

Anleitung zur Versuchsdurchführung RM3: Neutronenaktivierung

Aufgabenstellung

In diesem Experiment werden Proben mit Neutronen aus einer Amerizium-Beryllium (Am-Be)-Neutronenquelle bestrahlt. Die entstehenden Kerne sind β -Minus-Strahler. Die β -Strahlung wird mittels eines Szintillationsdetektors detektiert und die Zählrate in konstanten Zeitintervallen aufgezeichnet. Aus diesen Messungen werden die Halbwertszeiten und die erreichten Aktivitäten der aktivierten Proben bestimmt.

Das Experiment umfasst folgende Schritte:

1. **Detektoraufbau und Kalibrierung** mit einer bekannten β -Quelle (^{137}Cs).
2. **Messung der thermischen Neutronenflussdichte** mittels Goldproben (eine abgeschirmt durch Kadmium während der Aktivierung, eine unabgeschirmt).
3. **Aktivierung weiterer Proben** (Al, Ag, V, Mn, NaCl) und Analyse ihrer zeitabhängigen β -Zählraten.

Ziel ist die Identifikation der Reaktionsprodukte durch Analyse der zeitabhängigen β -Strahlungsintensität.



Detektoraufbau und Kalibrierung

PC-Detektor-Verbindung

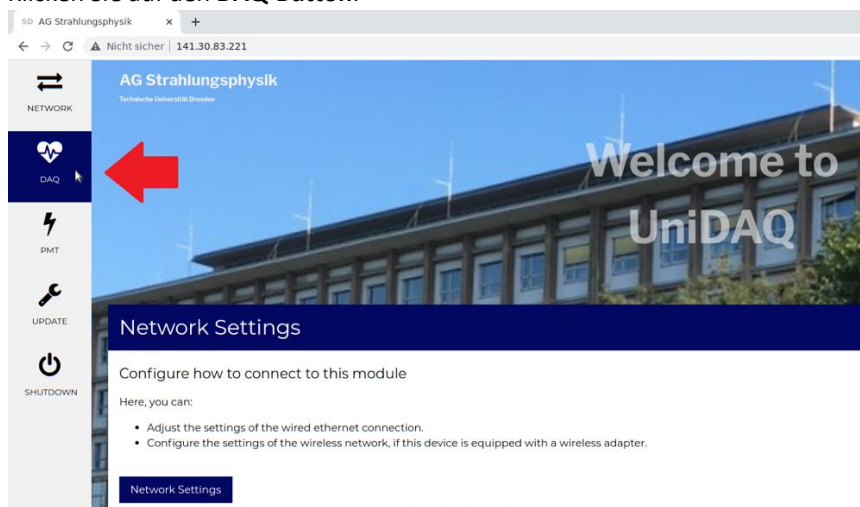
1. Überprüfen Sie die Verbindung von Detektor mit Messgerät (Signal und Spannung)
2. Auf dem Messgerät (Digitizer) finden Sie die IP-Adresse (z. B. 141.30.83.XXX, siehe Abbildung).
3. Öffnen Sie Google Chrome und geben Sie die IP-Adresse des Detektors in die Adressleiste ein.

Dies öffnet die **Weboberfläche** des Detektors zur Konfiguration und Steuerung der Messungen.

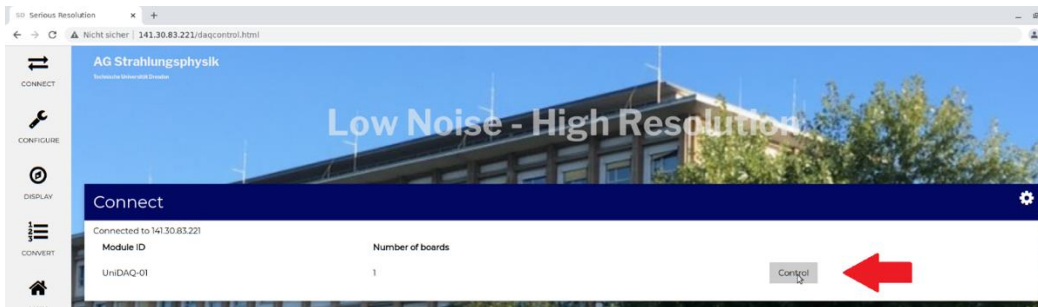


Detektorkonfiguration

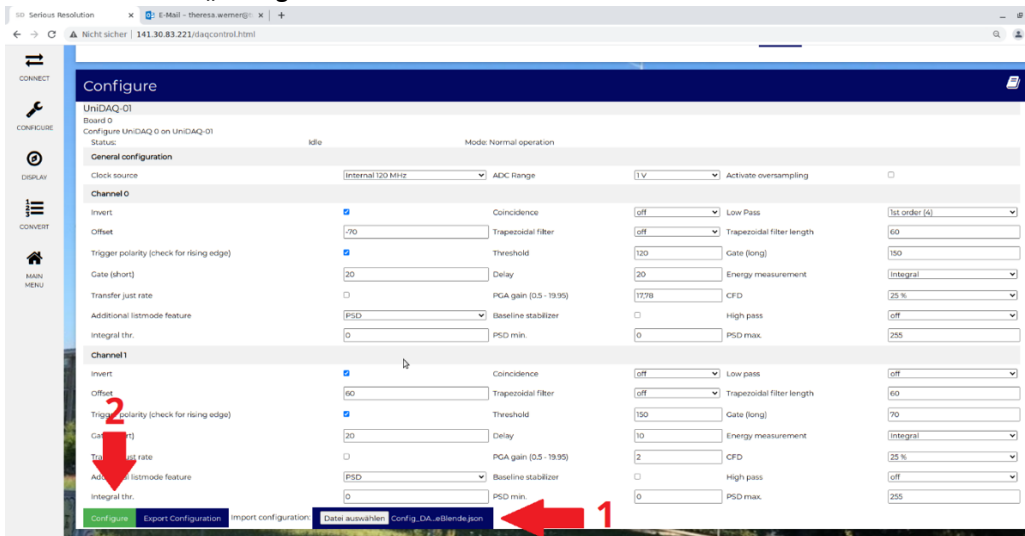
1. Klicken Sie auf den **DAQ-Button**.



2. Klicken Sie auf den **Control-Button**.



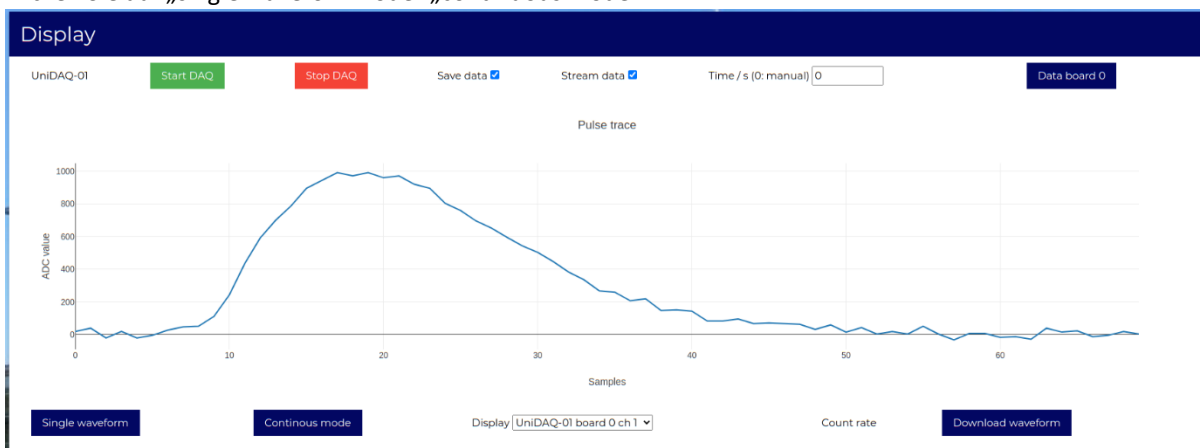
3. Klicken Sie auf „Datei auswählen“ und navigieren Sie zu:
/Desktop/Detector_Configuration/Config_DAQ_XXXXXBlende.json
Dann drücken Sie: „Configure“.



(Optional) Ändern Sie Konfigurationsparameter und drücken Sie erneut „Configure“.

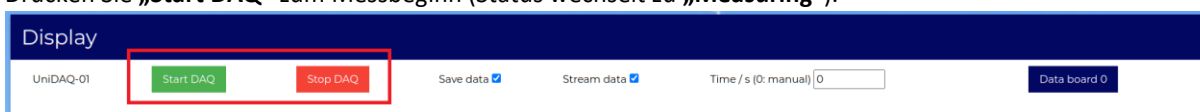
Messung

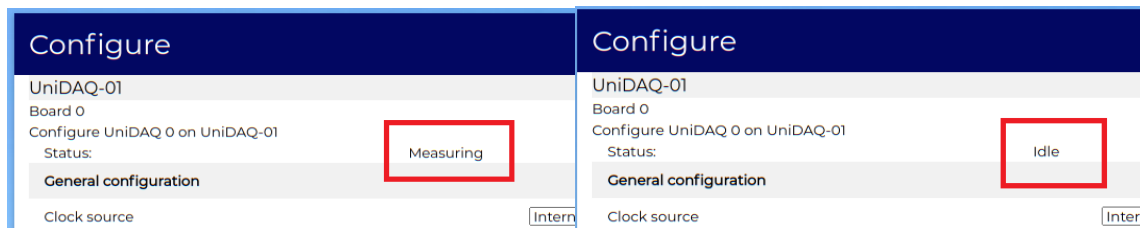
1. Klicken Sie auf „single waveform“ oder „continuous mode“.



Passen Sie die Einstellungen an (Offset, Threshold, Long Gate, ...).

2. Drücken Sie „Start DAQ“ zum Messbeginn (Status wechselt zu „Measuring“).





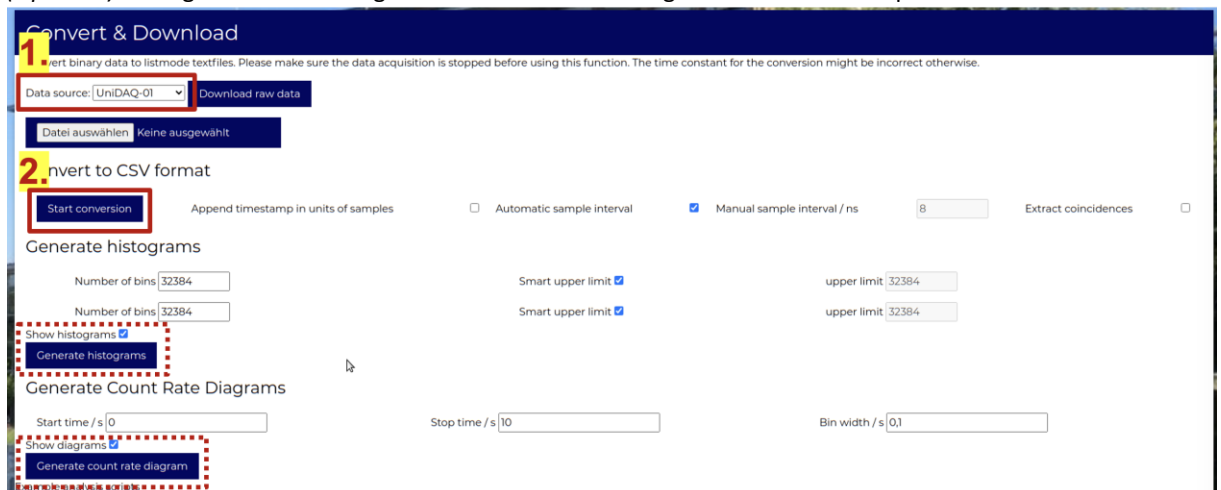
- Drücken Sie „**Stop DAQ**“ zum Messende (Status zurück zu „**Idle**“).

Datenexport

- Klicken Sie auf den „**data board**“-Button, um Rohdaten (binär) zu speichern.



- Scrollen Sie zu „**Convert & Download**“.
- Wählen Sie als Datenquelle: **UniDAQ-01**.
- Klicken Sie auf „**Start conversion**“. Dies erzeugt eine „**xxx.txt**“-Datei im Download-Ordner.
- (Optional) Erzeugen Sie Pulshistogramme oder Zählratendiagramme mit den entsprechenden Buttons.



Datenformat

Die Rohdaten liegen im CSV-Format vor, wobei Werte durch „**;**“ getrennt sind. Spalten:

- Channel
- time/s
- energy/channel
- PSD oder risetime

```

Datei Bearbeiten Format Ansicht Hilfe
#Sample interval: 16.68302389813908 ns
#Gate length: ch0: 60 ch1: 30
#Format:
#Channel;time/s;energy/channels;PSD or risetime
0;0.0071173006420216;516;192
1;0.009708527855307564;418;0
0;0.025837446489794327;498;85
0;0.030135296021267296;6193;32

```

Anleitung zur Datenanalyse

Die Messungen werden im **Downloads**-Ordner gespeichert und können in Analyseprogramme importiert werden. Auf den PCs steht **SciDAVis** zur Verfügung. Andere Programme sind ebenfalls geeignet, sofern die Diagramme qualitativ hochwertig sind. Empfohlen wird die Arbeit mit den gebinnten Daten aus „**Generate Histograms**“ und „**Generate count rate diagram**“. Verwenden Sie konsistente Einstellungen für alle Datensätze.

Aufgabe 0: Detektorkalibrierung mit ^{137}Cs β -Quelle

Stellen Sie sicher, dass der Detektor korrekt konfiguriert ist, bevor Sie messen. Die Kalibrierung erfolgt mit einer ^{137}Cs -Quelle, um das Detektorverhalten zu validieren und Einstellungen (Schwellenwert, Hochspannung) für die folgenden Messungen zu optimieren.

Kalibrierung

Untergrundüberprüfung. Stellen Sie sicher, dass die Zählrate des Detektors ohne Probe nahe Null liegt. Falls die Untergrundzählrate 2 Impulse pro Sekunde (cps) überschreitet:

Erhöhen Sie den Schwellenwert oder Verringern Sie die Hochspannung.

Messung mit Quelle Quelle. Platzieren Sie die ^{137}Cs -Quelle und beobachten Sie das Pulshöhen-Histogramm. Wenn dieses zu komprimiert erscheint (z. B. unzureichende Auflösung):

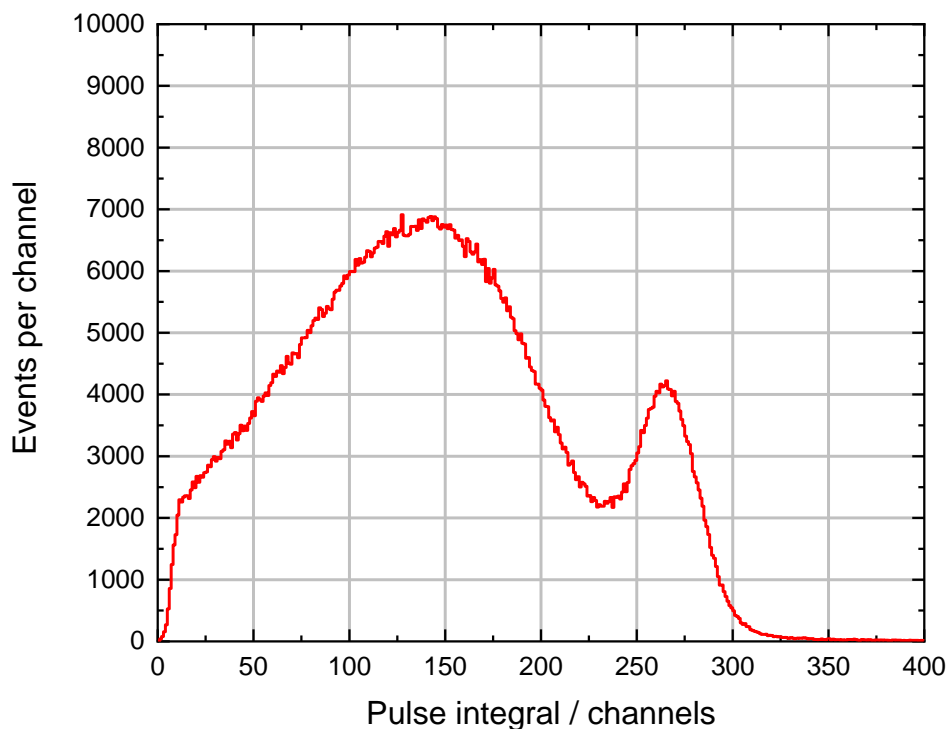
Verringern Sie den Schwellenwert oder erhöhen Sie die Hochspannung.

Schrittweise Optimierung: Wiederholen Sie die Anpassungen bis:

- Die Untergrundzählrate ist minimal (<2 cps)
- Das Pulshöhen-Histogramm ist klar aufgelöst ist

Anpassung der Detektoreinstellungen (Detektorschwelle/Hochspannung):

1. Laufende Messung anhalten ("Stop DAQ")
2. Parameter in der Konfigurationsdatei anpassen
3. Änderungen übernehmen ("**Configure**" drücken)
4. Messung neu starten ("Start DAQ")



Beispiel-Pulshistogramm der ^{137}Cs -Quelle. Die Kanalnummern können aufgrund unterschiedlicher Hochspannungs- und Einstellungen variieren.

Ins Protokoll

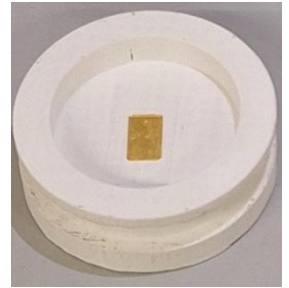
Im Protokoll müssen enthalten sein:

1. Detektorparameter: Angelegte **Hochspannung** und Triggerschwelle (Threshold).
2. Quellenmessungen:
 - **Zählrate** (cps) der ^{137}Cs -Quelle.
 - Pulshistogramm (Energiespektrum).
3. Vergleich mit dem bekannten β -Spektrum von ^{137}Cs (Nudat3-Datenbank).

Aufgabe 1: Messung der thermischen Neutronenflussdichte

Diese Aufgabe dient der Messung der thermischen Neutronenflussdichte. Dafür verwenden wir Gold, da es aufgrund seines großen Wirkungsquerschnitts besonders leicht zu aktivieren ist.

Obwohl Gold thermische Neutronen effizient einfängt, ist zu beachten, dass die Aktivierung sowohl durch thermische als auch durch energiereichere Neutronen erfolgt (erkennbar an Resonanzpeaks in der Wirkungsquerschnittskurve). Um den Beitrag der thermischen Neutronen zu isolieren, verwenden wir eine Differenzialmessung mit zwei identischen Rein-Gold-Proben:



1. Eine Cadmium-abgeschirmte Probe (Cadmium absorbiert alle Neutronen mit Energien < 0.5 eV).
2. Eine unabgeschirmte Referenzprobe.

Beide Proben wurden bereits vor dem Versuch bis zur Sättigungsaktivität bestrahlt und können nun entnommen werden.

Durchführung

1. Führen Sie jede aktivierte Goldprobe in den Detektor ein und achten Sie auf identische Positionierung bei beiden Messungen.
2. Messen Sie die β -Aktivität jeder Probe über einen Zeitraum von 10 Minuten.
3. Stellen Sie sicher, dass die Detektoren für beide Messungen einheitlich konfiguriert und positioniert sind.

Gegebene Daten

- Probenmasse: 1 g (für beide Proben)
- Thermisch gemittelter Wirkungsquerschnitt für die Reaktion $^{197}\text{Au}(n, \gamma)^{198}\text{Au}$: $(98,65 \pm 0,09)$ b.
- Sättigungsaktivität der unabgeschirmten Goldprobe (bestimmt durch Koinzidenzmessung): $(57,4 \pm 0,2)$ kBq
- Kerneigenschaften von ^{198}Au : (zum Nachschlagen):
 - Halbwertszeit des β -Zerfalls
 - Wahrscheinlichkeit der Elektronenemission
 - Mittlere β -Energie
 - Assoziierte Photonenemissionen

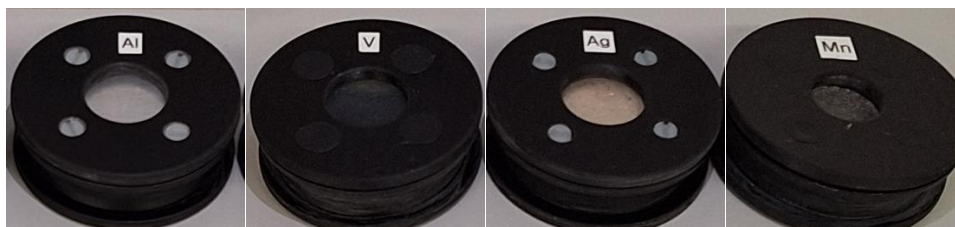
Ins Protokoll

Ihr Protokoll muss enthalten:

1. Den berechneten Anteil der Aktivität, der spezifisch auf thermische Neutronen zurückzuführen ist.
2. Die abgeleitete thermische Neutronenflussdichte.
3. Die Detektoreffizienz für die Goldproben.
4. (Optional) Vergleich der Aktivitätsmessungen zwischen der Ober- und Unterseite der unabgeschirmten Goldprobe.

Alle berechneten Werte müssen mit Unsicherheiten angegeben werden.

Aufgabe 2: Zeitabhängigkeit und Detektoreffizienzen verschiedener Proben



In dieser Aufgabe untersuchen Sie, wie verschiedene Materialien auf Neutronenstrahlung reagieren, indem Sie deren β -Zerfall der Reaktionsprodukte über die Zeit hinweg messen. Ziel ist es, zu bestätigen, dass die beobachteten Muster mit den mit verschiedenen Nukliden in Zusammenhang zu bringen.

Sie arbeiten mit folgenden Proben:

- Aluminium (Legierung 7075, glatte Oberfläche): 3,5 Gramm
- Aluminium (Legierung 7075, geriffelte Oberfläche): 3,6 Gramm
- Reines Silber: 6,27 Gramm

- Reines Vanadium: 0,21 Gramm
- Reines Mangan: 0,37 Gramm
- Natriumchlorid (Kochsalz): 0,5 Gramm

Durchführung

1. Wählen Sie mindestens zwei Materialien.
2. Planen Sie Ihren Versuch:
 - Bestimmen Sie, welche Kernreaktionen bei jeder Probe auftreten werden.
 - Berechnen Sie, wie lange jede Probe exponiert werden muss, um 95% der maximalen Aktivität zu erreichen.
 - Entscheiden Sie, wie lange die Strahlung jeder Probe gemessen werden soll.
3. Experiment durchführen:
 - Bestrahlen Sie die Probe in der Neutronenquelle.
 - Wenn er die Zielaktivität erreicht, platzieren Sie die Proben zügig auf dem Detektor.
 - Beginnen Sie sofort mit den Messungen, um zu verfolgen, wie sich die Strahlung im Laufe der Zeit verändert.

Die Koordination innerhalb der Gruppe ist wichtig für das Experiment. Beginnen Sie mit der Aufzeichnung der Daten genau dann, wenn Sie die Probe aus der Neutronenquelle entfernen (dies ist der Zeitpunkt Null in Ihren Messungen).

Daten

Die Masse und Zusammensetzung der Proben ist oben angegeben.

Für jede von Ihnen ausgewählte Probe recherchieren Sie bitte:

- Die spezifische Kernreaktion, die auftritt
- Die mittlere Energie der emittierten β -Teilchen
- Halbwertszeit, Emissionswahrscheinlichkeit und Wirkungsquerschnitt

Ins Protokoll

Folgende Messungen sind im Protokoll zu dokumentieren:

- Zeitabhängigkeit der Zählrate. Überprüfen Sie, ob diese Messwerte mit den erwarteten Reaktionsprodukten übereinstimmen.
- Erreichte Aktivität nach der Bestrahlung. Verwenden Sie für diese Berechnungen die in Aufgabe 1 ermittelte Neutronenflussdichte.
- Abschätzung der Detektoreffizienz. Bestimmen und dokumentieren Sie die Effizienz des Detektors für jede Probe.

Zusätzlich:

- Erstellen Sie eine Zusammenfassung der Detektoreffizienzen aller untersuchten Proben (einschließlich Gold aus Aufgabe 1).
- Analysieren und diskutieren Sie, wie diese Effizienzen von folgenden Faktoren abhängen:
 - Probengeometrie
 - Mittlere β -Energie der Zerfallsprodukte

Alle angegebenen Werte sind mit einer geeigneten Unsicherheitsanalyse zu versehen.