

V701

Reichweite von Alpha-Strahlung

Marc Schröder

marc.schroeder@udo.edu

Svenja Dreyer

svenja.dreyer@udo.edu

Durchführung: 04.04.2023

Abgabe: DATUM

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Zielsetzung	3
2 Theorie	3
3 Durchführung	3
4 Auswertung	4
4.1 Messung der Zählrate und der Energie von Alpha-Strahlung	4
4.1.1 Energieverlust von Alpha-Strahlung	7
4.1.2 Bestimmung der mittleren Reichweite von Alpha-Strahlung in Luft	9
4.2 Statistik des radioaktiven Zerfalls	11
5 Diskussion	13
6 Anhang	13
Literatur	17

1 Zielsetzung

In diesem Versuch wird die Reichweite und der Energieverlust von α -Strahlung bestimmt. Zudem wird die Statistik des Radioaktiven Zerfalls untersucht.

2 Theorie

Bei α -Strahlung handelt es sich um einen Helium Kern, der durch radioaktiven Zerfall entsteht. Durch Messung der Reichweite der Strahlung, kann deren Energie bestimmt werden. Die α -Strahlung verliert an Energie durch Ionisierungsprozessen, Anregung und Dissoziation von Molekülen. Zudem kann es zum Energieverlust kommen, wenn die Strahlung durch Materie läuft und die Teilchen mit der Materie elastisch zusammenstoßen. Ein Teil der Energie wird abgegeben. Dabei ist der Energieverlust abhängig von der Energie der α -Strahlung, sowie die Dichte der Materie. Der Energieverlust $-\frac{dE_\alpha}{dx}$ kann bei großen Energien mithilfe der Bethe-Bloch-Gleichung

$$-\frac{dE_\alpha}{dx} = \frac{z^2 e^4}{4\pi\epsilon_0 m_e} \frac{nZ}{v^2} \ln\left(\frac{2m_e v^2}{I}\right) \quad (1)$$

berechnet werden. Z beschreibt dabei die Ordnungszahl, n die Teilchendichte, z die Ladung, I die Ionisierungsenergie des Targetgases und v die Geschwindigkeit der α -Strahlung. Die Bethe-Bloch-Gleichung kann jedoch dann nicht mehr verwendet werden, wenn es zu Ladungsaustauschprozesse kommt. Diese treten dann auf, wenn sehr kleine Energien vorliegen und treten öfters auf, wenn die Energien noch geringer werden. Über die Formel

$$R = \int_0^{E_\alpha} \frac{dE_\alpha}{-dE_\alpha/dx} \quad (2)$$

kann die Reichweite der Strahlung berechnet werden. Als Reichweite wird die Strecke bis zur vollständigen Abbremsung des Teilchens gemessen. Der Energieverlust wird nun über eine empirisch gewonnenen Kurve über die mittlere Reichweite R_m berechnet. Da die α -Teilchen unterschiedliche Anfangsenergien haben und unterschiedlich oft mit Luftmolekülen auf der Strecke zusammenstoßen wird die mittlere Reichweite ermittelt. Diese Reichweite wird von der Hälfte der Teilchen erreicht. Bei konstanter Temperatur und konstantem Volumen ist die Reichweite der Teilchen in Gasen proportional zum Druck. Bei einer Absorptionsmessung gilt dann der Zusammenhang

$$x = x_0 \frac{p}{p_0}. \quad (3)$$

Dabei ist x_0 der feste Abstand zwischen α -Strahler und Detektor und p_0 der Normaldruck.
[1]

3 Durchführung

Der Versuch wird wie in der Abbildung 1 aufgebaut. Bei dem Präparat handelt es sich

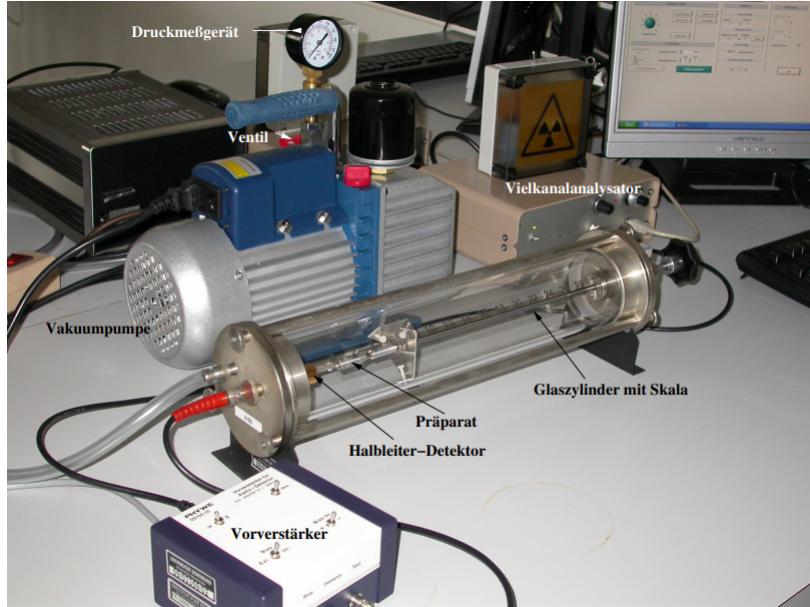


Abbildung 1: Versuchsaufbau.

um ein Am-Präparat. Der Vielkanalanalysator ist mit dem Computer verbunden. Im Programm MCA wird der Schalter auf connectet gestellt.

Zur Messung der Reichweite und Energieverlust der α -Strahlung wird die Messzeit auf 120 s gestellt.

4 Auswertung

4.1 Messung der Zählrate und der Energie von Alpha-Strahlung

In Tabelle 1 sind die gemessene Zählrate und der Channel bei variierendem Druck gemessen worden. Dabei beträgt die Entfernung zwischen Detektor und Präparat 2,3 cm. Eine Messvorgang dauert 2 Minuten. Die Channel sind ein indirektes Maß für die Energie. Es wird angenommen, dass die Alpha-Teilchen bei einem Druck von 0 mbar eine maximale Energie von 4 MeV besitzen. Damit lässt sich bei der Messung aus Tabelle 1 der Channel 816 der Energie 4 MeV zuordnen. Die anderen Channel folgen dieser Zuordnung linear. Also Channel 408 entspricht einer Energie von 2 MeV. Damit ergibt sich für die Energie

$$E = \frac{\text{Channel}}{816} \cdot 4 \text{ MeV}. \quad (4)$$

Genauso lässt sich mit Gleichung (3) dem Druck eine effektive Entfernung zum Präparat bei Normaldruck bestimmen. Die korrespondierenden Längen und Entferungen sind ebenfalls in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1: Messreihe 1 bei einer Entfernung von 2,3 cm und nach 2 Minuten

Druck/mbar	Channel	Zählrate/2min	effektive Entfernung/cm	Energie in MeV
0	816	84 290	0,00	4,00
50	768	83 234	0,11	3,76
100	751	82 737	0,23	3,68
150	731	82 099	0,34	3,58
200	711	82 005	0,45	3,49
250	679	80 538	0,57	3,33
300	640	80 144	0,68	3,14
350	632	79 189	0,80	3,10
400	647	78 107	0,91	3,17
450	608	77 703	1,02	2,98
500	563	76 030	1,14	2,76
550	542	75 554	1,25	2,66
600	511	74 284	1,36	2,50
650	476	73 075	1,48	2,33
700	448	71 075	1,59	2,20
750	416	69 127	1,71	2,04
800	399	66 378	1,82	1,96
850	352	60 823	1,93	1,73
900	295	49 233	2,05	1,45
950	286	41 287	2,16	1,40
1000	271	26 338	2,27	1,33

Zur besseren Einordnung wird noch eine zweite Messreihe als Vergleich aufgenommen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 aufgeführt. Die zweite Messreihe ist bei einer größeren Distanz zwischen Detektor und Präparat von 3,2 cm gemessen worden. In dieser Messreihe sind im Vakuum die meisten Detektionen bei Channel 815 aufgetreten. Damit ergeben sich die dazugehörigen Energien durch

$$E = \frac{\text{Channel}}{815} \cdot 4 \text{ MeV}. \quad (5)$$

Tabelle 2: Messreihe 2 bei einer Entfernung von 3,2 cm und nach 2 Minuten

Druck/mbar	Channel	Zählrate	effektive Entfernung/cm	Energie in MeV
0	815	54 534	0,00	4,00
50	768	54 488	0,16	3,77
100	736	53 859	0,32	3,61
150	704	52 402	0,47	3,46
200	687	52 286	0,63	3,37
250	643	51 419	0,79	3,16
300	591	50 703	0,95	2,90
350	576	49 985	1,11	2,83
400	560	49 203	1,26	2,75
450	531	48 215	1,42	2,61
500	480	46 999	1,58	2,36
550	439	45 683	1,74	2,15
600	399	43 407	1,89	1,96
650	371	40 089	2,05	1,82
700	300	33 582	2,21	1,47
750	276	15 318	2,37	1,35
800	267	5750	2,53	1,31
850	267	501	2,69	1,31

4.1.1 Energieverlust von Alpha-Strahlung

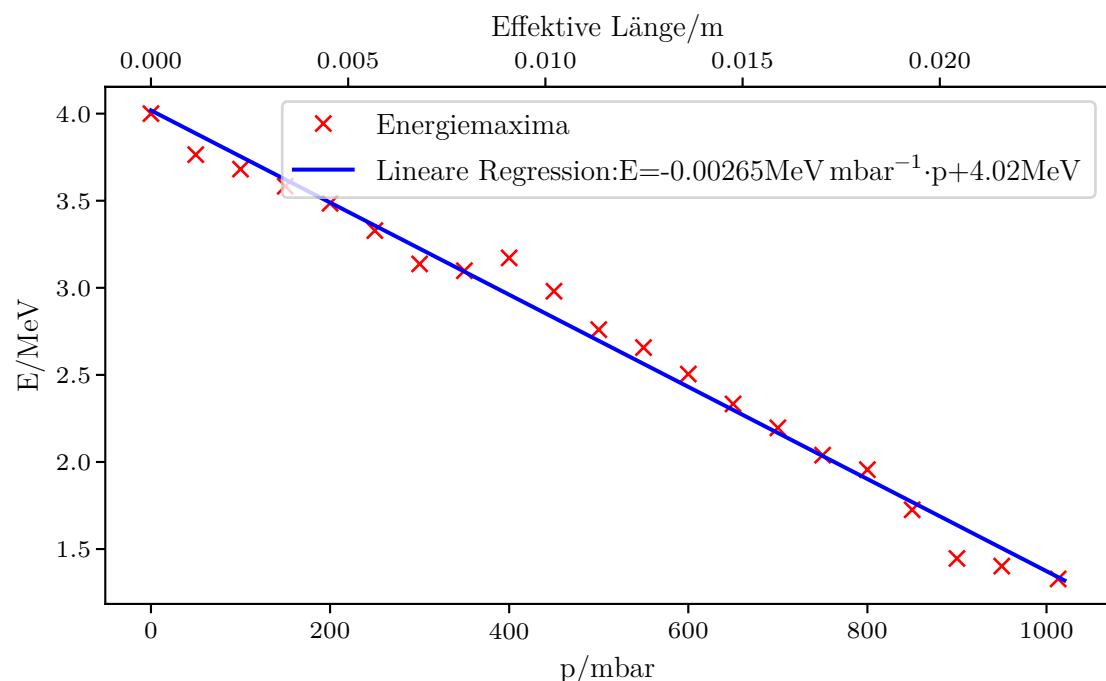


Abbildung 2: Energie von Alpha-Strahlung bei 2,3 cm Entfernung

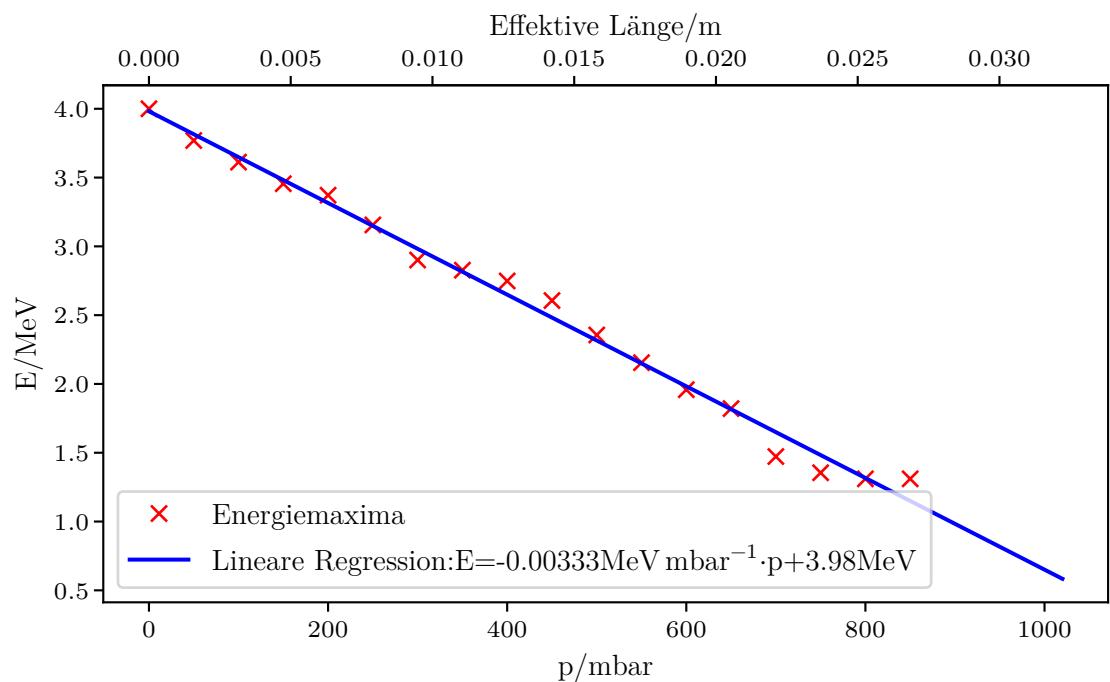


Abbildung 3: Energie von Alpha-Strahlung bei 3,2 cm Entfernung

4.1.2 Bestimmung der mittleren Reichweite von Alpha-Strahlung in Luft

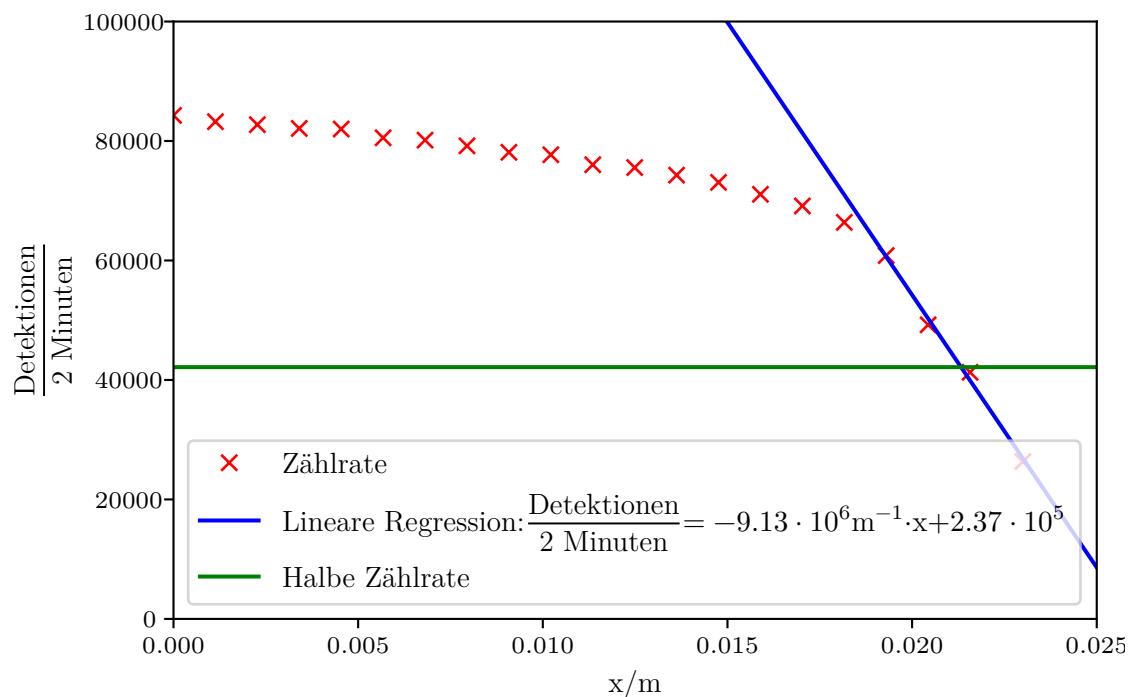


Abbildung 4: Detektierte Zerfälle pro 2 Minuten bei 2,3 cm Entfernung

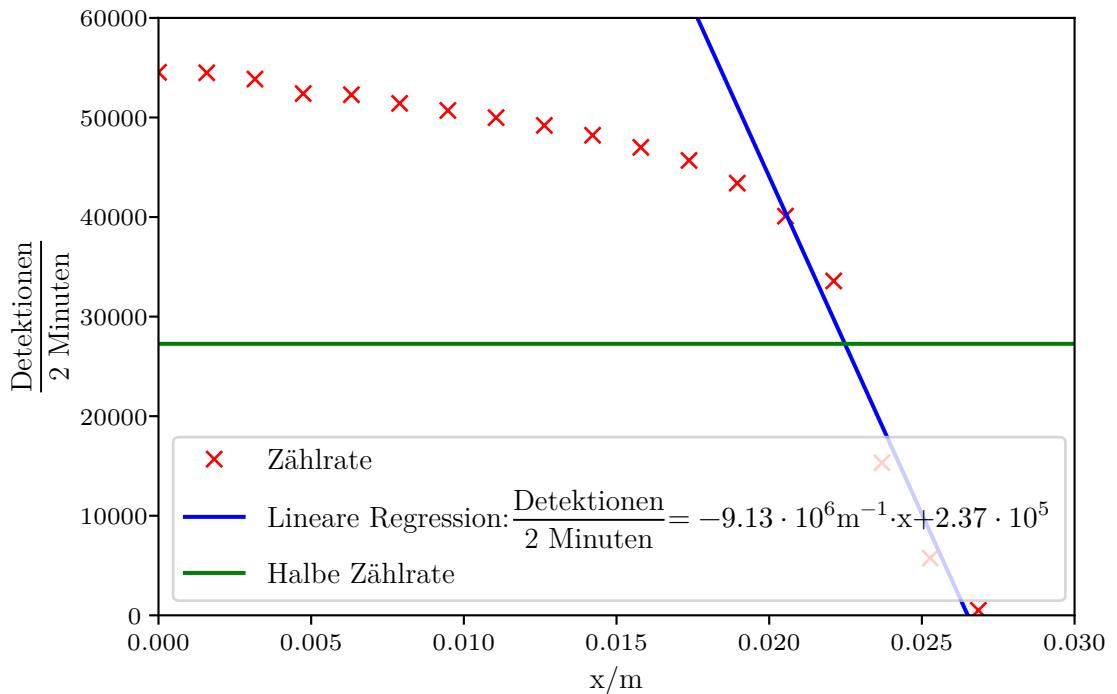


Abbildung 5: Detektierte Zerfälle pro 2 Minuten bei 2,3 cm Entfernung

4.2 Statistik des radioaktiven Zerfalls

Tabelle 3: Messung der Zählrate in 3,2 cm Entfernung nach 10s

Zählrate			
4347	4174	4087	4305
4536	4103	4124	4316
4329	4333	4040	3963
4261	4187	4065	4212
4127	4342	4026	4136
4366	4288	4026	4438
4459	4350	4195	4342
4342	4312	4433	3976
4188	4151	4016	4027
4532	4297	4271	4329
4445	4323	4056	4195
3971	4179	4371	4261
4270	4294	4090	4120
4065	4019	4250	4250
3985	4346	4186	4041
4434	4019	4125	4245
4039	4388	4382	4165
4085	4167	4073	4259
4176	4159	4224	4361
4405	4389	4980	4257
4046	4232	4279	4258
4272	4294	4082	4190
4300	4263	4023	4184
4111	3956	4302	4146
4284	4229	4422	4309

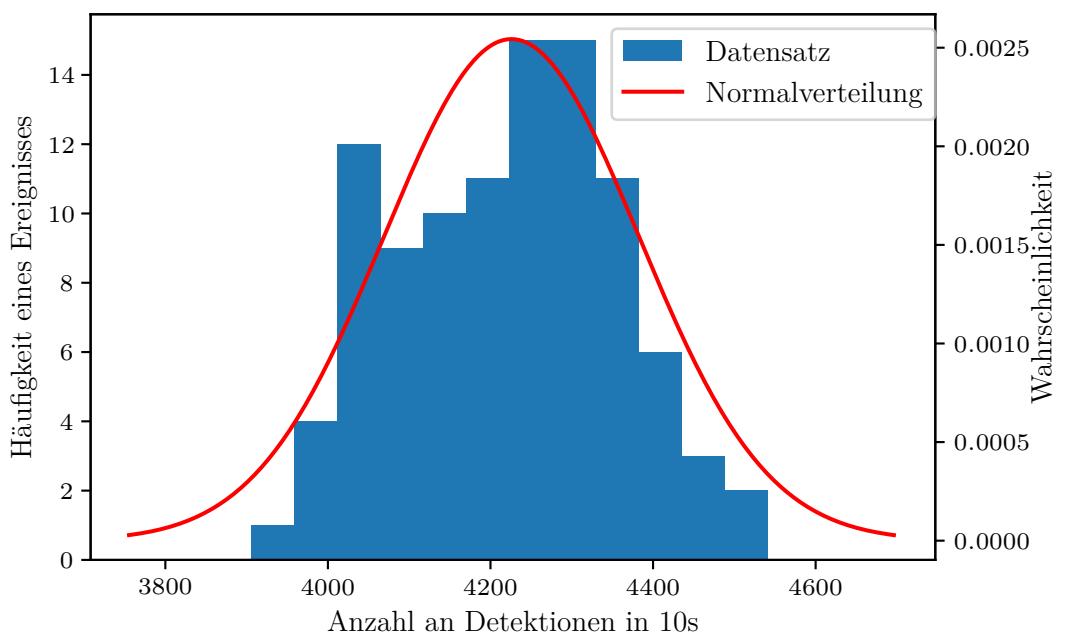


Abbildung 6: Detektierte Zerfälle in 10s bei 3,2 cm Entfernung im Vergleich mit einer Normalverteilung

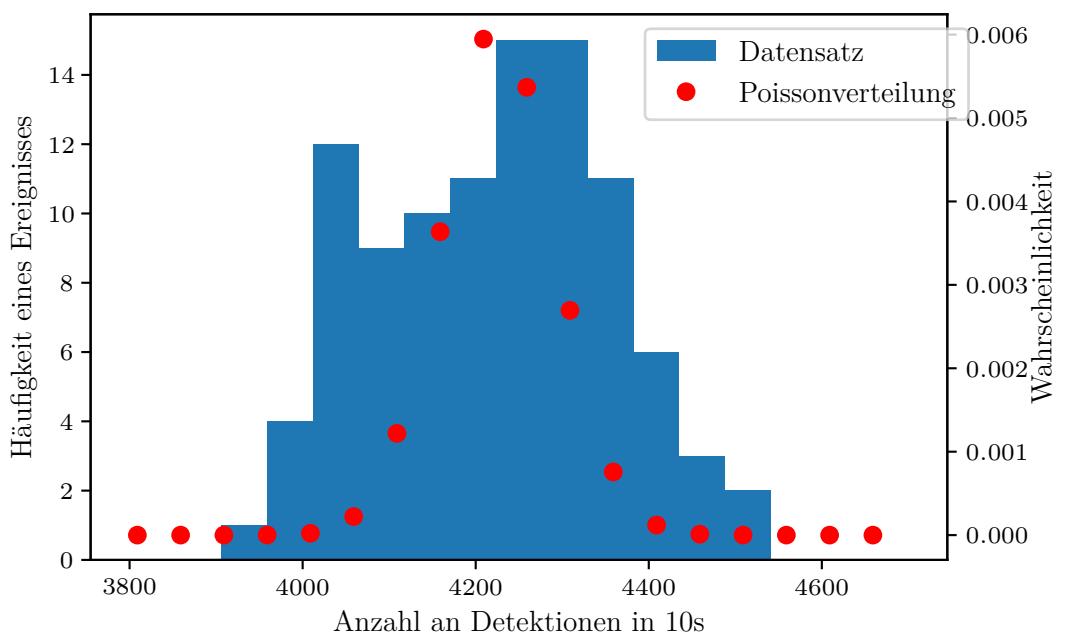


Abbildung 7: Detektierte Zerfälle in 10s bei 3,2 cm Entfernung im Vergleich mit einer Poissonverteilung

5 Diskussion

6 Anhang

$x = 3,2$		
0 mbar	550 mbar	
Ges: 54634 Chanel: 815	Ges 45683 Chanel 439	
50 mbar	600 mbar	
Ges: 54488 Chanel: 768	Ges 43407 Chanel 399	
100 mbar	650 mbar	
Ges: 53858 Chanel: 736	Ges 40083 Chanel 371	
150 mbar	700 mbar	
Ges: 52402 Chanel: 704	Ges 33582 Chanel 300	
200 mbar	750 mbar	
Ges: 52286 Chanel: 687	Ges 15318 Chanel 276 C	
250 mbar	800 mbar	
Ges: 51419 Chanel: 643	Ges 5750 Chanel 267	
300 mbar	850 mbar	
Ges: 50703 Chanel: 591	Ges 501 Chanel 267	
350 mbar	900 mbar	
Ges: 49885 Chanel: 576	Ges Chanel	
400 mbar	950 mbar	
Ges: 49203 Chanel: 560	Ges Chanel	
450 mbar	1000 mbar	
Ges: 48215 Chanel: 531	Ges Chanel	
500 mbar		
Ges: 46999 Chanel: 480		

701		
0 mbar	$x = 2,3 \text{ cm}$	550 mbar
Ges 84290 Chanel 816 MeV		Ges 75554 Chanel 542
50 mbar		600 mbar
Ges 83234 Chanel 768		Ges 74284 Chanel 511
100 mbar		650 mbar
Ges 82737 Chanel 751		Ges 73075 Chanel 476
150 mbar		700 mbar
Ges 82093 Chanel 731		Ges 71075 Chanel 448
200 mbar		750 mbar
Ges 82005 Chanel 711		Ges 69127 Chanel 416
250 250 mbar		800 mbar
Ges 80538 Chanel 679		Ges 66378 Chanel 399
300 mbar		850 mbar
Ges 80144 Chanel 640		Ges 60823 Chanel 352
350 mbar		900 mbar
Ges : 79189 Chanel : 632		Ges : 49233 Chanel : 295
400 mbar		950 mbar
Ges : 78107 Chanel : 647		Ges : 41287 Chanel : 286
450 mbar		1000 mbar
Ges 77703 Chanel : 608		Ges : 26338 Chanel : 271
500 mbar		
Ges : 76030 Chanel : 563		

1	4 5 7	4 0 7	4 0 7
2	4 5 3 5	4 0 7	4 0 7
3	4 3 2 5	4 0 7	4 0 7
4	4 3 1 5	4 0 7	4 0 7
5	4 1 2 7	4 0 7	4 0 7
6	4 3 5 2	4 0 7	4 0 7
7	4 4 5 5	4 0 7	4 0 7
8	4 4 5 2	4 0 7	4 0 7
9	4 4 5 9	4 0 7	4 0 7
10	4 1 2 7	4 0 7	4 0 7
11	4 3 5 5	4 0 7	4 0 7
12	4 1 2 7	4 0 7	4 0 7
13	4 3 5 2	4 0 7	4 0 7
14	4 4 5 5	4 0 7	4 0 7
15	4 4 5 2	4 0 7	4 0 7
16	4 4 5 9	4 0 7	4 0 7
17	4 4 5 2	4 0 7	4 0 7
18	4 0 8 5	4 0 7	4 0 7
19	4 1 2 7	4 0 7	4 0 7
20	4 4 0 5	4 0 7	4 0 7
21	4 0 4 6	4 0 7	4 0 7
22	4 2 7 2	4 0 7	4 0 7
23	4 3 0 0	4 0 7	4 0 7
24	4 1 1 1	4 0 7	4 0 7
25	4 2 8 4	4 0 7	4 0 7
26	4 1 7 4	4 0 7	4 0 7
27	4 1 0 3	4 0 7	4 0 7
28	4 3 3 3	4 0 7	4 0 7
29	4 1 8 7	4 0 7	4 0 7
30	4 3 4 2	4 0 7	4 0 7
31	4 3 8 8	4 0 7	4 0 7
32	4 3 5 0	4 0 7	4 0 7
33	4 3 5 0	4 0 7	4 0 7
34	4 1 5 1	4 0 7	4 0 7
35	4 2 5 1	4 0 7	4 0 7
36	4 3 2 3	4 0 7	4 0 7
37	4 7 3 9	4 0 7	4 0 7
38	4 2 5 4	4 0 7	4 0 7
39	4 0 1 5	4 0 7	4 0 7
40	4 2 4 6	4 0 7	4 0 7
41	4 1 4 5	4 0 7	4 0 7
42	4 2 3 8	4 0 7	4 0 7
43	4 1 1 7	4 0 7	4 0 7
44	4 4 4 8	4 0 7	4 0 7
45	4 5 4 3	4 0 7	4 0 7
46	4 8 3 2	4 0 7	4 0 7
47	4 2 3 4	4 0 7	4 0 7
48	4 2 2 3	4 0 7	4 0 7
49	3 8 5 3	4 0 7	4 0 7
50	4 8 2 9	4 0 7	4 0 7
51	5 1	4 0 7	4 0 7
52	4 0 8 7	4 0 7	4 0 7
53	4 1 8 4	4 0 7	4 0 7
54	4 0 6 0	4 0 7	4 0 7
55	4 0 2 5	4 0 7	4 0 7
56	4 0 2 6	4 0 7	4 0 7
57	4 1 9 5	4 0 7	4 0 7
58	4 4 3 3	4 0 7	4 0 7

Literatur

[1] *Versuch zum Literaturverzeichnis.* TU Dortmund, Fakultät Physik. 2022.