

1 Auswertung

1.1 Bestimmung von Werten für den Versuch

Anzahldichte N von Gold:

$$N = \frac{Dichte}{Atommasse} = \frac{19300 \frac{kg}{m^3}}{197 \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27} kg} = 5,9 \cdot 10^{28} \frac{1}{m^3}$$

Raumwinkel $\Delta\Omega$ der Zählfläche:

$$\Delta\Omega = \frac{\text{Fläche der Blende } C_4}{(\text{Abstand vom Target})^2} = \frac{24mm^2}{(62,5mm)^2} = 6,14 \cdot 10^{-3}$$

Mittlere Energie der einfallenden α - Teilchen:

$$E_{\bar{\alpha}} = \frac{(5,805 + 5,763)MeV}{2} = 5,784MeV$$

Kernladungszahl von Gold:

$$Z = 79$$

1.2 Linearitätsprüfung der Elektronik

Es wurde bei unterschiedlichen Spannungen folgende Kanäle abgelesen:

Pulsstärke [V]	Kanal
$0,1 \pm 0,002$	1
$0,2 \pm 0,005$	402
$0,3 \pm 0,010$	596
$0,4 \pm 0,010$	792
$0,5 \pm 0,010$	1010
$0,6 \pm 0,010$	1224
$0,7 \pm 0,010$	1424
$0,8 \pm 0,020$	1614
$1,0 \pm 0,020$	2030

In Abbildung 1 sind die Messpunkte mit einer durch die Messpunkte gefitten Gerade aufgetragen (dieser Plot findet man auch auf den Ausdrucken vom Mathematica). Die gefitte Gerade wurde mit Mathematica zu

$$y = 2044,29x - 13,2857$$

$$y = \text{Kanalnummer}$$

$$x = \text{Spannung in Volt}$$

Der Fehler der Steigung liegt bei $\pm 17,601 \text{ Kanal/V}$, der des Achsenabschnitts beträgt $\pm 9,47844 \text{ Kanal}$.

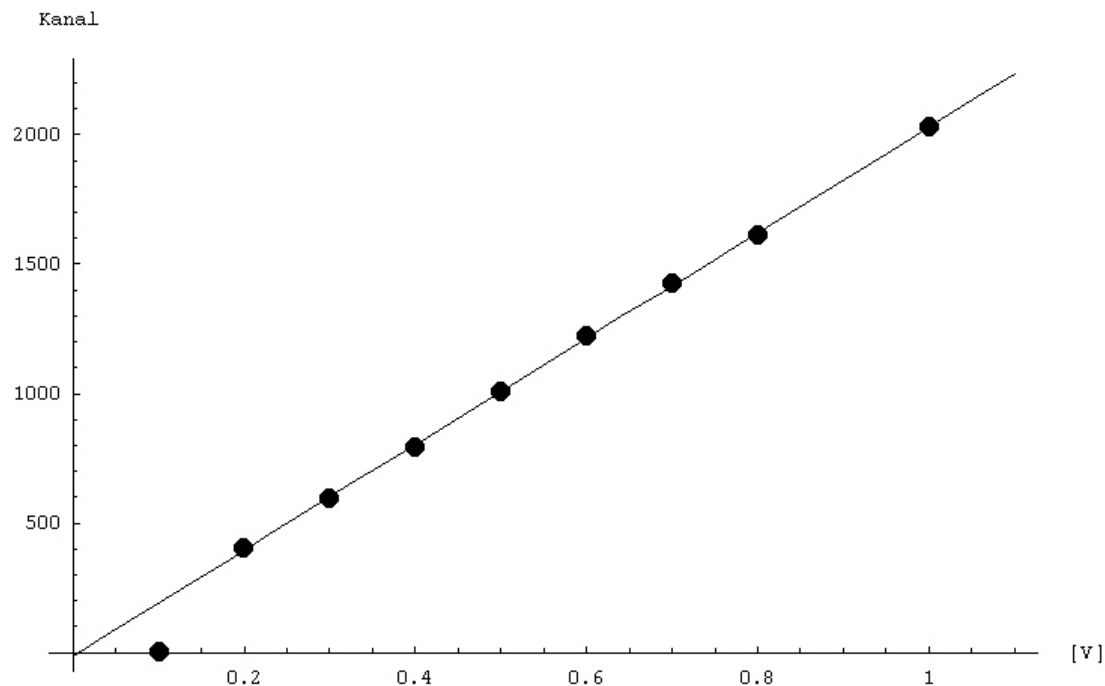


Abbildung 1: Linearitätsprüfung der Elektronik

1.2.1 Bestimmung des Streuprofiles

Winkel [$^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$]	Zählrate	Zeit [s] $\pm 0,5s$
-5	265	120
-4	1016	120
-3	2243	120
-2	3430	120
-1	4777	120
-0	5175	120
1	5216	120
2	4687	120
3	3411	120
4	1983	120
5	770	120
6	187	120

Die Abbildung 2 stellt die Messwerte mit Fehlerbalken (die Fehlerbalken sind nicht zu sehen, da ich die Einstellungen in Mathematica nicht für die Punktgröße verändern konnte) und die gefitte Gausskurve an die Messwerte dar(auf den Ausdrucken, die im Praktikum gemacht wurden sind die Fehlerbalken zu sehen). Die gefitte Gausskurve:

$$f(x) = ne^{-\frac{(\mu+x)^2}{2\sigma^2}}$$

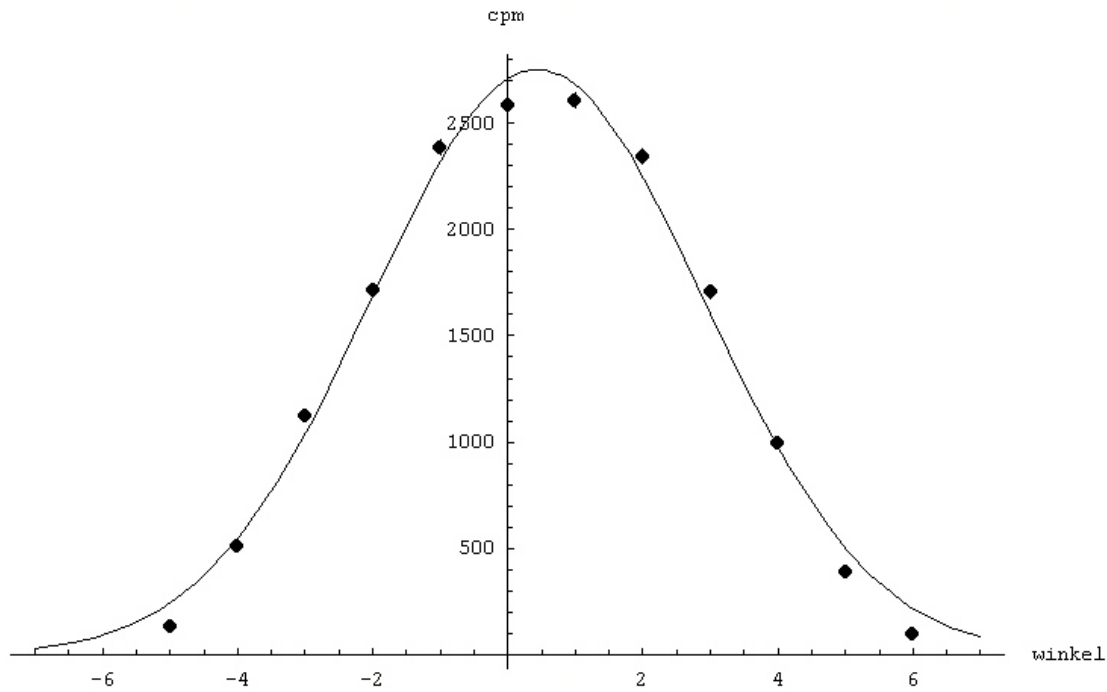


Abbildung 2: Streuprofil des Strahls

$$\begin{aligned}
 n &= 2752,71 \pm 59,4912 \\
 \mu &= 0,441529 \pm 0,0614531 \\
 \sigma &= 2,46762 \pm 0,0626488
 \end{aligned}$$

1.2.2 Energieeichung

Messung des Peaks in Abhängigkeit des Winkels ϕ Goldfolie-Strahl. Der Detektor war beim korrigierten Winkel von $\Theta = 0,442^\circ$ eingestellt.

Zeit [s] $\pm 0,5s$	Winkel $\phi \pm 5^\circ$	Kanal [Peak]	Halbwertsbreite $\pm\sqrt{2}$	Höhe [Peak]
139	0	1060	1066-1047	249
125	10	1058	1066-1047	245
168	20	1054	1063-1046	321
168	30	1052	1062-1041	274
164	40	1048	1058-1035	246
276	50	1045	1056-1026	287
351	60	1036	1051-1008	258

Messung ohne Goldfolie:

Zeit [s] $\pm 0,5s$	Winkel $\phi \pm 5^\circ$	Kanal [Peak]	Halbwertsbreite $\pm\sqrt{2}$	Höhe [Peak]
93	0	1098	1105-1090	254

Die Kanäle wurden jetzt in Energien umgerechnet, wobei das Podest aus der Linearitätsmessung vernachlässigt wurde.

$$E(Kanal) = \frac{\bar{E}}{\overline{Kanal}} \cdot Kanal \quad (1)$$

$$\bar{E} = 5,784 MeV = \text{mittlere Energie der } \alpha\text{- Teilchen} \quad (2)$$

$$\overline{Kanal} = 1098 \pm 1,6 = \text{Kanal bei } \bar{E} \quad (3)$$

Der Fehler von \overline{Kanal} wurde mit

$$\Delta\overline{Kanal} = \frac{HWB}{\sqrt{PEAK}} \quad (4)$$

$$HWB = 25 = \text{Halbwertsbreite} \quad (5)$$

$$PEAK = 254 = \text{Anzahl der Counts bei } \overline{Kanal} \quad (6)$$

Die durchgezogene Funktion wurde mit Hilfe von Mathematica angefitet, wobei

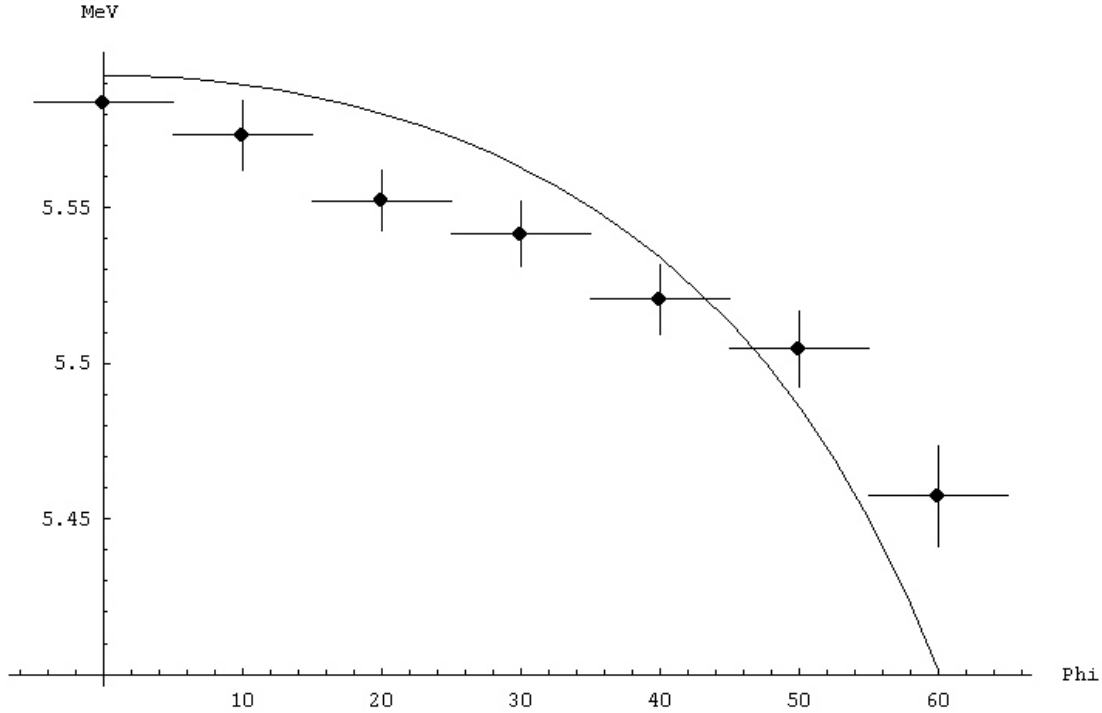


Abbildung 3: Energie in Abhängigkeit der Stellung der Goldfolie

eine vereinfachte Form der Bethe- Bloch- Formel als Fitfunktion diente.

$$E(\phi) = E_{\bar{\alpha}} - \frac{1.8 \ln(0,69\bar{E}/MeV)}{\bar{E}/MeV} \frac{d/Mikrometer}{\cos \phi} \quad (7)$$

$$d = \text{Fitparameter} \quad (8)$$

$$d = 0,440959 \quad (9)$$

$$ChiSquared = 0,397111 \quad (10)$$

Die Umrechnung von der wahren Dicke zur der Dicke, die Strahl sieht ist

$$D = \frac{d}{\cos(45^\circ)} \quad (11)$$

$$\Delta D = D \sqrt{\frac{ChiSquared/L}{\bar{E}}} \quad (12)$$

$$L = \text{Anzahl der Messwerte.} \quad (13)$$

Man erhält

$$D = (0,623611 \pm 0,0264259)\mu m$$

$$D = 0,623611\mu m \pm 4,2\%$$

Der im Skript angegebene Wert ist um 31% größer als der gemessene Wert. Für die weiteren Berechnungen wird deshalb der Wert im Skript verwendet.

$$D = (0,81 \pm 0,01) \cdot 10^{-6}m$$

1.2.3 Winkelscan mit Nachtmessung

Die nachfolgenden Berechnungen wurden nicht mehr mit Mathematica gemacht, sondern mit dem Programm MathCad, da die Version Mathematica 3.0 nicht zufrieden war mit den Eingaben aus dem Skript und wir mehr Ahnung von MathCad haben als von Mathematica. Es wurden folgende Werte gemessen:

Winkel [°] ± 0,5°	Zeit t [s] ± 0,5s	Count
0	90	3513
1	90	3317
2	90	2713
3	114	2416
4	152	2009
5	120	769
6	120	272
7	138	104
8	300	92
9	925	183
10	922	95
15	1200	19
30	78606	249

Die Werte wurden umgerechnet auf cpm.

$$n = \frac{Count}{t} \quad (14)$$

$$\Delta n = \frac{\sqrt{Count}}{t} \quad (15)$$

Aus diesen Werten wurden dann der Wirkungsquerschnitt bestimmt.

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}(\theta) \right)_{gemessen} = \frac{10^{28}n}{n_0 DN \Delta\Omega} \left[\frac{barn}{sterad} \right] \quad (16)$$

$$n_0 = 4,8828n_g \text{ Berücksichtigung der Blenden} \quad (17)$$

$$n_g = 2752,71 \text{ Maximum des Streuprofiles} \quad (18)$$

$$\Delta\Omega = 6,14 \cdot 10^{-3} \quad (19)$$

Man erhält folgende Werte:

Winkel [°] ± 0,5°	$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}(\theta) \right)_{gemessen}$ $\left[\frac{barn}{sterad} \right]$
0	5937736 ± 124141
1	5606429 ± 119449
2	4585464 ± 104673
3	3223673 ± 76722
4	2010563 ± 51274
5	974477 ± 37157
6	344403 ± 21336
7	114222 ± 11330
8	46227 ± 4897
9	29670 ± 2254
10	15248 ± 1619
15	1982 ± 553.143
30	55.684 ± 30.547

Es wurden von allen Werten der Untergrund abgezogen der im Skript zu

$$(0,1681 \pm 0,0109)cpm \quad (cpm = \text{Counts per minute})$$

angegeben ist.

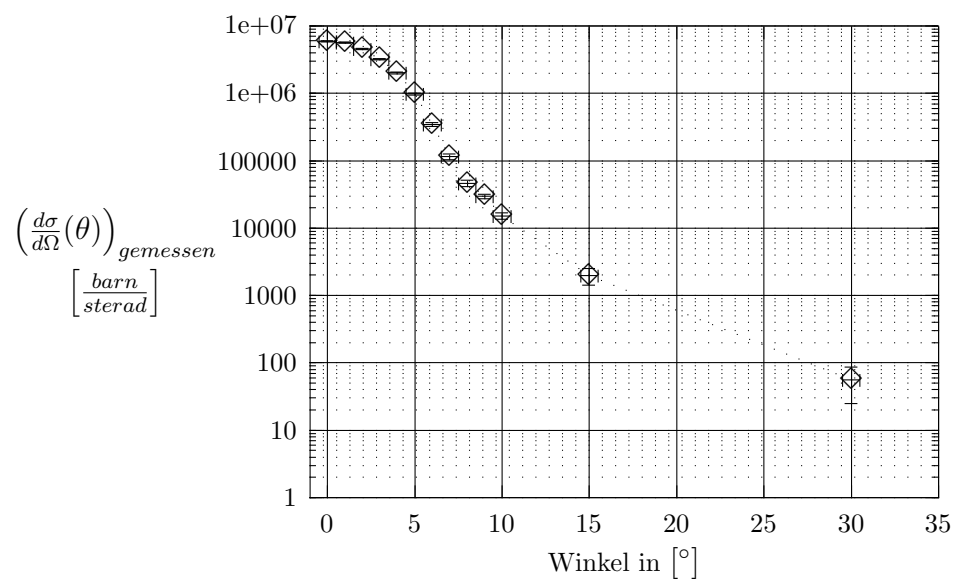


Abbildung 4: Gemessener Wirkungsquerschnitt

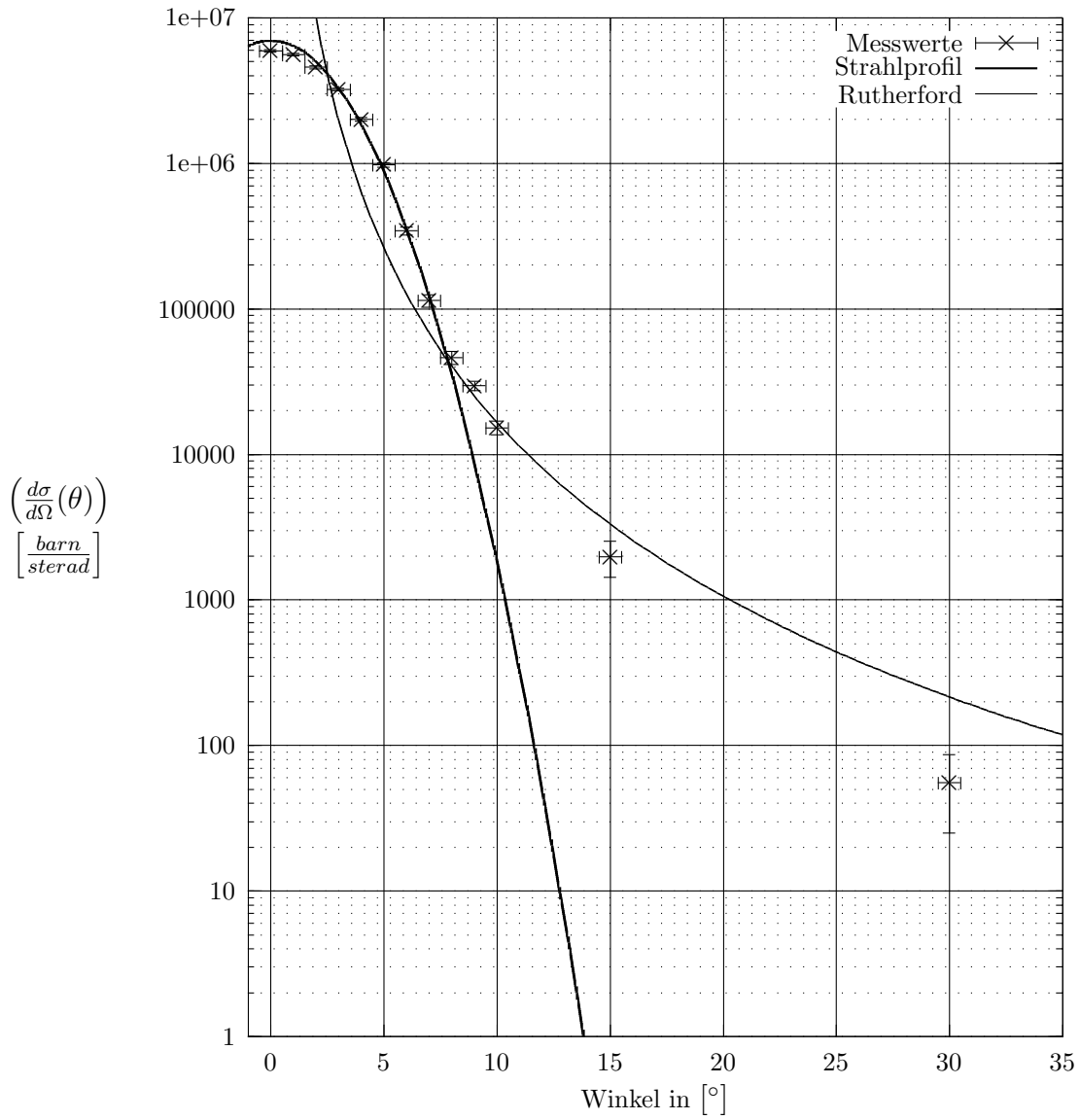


Abbildung 5: Gemessener Wirkungsquerschnitt, Streuprofil und Rutherfordstreuung

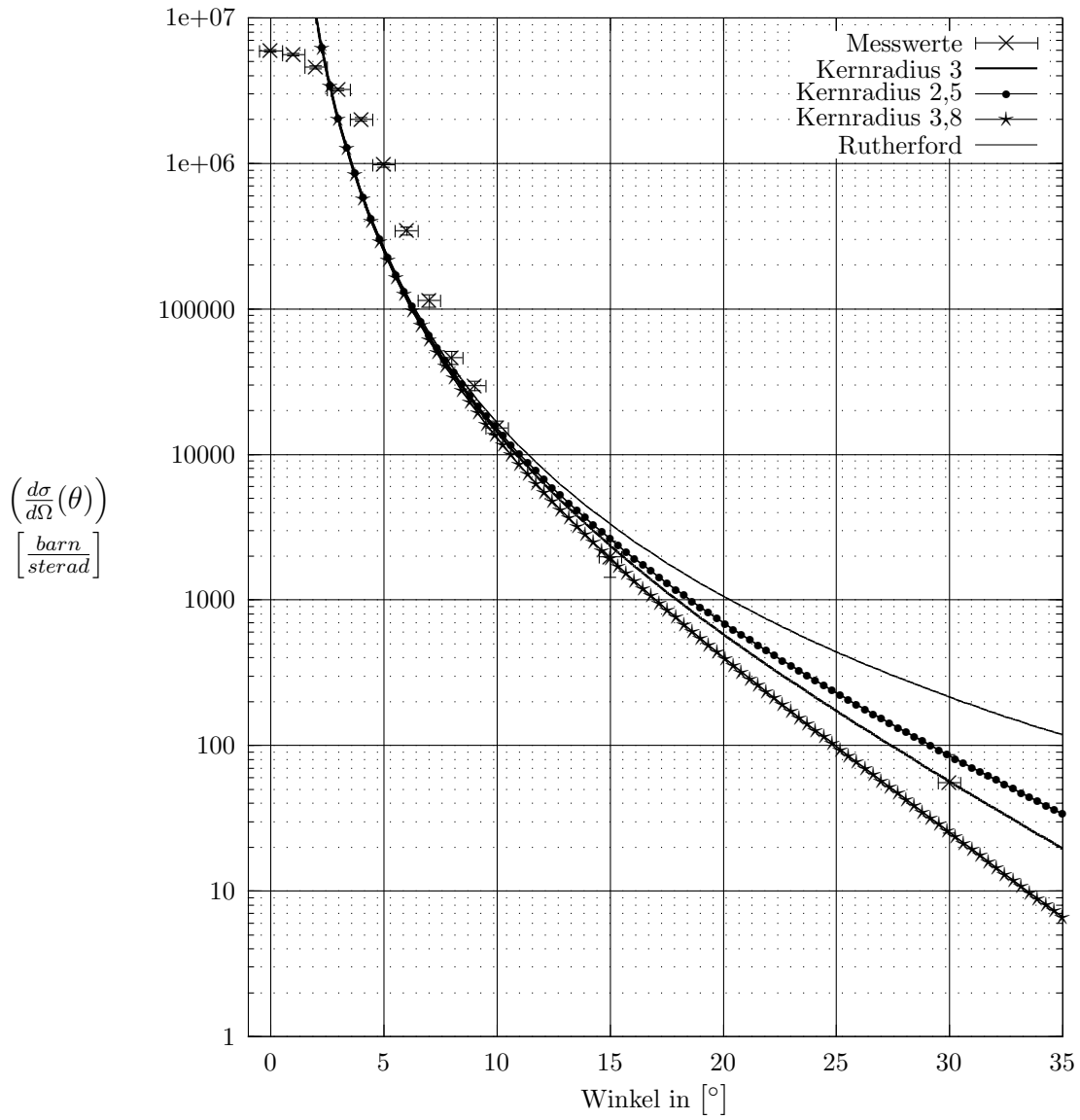


Abbildung 6: Gemessener Wirkungsquerschnitt, Rutherfordstreuung und Wirkungsquerschnitt mit verschiedenen Kernradien

Für den Kernradius von $r_{Kern} = 3,0 fm$ erhält man die beste Übereinstimmung mit den Messwerten. Der Fehler beträgt ungefähr $\pm 0,5 fm$. Die Ladungsverteilung bei verschiedenen Kernradien (s. Abbildung 7).

Bei der Berechnung des Quotienten gemessenen Querschnitt/Rutherford erhält man bei 30° :

$$\frac{\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}(30^\circ)\right)_{gemessen}}{\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}(30^\circ)\right)_{Rutherford}} = 0,259 = |F(30^\circ, a)|^2$$

Der Formfaktor war gegeben durch

$$F(30^\circ, a) = \exp\left(\frac{-2,21 \sin(0,5 \cdot 30^\circ)^2}{a^2}\right) \quad (20)$$

$$\Rightarrow a = \frac{-5 \cdot 10^{-3}}{\ln(0,259)} \sqrt{-88400 \ln(0,259) \sin(15^\circ)^2} \quad (21)$$

$$\Delta a = 1,05118980208 \sin(15^\circ) \frac{1}{i} \frac{1}{(\ln(x) - \ln(y))^{3/2} x} \Delta x \quad (22)$$

$$x = \text{gemessener Wirkungsquerschnitt bei } 30^\circ \quad (23)$$

$$y = \text{Rutherfordquerschnitt bei } 30^\circ \quad (24)$$

$$a = 0,468 \pm 0,095 \quad (25)$$

Der Kernradius ist gegeben (in fm)

$$r_{Kern} = \frac{\sqrt{2}}{a} \quad (26)$$

$$\Delta r_{Kern} = \frac{\sqrt{2}}{a^2} \Delta a \quad (27)$$

$$r_{Kern} = 3,0 \pm 0,6. \quad (28)$$

Der Kernradius aus den Plots ist mit diesem errechneten Wert gleich.

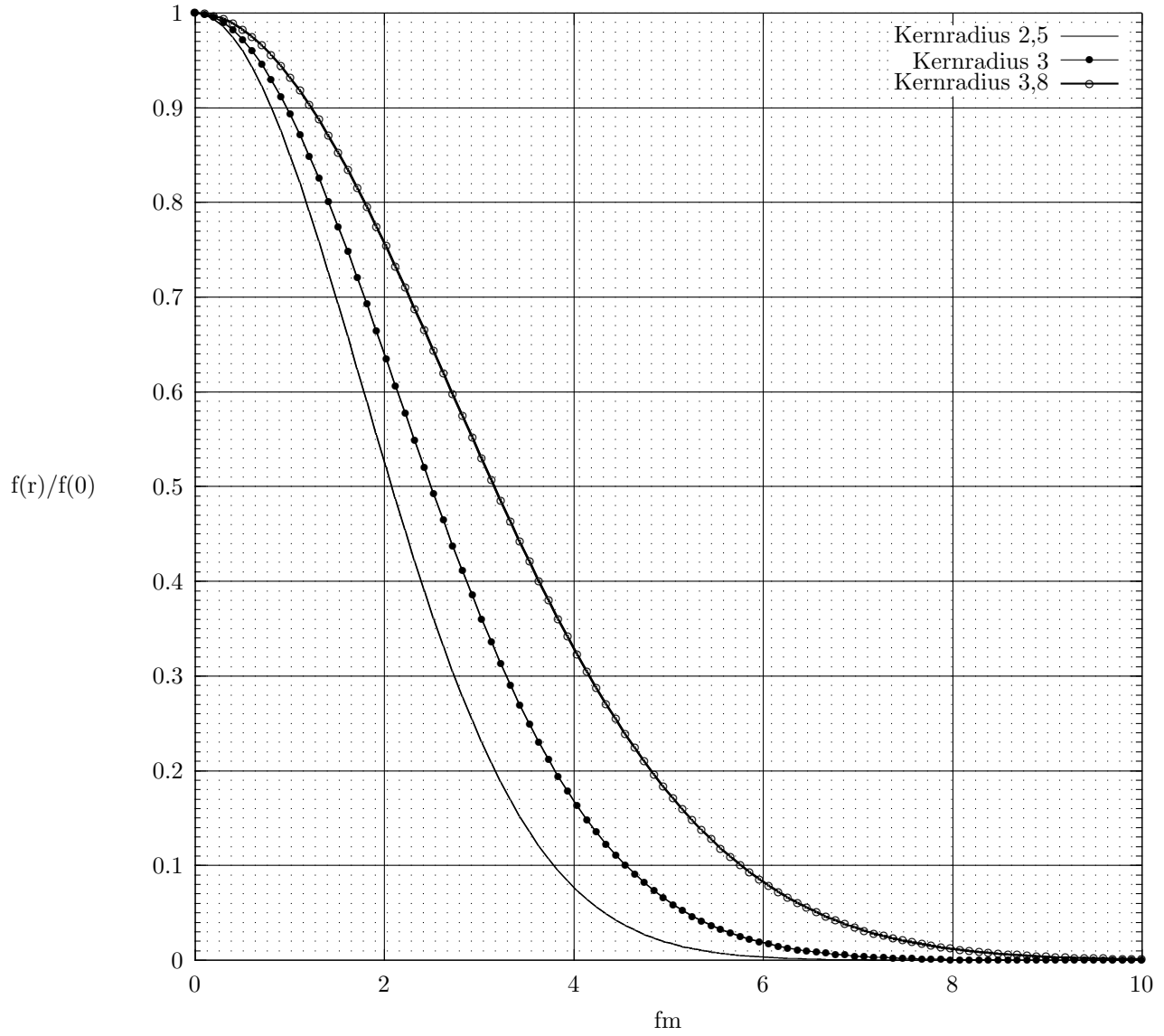


Abbildung 7: Ladungsverteilung bei $r_{Kern} = 2,5 fm$, $r_{Kern} = 3 fm$ und $r_{Kern} = 3,8 fm$