

# F 23 Beta-Zähler

Wolfgang Unger, Robert Wagner

25. Juni 2003

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Auswertung</b>	<b>2</b>
1.1	Eichung des Proportionalzählers mit $^{55}\text{Fe}$ . . . . .	2
1.2	Energieverlust von 40K im Zählrohr . . . . .	3
1.3	Messung der Nulleffektbestandteile . . . . .	5
1.3.1	Harte Komponente der Höhenstrahlung . . . . .	6
1.3.2	Weiche Komponente der Höhenstrahlung . . . . .	6
1.3.3	Eigenaktivität des Detektors . . . . .	6
1.3.4	$\gamma$ -Umgebungsstrahlung . . . . .	6
1.4	Bestimmung der Maximalenergie . . . . .	7
1.5	Geometriefaktor des großen KCl-Präparats . . . . .	9
1.6	Spezifische Aktivität KCl-Präparat . . . . .	9
<b>2</b>	<b>Kritische Diskussion</b>	<b>10</b>
2.1	Wolfgang Unger . . . . .	10
2.2	Robert Wagner . . . . .	10

# 1 Auswertung

## 1.1 Eichung des Proportionalzählers mit $^{55}\text{Fe}$

Wir haben die Zählraten einer  $^{55}\text{Fe}$ -Probe, welches monoenergetische  $\beta$ -Teilchen emittiert, bei zwei verschiedenen Schwellenspannungen des Proportionalzählers gemessen, wobei durch einen Vergleichsdetektor eine Koinzidenzschaltung gegeben war, so dass man auf die tatsächlichen Ereignisse (die Antikoinzidenzen) korrigieren konnte.

U [kV]	100mV				korrigiert (n - k)	Fehler ( $\sqrt{n+k}$ )
	Zählrate (n)	Fehler ( $\sqrt{n}$ )	Koinz. (k)	Fehler ( $\sqrt{k}$ )		
3	6	2,45	2	1,41	4	2,83
3,1	103	10,15	12	3,46	91	10,72
3,2	304	17,44	27	5,20	277	18,19
3,3	517	22,74	52	7,21	465	23,85
3,4	672	25,92	89	9,43	583	27,59
3,5	819	28,62	122	11,05	697	30,68
3,6	866	29,43	128	11,31	738	31,53
3,7	895	29,92	133	11,53	762	32,06
3,8	973	31,19	115	10,72	858	32,98
3,9	1142	33,79	152	12,33	990	35,97
4	1676	40,94	162	12,73	1514	42,87

Tabelle 1: Eichung: Zählrate bei 100mV

U [kV]	400mV				korrigiert (n - k)	Fehler ( $\sqrt{n+k}$ )
	Zählrate (n)	Fehler ( $\sqrt{n}$ )	Koinz. (k)	Fehler ( $\sqrt{k}$ )		
3	1	1,00	0	0,00	1,00	1,00
3,1	4	2,00	1	1,00	3,00	2,24
3,2	21	4,58	4	2,00	17,00	5,00
3,3	62	7,87	10	3,16	52,00	8,49
3,4	282	16,79	33	5,74	249,00	17,75
3,5	494	22,23	63	7,94	431,00	23,60
3,6	692	26,31	105	10,25	587,00	28,23
3,7	810	28,46	144	12,00	666,00	30,89
3,8	852	29,19	120	10,95	732,00	31,18
3,9	895	29,92	132	11,49	763,00	32,05
4	1090	33,02	136	11,66	954,00	35,01

Tabelle 2: Eichung: Zählrate bei 400mV

Wir wollen aus den Diagrammen die Spannung  $U$  bestimmen (wobei  $U \ln 2$  die Spannungsdifferenz ist, bei der sich die Impulse am Proportionalzähler verdoppeln) mittels:

$$U = \frac{V_1 - V_2}{\ln(\frac{s_1}{s_2})}, \quad \Delta U = \frac{\sqrt{\Delta V_1^2 + \Delta V_2^2}}{\ln(\frac{s_1}{s_2})}$$

wobei wir die Zählschwellen auf  $S_1 = 100 \text{ mV}$ ,  $S_2 = 400 \text{ mV}$  eingestellt haben. Die Halbwertsspannungen  $V_1$  und  $V_2$  waren aus dem Abbildung 1 bzw. Abbildung 2 als die Spannung, bei der die Zählrate die Hälfte der Plateauzählrate erreicht, zu bestimmen. Die Plateauzählrate beträgt  $740 \pm 70$  bei  $100\text{mV}$  bzw.  $710 \pm 110 \text{ cpm}$ , dies ergibt Halbwertszählraten von  $370 \pm 35 \text{ cpm}$  bzw.  $355 \pm 55 \text{ cpm}$ . Aus den Diagrammen lassen sich die Halbwertsspannungen zu  $V_1 = 3250 \pm 50\text{V}$  bzw.  $V_2 = 3460 \pm 40\text{V}$ . Somit berechnet sich  $U$  zu  $151 \pm 46\text{V}$ . Durch die Auslöschung in obiger Formel verstärkt sich der Fehler auf über 30%.

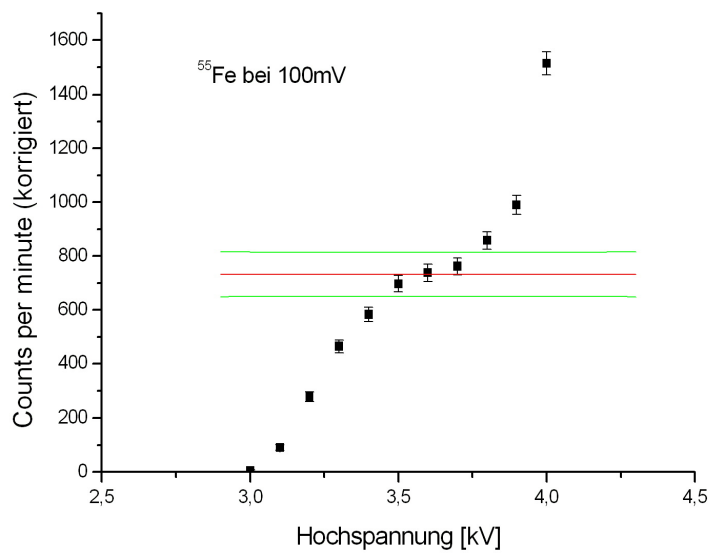


Abbildung 1: 100 mV Schwellenspannung

## 1.2 Energieverlust von $^{40}\text{K}$ im Zählrohr

Auch beim (großen) Kaliumchlorid-Präparat wird aus dem Diagramm die Halbwertsspannung ermittelt (bei  $100\text{mV}$  Schwellenspannung) zu  $V_K = 3200 \pm 20\text{V}$  (siehe Tabelle 3 und Abbildung 3). Der Energieverlust des  $^{40}\text{K}$  im Zählrohr beträgt  $\Delta E_K = \Delta E_{Fe} \exp(\frac{V_{Fe} - V_K}{U})$ , wobei  $E_{Fe} = \Delta E_{Fe} = 5,9\text{keV}$ , denn das kleine Eisenpräparat gibt seine gesamte Energie an den Zähler ab. Für den Fehler gilt:

$$\Delta(\Delta E_K) = \Delta E_K \sqrt{((V_{Fe} - V_K)\Delta U/U^2)^2 + (\Delta V_{Fe}/U)^2 + (\Delta V_K/U)^2}$$

Es ergibt sich also:  $\Delta E_K = 8,22 \pm 3,05\text{kV}$ , das entspricht einem Fehler von 37%, der hauptsächlich auf den Fehler von  $U$  zurückzuführen ist.

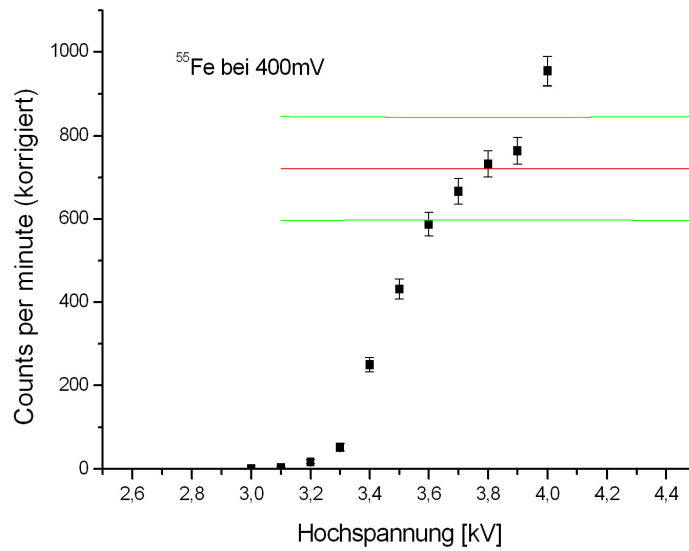


Abbildung 2: 400 mV Schwellenspannung

U [kV]	KCl (100mV)				korrigiert	Fehler
	Zählrate	Fehler	Koinz.	Fehler		
3	587	24,23	9	3,00	578	24,41
3,1	1317	36,29	21	4,58	1296	36,58
3,2	2418	49,17	59	7,68	2359	49,77
3,3	3569	59,74	81	9,00	3488	60,42
3,4	4421	66,49	121	11,00	4300	67,39
3,5	4802	69,30	127	11,27	4675	70,21
3,6	5071	71,21	139	11,79	4932	72,18
3,7	5440	73,76	134	11,58	5306	74,66
3,8	6090	78,04	157	12,53	5933	79,04
3,9	7512	86,67	139	11,79	7373	87,47
4	9717	98,57	154	12,41	9563	99,35

Tabelle 3: Zählraten des KCl-Präparats

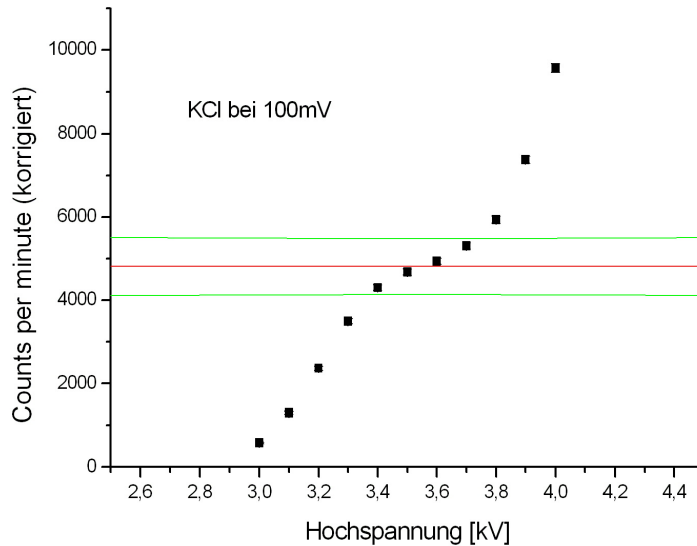


Abbildung 3: Bestimmung der Halbwertsspannung beim KCl-Präparat

### 1.3 Messung der Nulleffektkomponenten

Wir wollen aus den vier verschiedenen Zählraten (Gesamt, Koinzidenz, jeweils mit und ohne Bleiabschirmung) die Nulleffektkomponenten bestimmen, also angeben, wieviele Ereignisse auf welche Ursachen zurückgehen.

Hierbei werden folgende Annahmen gemacht:

- die weiche Komponente der Höhenstrahlung und die  $\gamma$ -Umgebungsstrahlung werden vom Blei effektiv abgeschirmt, daher werden bei der Messung mit Abschirmung nur die harte Komponente und die Eigenaktivität berücksichtigt.
- hiervon ist (in erster Näherung) nur die harte Komponente für Koinzidenzen verantwortlich, da die Eigenaktivität nur in seltenen Fällen eine Spur durch beide Detektoren verursacht.
- die weiche Komponente führt ebenfalls (in erster Näherung) immer zu Koinzidenzen.
- die  $\gamma$ -Umgebungsstrahlung erzeugt ebenso wie die Eigenaktivität keine Koinzidenzen.

In der Tabelle 4 sind die Messungen eingetragen, sie wurden in der rechten Spalte auf  $1000\text{cm}^2$  normiert (gemessen wurde mit einer Detektorfläche von  $221\text{cm}^2$ ).

	Zählrate	Zählrate [cpm]	Fehler [cpm]	normiert [cpm]	Fehler [cpm]
<i>ohne Bleiabschirmung (1 Stunde)</i>					
Gesamt	22668	377,80	2,51	1709,50	11,35
Koinzidenzen	10106	168,43	1,68	762,14	7,58
Antikoinzidenzen	12562	209,37	3,02	947,36	13,65
<i>mit Bleiabschirmung (25 Stunden)</i>					
Gesamt	362199	251,53	0,42	1138,13	1,89
Koinzidenzen	215317	149,53	0,32	676,59	1,46
Antikoinzidenzen	146882	102,00	0,53	461,54	2,39

Tabelle 4: Zählraten der Stundenmessung/Tagesmessung

### 1.3.1 Harte Komponente der Höhenstrahlung

Die harte Komponente beträgt also  $676,59 \pm 1,46 \text{ cpm}$ , das ist etwas geringer als der Literaturwert von 720 cpm.

### 1.3.2 Weiche Komponente der Höhenstrahlung

Die weiche Komponente ist die Anzahl der Koinzidenzen ohne Abschirmung vermindert um die Anzahl der Koinzidenzen mit Abschirmung (die harte Komponente), beträgt also  $85,55 \pm 7,72 \text{ cpm}$ . Der Literaturwert beträgt allerdings 360 cpm, ist also viermal höher!

### 1.3.3 Eigenaktivität des Detektors

Die Eigenaktivität kann man mit den Antikoinzidenzen der Zählrate mit Abschirmung identifizieren, sie beträgt also  $461,54 \pm 2,39 \text{ cpm}$ . Der Wert ist apparaturbedingt und kann daher nicht mit einem Literaturwert verglichen werden.

### 1.3.4 $\gamma$ -Umgebungsstrahlung

Die  $\gamma$ -Umgebungsstrahlung entspricht nach obigen Annahmen den Antikoinzidenzen ohne Abschirmung, verringert um die Eigenaktivität des Detektors, denn dieser Anteil tritt ebenso bei der Messung ohne Abschirmung auf. Sie beträgt somit  $485,82 \pm 13,86 \text{ cpm}$ . Der Literaturwert für Gaszähler ist von der Größenordnung 1000 cpm, was (größenordnungsmäßig) mit unserem Ergebnis verträglich ist.

## 1.4 Bestimmung der Maximalenergie

Es galt, den exponentiellen Abfall der Zählrate durch Abschirmung mit Aluminium-Platten auszumessen. Die Flächen der Platten maßen alle  $344 \pm 1 \text{ cm}^2$ , aus den Massen der Platten haben wir die Flächendichten bestimmt, wobei die Fehler der Massen  $0,02 \text{ g}$  beträgt (siehe Tabellen 5 und 6).

Diese Ergebnisse haben wir nun logarithmisch aufgetragen und die Kurve extrapoliert. Der Schnittpunkt des Graphen mit der Parallelen zur x-Achse in Höhe der Nulleffektkomponente (=Antikoinzidenzen mit Abschirmung= $102,0 \pm 0,5 \text{ cpm}$ , also etwa der Schnittpunkt mit der  $100 \text{ cpm}$ -Achse), ist die Maximalreichweite  $R_0 = 435 \pm 50 \text{ mg/cm}^2$ . (Der hohe Fehler resultiert daraus, dass Messpunkt 4 nicht vertrauenswürdig erscheint und gestrichen wurde. Stattdessen wurde Messpunkt 5 für die lineare Regression berücksichtigt.) Aus dieser lässt sich mittels der Faustformel

$$R_0[\text{mg/cm}^2] = 530E - 106$$

die Maximalenergie bestimmen zu  $1,02 \pm 0,09 \text{ MeV}$ . Dies ist jedoch signifikant unter dem Literaturwert ( $1,3 \text{ MeV}$ ) überein.

Platte	Masse [g]	Flächendichte	Fehler
1	28,58	0,083	0,016
2	28,60	0,083	0,016
3	28,66	0,083	0,016
4	50,01	0,145	0,021
5	50,29	0,146	0,021
6	50,14	0,146	0,021
7	50,24	0,146	0,021

Tabelle 5: Flächendichten der Platten 1-7

Summen $\rho_{Fl}$	KCl (100mV) cp5m					cpm		
	Zählrate	Fehler	Koinz.	Fehler	korrig.	Fehler	normiert	Fehler
0	25413	159,41	711	26,66	24702	161,63	4940,4	32,3
0,083	11739	108,35	657	25,63	11082	111,34	2216,4	22,3
0,166	5569	74,63	696	26,38	4873	79,15	974,6	15,8
0,249	2379	48,77	582	24,12	1797	54,42	359,4	10,9
0,394	1812	42,57	651	25,51	1161	49,63	232,2	9,9
0,539	1721	41,48	668	25,85	1053	48,88	210,6	9,8
0,684	1574	39,67	634	25,18	940	46,99	188,0	9,4
0,829	1634	40,42	646	25,42	988	47,75	197,6	9,5

Tabelle 6: Zählraten bei verschiedenen Flächendichten

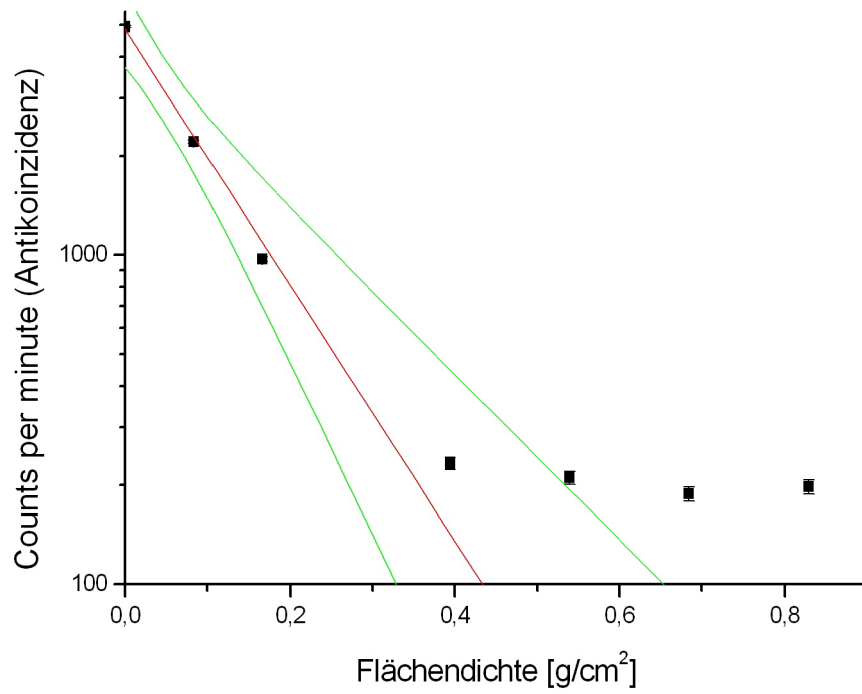


Abbildung 4: Bestimmung der maximalen Reichweite



## 1.5 Geometriefaktor des großen KCl-Präparats

Die Fläche des kleinen KCl-Präparats beträgt  $F_{kl} = 69,8 \pm 1 \text{ cm}^2$ , die Fläche des großen ist  $F_{gr} = 218,5 \pm 1 \text{ cm}^2$ . Die Zählrate dieser Präparate (bei 3,6 kV) beträgt  $Z_{kl} = 2070,2 \pm 20,3 \text{ cpm}$  bzw.  $Z_{gr} = 5071 \pm 71,2 \text{ cpm}$ .

Für den Geometriefaktor gilt:

$$f = \frac{F_{kl} Z_{gr}}{Z_{kl} F_{gr}}$$

Daraus ergibt sich:  $f = 0,783 \pm 0,018$

## 1.6 Spezifische Aktivität KCl-Präparat

Für die spezifische Aktivität gilt:

$$\sigma = \frac{n}{aR},$$

außerdem gilt für Aluminium die Relation

$$\frac{\bar{R}}{R_0} = 0,374 \pm 0,002$$

wobei  $n$  die Anzahl der austretenden Teilchen pro s und  $\text{cm}^2$  (bei  $2\pi$ -Geometrie) sind,  $a = 0,232 \pm 0,006$  eine Konstante und  $R_0 = 0,435 \pm 0,050 \text{ g/cm}^2$  die maximale Reichweite in Aluminium ist.

Das kleine KCl-Präparat hat  $2\pi$ -Geometrie, daher kann  $n$  bestimmt werden zu  $0,494 \pm 0,005 \text{ s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ . Hieraus ergibt sich:  $\sigma = 13,09 \pm 1,50$ . Der Literaturwert beträgt  $14,4 \text{ cps/g}$ , die Messung stimmt mit diesem sehr gut überein.

## 2 Kritische Diskussion

### 2.1 Wolfgang Unger

Die Bestimmung der Halbwertsspannung ist problematisch, da das Plateau sich noch nicht herausgebildet hat, wenn schon wieder der Anstieg auf das nächste Plateau beginnt, und sich der Fehler hierfür auf die Halbwertsspannungen überträgt. An den Graphen hat kein Punkt die Steigung null. Trotzdem hätten wir unsere Fehlergrenzen enger fassen können, hätten wir hier das Plateau genauer vermessen (mehr Messwerte), um insbesondere auch den statistischen Fehler bei diesen Messwerten herauszumitteln. Da ein Messwert bei der Bestimmung der Absorption in Aluminium nicht korrekt gewesen zu sein scheint (vielleicht ein Ablesefehler), haben wir den Fit ohne diesen durchgeführt, dabei aber große Fehler für die Maximalreichweite bekommen. Trotzdem scheint die Maximalreichweite systematisch unter dem Sollwert zu liegen (um zwei bis drei Sigma). Eine Erklärung dafür haben wir nicht.

Insgesamt hat mir der Versuch gut gefallen. Die Low-Level-Messtechnik war aufschlussreich.

### 2.2 Robert Wagner

Wenn man sich die Abbildungen 1 und besonders 2 ansieht, hat man Mühe überhaupt einen Plateaubereich zu erkennen. Generell sollte die Größe des Sättigungsbereichs von der Geometrie des Zählrohrs abhängen, womit sich auf eine etwas unglückliche Konstruktion unseres Zählers schließen lässt. Dazu kommt dann noch die auslöschende Wirkung der Gleichung für die Eichung des Proportionalzählers, wodurch die Bestimmung der Spannung mit einem vergleichsweise relativ hohen Fehler 70 Problem tritt dann auch bei der Bestimmung des Energieverlusts von  $^{40}\text{K}$  im Zählrohr auf, womit ein Großteil des Versuches unter diesem Effekt zu leiden hat. Bei der Bestimmung der Nulleffektcomponenten sind teilweise auch erhebliche Abweichungen zu den Literaturwerten gegeben. Insbesondere die weiche Komponente der Höhenstrahlung ist etwas unterrepräsentiert und die Abweichungen sind allesamt nicht mit der Poissonstatistik zu erklären. Da die Werte aber generell zu niedrig liegen hat vermutlich die Betondecke uns insbesondere bei der weichen Komponente einen Streich gespielt. Die spezifische Aktivität des KCL Präparates ist auch viel zu gering gemessen worden. Die Lebensdauer von  $^{40}\text{K}$  ist  $1.24 \cdot 10^9$  Jahre, also sollte die Aktivität eigentlich nicht signifikant abgenommen haben seit der Erstellung. Vermutlich bezieht sich die Angabe des Literaturwerts auf reines Kalium womit unter Einrechnung des Masseanteils von Cl ein vernünftigerer Wert rauskommen sollte.