

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Aufgabenstellung</b>	3
1.1 Röntgenfluoreszenzanalyse	3
1.2 Compton-Effekt	3
<b>2 Grundlagen</b>	3
2.1 Röntgenfluoreszenzanalyse	3
2.2 Compton-Effekt	3
<b>3 Versuchsanordnung</b>	3
3.1 Röntgenfluoreszenzanalyse	4
3.2 Compton-Effekt	5
<b>4 Geräteliste</b>	5
<b>5 Versuchsdurchführung und Messergebnisse</b>	6
5.1 Röntgenfluoreszenzanalyse	6
5.1.1 Aufnahme des Kalibrierungsspektrums	6
5.1.2 bereitgestellte Metalle	6
5.1.3 unbekannte Probe	7
5.2 Compton-Effekt	8
5.2.1 Energiekalibrierung des Detektors	8
5.2.2 Aufnahme der Spektren bei verschiedenen Winkeln	8
<b>6 Auswertung</b>	8
6.1 Röntgenfluoreszenzanalyse	9
6.1.1 bereitgestellte Metalle	9
6.1.2 unbekannte Probe	9
6.2 Compton-Effekt	9
6.2.1 Energiekalibrierung des Detektors	9
6.2.2 Aufnahme der Spektren bei verschiedenen Winkeln	9
<b>7 Diskussion</b>	9
7.1 Röntgenfluoreszenzanalyse	9
7.1.1 bereitgestellte Metalle	9
7.1.2 unbekannte Probe	9
7.2 Compton-Effekt	9
7.2.1 Energiekalibrierung des Detektors	9
7.2.2 Aufnahme der Spektren bei verschiedenen Winkeln	9

<b>8 Zusammenfassung . . . . .</b>	<b>9</b>
8.1 Röntgenfluoreszenzanalyse . . . . .	10
8.1.1 bereitgestellte Metalle . . . . .	10
8.1.2 unbekannte Probe . . . . .	10
8.2 Compton-Effekt . . . . .	10
8.2.1 Energiekalibrierung des Detektors . . . . .	10
8.2.2 Aufnahme der Spektren bei verschiedenen Winkeln . . . . .	10

## 1 Aufgabenstellung

### 1.1 Röntgenfluoreszenzanalyse

Im Zuge des Beispiels Röntgenfluoreszenzanalyse sind folgende Versuche durchzuführen:

- Aufnahme und Kalibrierung eines Röntgenenergiespektrums
- Zeigen der Gültigkeit des Moseleyschen Gesetzes anhand der bereitgestellten Metalle und Ermittlung der Abschirmkonstante der K-Linien
- Analyse der Zusammensetzung von unbekannten Proben

### 1.2 Compton-Effekt

Ziel dieses Versuchs ist die Messung der Energie der gestreuten Photonen in Abhängigkeit vom Streuwinkel. Dabei werden folgende Punkte durchgeführt:

- Aufnahme des Primärspektrums und Energiekalibrierung des Detektors
- Aufnahme der Spektren in Streuanordnung
- Bestimmung der Energie als Funktion des Streuwinkels

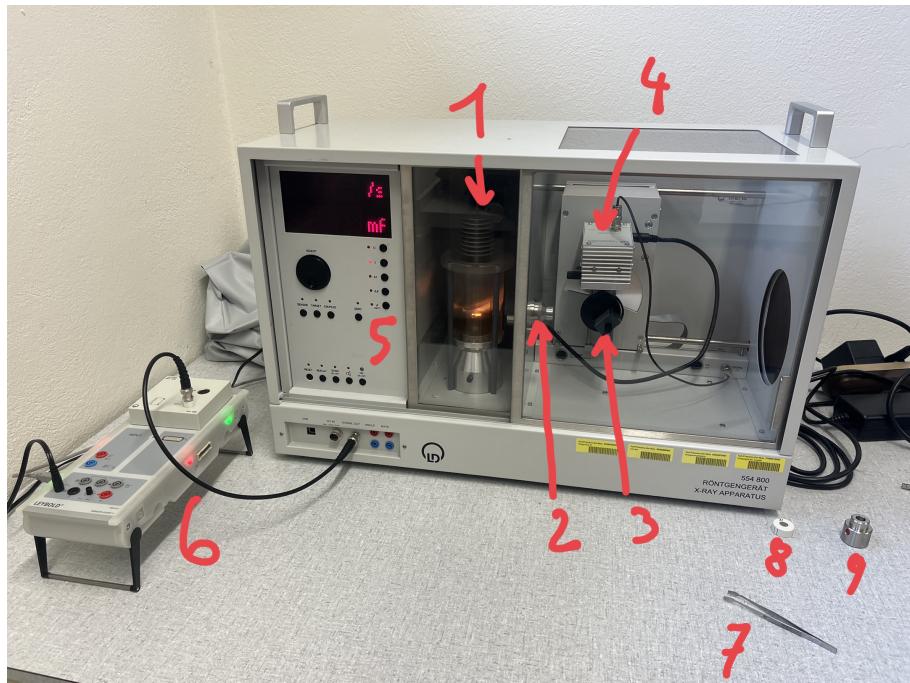
## 2 Grundlagen

### 2.1 Röntgenfluoreszenzanalyse

### 2.2 Compton-Effekt

## 3 Versuchsanordnung

Für beide Teile des Versuchs wird das Röntgengerät aus Abbildung 3.1 verwendet. Zunächst wird die Stromversorgung und die Verbindung zum PC mittels Cassy Lab hergestellt. Nun wird mit den Drehschaltern eine Spannung von  $(30,0 \pm 0,2)$  keV und ein Strom von  $(1,00 \pm 0,02)$  mA eingestellt. Nach richtigen Schließen der Tür wird die Röntgenstrahlung mit dem HV Knopf kurz eingeschaltet, um zu überprüfen, ob das Gerät funktioniert.



**Abbildung 3.1:** Verwendetes Röntgengerät

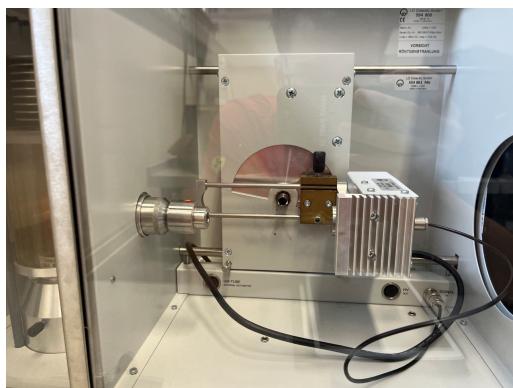
- 1 ...Röherenraum mit Röntgenröhre
- 2 ...Kollimator
- 3 ...Targetarm mit Targettisch auf Goniometer
- 4 ...Sensor auf Goniometer
- 5 ...Bedienfeld mit Drehschalter für alle Einstellungen
- 6 ...Cassy Lab 2
- 7 ...Pinzette für Probenwechsel
- 8 ...Zr- Filter
- 9 ...Abschwächerblende

### 3.1 Röntgenfluoreszenzanalyse

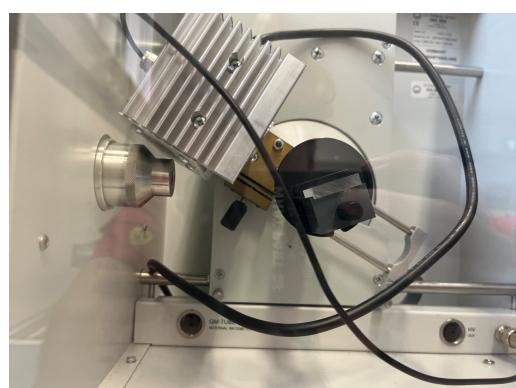
Zunächst werden die Abstände zwischen Kollimator und Target bzw. zwischen Target und Sensor eingestellt, damit diese 5 - 6 cm betragen. Dies geschieht manuell durch Lockerung der entsprechenden Schraube und Bewegung des Bauteils auf den Führungsschienen. Nun werden die Winkel des Targetarms und des Sensors eingestellt. Wichtig ist dabei, dass dies elektrisch, über die entsprechenden Knöpfe geschieht. Der Winkel des Targets wird dabei auf  $(45,0 \pm 0,2)^\circ$  eingestellt, der des Sensors auf  $(90,0 \pm 0,2)^\circ$ . Mit der SZeroTaste können die Winkel zurück in die Ausgangsposition gebracht werden.

### 3.2 Compton-Effekt

Für diesen Teil des Versuchs wird der Zr-Filter (siehe 8 in Abbildung 3.1) verwendet. Dieser wird über den Metalbolzen des Kollimators geschoben, bevor dieser in seine Einbuchtung gesteckt wird. Für die Aufnahme des Kalibrierungsspektrums wird zusätzlich noch die Abschwächerblende verwendet. Diese wird über den Kollimator geschoben, wie in Abbildung 3.2 sichtbar. Zusätzlich wird für die Kalibration auch der Targethalter ausgebaut.



**Abbildung 3.2:** Montierte Abschwächerblende



**Abbildung 3.3:** Maximale Auslenkung des Sensors

Für die Messung der Streuwinkel wird die Abschwächerblende wieder entfernt und der Targethalter eingebaut. Bezuglich der Abstände von Sensor und Targethalter wird darauf geachtet, dass ein Schwenken von bis zu  $(150,0 \pm 0,2)^\circ$  möglich ist, wie in Abbildung 3.3 sichtbar.

## 4 Geräteliste

Für die Elektronen-Spin-Resonanz werden die in Tabelle 4.1 aufgelisteten Geräte verwendet.

**Tabelle 4.1:** Verwendete Geräte für die Elektronen-Spin-Resonanz

Gerätetyp	Hersteller	Typ	Inventar-Nr	Anmerkung
ESR-Grundgerät	KFU Graz	Rep-Art-Onl-1066	REP103801	
ESR-Betriebsgerät	Leybold	514571		mit Amperemeter
Zweikanal Oszilloskop	Hameg	HM205-2	DOZ-3	analog
Helmholzspule	LD	555604		2 x
Steckspulen				mit unterschiedlichen Windungen
Graphitprobe				
Sockel				
Kabel				BNC und Banane

## 5 Versuchsdurchführung und Messergebnisse

### 5.1 Röntgenfluoreszenzanalyse

#### 5.1.1 Aufnahme des Kalibrierungsspektrums

Nachdem der Versuchsaufbau, wie bereits in Abschnitt 3 erklärt, durchgeführt wurde, wird zunächst das Kalibrierungstarget aus die entsprechende Position gelegt. Dabei handelt es sich um ein verzinktes Eisenblech. Nun werden die Winkel des Targets und des Sensors richtig eingestellt und der Sensor über das Cassy Lab 2 mit dem Computer verbunden. In der Computersoftware werden unter den Messparametern die Einstellungen "Vielkanalmessung, 512 Kanäle, negative Pulse, Verstärkung = -2,5, Messdauer = 300 s" eingegeben. Nun kann der Röntgenstrom eingeschaltet und die Messung gestartet werden.

Nun müssen den zwei erzeugten Peaks die entsprechenden Energien zugeordnet werden. Für Fe ist die entsprechende Energie 6,40 keV und für Zn 8,64 keV [unterlagen\_rontgenfluore...]. Das erzeugte Kalibrierungsspektrum ist in ?? sichtbar.

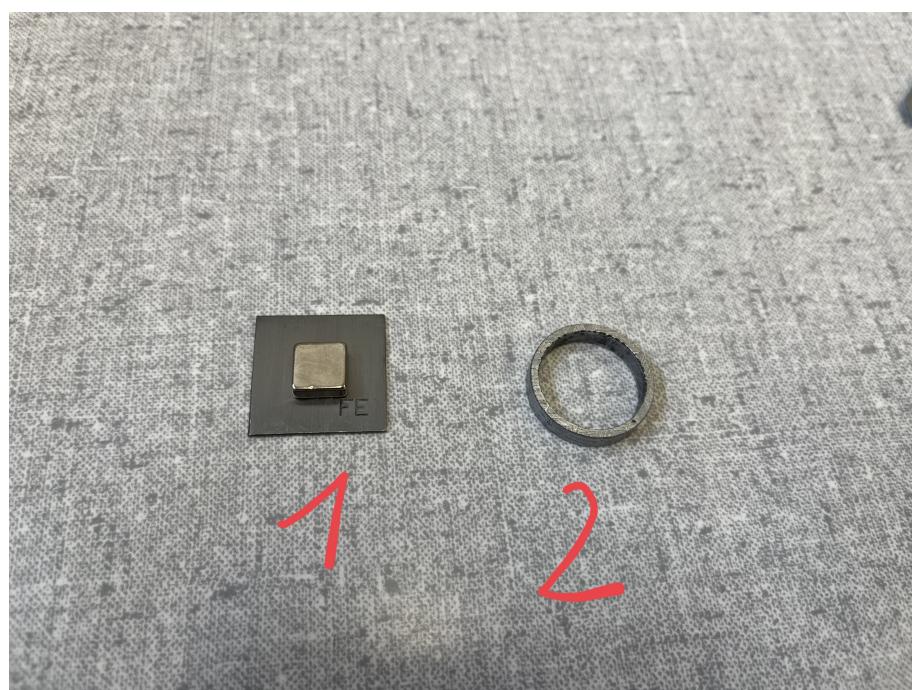
#### 5.1.2 bereitgestellte Metalle

Nachdem das Kalibrierungsspektrum aufgenommen wurde werden nun die verschiedenen Proben auf den Targethalter gelegt und die Messung, wie bereits zuvor für die Kalibrierung beschrieben, durchgeführt. Beim Wechseln der Proben ist zu beachten, dass die Röntgenstrahlung immer ausgeschalten ist, wenn die Tür geöffnet

wird. Auch muss die Röntgenstrahlung kurz eingeschaltet werden bis die Glühkathode einen konstanten Farbverlauf aufweist, bevor die Messung gestartet wird. Die so erzeugten Diagramme der einzelnen Proben sind in folgenden Abbildungen immer mit dem Referenzspektrum sichtbar.

### 5.1.3 unbekannte Probe

Nun werden zwei eigene Proben, sichtbar in Abbildung 5.1, auf den Targethalter gelegt, um deren genaue Zusammensetzung zu bestimmen.



**Abbildung 5.1:** Eigene Proben  
1 ...Neodynagnet auf Eisenplättchen  
2 ...Ring

Um den Neodynagneten besser auf dem Targethalter positionieren zu können, wurde dieser auf die Eisenplatte gegeben. Bei der Auswertung ist nun zu beachten, dass diese Eisenplatte auch berücksichtigt werden muss. Beim Ring ist zu Beachten dass bei der Positionierung darauf geachtet wurde, dass die Röntgenstrahlen den Ring auch wirklich treffen.

Die Messung der beiden Proben erfolgt nach dem gleichen scheme wie zuvor bei den Metallplättchen. Die erzeugten Messungen sind in folgenden Abbildungen sichtbar.

## 5.2 Compton-Effekt

### 5.2.1 Energiekalibrierung des Detektors

### 5.2.2 Aufnahme der Spektren bei verschiedenen Winkeln

## 6 Auswertung

Um zu sehen wie sich die Unsicherheit der Messungen bis in die Ergebnisse fortpflanzt, ist erweiterte Gauss-Methode verwendet worden. Die Grundlagen dieser Methode stammen von den Powerpointfolien von GUM [[wolfgang\\_kessel\\_isobipm-gum\\_2004](#)]. Für die Auswertung ist die Programmiersprache Python im speziellen die Pakete `labtool-ex2`, `pandas`, `sympy`, `lmfit` zur Hilfe genommen worden. `lmfit` wurde für das Fitten verwendet, `sympy` wurde für symbolische Manipulation verwendet und die restlichen Pakete für leichteres Handhaben der Daten. Dies wurde aber alles durch `labtool-ex2` abstrahiert.

Um höchstmögliche Genauigkeit zu garantieren wird erst bei der Darstellung der Wert in Tabellen gerundet.

## 6.1 Röntgenfluoreszenzanalyse

### 6.1.1 bereitgestellte Metalle

### 6.1.2 unbekannte Probe

## 6.2 Compton-Effekt

### 6.2.1 Energiekalibrierung des Detektors

### 6.2.2 Aufnahme der Spektren bei verschiedenen Winkeln

## 7 Diskussion

### 7.1 Röntgenfluoreszenzanalyse

#### 7.1.1 bereitgestellte Metalle

#### 7.1.2 unbekannte Probe

### 7.2 Compton-Effekt

#### 7.2.1 Energiekalibrierung des Detektors

#### 7.2.2 Aufnahme der Spektren bei verschiedenen Winkeln

## 8 Zusammenfassung

Hier werden nochmals alle Ergebnisse dieser Experimentenfolge aufgelistet. Wobei die meisten zu erstellenden Diagramme Aufgrund der Länge der Abschnitt 6 entnommen werden sollen.

## **8.1 Röntgenfluoreszenzanalyse**

### **8.1.1 bereitgestellte Metalle**

### **8.1.2 unbekannte Probe**

## **8.2 Compton-Effekt**

### **8.2.1 Energiekalibrierung des Detektors**

### **8.2.2 Aufnahme der Spektren bei verschiedenen Winkeln**

## Abbildungsverzeichnis

3.1	Verwendetes Röntgengerät . . . . .	4
3.2	Montierte Abschwächerblende . . . . .	5
3.3	Maximale Auslenkung des Sensors . . . . .	5
5.1	Eigene Proben . . . . .	7

## Tabellenverzeichnis

4.1	Verwendete Geräte für die Elektronen-Spin-Resonanz . . . . .	6
-----	--	---