

Kosmische Strahlung auch im Klassenraum und im Wohnzimmer

Olaf Fischer

Eine neue Teildisziplin der Astronomie - die Astroteilchenphysik - entwickelt sich rasant. Ihre wesentliche Aufgabe besteht darin, die vor allem aus Teilchen (87 % Protonen, 12 % Heliumkerne) aber auch einigen hochenergetischen Gamma-Photonen bestehende Kosmische Strahlung zu erforschen. Die Kosmische Strahlung ist sehr energiereich. Unsere Erdatmosphäre stellt neben dem Erdmagnetfeld einen wichtigen Schutz vor dieser Strahlung dar. Der natürliche Schutzmechanismus birgt gleichzeitig eine Chance zum Nachweis – die Astronomen haben sie ergriffen.

In der Teilchenphysik verwendet man zur Charakterisierung des (Energie-)Spektrums nicht die Wellenlänge, sondern die Energieeinheit eV (Elektronenvolt). Dies wird in einigen Aufgaben geübt ([Arbeitsblatt](#)). Im SuW-Beitrag (3/2009) nennen die Autoren verschiedene Zahlenwerte, die mit Mitteln der Schulphysik und -mathematik nachgerechnet werden können (Rubrik „[Nachgefragt und nachgerechnet](#)“). Schließlich wird der [Erfahrungsbericht eines Schülers](#) über seinen selbst aufgebauten Detektor für Kosmische Strahlung vorgestellt, ein Bericht, der Schüler anregen und Lehrern Freude machen kann.

Übersicht der Bezüge im WiS!-Beitrag		
Physik	Elektromagnetismus, Quantenphysik	Magnetische Flussdichte , Lorentzkraft , Photon , Proton , Atomkern , Teilchenstrahlung , Elektronenvolt (eV) , Einheitenumrechnung , Gammastrahlung
Astronomie	Astropraxis, diffuses Medium, Sterne	Tscherenkow-Teleskop, Kosmische Strahlung, Krebsnebel , Sonnenwind
Fächer- verknüpfung	Astro-Ma, Astro-Technik	Einheitenvorsatz Tera , Trigonometrie , Rechnen mit Potenzen , Selbstbauexperimente



Vier 13-m-Schüsseln und eine 28-m-Schüssel bilden das Teleskopsystem H. E. S. S. II zum indirekten Nachweis sehr hochenergetischer Kosmischer Gammastrahlung. ©: Von Christian99 - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=21999706>, [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f3/H.E.S.S. II Telescope Array.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f3/H.E.S.S._II_Telescope_Array.jpg).

Arbeitsblatt „Die Energie von Photonen und Teilchen“

[\(←zurück zum Anfang\)](#)

(Fülle die Lücken oder wähle eine Antwort für die gelb unterlegten Felder aus. Manchmal fehlt nur das richtige Wort, manchmal muss gerechnet werden.)

Aus dem Weltraum gelangen sowohl Quanten der elektromagnetischen Strahlung (Photonen) als auch Teilchen wie vor allem Protonen und schwerere Atomkerne (Teilchenstrahlung) zur Erde. Ihre Energie kann sich je nach Quelle beträchtlich voneinander unterscheiden. Um im folgenden Text die Lücken zu füllen und die richtige Multiple Choice-Antwort auszuwählen, sind einfache physikalische Rechnungen und Fakten nötig.



Unsere Augen reagieren auf Licht mit Wellenlängen zwischen 400 und 700 nm. Ein Photon, das eine Lichtempfindung erzeugt, die wir mit der Farbe bezeichnen, kann einer Wellenlänge von 500 nm zugeordnet werden und hat eine Energie von ca. **0,0025 eV / 2,5 eV / 500 eV**.

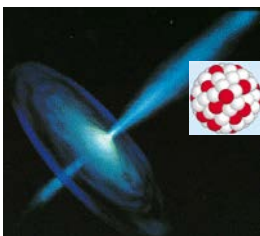
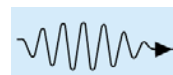
Bei strahlendem Sonnenschein registrieren wir an der Erdoberfläche einen Energiefluss von etwa 1000 Joule pro Sekunde und Quadratmeter (senkrecht zur Einfallrichtung betrachtet). Nehmen wir an, dass dieser Energiefluss nur aus Photonen mit einer Wellenlänge von 500 nm besteht, so ergibt sich ein Photonenstrom von rund $2,5 \cdot 10^7 / \cdot 10^{14} / \cdot 10^{21}$ Photonen pro Sekunde und Quadratmeter.



Die Sonne sendet neben den Photonen auch einen Strom von Teilchen (vorwiegend Protonen und Alphateilchen) aus, die im Mittel eine Energie von 10^7 eV besitzen. Dieser als Sonnenwind bezeichnete Teilchenstrom hat im Erdbstand eine Stärke von ca. 10^{11} Teilchen pro Quadratmeter und Sekunde. Welcher Energiebetrag (in Joule) wird durch den Sonnenwind in der Nähe der Erde auf eine senkrecht zu ihm gehalten Empfängerfläche von 1 m^2 pro Sekunde übertragen? Hier die Antwort:



Vom Krebsnebel kommend treffen uns Gamma-Photonen mit bis zu 100 TeV. Wie viele Photonen mit $\lambda=500$ nm sind nötig, um die Energie eines der höchstenergetischen Gamma-Photonen vom Krebsnebel aufzuwiegen, sind es **vier Milliarden, vierzig Billionen oder vierhundert Billiarden?**



Die Energie eines aus fernen Galaxien kommenden Teilchens der kosmischen Strahlung kann bis zu etwa 10^{20} eV betragen. Wie hoch kann mit dieser Energie ein großer Tetra-Pack Milch (rund 1,5 kg) gehoben werden? Hier die Antwort:



[\(→zurück zum Anfang\)](#)

Arbeitsblatt „Die Energie von Photonen und Teilchen“ – Ergebnisse

(Fülle die Lücken oder wähle eine Antwort für die gelb unterlegten Felder aus. Manchmal fehlt nur das richtige Wort, manchmal muss gerechnet werden.)

Aus dem Weltraum gelangen sowohl Quanten der elektromagnetischen Strahlung (Photonen) als auch Teilchen wie vor allem Protonen und schwerere Atomkerne (Teilchenstrahlung) zur Erde. Ihre Energie kann sich je nach Quelle beträchtlich voneinander unterscheiden.


Um im folgenden Text die Lücken zu füllen und die richtige Multiple Choice-Antwort auszuwählen, sind einfache physikalische Rechnungen und Fakten nötig.



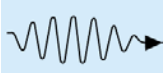
Unsere Augen reagieren auf Licht mit Wellenlängen zwischen 400 und 700 nm. Ein Photon, das eine Lichtempfindung erzeugt, die wir mit der Farbe **grün** bezeichnen, kann einer Wellenlänge von 500 nm zugeordnet werden und hat eine Energie von ca. **2,5 eV**.

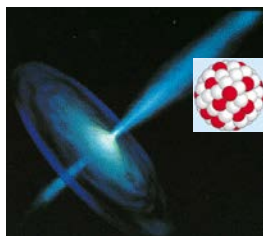
Bei strahlendem Sonnenschein registrieren wir an der Erdoberfläche einen Energiefluss von etwa 1000 Joule pro Sekunde und Quadratmeter (senkrecht zur Einfallrichtung betrachtet). Nehmen wir an, dass dieser Energiefluss nur aus Photonen mit einer Wellenlänge von 500 nm besteht, so ergibt sich ein Photonenstrom von rund $2,5 \cdot 10^{21}$ Photonen pro Sekunde und Quadratmeter.



Die Sonne sendet neben den Photonen auch einen Strom von Teilchen (vorwiegend Protonen und Alphateilchen) aus, die im Mittel eine Energie von 10^7 eV besitzen. Dieser als Sonnenwind bezeichnete Teilchenstrom hat im  Erdbstand eine Stärke von ca. 10^{11} Teilchen pro Quadratmeter und Sekunde. Welcher Energiebetrag (in Joule) wird durch den Sonnenwind in der Nähe der Erde auf eine senkrecht zu ihm gehalten Empfängerfläche von 1 m² pro Sekunde übertragen? Hier die Antwort: **$E \approx 0,16$ J.**



Vom Krebsnebel kommend treffen uns Gamma-Photonen mit **Energien** bis zu 100 TeV. Wie viele Photonen mit $\lambda=500$ nm  sind nötig, um die Energie eines der höchstenergetischen Gamma-Photonen vom Krebsnebel aufzuwiegen, sind es **vierzig Billionen**?



Die Energie eines aus fernen Galaxien kommenden Teilchens der kosmischen Strahlung kann bis zu etwa 10^{20} eV betragen. Wie hoch kann mit dieser Energie ein großer Tetra-Pack Milch (rund 1,5 kg) gehoben werden? Hier die Antwort: **ca. 1,1 m.**



Rechnungen

[\(→ zurück zum Anfang\)](#)



Es gilt: $E = h \cdot f$ und $c = \lambda \cdot f$

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 4,136 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s} \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m}}{5 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}} \approx \underline{\underline{2,5 \text{ eV}}}$$



$$E = P \cdot t = F \cdot A \cdot t = 1000 \frac{\text{J}}{\text{s} \cdot \text{m}^2} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ s} = 1000 \text{ J} = 1000 \cdot 6,24 \cdot 10^{18} \text{ eV}$$

$$N = \frac{6240 \cdot 10^{18} \text{ eV}}{2,5 \text{ eV}} \approx \underline{\underline{2,5 \cdot 10^{21}}}$$



$$E = 10^{11} \cdot 10^7 \text{ eV} = 10^{18} \text{ eV} = 10^{18} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J} \approx \underline{\underline{0,16 \text{ J}}}$$



$$N = \frac{100 \text{ TeV}}{2,5 \text{ eV}} = \frac{10^{14} \text{ eV}}{2,5 \text{ eV}} = \underline{\underline{4 \cdot 10^{13}}}. \quad (10^{12} \dots \text{Billion})$$



$g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js} = 4,1357 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$
 $1 \text{ J} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$

$$E = E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h \quad \Rightarrow \quad h = \frac{E}{m \cdot g}$$

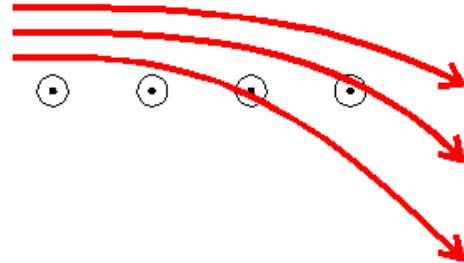
$$h = \frac{10^{20} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}}{1,5 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}} = \frac{10^{20} \cdot 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}}{1,5 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}} \approx \underline{\underline{1,1 \text{ m}}}$$

Nachgefragt und nachgerechnet

[\(→zurück zum Anfang\)](#)

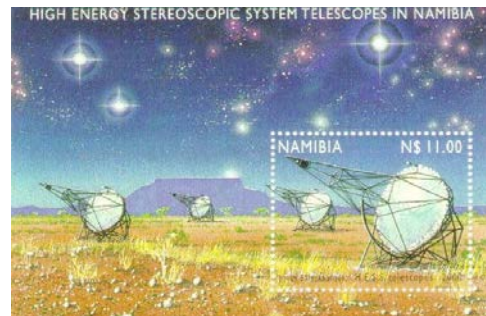
Im Beitrag „Ein neues Fenster zum Kosmos – Gamma-Astronomie mit H.E.S.S.“, der in der Zeitschrift „Sterne und Weltraum“ (SuW) in der Ausgabe 3/2009 erschien, nennen die Autoren verschiedene Zahlenwerte, die sich mit Mitteln der Schulphysik und -mathematik nachrechnen lassen. Dies soll im Folgenden für 3 Aussagen getan werden.

Auf Seite 39 im SuW-Beitrag findet man rechts unten:
„Nun werden die geladenen Teilchen im interstellaren Raum durch Magnetfelder abgelenkt, und zwar umso stärker, je geringer die Energie der Teilchen ist – der Krümmungsradius selbst eines Teilchens mit 10^{15} eV beträgt nur etwa ein Lichtjahr und ist damit kleiner als der Abstand zum nächsten Stern.“



Dazu wird für das Magnetfeld im interstellaren Gas eine Feldstärke von ca. $3 \cdot 10^{-10}$ T angenommen. Als Teilchen soll ein Proton (wesentliche Komponente der Teilchenstrahlung) angenommen werden.

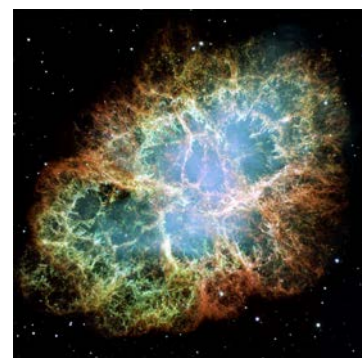
Auf Seite 40 im SuW-Beitrag ist rechts nachzulesen:
„Die Luft-Moleküle entlang der Teilchenspur senden in diesem Fall so genanntes Tscherenkow-Licht im sichtbaren Spektralbereich aus, das in einem Kegel von etwa 1 Grad Öffnungswinkel zur Flugrichtung der Teilchen abgestrahlt wird. Am Erdboden leuchtet der Tscherenkow-Lichtkegel eines Teilchenschauers eine Fläche von etwa 50.000 m^2 aus, ...“



Namibische Gedenkmarke zum HESS-Teleskop

Zur Rechnung verwende man den genaueren Wert für den Öffnungswinkel von 0,7 Grad.

Auf Seite 41 im SuW-Beitrag wird mittig unten gesagt:
„Aus Richtung des Krebsnebels, einer der stärksten Quellen am Himmel, sind das beispielsweise weniger als 10 TeV-Photonen pro Quadratmeter und Jahr. Eine Quelle mit dieser Intensität wird von H.E.S.S. nach einer Beobachtungszeit von etwa 30 Sekunden nachgewiesen“.



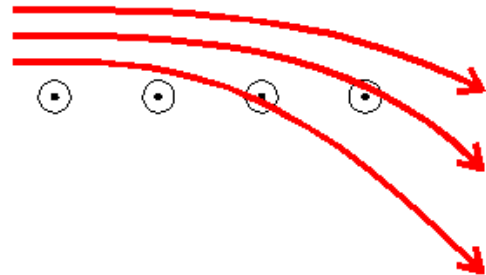
Für die Abschätzung muss zum einen in Betracht gezogen werden, dass der Krebsnebel Gamma-Photonen mit einem breiten Energiespektrum abgibt (Verteilung kann durch Potenzgesetz beschrieben werden: z. B. $N \sim E^{-2,7}$, N ...Photonenanzahl, E ...Photonenenergie). Neben den 10 TeV-Gammaphotonen erreichen also weitaus mehr niederenergetische Gammaphotonen ($> 0,2$ TeV) die Erde. Wir nehmen vereinfachend einen Faktor 20 an. Zum anderen kann man sagen, dass ca. 10 Gammaphotonen nötig sind, um das Finden ihrer Quelle zu ermöglichen.

Nachgefragt und nachgerechnet - Ergebnisse

[\(→zurück zum Anfang\)](#)

Im Beitrag „Ein neues Fenster zum Kosmos – Gamma-Astronomie mit H.E.S.S.“, der in der Zeitschrift „Sterne und Weltraum“ (SuW) in der Ausgabe 3/2009 erschien, nennen die Autoren verschiedene Zahlenwerte, die sich mit Mitteln der Schulphysik und -mathematik nachrechnen lassen. Dies soll im Folgenden für 3 Aussagen getan werden.

Auf Seite 39 im SuW-Beitrag findet man rechts unten:
„Nun werden die geladenen Teilchen im interstellaren Raum durch Magnetfelder abgelenkt, und zwar umso stärker, je geringer die Energie der Teilchen ist – der Krümmungsradius selbst eines Teilchens mit 10^{15} eV beträgt nur etwa ein Lichtjahr und ist damit kleiner als der Abstand zum nächsten Stern.“



Dazu wird für das Magnetfeld im interstellaren Gas eine Feldstärke von ca. $3 \cdot 10^{-10}$ T angenommen. Als Teilchen soll ein Proton (wesentliche Komponente der Teilchenstrahlung) angenommen werden.

Lösung

Mit der Lorentzkraft als wirkender Zentripetalkraft kann man den Krümmungsradius wie folgt berechnen:

$$r = \frac{m_P \cdot v}{Q \cdot B}$$

Die in die Rechnung eingehenden Größen sind für die Ladung Q die Elementarladung e des Protons ($e = 1,60218 \cdot 10^{-19}$ C), die magnetische Flussdichte $B = 3 \cdot 10^{-10}$ T (1 T = 1 Vs/m²), die Masse des Protons m_P und seine Geschwindigkeit v . Für die Geschwindigkeit findet man auf S. 40 (rechte Spalte) den Wert von 99,99% von der Lichtgeschwindigkeit c ($c = 2,9979 \cdot 10^8$ m/s). Es kann also getrost mit c gerechnet werden. Hinsichtlich der Teilchenmasse muss man nun aufpassen, weil man für diese Geschwindigkeit die relativistische Physik anwenden muss. Für die Teilchen der hochenergetischen Kosmischen Strahlung muss also der relativistische Massezuwachs beachtet werden, und die Teilchenmasse m ergibt sich nun aus

$$m = \frac{E_{\text{kin}} + m_0 \cdot c^2}{c^2}$$

Mit einer Ruhemasse für das Proton von $m_{0,P} = 1,67262 \cdot 10^{-27}$ kg erhält man für Protonen mit $E_{\text{kin}} = 10^{15}$ eV ($\approx 1,6 \cdot 10^{-4}$ kg \cdot m² \cdot s⁻²) eine Masse von $m_P \approx 1 \cdot 10^6 \cdot m_{0,P}$.

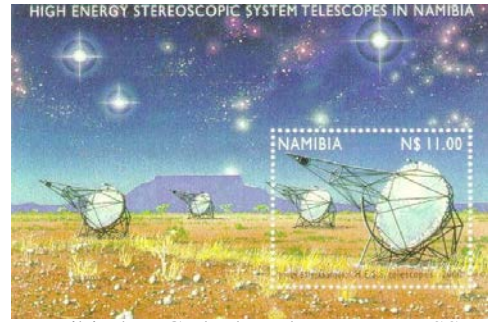
Nun kann der Krümmungsradius wie folgt berechnet werden:

$$r = \frac{1 \cdot 10^6 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 3 \cdot 10^{-10} \text{ Vs s}} \approx 10,3 \cdot 10^{15} \text{ m}$$

Diese Entfernung entspricht in etwa einem Lichtjahr (1 LJ = $9,461 \cdot 10^{15}$ m).

Auf Seite 40 im SuW-Beitrag ist rechts nachzulesen:
„Die Luft-Moleküle entlang der Teilchenspur senden in diesem Fall so genanntes Tscherenkow-Licht im sichtbaren Spektralbereich aus, das in einem Kegel von etwa 1 Grad Öffnungswinkel zur Flugrichtung der Teilchen abgestrahlt wird. Am Erdboden leuchtet der Tscherenkow-Lichtkegel eines Teilchenschauers eine Fläche von etwa 50.000 m² aus, ...“.

Zur Rechnung verwende man den genaueren Wert für den Öffnungswinkel von 0,7 Grad.



Namibische Gedenkmarke zum HESS-Teleskop

Lösung

Im einfachsten Fall stellt die vom Cherenkov-Licht beleuchtete Kreisfläche die Basisfläche eines Kegels der Höhe h von etwa 10 km (diese Angabe stand auch im Text) dar.

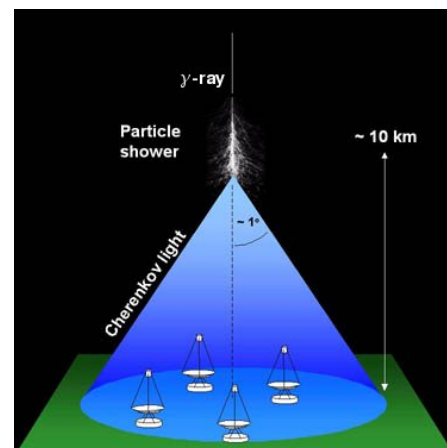
Der Radius R dieser Kreisfläche kann trigonometrisch gewonnen werden aus

$$R = \tan 0,7^\circ \cdot h \approx 0,012218 \cdot 10 \text{ km} = 122,18 \text{ m.}$$

Damit ergibt sich eine Fläche von

$$A = \pi \cdot R^2 \approx 46.900 \text{ m}^2.$$

Die genannten 50.000 m² stellen einen gut merkbaren Näherungswert dar.



©: Université de Genève. http://www.isdc.unige.ch/cta/images/outreach/stereoscopic_technique.jpg.

Auf Seite 41 im SuW-Beitrag wird mittig unten gesagt:

„Aus Richtung des Krebsnebels, einer der stärksten Quellen am Himmel, sind das beispielsweise weniger als 10 TeV-Photonen pro Quadratmeter und Jahr. Eine Quelle mit dieser Intensität wird von H.E.S.S. nach einer Beobachtungszeit von etwa 30 Sekunden nachgewiesen“.

Für die Abschätzung muss zum einen in Betracht gezogen werden, dass der Krebsnebel Gamma-Photonen mit einem breiten Energiespektrum abgibt (Verteilung kann durch Potenzgesetz beschrieben werden: z. B. $N \sim E^{-2,7}$, N ...Photonenanzahl, E ...Photonenenergie). Neben den 10 TeV-Gammaphotonen erreichen also weitaus mehr niederenergetische Gammaphotonen ($> 0,2$ TeV) die Erde. Wir nehmen vereinfachend einen Faktor 20 an. Zum anderen kann man sagen, dass ca. 10 Gammaphotonen nötig sind, um das Finden ihrer Quelle zu ermöglichen.



Lösung

Wenn $10 \cdot 20 = 200$ Gamma-Photonen pro Jahr pro m² Empfängerfläche empfangen werden, dann sind es bei 50.000 m² Empfängerfläche (für das Cherenkov-Licht) schon 10.000.000 Photonen pro Jahr.

Ein Jahr hat rund $365 \cdot 24 \cdot 3600 = 31.536.000$ s, d. h. im Mittel kommt ca. alle 3 s ein Gammaphoton so an, dass dessen Cherenkov-Licht die Empfängerfläche erreicht. Nach etwa 30 s sind also die für den Nachweis notwendigen 10 Gammaphotonen aufgesammelt.

Erfahrungsbericht eines Schülers

[\(→zurück zum Anfang\)](#)

Der folgende Bericht wurde von Daniel Weiss, einem Schüler aus Mannheim, im Alter von 15 Jahren (Klasse 9) verfasst. Er macht Mut und regt an und zeigt, zu welchen Ergebnissen ein Schüler kommen kann, wenn er vom Forschergeist ergriffen wurde.

Kosmische Strahlung – Nicht nur etwas für Profis (Daniel Weiss, 2008)

Vor ca. zwei Jahren fing alles an. Über eine Verbindung zu Herrn Professor Gottscheber (FH Heidelberg) bekam ich eine Einladung zu einem Vortrag über Kosmische Strahlung. Als ich in die Universität lief, sah ich ein großes Schild mit der Aufschrift „Vortrag Kosmische Strahlung“. Sollte ich mich geirrt haben? Hatte ich mich verlesen? War ich am Ende in einem Esoterik-Vortrag gelandet? All diese Fragen erledigten sich als ich in den Vortragssaal lief und einen gut gelaunten älteren Mann sah, der an einem Computer herumhantierte. Kurze Zeit später, ich hatte mich bereits hingesezt, erschien ein Bild an der Leinwand mit dem Titel „Kosmische Strahlung“ vor Hintergrund-Bildern vom Pierre Auger-Observatorium in Argentinien. Nach dem Vortrag war ich wie verwandelt: „Das wird mein zukünftiger Beruf“, so nahm ich es mir vor (und meine Schulnoten waren auch von dem Tag an besser). Direkt am folgenden Wochenende, rief ich den befreundeten Ingenieur, Elektrotechniker, Amateur-Astronomen und Gründer eines Erfinderclubs, Peter Wright, an, um ihn zu fragen, ob er mir beim Bau eines Geigerzählers helfen würde. Er bejahte, sagte aber gleichzeitig, dass ein Geigerzähler weniger zur Messung von Kosmischer Strahlung geeignet sei, da er (in der klassischen Ausführung) weder die Energie der Kosmischen Strahlung messen kann noch empfindlich genug ist. Im gleichen Atemzug bot er mir seine Hilfe, und einen von seinen Szintillationsdetektoren (Szintillationskristall + Photomultiplier) an. Hoch motiviert packte ich ältere Ausgaben des Magazins „Sterne und Weltraum“, ein Buch über Schwarze Löcher und Kometen, und das Buch „Was die Welt zusammenhält“ aus und begann zu lesen. Später suchte ich im Internet nach den verschiedenen Detektortypen und deren Funktionsweisen. Zwar wusste ich schon einiges über die Interaktion der Kosmischen Strahlung mit unserer Erdatmosphäre und über die Entstehung der Kosmischen Strahlung, doch galt es, dieses Wissen zu vertiefen. Und schon am nächsten Wochenende war es soweit, der Bau sollte beginnen. Er begann eigentlich damit, dass ich im Lager auf dem Gelände der Radiosternwarte Mannheim, wo auch Peter Wright's selbstgebautes Radioteleskop steht, in der hintersten Ecke, eingekesselt durch allerhand technische Geräte, Kabel, Tische und einen Teppich, mit der nackten Hand herumstocherte und nach einer Kiste mit Szintillationsdetektoren suchte. Nach dem Berühren einer nassen Pfütze (ich weiß noch immer nicht, was das war) fand ich sie schließlich. Ich balancierte über den Teppich, sprang über ein Fass, welches als Spendentrommel missbraucht wird, und lief in den gegenüberliegenden Laborcontainer. Dort begann der Bau.

Zunächst wurde ein altes, handelsübliches Computernetzteil umgebaut, indem einfach zwei Anschlusspunkte überbrückt wurden, wodurch das Netzteil auch ohne Computer funktioniert (Bild 1).

Nun wurden die einzelnen Kabel mithilfe eines Multimeters überprüft, um herauszufinden, welches Kabel welche Spannung liefert. Nachdem ich die Kabel gefunden habe, welche die benötigten 12 Volt liefern, habe ich von diesen Kabeln die Enden abgeknipst und sie abisoliert. Nun war das Netzteil fertig vorbereitet.

Als nächstes wurde der Sockel für den Photomultiplier (der Verstärker für die Lichtblitze aus dem Szintillationskristall) umgebaut. Die BNC-Buchsen für die Betriebsspannung des Photomultipliers (1000 V-), die Betriebsspannung des Verstärkers (12 V-) und das Signal wurden durch feste Kabel ersetzt und an das Netzteil angelötet. Zu guter Letzt wurden die Kabel noch mit Schrumpfschläuchen versehen (Bilder 2+3).

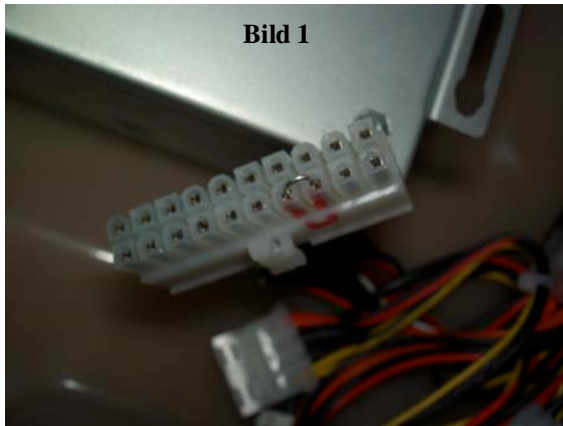


Bild 1

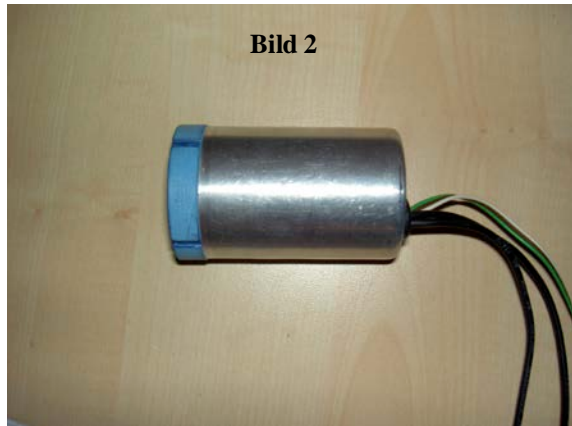


Bild 2

Nun fehlte nur noch das 1000V-Netzteil. Auf Grund meiner Abneigung zur Elektrotechnik (ich sehe sie nur als Mittel zum Zweck) war ich froh, dass in Peter's Lager mehrere 1000 V-Trafos zu finden waren, von denen eins in eine sichere Tupperbox eingebaut wurde (Bild 4). Mehrere Löcher für die Buchsen wurden hineingebohrt, und die Spannung wurde mit einem Hochspannungsmultimeter gemessen. Das Netzteil lieferte genau die geforderten 1000 V. (Man kann die Spannung auch verändern falls man mal andere Detektoren verwenden sollte). Nun musste ich nur noch den Klinkenanschluss des Lautsprechers in einen BNC-Anschluss umwandeln und den Szintillationskristall auf den Sockel stecken.

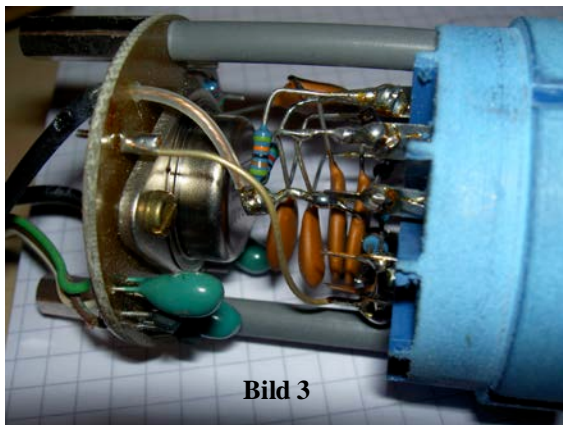


Bild 3



Bild 4

Zu guter Letzt wurde noch alles verkabelt und an der Verbindungsnaht zwischen Photomultiplier und Szintillationskristall mit einer Kupferfolie zur Abschirmung umwickelt, und fertig war der Detektor für Kosmische Strahlung (Bild 5).



Bild 5

Bild 5: Szintillationsdetektor (Photomultiplier und Szintillationskristall).

Bild 6: Daniel Weiss mit seiner kompletten Empfangseinrichtung für Kosmische Strahlung.

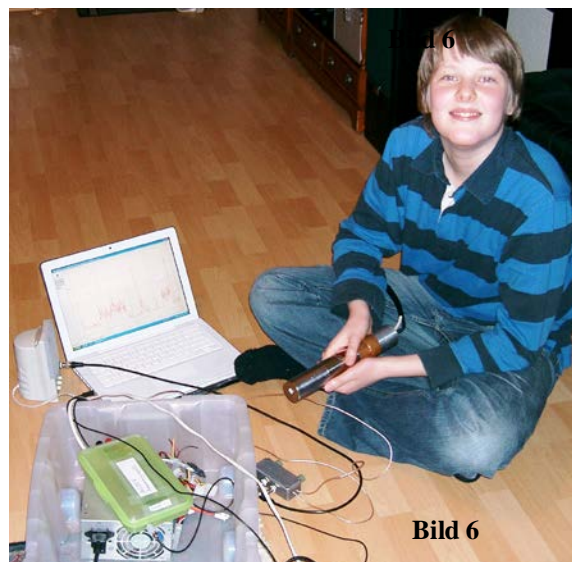


Bild 6

Die Aufregung stieg. Wird alles klappen? Ich verkabelte das Netzteil mit der Steckdose, das 1000V-Netzteil mit dem Detektor, und mit dem Netzteil, das Signalkabel mit dem Lautsprecher und fertig war das „Cosmic Ray Telescope“ und bereit für das „First Light“ (siehe Bild 6). Ich schaltete das Computernetzteil an. Der Ventilator begann sich zu drehen, und aus dem 1000V-Netzteil ertönte ein Fiepen, welches auf den Trafo zurückzuführen ist. Der Lautsprecher wurde eingeschaltet, und ein lautes Knistern ertönte. Ich hörte das Produkt Kosmischer Strahlung, welche von der Sonne den Weg zur Erde fand, wo sie mit der Atmosphäre in Wechselwirkung trat und Teilchen produzierte, die dann ihr jähes Ende im Szintillationskristall fanden und schließlich zu einem Signal führten, das als Geräusch aus einem Lautsprecher ertönt.

Nachdem ich den Detektor zwei Tage lang eingeschaltet ließ, und ihn mit einem selbst gebauten Adapter zwischen BNC und Klinke an den Computer anschloss, konnte ich nach zwei Tagen die Messkurven am PC mit dem Programm Radio Sky Pipe betrachten.

Ich konnte aus den Messdaten folgende Ergebnisse ziehen. Sie sind zwar schon bekannt, doch ist es trotzdem interessant, es selber herauszufinden. Die Menge und Intensität der Kosmischen Strahlung steigt ab Sonnenaufgang rapide an, und sinkt bei Sonnenuntergang steil ab. In der Nacht kann man sehr, sehr selten (bei nachfolgenden Nachtbeobachtungen wiederholte sich ein solches Ereignis nur zweimal, und es ist nicht sicher, ob es nicht ein Messfehler ist), ein kurzzeitiges, extrem energiereiches Event feststellen, welches das Produkt eines kosmischen Strahlungsteilchens sein könnte, welches eine sehr weite Reise auf sich genommen hat.

Und zu guter Letzt noch ein Satz zu dem Nachbau dieses Gerätes (falls einer von den Lesern nun Interesse hat, ein solches Gerät nachzubauen). Szintillationsdetektoren sind sehr teuer und auf dem normalen Markt eigentlich nicht zu finden. Aus diesem Grund kann man den Szintillationskristall durch einen innen verspiegelten Wassertank (z. B. Thermoskanne) ersetzen, in die man einen Photomultiplier hineinsteckt. Photomultiplier kann man bei Ebay für einige Euros ersteigern. Den Rest des Versuchsaufbaus kann man übernehmen. Außerdem möchte ich den Lesern raten, sich nicht ohne einen Fachkundigen in Hochspannungstechnik an dieses Projekt zu wagen!

Doch wie sehen nun meine Zukunftspläne aus?

Wahrscheinlich werde ich noch einen zweiten solchen Detektor bauen, welchen ich mit einer Koinzidenzschaltung mit dem ersten verbinden werde, um Messfehler auszuschließen und die Winkelverteilung der Strahlung zu erforschen. Auch würde ich meinen Szintillationsdetektor gerne mit einem Multi-Channel-Analyzer (MCA, eine Art Spektralanalysator) verbinden, um ein Energiespektrum zu erhalten. Dies habe ich bereits mit einem uralten MCA versucht, doch verursachte dieser einen Kurzschluss, so dass ein Kondensator in diesem explodierte und die Sicherungen in meiner Wohnung herausflogen. Ein moderner mit dem Computer zu verbindender MCA wäre ein Traum, doch er ist so teuer, dass ich mir einen solchen nicht leisten kann. Außerdem planen Peter und ich auf dem Gelände der Radiosternwarte einen unterirdischen Wassertankdetektor zu errichten, um noch mehr Messergebnisse zu erzielen.

Ich hoffe, dieser Beitrag hat gezeigt, dass die Messung Kosmischer Strahlung nicht nur Profis vorbehalten ist. Ich bedanke mich bei Peter Wright, ohne den dieses Projekt nie möglich geworden wäre und der auch noch immer „ruhig Blut“ bewahrte, nachdem ich seinen vierten Hartmetallbohrer zerbrach, indem ich schräg gebohrt habe. DANKE!

Buchtipp:

Thomas Rapp: „Experimente mit selbstgebaute Geigerzählern, Funkenkammern und Nebelkammern“, ISBN 978-3-7723-5377-2

