

Nachweis kosmischer Myonen mittels zweier Plastiksintillatoren

Praktikumsversuch am 30.03.2011

Gruppe: 3

Thomas Himmelbauer
Daniel Weiss

Abgegeben am: 06.04.2011

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|---|-----------------------------------|---|
| 1 | Einleitung | 2 |
| 2 | Vorbemerkungen zur Fehlerrechnung | 2 |
| 3 | HV-Kurve | 2 |
| 4 | Koinzidenzen | 3 |
| 5 | Delay-Modul | 5 |
| 6 | Winkelmessung | 6 |
| A | Messwerte | 7 |

1 Einleitung

Myonen entstehen in der äußeren Erdatmosphäre durch Zerfallsprozesse von Pionen und Kaonen. Die genauen Prozesse, die zur Entstehung von Myonen führen, sind in der Versuchsanleitung[Unb11] beschrieben. Gemessen wird mit Szintillationszählern, in denen die Myonen Lichtblitze erzeugen. Diese werden von Photomultipliern verstärkt und schließlich durch elektronische Präzisionsgeräte registriert. Wichtig ist die Verwendung zweier Zähler, die eine grobe Richtungsbestimmung der Myonen ermöglichen (gleichzeitiges Signal in beiden Zählern bedeutet, ein Myon hat beide durchquert). Die Apparatur ist aus diesem Grund drehbar gelagert. Das Verwenden zweier Zähler ist nicht nur für die Richtungsbestimmung der Myonen wichtig, sondern auch, um Fehlzählungen zu minimieren.

2 Vorbemerkungen zur Fehlerrechnung

Da uns keine Ungenauigkeiten der Messgeräte vorliegen und auch jeweils nur 2 Messungen pro Einstellung vorgenommen werden, kann keine Fehlerrechnung durchgeführt werden. Ungenauigkeiten entstehen jedoch durch die leicht unterschiedlichen Eigenschaften der beiden Szintillationszähler, die Messungenauigkeit der Messgeräte und ungewollte Zählimpulse, beispielsweise durch von außen eindringendes Licht oder durch thermische Ionisation entstandene freie Elektronen, die fälschlicherweise als Myon gezählt werden. Auch können zwei dicht hintereinander fliegende Myonen unter Umständen nicht als 2 Myonen aufgelöst werden, sodass nur eines gezählt wird.

3 HV-Kurve

Zunächst interessiert, wie die Messapparatur auf unterschiedliche Spannungen der Photomultiplier reagiert. Offensichtlich führt eine zu geringe Spannung zu verringerten Zählraten bis hin zu keinen Signalen und eine sehr hohe Spannung zum Übersteuern der Photomultiplier und somit zu Mehrfachzählungen von Signalen. Dies kann gut auf dem Oszilloskop beobachtet werden.

Für eine quantitative Messung wird das Oszilloskop wieder abgesteckt und die Geräte gemäß Anleitung[Unb11] verkabelt. Beginnend von -700V wird in 20V -Schritten die Spannung betragsmäßig erhöht bis zur Maximalspannung von -990V . Tabelle 1 zeigt die Messergebnisse, die auch in Abbildung 1 visualisiert sind. Die Übersteuerung bei höheren Spannungswerten ist im Diagramm deutlich zu erkennen. Ebenso, dass beide Zähler unterschiedliche Zählraten zeigen; im Besonderen bei höheren Spannungen. Da

davon ausgegangen werden kann, dass durch beide Zähler gleich viele Myonen fliegen, liegt dieser Unterschied wahrscheinlich an kleinen Abweichungen zwischen beiden Zählern, die zu einer unterschiedlichen Anzahl an Störsignalen führen (z.B. thermische Ionisation oder eindringendes Licht).

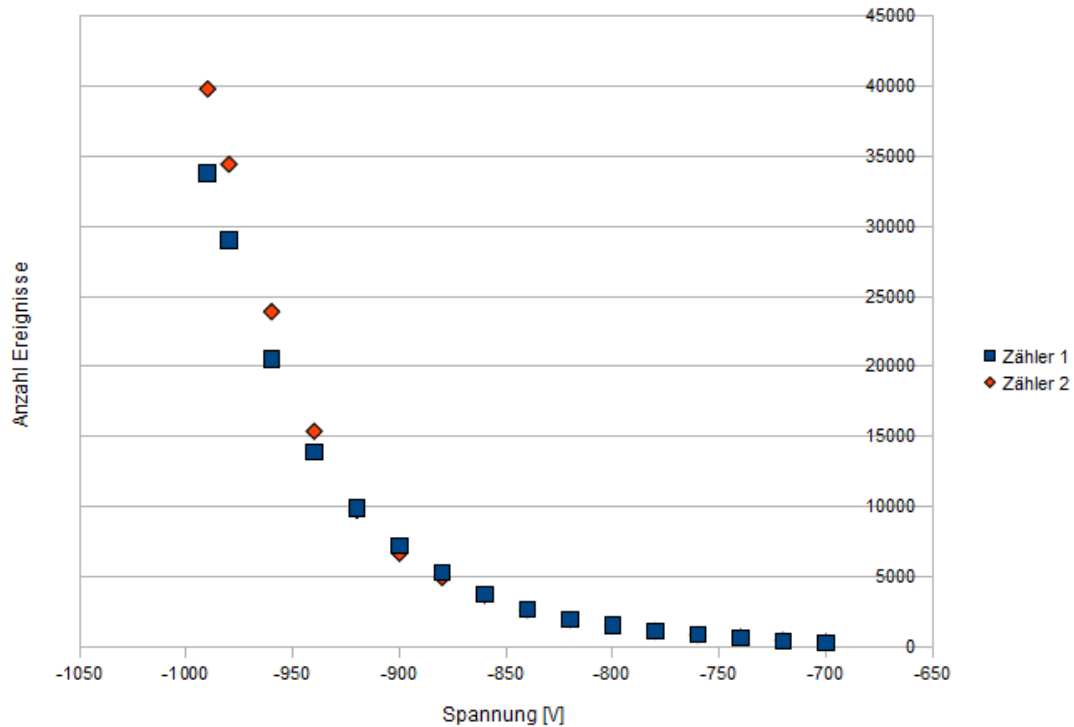


Abbildung 1: Aufgetragen sind die jeweiligen Mittelwerte der Szintillationszähler aus Tabelle 1 über der an den Photomultipliern angelegten Spannung. Zähler 1 ist der obere, Zähler 2 der untere Zähler im Versuchsaufbau.

4 Koinzidenzen

Um die Störereignisse wegzufiltern, werden nur Myonen gemessen, die durch beide Szintillationszähler fliegen. Dadurch ergibt sich auch die Möglichkeit, die Anzahl der gemessenen Myonen in Relation zum Winkel der Messapparatur zu setzen. Es werden nur Ereignisse gezählt, die gleichzeitig (einem Signal wird eine Dauer von 50ns zugewiesen) in beiden Zählern registriert werden. Dadurch werden Störsignale weitestgehend ignoriert.

Abbildung 2 zeigt den Verlauf der Koinzidenzen bei verschiedenen Spannungen. Wie zu

erwarten ist auch hier der Übersteuerungsbereich gut zu erkennen und bei einer Spannung von -700V treten kaum mehr Koinzidenzsignale auf. Deutlich ist auch die Abflachung der Kurve bei ca. -850V . Dort ändern sich die Zählraten kaum mit der Spannung. Tabelle 2 zeigt, dass diese Änderung zwischen -860V und -880V am geringsten ist. Dies ist also der Bereich, in dem noch keine Übersteuerung vorliegt und annähernd die Tatsächliche Zahl an Myonen gemessen wird. Daher wird diese Spannung im Folgenden als Messspannung gewählt.

Abbildung 3 zeigt, dass ab einer gewissen Anzahl von Ereignissen die Anzahl der Koinzidenzen kaum noch ansteigt. Das liegt an der Zufälligkeit der Störungen, die daher sehr selten innerhalb des 50ns -Intervalls in beiden Zählern auftreten. Bei höheren Zählraten zeigt sich auch hier eine Übersteuerung; es werden einzelne Myonen mehrfach gezählt. Bei ungefähr 10000 Ereignissen beider Zähler flacht sich die Kurve ab. Dies entspricht einer anliegenden Spannung von -860V und deckt sich mit der obigen Schlussfolgerung.

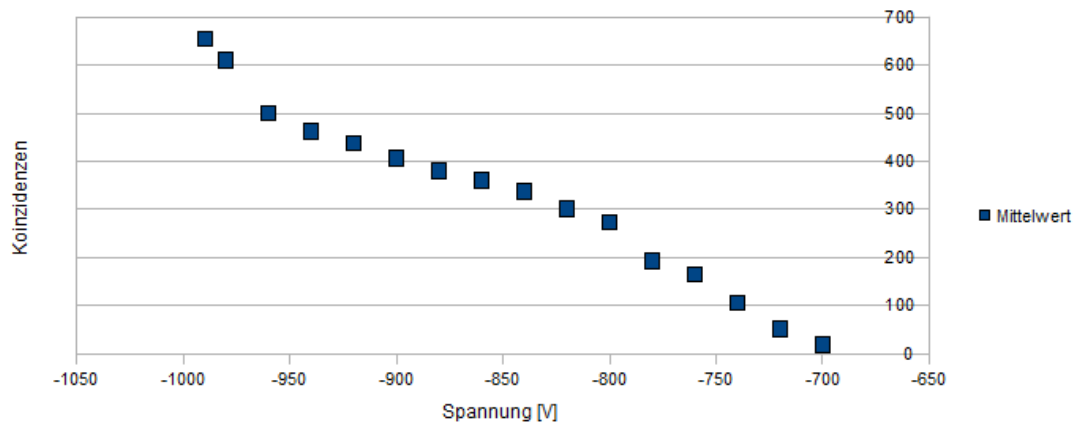


Abbildung 2: Die Mittelwerte der beiden Messungen sind über den jeweiligen Spannungen aufgetragen.

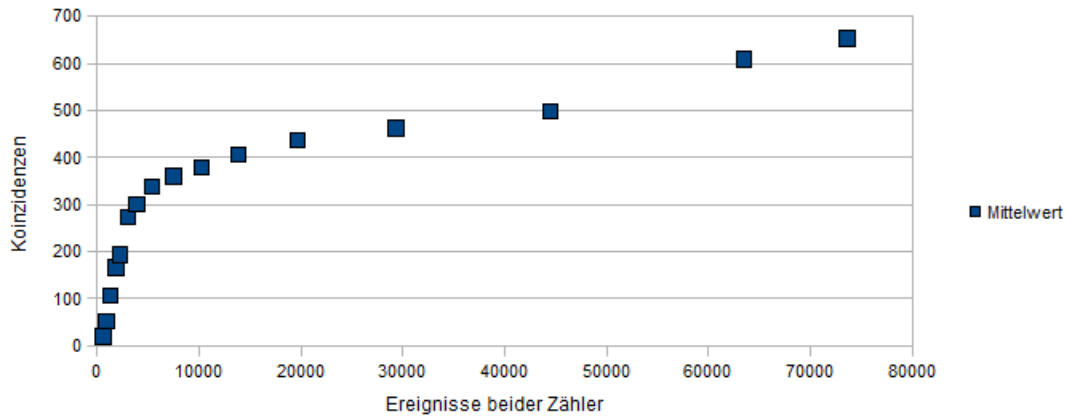


Abbildung 3: Die Mittelwerte der beiden Messungen sind über der Summe der Ereignisse beider Zähler aufgetragen.

5 Delay-Modul

Beide Photomultiplier erzeugen ein 50ns andauerndes Signal pro Ereignis. Überlappen sich zwei Signale der beiden Zähler, wird dies als Myon gezählt. Mithilfe eines Delay-Moduls ist es nun möglich, das Signal des oberen Photomultipliers um bis zu 68ns zu verzögern. Beginnend mit dieser maximalen Verzögerung (dabei ist bereits eine Kabel-Laufzeit von insgesamt 4,5ns berücksichtigt) werden nun die Koinzidenzen und Ereignisse des oberen Zählers gemessen.

Die Koinzidenzen haben ein Maximum bei knapp über 20ns Verschiebung (siehe Abbildung 4). Allerdings ist dies eher eine Vermutung als Aussage, da in diesem Bereich zu wenig Messwerte zur Verfügung stehen. Auffällig ist die Zunahme der Koinzidenzen mit steigendem Delay ab 0ns. Das lässt sich dadurch erklären, dass mit größerem Delay auch langsamere Myonen, die vorher nicht erfasst wurden, detektiert werden. Der rapide Abfall im Bereich von 50ns liegt daran, dass die Rechteckpulse selbst 50ns lang sind und die Signale des oberen Zählers nun soweit verzögert werden, dass sie erst nach dem Signal des unteren Zählers auftreten.

Das Signal des oberen Zählers schwächt sich mit steigendem Delay leicht ab. Das liegt an der Abschwächung des elektrischen Signals in der nun längeren Leitung.

Die genauen Messwerte sind in Tabelle 3 im Anhang.

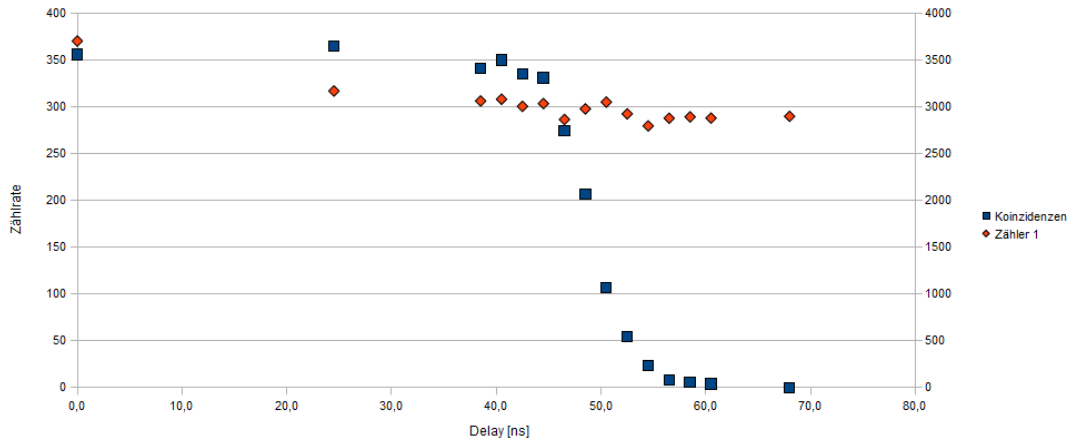


Abbildung 4: Über dem Delay des oberen Zählers sind die Koinzidenzen (linke Y-Achse) und Ereignisse des oberen Zählers (rechte Y-Achse) aufgetragen. Beidesmal wird der Mittelwert aus jeweils zwei Messungen gebildet.

6 Winkelmessung

In Schritten von 15° werden von einer horizontalen Ausrichtung in Richtung Fenster bis zur Horizontalen in Richtung Gebäude Messungen der beiden Zähler und der Koinzidenzen vorgenommen (Tabelle 4). Abbildung 5 veranschaulicht das. Es fällt sofort auf, dass die Werte allesamt bei Neigungen in Richtung Fenster höher sind als bei gleicher Neigung in Richtung Gebäude. Das Gebäude schirmt einen Teil der Myonen ab. Bei senkrechter Ausrichtung ist die Zählrate am höchsten, da diese Myonen den kürzesten Weg zurückgelegt haben und so auch langsamere Myonen bis zum Messgerät „überlebt“ haben. Bei horizontaler Ausrichtung ist kein Unterschied erkennbar, da es egal ist, welchen Zähler die Myonen zuerst passieren und beide Ausrichtungen in diesem Fall also äquivalent sind.

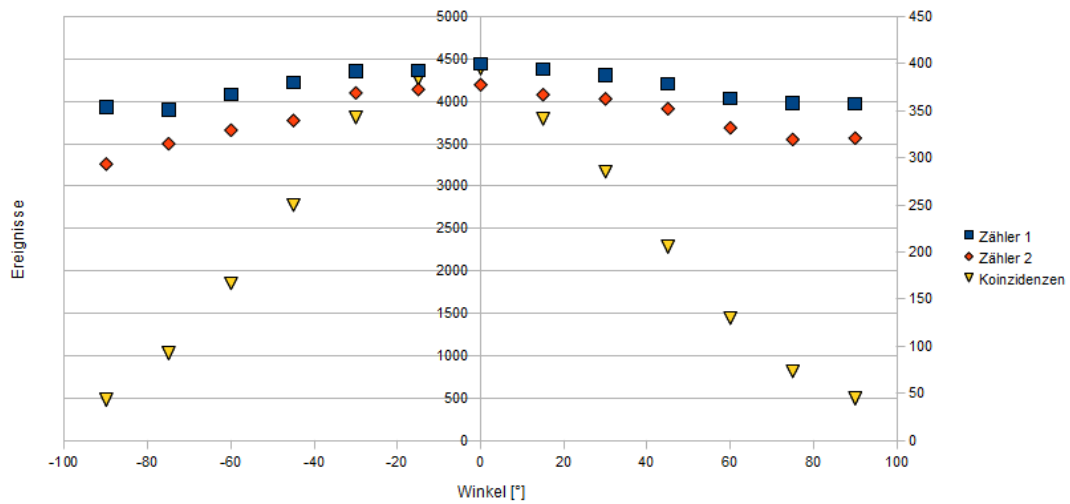


Abbildung 5: Über dem Winkel (positiv in Richtung Gebäude, negativ in Richtung Fenster) sind die Koinzidenzen (rechte Y-Achse) und Ereignisse der beiden Zähler (linke Y-Achse) aufgetragen. Beidesmal wird der Mittelwert aus jeweils zwei Messungen gebildet.

A Messwerte

Im Folgenden die Tabellen mit den Messwerten der einzelnen Versuche.

| Spannung [V] | Messung 1 | | Messung 2 | |
|--------------|-----------|----------|-----------|----------|
| | Zähler 1 | Zähler 2 | Zähler 1 | Zähler 2 |
| -700 | 264 | 336 | 270 | 351 |
| -720 | 423 | 460 | 434 | 462 |
| -740 | 629 | 660 | 627 | 732 |
| -760 | 921 | 913 | 920 | 871 |
| -780 | 1180 | 1166 | 1075 | 1120 |
| -800 | 1601 | 1506 | 1496 | 1509 |
| -820 | 1931 | 1966 | 1949 | 1981 |
| -840 | 2628 | 2673 | 2750 | 2667 |
| -860 | 3815 | 3747 | 3721 | 3692 |
| -880 | 5216 | 4914 | 5368 | 5012 |
| -900 | 7259 | 6653 | 7110 | 6749 |
| -920 | 9965 | 9795 | 9809 | 9711 |
| -940 | 13923 | 15268 | 13938 | 15515 |
| -960 | 20597 | 23905 | 20456 | 23946 |
| -980 | 29154 | 34650 | 28873 | 34239 |
| -990 | 33671 | 39718 | 33916 | 39897 |

Tabelle 1: Zählraten der beiden Szintillationszähler bei verschiedenen Spannungen. Pro Spannungswert werden 2 Messungen durchgeführt. Zähler 1 ist der obere, Zähler 2 der untere Zähler im Versuchsaufbau.

| Spannung [V] | Messung 1 | Messung 2 |
|--------------|-----------|-----------|
| -700 | 11 | 28 |
| -720 | 59 | 46 |
| -740 | 99 | 113 |
| -760 | 170 | 162 |
| -780 | 204 | 183 |
| -800 | 266 | 282 |
| -820 | 293 | 310 |
| -840 | 333 | 343 |
| -860 | 385 | 337 |
| -880 | 376 | 383 |
| -900 | 405 | 409 |
| -920 | 455 | 421 |
| -940 | 440 | 485 |
| -960 | 502 | 497 |
| -980 | 617 | 602 |
| -990 | 657 | 650 |

Tabelle 2: Koinzidenzen der beiden Zähler bei verschiedenen Spannungen. Pro Spannungswert werden 2 Messungen durchgeführt.

| Delay [ns] | 1. Messung | | | 2. Messung | | |
|------------|------------|----------|--------------|------------|----------|--------------|
| | Zähler 1 | Zähler 2 | Koinzidenzen | Zähler 1 | Zähler 2 | Koinzidenzen |
| 68,0 | 2912 | 0 | 0 | 2894 | | 0 |
| 60,5 | 2877 | 3606 | 6 | 2890 | 3673 | 2 |
| 58,5 | 2940 | 3560 | 6 | 2853 | 3539 | 5 |
| 56,5 | 2861 | 3588 | 8 | 2904 | 3608 | 8 |
| 54,5 | 2768 | 3556 | 26 | 2833 | 3717 | 22 |
| 52,5 | 2957 | 3651 | 53 | 2901 | 3674 | 56 |
| 50,5 | 3105 | 3611 | 110 | 3005 | 3547 | 104 |
| 48,5 | 3001 | 3723 | 220 | 2963 | 3497 | 194 |
| 46,5 | 2913 | 3574 | 286 | 2824 | 3524 | 263 |
| 44,5 | 3058 | 3470 | 339 | 3020 | 3693 | 324 |
| 42,5 | 3025 | 3665 | 327 | 2993 | 3660 | 344 |
| 40,5 | 3047 | 3661 | 359 | 3124 | 3581 | 342 |
| 38,5 | 3035 | 3492 | 314 | 3098 | 3606 | 369 |
| 24,5 | 3214 | 3652 | 389 | 3133 | 3630 | 342 |
| 0,0 | 3731 | 3625 | 347 | 3685 | 3626 | 366 |

Tabelle 3: Die Tabelle zeigt die beiden Messungen mit verschiedenen Verzögerungen des Signals des oberen Zählers.

| Winkel [°] | Messung 1 | | | Messung 2 | | |
|------------|-----------|----------|--------------|-----------|----------|--------------|
| | Zähler 1 | Zähler 2 | Koinzidenzen | Zähler 1 | Zähler 2 | Koinzidenzen |
| -90 | 3949 | 3189 | 47 | 3917 | 3335 | 39 |
| -75 | 3925 | 3485 | 96 | 3875 | 3518 | 89 |
| -60 | 4013 | 3577 | 171 | 4156 | 3745 | 163 |
| -45 | 4234 | 3773 | 236 | 4203 | 3776 | 264 |
| -30 | 4339 | 4135 | 339 | 4365 | 4065 | 347 |
| -15 | 4363 | 4166 | 377 | 4366 | 4118 | 391 |
| 0 | 4359 | 4202 | 378 | 4520 | 4189 | 412 |
| 15 | 4448 | 4078 | 346 | 4305 | 4082 | 337 |
| 30 | 4353 | 4006 | 287 | 4267 | 4055 | 284 |
| 45 | 4255 | 3877 | 179 | 4161 | 3950 | 232 |
| 60 | 4049 | 3699 | 135 | 4018 | 3678 | 125 |
| 75 | 3961 | 3561 | 76 | 3999 | 3541 | 71 |
| 90 | 3966 | 3595 | 44 | 3971 | 3539 | 45 |

Tabelle 4: Winkelabhängige Koinzidenzen und Einzelereignisse der beiden Zähler. Bei negativen Winkeln zeigt der obere Zähler in Richtung Fenster, bei positiven in Richtung Gebäude.

Literatur

[Unb11] UNBEKANNT: *Nachweis kosmischer Myonen mittels zweier Plastiksintillatoren*,
2011