



Abbildung 1 Polarlichter über Island, Stéphane Vetter - Nuitsacrées

Kosmische Strahlung

Gefahr aus dem All?

Wir sehen sie nicht, wir fühlen sie nicht, wir nehmen sie auf keine Weise wahr und doch umgibt sie uns – die kosmische Strahlung. Sie verursacht Stromausfälle bei Sonneneruptionen, erzeugt aber auch atemberaubende Polarlichter (**Abb. 1**). Nun sind wir also nicht nur der irdischen Strahlung ausgesetzt, sondern auch einer scheinbar quellenlosen Strahlung aus dem Himmel. Ist sie möglicherweise ebenso gefährlich wie radioaktive Strahlung?

Text Sunny Laddha, GIBS, Graz

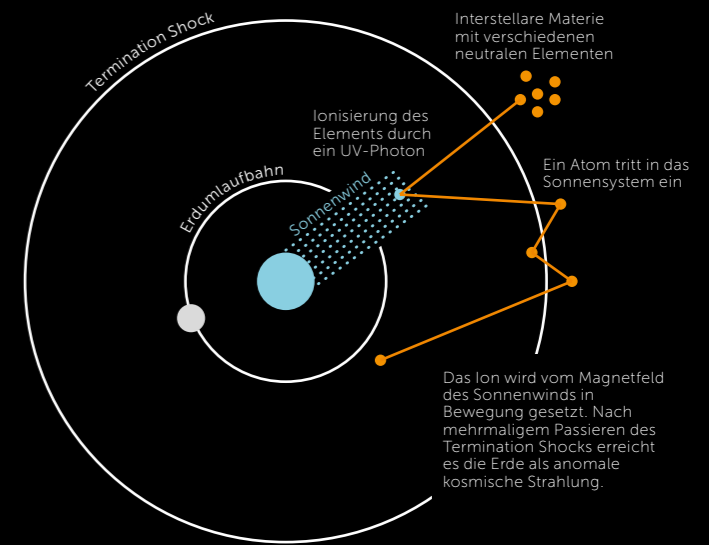


Abbildung 2
Wie anomale kosmische Strahlung entsteht
(nicht maßstabsgetreu), Schlaepfer

Außer mächtigen Himmelskörpern und beeindruckenden Galaxien birgt der Kosmos auch viele Gefahrenquellen, die das Leben bedrohen. Neben riesigen Gebilden, die man im All vorfindet, wie etwa Schwarze Löcher oder Supernovae, ist die potenziell gefährliche kosmische Strahlung vielen Menschen nicht bekannt. Speziell in einer von Technologie abhängigen Gesellschaft könnten von der Strahlung gefährdete Satelliten ein Problem darstellen. Viel wichtiger ist aber die Sicherheit der Menschen, sowohl auf der Erde als auch bei zukünftigen Reisen zu anderen Planeten. Kosmische Strahlen zu untersuchen, erlaubt uns nicht nur, uns besser vor ihnen zu schützen, wir lernen auch mehr über ihre Eigenschaften und Herkunft.

WAS IST KOSMISCHE STRAHLUNG?

Genau genommen sprechen wir hier nicht von Strahlung, sondern von energiereichen, geladenen Teilchen, die durch Magnetfelder stellarer Objekte auf **relativistische Geschwindigkeiten** beschleunigt werden. Der Begriff „kosmische Strahlung“ wurde 1925 vom Physiker Robert Millikan kreiert, welcher der Ansicht war, dass kosmische Strahlen hochenergetische Photonen waren, also Teil des elektromagnetischen

Relativistische Geschwindigkeit

Extrem hohe Geschwindigkeit, bei der Effekte wie Längenkontraktion und Zeitdilatation bemerkbar werden. Das bedeutet, je näher sich ein Objekt der Lichtgeschwindigkeit nähert, desto kürzer wird es in der Richtung der Bewegung und desto langsamer vergeht die Zeit für das Objekt.

Spektrums. Wie sich aber später herausstellte, waren die fraglichen Strahlen eigentlich geladene Teilchen. Dies wurde 1929 von mehreren Wissenschaftlern wie D. V. Skobelzyn, W. Bothe und W. Kolhörster mithilfe von Experimenten (mit einer Nebelkammer) bestätigt. Die größte Teilchengruppe der kosmischen Strahlung, etwa 99%, besteht aus Atomkernen und nur 1% aus hochbeschleunigten Elektronen. Von den positiv geladenen Atomkernen sind ungefähr 89% einfache Protonen. Heliumkerne, auch Alpha-Teilchen genannt, machen etwa 10% aus, und der Rest besteht aus Kernen höherer Elemente. Durch die extreme Beschleunigung erlangen die Teilchen immense Energien, welche die Teilchenbeschleuniger auf der Erde weit in den Schatten stellen. In der Teilchenphysik wird Energie und Masse meistens mit einer Einheit gemessen – dem **Elektronenvolt (eV)**. Die typische Energie-Spanne von kosmischen Strahlen reicht von 10^6 eV bis zu 10^{20} eV [1]. Um sich das bildlich vorstellen zu können, nehme man den Paintballsport. Hierbei wird mit Gelatinekugeln gefeuert, die über drei Gramm wiegen und Geschwindigkeiten von bis zu 320 km/h erreichen können. Selbst da erreicht ihre kinetische Energie nicht den Wert von 10^{20} eV [2]. Treffer solcher Art sind besonders schmerzhaft und hinterlassen auf dem

Elektronenvolt

Die Energie, die ein Elektron erlangt, wenn es durch eine Potentialdifferenz von 1 Volt bewegt wird. Die Potentialdifferenz zwischen zwei Punkten beschreibt die Arbeit, die verrichtet werden muss, um eine Ladung zwischen diesen Punkten zu bewegen. $1 \text{ eV} = \text{ca. } 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J (Joule)}$ [20].



Abbildung 3

Der Krebsnebel, Überreste einer Supernova, NASA/ESA/ASU/J, Hester

ungeschützten Körper Blutergüsse. Dass ein Teilchen, welches man nicht einmal sehen kann, solch eine Energie besitzt, ist schwer vorzustellen. Durchschnittlich beträgt die Energie der meisten Teilchen allerdings zwischen 10^8 und 10^{10} eV [1].

UNTERTEILUNGEN DER KOSMISCHEN STRAHLUNG

Der Überbegriff kosmische Strahlung wird normalerweise in verschiedene Untertypen geteilt, die vom Ausgangsort der Teilchen abhängen. So werden Teilchen, die von der Sonne kommen, Solarstrahlung genannt und decken normalerweise den unteren Bereich des Energiespektrums ab ($<10^8$ eV). Sie werden durch das Magnetfeld des Sonnenwinds beschleunigt. Die Energie der Teilchen nimmt während der Sonneneruptionen um ein Vielfaches zu [1]. Eine weitere Teilchengruppe, die in unserem Sonnensystem entsteht, ist anomale kosmische Strahlung, entdeckt in den 1970er Jahren mithilfe von Satelliten. Sie wurde anomal genannt, weil die Zusammensetzung der Elemente und ihre Verteilung zuvor nie gemessen wurden. Sie besteht aus Teilchen, die durch den Sonnenwind ionisiert (die Elektronen werden vom Kern entfernt) und folglich vom Magnetfeld in Bewegung gesetzt werden. Sie werden bis zum sogenannten „**Termination Shock**“ getragen, welchen sie mehrmals passieren und dadurch beschleunigt werden. Schließlich gelangen die Teilchen wieder ins Sonnensystem mit einem Energiebereich zwischen dem der Solarstrahlung und galaktischer Strahlung [3, **Abb. 2**]. Letztere bezieht sich auf Teilchen, die von

Termination Shock

Bereich im Sonnensystem, in dem der Sonnenwind von Überschallgeschwindigkeit auf Unterschallgeschwindigkeit gebremst wird. Das Magnetfeld getragen durch den Sonnenwind ist hier stärker und wird „verdreh“ [21].

Quellen außerhalb des Sonnensystems zu uns gelangen. Diese werden durch energiereichere Ereignisse, wie etwa Supernova-Explosionen, beschleunigt. Ihr Energiebereich liegt meistens über 10^9 eV und kann bis zu 10^{20} eV erreichen [1]. Kosmische Strahlung von jeglicher Quelle ist primäre Strahlung [4]. Im Vakuum des Alls können Teilchen meistens ungehindert beschleunigen, da nur wenig Materie zum Kollidieren vorhanden ist. Die Atmosphäre der Erde ist jedoch gefüllt mit Gasen von Elementen wie Sauerstoff und Stickstoff. Durch Wechselwirkungen mit Elementen der Atmosphäre entstehen aus den Teilchen der primären Strahlung viele kleinere Teilchen mit sehr viel geringeren Energien, die daher sekundäre Strahlung genannt werden. Zur sekundären Strahlung zählen unter anderem **Mesonen**, Elektronen, **Positronen und Myonen**. Auch Gammastrahlung entsteht durch die Wechselwirkung der vielen Teilchen [5“].

URSPRUNG

Wie kosmische Strahlen entstehen, ist noch nicht ganz klar, jedoch gibt es dazu verschiedene Hypothesen. Einerseits gibt es die Möglichkeit, dass kosmische Strahlen ursprünglich supermassive Teilchen waren, die wahrscheinlich beim Urknall entstanden sind und später in kleinere Teile, welche wir kosmische Strahlen nennen, zerfielen. Andererseits könnte es sich bei kosmischen Strahlen um gewöhnliche Teilchen handeln, die durch diverse Beschleunigungsmechanismen ihre Energie erlangen. Das heißt also, dass zum Beispiel

Meson, Positron, Myon

Subatomare Teilchen; das Positron ist das Antiteilchen des Elektrons.

DIE ENTDECKUNG DER KOSMISCHEN STRAHLUNG ÖFFNETE DER ASTRONOMIE UND ASTROPHYSIK EIN NEUES FENSTER.

gewöhnliche Wasserstoffkerne durch ihre positive Ladung von Magnetfeldern der stellaren Objekte in Bewegung gesetzt werden und über längere Zeit fast auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden könnten. Die resultierenden, hochenergetischen Teilchen definieren wir als kosmische (Teilchen-)Strahlung.

Als Beschleunigungsmechanismen wurden **Supernova-Schockfronten (Abb. 3)**, Schwarze Löcher, **Pulsare** und aktive Galaxienkerne vorgeschlagen [6]. Wie genau diese Mechanismen funktionieren, gilt es noch zu erforschen. Weil kosmische Strahlen geladene Teilchen sind und daher mit Magnetfeldern wechselwirken, erreichen sie uns von ihrem Ursprung im All nicht in einer geraden Linie. Daher ist es prinzipiell nicht möglich, ihre exakte Herkunft zu bestimmen. Jedoch wurden mögliche Quellen, wie zum Beispiel Supernova-Explosionen, durch indirekte Beobachtungen entdeckt. Indirekt bedeutet in diesem Fall, dass nicht die kosmische Strahlung selbst analysiert wird, sondern die elektromagnetische Strahlung, die sie durch Interaktion mit der **interstellaren Materie** produziert [7]. Elektromagnetische Strahlung besteht aus Photonen, die ihren Weg gerade zurücklegen, da sie keine Ladungsträger sind. Das ermöglicht es uns, den Ursprung dieser Wechselwirkung zu finden.

GESCHICHTE UND ERFORSCHUNG

Nachdem Antoine Becquerel Ende des 19. Jahrhunderts die Radioaktivität entdeckte hatte, folgte die Entwicklung von entsprechenden Messgeräten. Als diese Geräte dann Strahlung registrierten, wo keine sein sollte, nahm

Supernova-Schockfronten

Eine Supernova ist die Explosion eines massereichen Sterns, der seinen Brennstoff aufgebraucht hat und unter seiner eigenen Schwerkraft zusammenfällt. Am dichten Kern prallen die äußeren Schichten explosionsartig ab. Die entstehende Druckwelle treibt die Schockfront voran [22].

Interstellare Materie

Gase und Staub, die sich zwischen Sternen befinden, nennt man interstellare Materie. So wird Materie zwischen Planeten auch interplanetare Materie genannt.



Abbildung 4

Viktor Hess bei einer Ballonfahrt, Victor F. Hess Society, Schloss Poellau/Austria

man an, sie komme vom Himmel. Der österreichische Physiker Victor Franz Hess bestätigte 1912 nach mehreren Ballonflügen, dass die mysteriöse Strahlung vom Himmel, genauer gesagt aus dem Weltall stammt (**Abb. 4**). Für seine Forschung wurde er 1936 mit dem Nobelpreis geehrt [1]. Die Entdeckung der kosmischen Strahlung öffnete der Astronomie und Astrophysik ein neues Fenster. Früher hatte man das Weltall nur mit Teleskopen im elektromagnetischen Spektrum betrachtet. Nun gab es auch noch Teilchen aus unbekanntenen Regionen, die Informationen über die Elementverteilung an ihrem Ursprungsort lieferten. Es wurden verschiedene Instrumente entwickelt, um unterschiedlichste Eigenschaften zu analysieren. Um die primäre kosmische Strahlung zu untersuchen, müssen Messinstrumente an Bord von Satelliten angebracht werden, da auf der Erde

Pulsare

Nach einer Supernova eines Sternes verwandelt sich der Kern in einen Neutronenstern, ein extrem dichtes und schnell rotierendes Objekt, welches aus Neutronen besteht. An den magnetischen Polen verlässt elektromagnetische Strahlung den Neutronenstern in Form von Jets. Stimmen die magnetischen Pole nicht mit der Rotationsachse überein, bewegen sich die Jets mit hoher Geschwindigkeit um den Stern herum und sind als rhythmische Lichtimpulse beobachtbar [23].

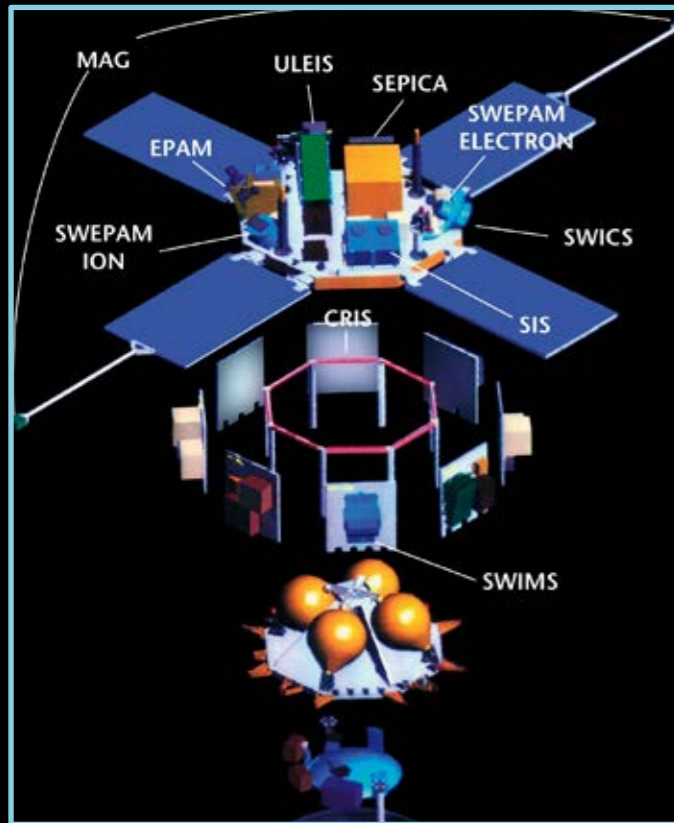


Abbildung 5
„CRIS“ an Bord des Satelliten „ACE“

nur die sekundäre Strahlung eintrifft. Der „CRIS“ (Cosmic Ray Isotope Spectrometer) ist so ein Messgerät an Bord eines Satelliten [8, Abb. 5]. Auf der Erde gibt es spezielle Instrumente, welche die sekundäre Strahlung messen. Neutronenmonitore sind dafür ein Beispiel, aber auch Nebelkammern, in denen sekundäre Teilchen in Form von feinen Wolken sichtbar werden [3]. Wie das genau funktioniert, wird später beim Experiment beschrieben. Die Nebelkammer wurde 1894 von Charles Wilson, der die Wolkenentstehung erforschen wollte, entwickelt. Seine Forschung deutete darauf hin, dass Ionen als **Aerosole** dienen könnten [9]. Folglich könnte ionisierende Strahlung, wie die kosmische, Wolkenbildung und dadurch womöglich das Erdklima beeinflussen. Um diese Hypothesen zu überprüfen, wurde am CERN 2006 das „CLOUD“ Experiment ausgeführt. Dabei wurden in einer Nebelkammer atmosphärische Bedingungen simuliert und mit einem Teilchenbeschleuniger bestrahlt [10]. Das

Aerosole

Aerosole sind in der Luft verteilte flüssige oder feste, feine Teilchen. Diese können natürlich sein, wie etwa organische Moleküle von Pflanzen, oder auch durch Verbrennung künstlich entstandene Rußpartikel. An Aerosolen kann Wasserdampf zu Tröpfchen kondensieren, wodurch Wolken entstehen [24].

Resultat zeigte, dass ionisierende Strahlung tatsächlich die Wolkenbildung beeinflusst, indem sie Aerosolbildung unterstützt [11]. Als es noch keine Teilchenbeschleuniger gab, wurden viele subatomare Teilchen (z.B. das Myon) durch die Erforschung kosmischer Strahlung entdeckt [12].

POTENZIELLE GEFAHR – FÜR WEN?

Die Folgen radioaktiver, ionisierender Strahlung sind vielen Menschen bereits bekannt. Durch die Bildung freier Radikale steigt das Risiko einer Krebserkrankung. Wenn wir nun unaufhörlich und aus allen Richtungen von sehr energiereichen Teilchen bombardiert werden, müsste das doch Auswirkungen auf die Gesundheit haben? Dass die kosmische Strahlung mit der Höhe intensiver wird, ist schon seit ihrer Entdeckung bekannt. In Denver (Höhe: 1600m) in den USA ist die Bevölkerung doppelt so viel Strahlung ausgesetzt wie Menschen, die auf Seehöhe leben. Da es in den USA viele Menschen gibt, die in höheren Gebieten leben, aber auch viele, die auf Seehöhe wohnen, konnten ihre medizinischen Daten verglichen werden. Der Vergleich zeigte, dass Menschen in höheren Gegenden eine höhere Lebenserwartung haben. Dies würde bedeuten, dass kosmische Strahlung auf der Erde offenbar kein Gesundheitsrisiko darstellt und die Lebenserwartung eher von anderen Faktoren abhängt [13]. Wie bereits erklärt, kommt auf der Erdoberfläche nur die Sekundärstrahlung an, welche sehr viel schwächer als die Primärstrahlung ist. Der Grund dafür ist ein mehrteiliges Schutzsystem der Erde. Der schwächere Teil der Primärstrahlung wird nämlich vom Magnetfeld der Erde abgeschirmt, da es sich um geladene Teilchen handelt, welche mit Magnetfeldern interagieren. Der stärkere Teil zerfällt in der Atmosphäre

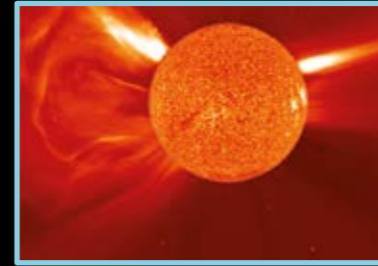


Abbildung 6
Eine Sonneneruption – Die hellen Schweife sind ausgestoßenes Plasma, NASA/ESA

durch Kollisionen mit anderen Teilchen. Nahe den magnetischen Polen, wo das Magnetfeld durch die Erde verläuft, erreichen aber auch die zahlreichen schwächeren Teilchen die Atmosphäre. Die Wechselwirkung mit den atmosphärischen Gasen erzeugt dann Polarlichter [14, Abb. 1]. Kosmische Strahlung gab es schon, bevor die Erde oder das Leben auf ihr entstanden sind. Deswegen sollten Lebewesen biologische Mechanismen entwickelt haben, die jeglichem Schaden der Sekundärstrahlung entgegenwirken [3]. Auf der Erde ist kosmische Strahlung also offenbar nicht gefährlich. Möchte man aber die Erde verlassen, zum Beispiel, um auf den Mond zu fliegen, steigt die Gefahr beträchtlich. Des Weiteren hängt die Auswirkung der Strahlung auf die Gesundheit von vielen Faktoren ab (z.B. Art der Strahlung, Aufnahmefähigkeit der Organe etc.) Um einen Vergleich zu ermöglichen, kann man 0,35 **Milligray** an aufgenommener Strahlung pro Jahr von einer Person, die ungefähr auf Seehöhe lebt, als Durchschnittswert annehmen [15]. In der Erdumlaufbahn außerhalb der Atmosphäre, wo sich die ISS befindet, ist die kosmische Strahlung mit etwa 54,75 Milligray pro Jahr um einiges stärker [3]. Bewegt man sich außerhalb des Magnetfeldes der Erde, ist der einzige Schutz die Hülle des Raumschiffes. So haben etwa manche Astronauten der Apollo-Missionen berichtet, Blitze während der Flüge gesehen zu haben. Diese wurden vermutlich durch das Eintreffen von kosmischen Strahlen in den Augen verursacht. Wollte man zum Mars fliegen, wäre man für eine viel längere Zeit der kosmischen Strahlung ausgesetzt. Um deren Auswirkungen auf den menschlichen Organismus zu verstehen, forscht das „NASA Space Radiation Laboratory“ in Brookhaven (USA) seit 2003 mit Hilfe von Teilchenbeschleunigern

Milligray

1000 Milligray = 1 Gray (Gy, Energiedosis). Gray ist eine Einheit, die misst, wieviel Energie (Strahlungsenergie) eine Materie absorbiert. Dabei gilt: Ein Gray ist ein Joule absorbiertes Energie pro Kilogramm der Materie: $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$. Um die biologischen Auswirkungen verschiedener Strahlungen (z.B. Alpha-, Beta-, Röntgen-Strahlung etc.) zu berücksichtigen, gibt es einen Gewichtungsfaktor. Multipliziert man die Energiedosis mit dem Strahlungsgewichtungsfaktor, erhält man die Äquivalentdosis gemessen in Sievert (Sv), welche Absorption und Wirksamkeit vereint. [3]

an Zell-Präparaten [16]. Nicht nur für Astronauten und Astronautinnen ist kosmische Strahlung gefährlich. Auch für technische Geräte im Weltraum sowie auf der Erde sind unkontrollierte geladene Teilchen ein Störfaktor. Schaltkreise und Computerchips, die durch elektrische Ladungen kommunizieren, sind gegen Kollisionen mit kosmischen Strahlen sensibel und könnten Fehlsignale produzieren oder gar zusammenbrechen [17]. Ähnliches ist nach großen Sonneneruptionen zu beobachten. Bei einer Sonneneruption wird eine enorme Menge an geladenen Teilchen ausgestoßen (Abb. 6). Treffen diese auf die Erde, interagieren sie mit dem Magnetfeld des Planeten. Durch diese Wechselwirkungen überladen sich Hochspannungsnetze auf der Erde und fallen dadurch aus. In einfachen Worten ausgedrückt, ist es das gleiche Prinzip wie in einem Stromgenerator. Wird ein elektrischer Leiter einem variierenden Magnetfeld ausgesetzt, wird Strom induziert. Die Hochspannungsleitungen sind hierbei die Leiter, die dem interagierenden Magnetfeld der Erde ausgesetzt sind, jedoch wird zu viel Strom induziert, der die Leitungen überlädt [18].

Literatur

- [1] Simmons, A & Hoffman, DL (2007). TMTisFree. <http://88.167.97.19/albums/files/TMTisFree/Documents/Climate/Books> [Dezember 2014].
- [2] TNT Paintball. The Physics. <http://tntpaintball.com> [Dezember 2014].
- [3] Schlaepfer, H. (2003). Spatium. International Space Science Institute http://www.issibern.ch/PDF-Files/Spatium_11.pdf / [Dezember 2014].
- [4] Cornell University. (2012). Cloud chambers and cosmic rays. <http://www.lepp.cornell.edu/Education/rsr/LEPP/Education/Lessons/cloudchamber.pdf> [Dezember 2014].
- [5] Kliever, S. (2013). The cosmic ray experiment. http://cosmic.lbl.gov/SKliever/Cosmic_Rays/Atmosphere.htm [Dezember 2014].
- [6] Kliever, S. (2013). The Cosmic ray experiment. <http://cosmic.lbl.gov/>

SKliewer/Cosmic_Rays/Primary.htm [Dezember 2014].

[7] Mewaldt, RA. (1996). Paleoclimate Readings. http://courses.washington.edu/proxies/Mewaldt-Cosmic_Rays-Encyc96.pdf [Dezember 2014].

[8] California Institute of Technology; NASA. (2007). CRIS: The Cosmic Ray Isotope Spectrometer. http://www.srl.caltech.edu/ACE/CRIS_SIS/cris.html [Dezember 2014].

[9] The Cavendish Laboratory. (2002). Cambridge Physics. University of Cambridge. http://www-outreach.phy.cam.ac.uk/camphy/cloudchamber/cloudchamber_index.htm [Dezember 2014].

[10] CERN. (2014). CERN experiments. <http://home.web.cern.ch/about/experiments/cloud> [Dezember 2014].

[11] Noyes, D. (2014). CERN experiment sheds new light on cloud formation. <http://home.web.cern.ch/about/updates/2014/05/cern-experiment-sheds-new-light-cloud-formation>. [Dezember 2014].

[12] Wikipedia. (2014). Timeline of particle discoveries. http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_particle_discoveries [Dezember 2014].

[13] Shea, MA & Smart, DF. (2000). Cosmic ray implications for human health. Hrsg.: JW Bieber, E Eroshenko, P Evenson, EO Flückiger, R Kallenbach. Cosmic rays and earth. S. 187-205 <https://books.google.at/books?id=H^DIXafSCqFwC&printsec=frontcover&dq=cosmic+rays+and+earth#v=onepage&q=cosmic%20rays%20and%20earth&f=false> [Dezember 2014].

[14] Wikipedia. Polarlicht. <http://de.wikipedia.org/wiki/Polarlicht>. [Dezember 2014].

[15] Miller, V. (2012). Natural and medical radiation dosages. <http://large.stanford.edu/courses/2012/ph241/miller2/> [Dezember 2014].

[16] Netting, R. (2011). Can people go to Mars? NASA Science News. <http://science1.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2004/17feb-radiation/> [Dezember 2014].

[17] BBC. (2008) Intel plans to tackle cosmic ray threat.. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/7335322.stm>. [Januar 2014].

[18] Das, SR. (2012) Short-circuiting civilization: predicting the disruptive potential of a solar storm Is more art than science. Scientific American <http://www.scientificamerican.com/article/short-circuiting-civilization/> [Dezember 2014].

[19] Foland, A. (1998). How to build a cloud chamber. Cornell University <http://www.lns.cornell.edu/~adf4/cloud.html> [Dezember 2014].

[20] Dyakonov, V. (o.D.). Experimental Physics VI. <http://www.physik.uni-wuerzburg.de/EP6/jobs.html>. [Dezember 2014].

[21] NASA. (2014). IBEX. http://ibex.swri.edu/students/What_is_the_termination.shtml [Dezember 2014].

[22] Dove, LL. (2011). How a supernova works. HowStuffWorks. <http://science.howstuffworks.com/supernova.htm> [Dezember 2014].

[23] Schombert, J. (2004). Pulsar. Astronomy/Physics Glossary. <http://abyss.uoregon.edu/~js/glossary/pulsar.html> [Dezember 2014].

[24] Watts, A. (2009). Cosmic ray flux and neutron monitors suggest we may not have hit solar minimum yet. WUWT. <http://wattsupwiththat.com/2009/03/15/cosmic-ray-flux-and-neutron-monitors-suggest-we-may-not-have-hit-solar-minimum-yet/> [Januar 2014].

Abbildungsquellen [Dezember 2014]
 Sonneneruption:
<http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/SolarCorona/combo001.html>
<http://sohowww.nascom.nasa.gov/data/summary/copyright.html>
 Supernova:
http://www.nasa.gov/mission_pages/GLAST/news/crab-nebula-surprise.html
 CRIS Instrument:
<http://www.srl.caltech.edu/ACE/Gallery/gallery.html>
 Polarlichter:
<http://www.starobserver.org/ap110517.html> | <http://www.nuitsacrees.fr/>

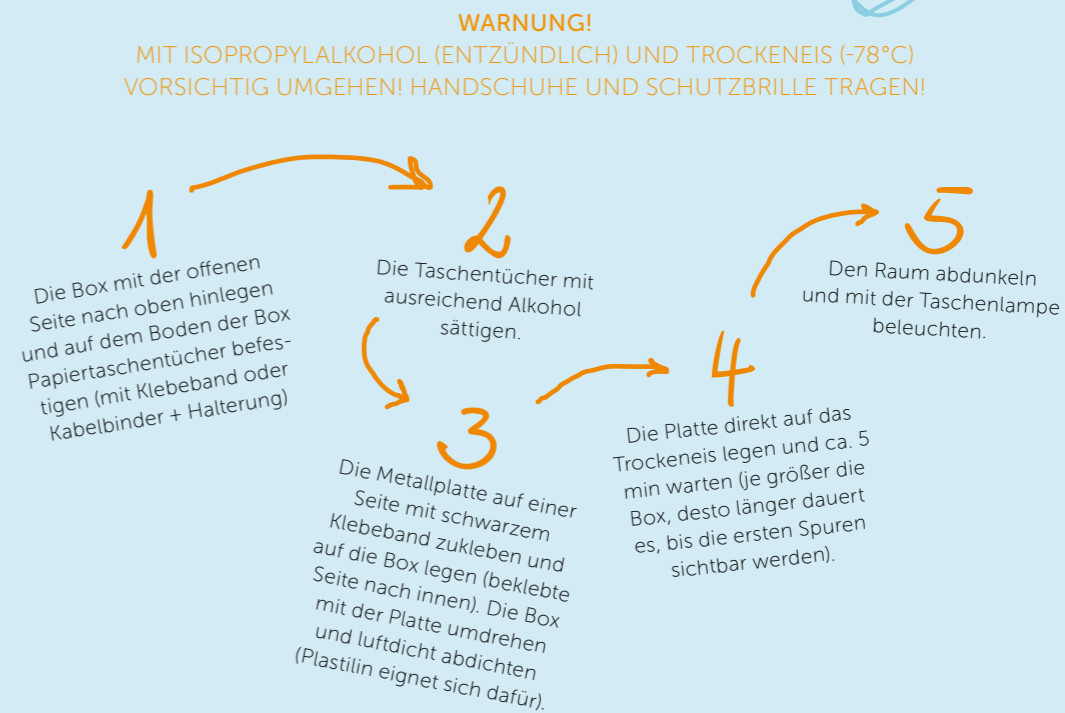
VERSUCH

SO KANN MAN KOSMISCHE STRAHLUNG SEHEN

Um die sekundäre Strahlung sichtbar zu machen, bedarf es einer sogenannten Nebelkammer. Sie basiert auf einem einfachen Prinzip. Wird ein mit Dampf gesättigter Raum plötzlich gekühlt, kann der Dampf auf Aerosolen kondensieren. Eine Nebelkammer kann mit wenigen Materialien zuhause gebaut werden [19].

NOTWENDIGE MATERIALIEN

1. Eine klare Plastikbox mit einer offenen Seite
2. Eine dünne Metallplatte (groß genug, um die offene Seite der Box zu schließen)
3. Dichtungsmaterial (schwarzes Klebeband und eventuell Plastilin)
4. Papiertaschentücher
5. Eine starke Taschenlampe
6. Isopropylalkohol (min. 95%)
7. Trockeneis (gefrorenes CO₂)



- 1 Plastikbox auf der Metallplatte
- 2 Mit Alkohol gesättigte Taschentücher
- 3 Abdichtung (Plastilin)
- 4 Oberseite der Metallplatte mit schwarzem Klebeband abgeklebt (verbessert die Sicht)
- 5 Trockeneis-Blöcke (direkter Kontakt zum Metall)
- 6 Starke Taschenlampe
- 7 Unterlage (z.B. Styropor)

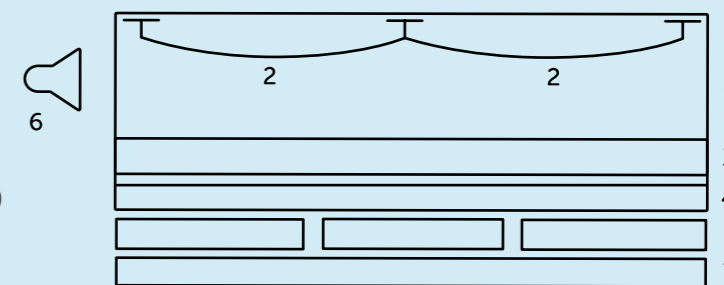


Abbildung 7
 Aufbau der Nebelkammer

Nach einiger Zeit kühlt das Metall die Luft im unteren Bereich der Kammer, wobei der obere Bereich wärmer bleibt und den Alkohol verdunsten lässt. Nahe dem Boden kondensiert der Alkoholdampf zu feinen Tröpfchen und bildet einen Dunst. Schnell nun ein Myon oder ein anderes Teilchen (sekundäre Strahlung) durch die Kammer, ionisiert es einige Atome entlang einer Linie. Auf den Ionen kondensieren dann die Alkoholtröpfchen und bilden eine feine Nebelspur.

TIPP

Es dauert einige Minuten, bis die Metallplatte ausreichend gekühlt ist und die Nebelspuren sichtbar werden. Sollte der Dunst sich nicht bilden, könnte die Kammer undicht sein oder der Alkohol verdunstet nicht richtig. Die Abdichtung überprüfen und zusätzlich mit einer Hand die Box von oben erwärmen.

Wichtig: Die Platte muss direkten Kontakt mit dem Trockeneis haben. Hier ist eine feine Nebelspur sichtbar (orange umkreist). Kleinere Nebelspuren treten häufiger auf als große, sind aber auch nicht so einfach zu entdecken.



Abbildung 8
 Sichtung einer Nebelspur

Also gut beobachten und evtl. filmen. Die Häufigkeit einer Sichtung hängt auch von der Größe der Kammer ab.