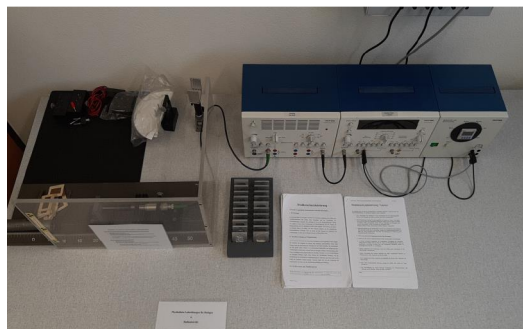


Abbildung 2: Arbeitsplatz gemäß Skriptum [1].

4 Geräteliste

Tabelle 1: Liste der verwendeten Geräte

	Bezeichnung
1.	Radioaktives Präparat
2.	Präparathalterung
3.	Halterung für Aluminiumplatten
4.	Aluminiumplatten verschiedener Dicke
5.	Zählrohr
6.	Versorgungsgerät für das Zählrohr
7.	Zähler mit Stoppuhr

5 Durchführung und Messergebnisse

Der Versuch wurde wie im Skriptum beschrieben durchgeführt. Die Messwerte wurden bereits im Moodle in einer Excel-Tabelle zur Verfügung gestellt.

Zuerst wurde für 60 Minuten die kosmische Hintergrundstrahlung bestimmt. Diese ergab $N = 1292$ mit $\Delta N = \sqrt{1292}$ (Poisson-Verteilung).

Tabelle 2: Messwerte Aluminium bei einer Plattendicke d mit $\Delta d = 0.05$ mm, mit der Messdauer t und $\Delta t = 1$ s und der Anzahl der Impulse N mit $\Delta N = \sqrt{n}$ nach Poisson-Verteilung.

d / mm	t / min	N
0.0	2	175641
0.1	4	253232
0.2	4	177828
0.3	5	107797
0.4	10	256730
0.5	10	217737
0.6	10	177992
0.7	10	159462
0.8	10	126138
0.9	10	108890
1.0	10	94577
1.5	15	57476
2.0	15	21771
2.5	15	7465
3.0	15	2993
3.5	15	1824
4.0	15	1580
4.5	15	1560
5.0	15	1419
5.5	25	2260
6.0	45	4258

Tabelle 3: Messwerte Kupfer bei einer Plattendicke d mit $\Delta d = 0.05$ mm, mit der Messdauer t und $\Delta t = 1$ s und der Anzahl der Impulse N mit $\Delta N = \sqrt{n}$ nach Poisson-Verteilung.

d / mm	t / min	N
0.0	2	167218
0.1	3	46370
0.2	6	50479
0.3	10	44080
0.4	10	25153
0.5	10	10750
0.6	15	8616
0.7	30	7863
0.8	30	4763
0.9	30	3253
1.0	30	2648
1.5	30	2134
2.0	40	2710

6 Auswertung

Zuerst wurden in Grafik 3 und 4 der Zusammenhang zwischen der Dicke und den Impulsen pro Sekunde visualisiert. Analog auch für Kupfer in den Grafiken 5 und 6

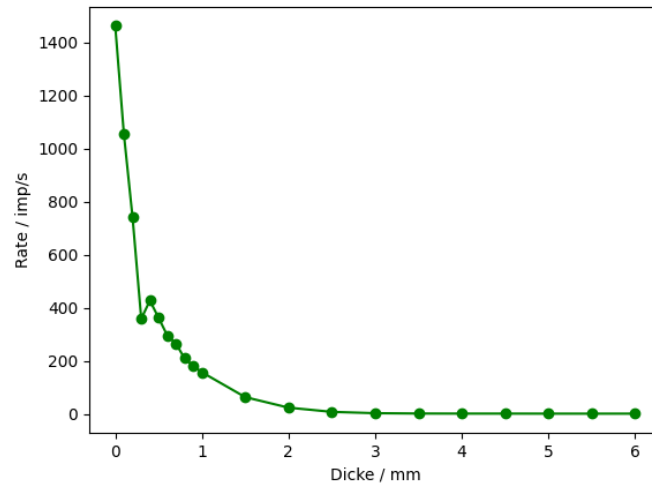


Abbildung 3: Impulse pro Sekunde bei Aluminium abhängig von der Dicke.

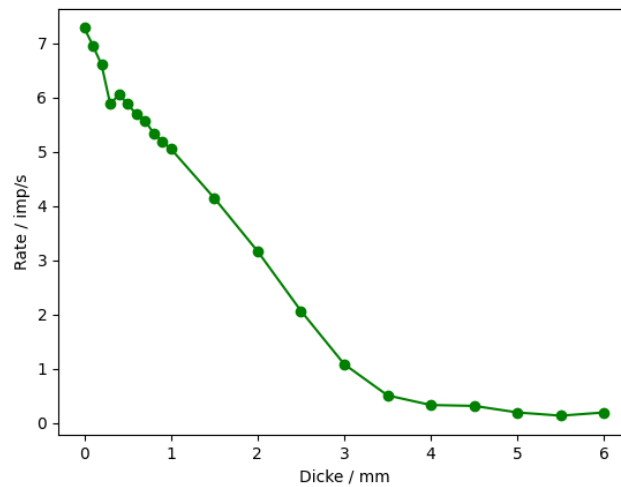


Abbildung 4: Impulse pro Sekunde bei Aluminium abhängig von der Dicke mit Logarithmischer Skalierung der y -Achse

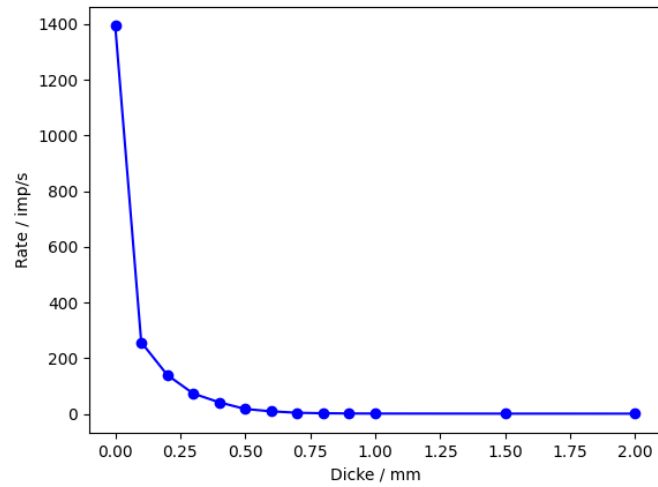
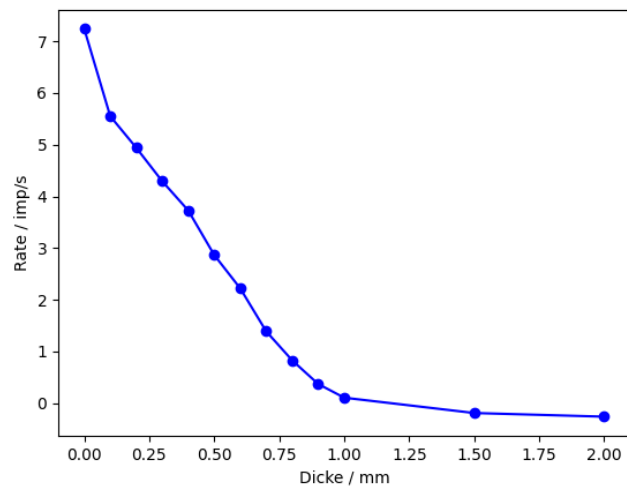


Abbildung 5: Impulse pro Sekunde bei Kupfer abhängig von der Dicke.

Abbildung 6: Impulse pro Sekunde bei Kupfer abhängig von der Dicke mit Logarithmischer Skalierung der y -Achse

Als nächstes wird die Masse pro Flächeneinheit abhängig von der Dichte ausgerechnet. Dazu wurden die Dichten in [4] recherchiert. Es gilt

$$\rho_{\text{Al}} = 2700 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\rho_{\text{Cu}} = 8960 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Für die Masse bezogen auf eine Flächeneinheit des Materials gilt abhängig von der Dichte d

$$\rho_d = \rho \cdot d$$

Tabelle 4: Für Aluminium: Masse bezogen auf Flächeninhalt ρ_d abhängig von der Dicke d und Impulse pro Sekunde (nach Abzug der Hintergrundstrahlung).

d / mm	$\rho_d / \frac{\text{mg}}{\text{cm}^3}$	I / s^{-1}	$\Delta I / \text{s}^{-1}$
0.0	0	1463	38
0.1	27	1055	32
0.2	54	741	27
0.3	81	359	19
0.4	108	428	21
0.5	135	363	19
0.6	162	296	17
0.7	189	265	16
0.8	216	210	14
0.9	243	181	13
1.0	270	157	13
1.5	405	64	8
2.0	540	24	5
2.5	675	8	3
3.0	810	3	2
3.5	945	2	1
4.0	1080	1	1
4.5	1215	1	1
5.0	1350	1	1
5.5	1485	1	1
6.0	1620	1	1

Tabelle 5: Für Kupfer: Masse bezogen auf Flächeninhalt ρ_d abhängig von der Dicke d und Impulse pro Sekunde (nach Abzug der Hintergrundstrahlung).

d / mm	$\rho_d / \frac{\text{mg}}{\text{cm}^3}$	I / s^{-1}	$\Delta I / \text{s}^{-1}$
0.0	0	1393	37
0.1	90	257	16
0.2	179	140	12
0.3	269	73	9
0.4	358	42	6
0.5	448	18	4
0.6	538	9	3
0.7	627	4	2
0.8	717	2	2
0.9	806	1	1
1.0	896	1	1
1.5	1344	1	1
2.0	1792	1	1

Aus Formel (1) erhält man durch Logarithmieren und Erweitern

$$\ln(I) - \ln(I_0) = -\frac{\mu}{\rho} \cdot (\rho \cdot d)$$

sodass man einen linearen Zusammenhang mit Steigung μ/ρ erkennen kann. Diesen linearen Zusammenhang kann man in den Grafiken 4 und 6 erkennen. Durch eine Regression im linearen Bereich erhält man μ/ρ . Der Vorteil hierbei ist, dass beim Logarithmieren das I_0 nicht berücksichtigt werden muss, da dieses die Regressionsgerade nur in der Höhe verschiebt und die Steigung nicht beeinflusst. Die Regressionsgeraden wurden mit den entsprechenden Stützstellen in den Grafiken 7 und 8 dargestellt. Der Massenabsorptions-Koeffizient ist dann jeweils

$$\frac{\mu_{\text{Al}}}{\rho_{\text{Al}}} = (7.07 \pm 0.60) \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$$

$$\frac{\mu_{\text{Cu}}}{\rho_{\text{Cu}}} = (7.51 \pm 0.57) \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$$

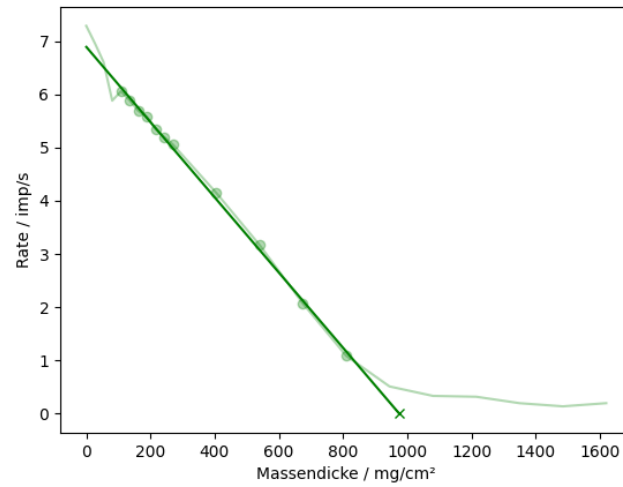


Abbildung 7: Impulse pro Sekunde bei Aluminium abhängig von der Massendicke mit Logarithmischer Skalierung der y -Achse mit linearer Approximation.

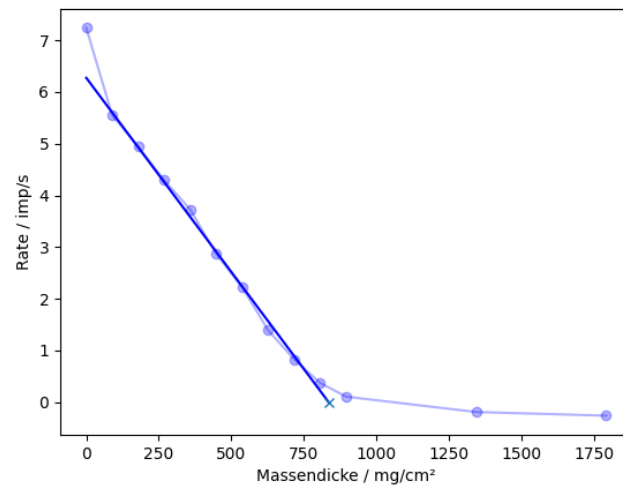


Abbildung 8: Impulse pro Sekunde bei Kupfer abhängig von der Massendicke mit Logarithmischer Skalierung der y -Achse mit linearer Approximation.

Daraus folgt aus Gleichung (2)

$$E_{0,\text{Al}} = (2.16 \pm 0.53) \text{ MeV}$$

$$E_{0,\text{Cu}} = (2.04 \pm 0.48) \text{ MeV}$$

Die effektive Reichweite R_{eff} folgt dann durch Extrapolation

$$R_{\text{eff,Al}} = (975.29 \pm 18.23) \text{ mg/cm}^2$$

$$R_{\text{eff,Cu}} = (835.39 \pm 15.07) \text{ mg/cm}^2$$

Aus der effektiven Reichweite kann auch mit Gleichung (3) berechnet werden

$$E_{0,\text{Al}} = (1.86 \pm 0.23) \text{ MeV}$$

$$E_{0,\text{Cu}} = (1.67 \pm 0.15) \text{ MeV}$$

7 Diskussion und Zusammenfassung

Es wurde die Konstante μ/ρ im exponentiellen Abfall

$$I = I_0 \cdot \exp\left(-\frac{\mu}{\rho} \cdot (\rho \cdot d)\right)$$

berechnet. Da bei den Messungen Unregelmäßigkeiten auftreten können, ist dieses Ergebnis nicht ganz genau. Bei der Aluminiumfolie ist ein Knick in der Kurve zu sehen. Dies deutet auf einen Messfehler hin. Außerdem erkennt man den exponentiellen Teil durch die Linearität beim Logarithmieren. Da der exponentielle Teil händisch durch Ablesen gefunden wurde, existiert hier eine zusätzliche Fehlerquelle.

Die gefundenen Energien für den Massenabsorptionskoeffizient sind

$$E_{0,\text{Al}} = (2.16 \pm 0.53) \text{ MeV}$$

$$E_{0,\text{Cu}} = (2.04 \pm 0.48) \text{ MeV}$$

während die Energien durch die effektive Reichweite

$$E_{0,\text{Al}} = (1.86 \pm 0.23) \text{ MeV}$$

$$E_{0,\text{Cu}} = (1.67 \pm 0.15) \text{ MeV}$$

sind. Da die Differenz zwischen den beiden gleich groß ist, könnte es einen systematischen Fehler geben.

8 Literaturverzeichnis

- [1] S. Surnev: Skript zur Beta-Absorption aus dem Moodle der Karl-Franzens Universität, Institut für Physik, 15.06.2021.
- [2] S. Surnev: Daten zur Röntgenbeugung aus dem Moodle der Karl-Franzens Universität, Institut für Physik, 26.04.2021.
- [3] R. Dämon: Einführung in die physikalischen Messmethoden, Graz 2016.
- [4] W. Demtröder: Experimentalphysik 1.