

Was ist kosmische Strahlung?

Autor(en): **Weinzierl, Peter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik**

Band (Jahr): **6 (1951)**

Heft 4

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-653752>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Was ist kosmische Strahlung?

Von Dr. Peter Weinzierl

DK 537.591

In steigendem Maße beschäftigt sich die physikalische Fachwelt in den letzten Jahren mit den Problemen der kosmischen Strahlung. Das außerordentliche Interesse, das man diesen Untersuchungen derzeit entgegenbringt, hat mehrere Gründe. Vor allem wissen wir heute, daß die Energien, die die Höhenstrahlungspartikel besitzen, wenn sie in die Erdatmosphäre eindringen, um viele Größenordnungen die höchsten Teilchenenergien übertreffen, die die größten in Verwendung stehenden Beschleunigungsapparaturen (Zyklotrons, Synchotrons, Betatrons) zu liefern vermögen. Demzufolge gibt die Wechselwirkung dieser Strahlung mit der Atmosphäre zu Kernprozessen Anlaß, deren Beobachtung uns sonst nicht möglich ist, und die gerade wegen der enormen Energie der Geschosse und der oft weitgehenden Auflösung des getroffenen Kerns geeignet ist, unsere Kenntnis der den Kernzusammenhang erhaltenden Kräfte zu vertiefen. Und dies ist ja gerade das zentrale Problem aller kernphysikalischen Forschung. Auf der anderen Seite kann man erwarten, daß sich unser Wissen über die physikalischen Vorgänge im Kosmos wesentlich erweitern wird, sobald es gelingt, die Entstehung der kosmischen Strahlung zu ver-

stehen. Denn erst dann werden wir imstande sein, durch Analyse der aus dem Weltraum kommenden Strahlung auf kosmische Vorgänge zurückzuschließen. Man erinnere sich etwa, wie ungeheuer fruchtbar sich die Analyse der Spektren in dem Augenblick für unsere Kenntnis des Atombaus erwies, als durch das Bohrsche

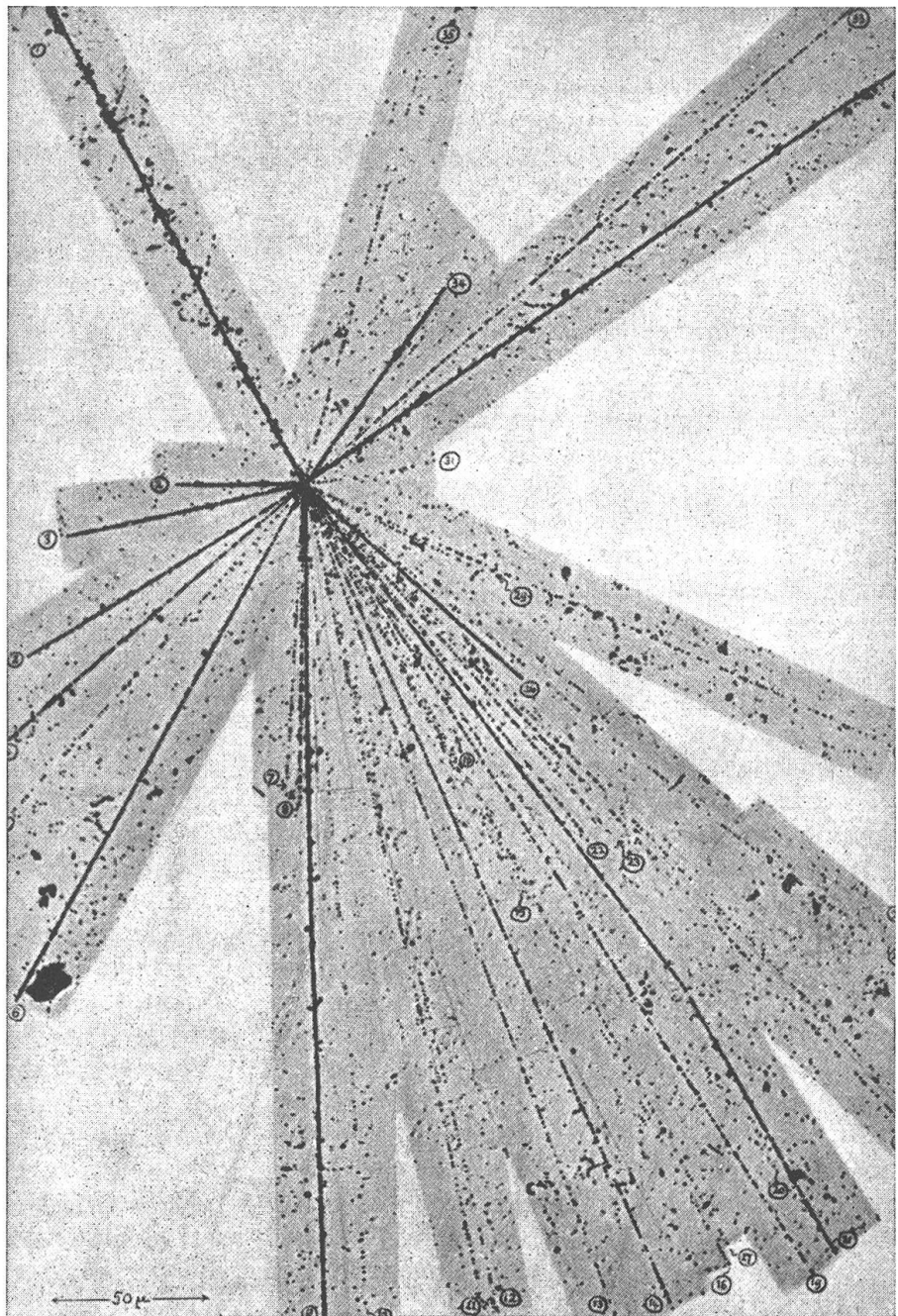


Abb. 1. Kernexplosion in der photographischen Schicht, hervorgerufen durch einen schweren Atomkern der primären kosmischen Strahlung (im Bild von links oben kommend)

Atommodell die geeignete Basis für das Verständnis der Lichtemission geschaffen war.

Die Entdeckung der kosmischen Strahlung durch den österreichischen Physiker V i k t o r H e s s im Jahre 1912 zeigt deutlich, wie ein neuer physikalischer Tatbestand scheinbar beschränkter Bedeutung durch seine richtige Interpretation zu einer Erkenntnis größter Tragweite führen kann. Daß die Luft eine gewisse elektrische Leitfähigkeit besitzt, kann leicht nachgewiesen werden: Bringt man in eine luftgefüllte Kammer einen sehr gut isolierten elektrisch aufgeladenen Körper, so verliert dieser langsam seine Ladung: er entlädt sich durch die Luft. Man wußte schon seit der Entdeckung der Radioaktivität, daß die Strahlung radioaktiver Substanzen die Eigenschaft besitzt, durch Spaltung der Luftmoleküle in elektrisch geladene Ionen und Elektronen die Luft elektrisch leitend zu machen, zu ionisieren. Man führte daher allgemein die Leitfähigkeit der Luft auf spurenweise vorhandene radioaktive Stoffe zurück. Es zeigte sich aber, daß sich deren Strahlung durch dicke Bleiplatten abschirmen läßt, während auch in einer so abgeschirmten Ionisationskammer noch eine gewisse Leitfähigkeit der Luft festzustellen ist. Viktor Hess stellte nun fest, daß diese nicht-abschirmbare Ionisation der Luft bei Ballonaufstiegen mit wachsender Höhe zunimmt. Er zog daraus den Schluß, daß eine der Strahlung radioaktiver Stoffe ähnliche „Höhenstrahlung“ vorhanden sein müsse, welche von außen her in die Atmosphäre eindringt. 1936 wurde Hess für diese Entdeckung mit dem Nobelpreis ausgezeichnet.

Was wissen wir nun heute, fast 40 Jahre nach der Entdeckung Hess', von diesem außerordentlichen Phänomen? Untersuchungen der allerletzten Jahre haben gezeigt, daß die „primäre“ kosmische Strahlung — also jene Strahlung, die wirklich irgendwoher aus dem Weltraum auf unsere Erde gelangt, im Gegensatz zu den S e k u n d ä r s t r a h l u n g e n, die sie in der Atmosphäre auslöst — aus sehr schnellen, elektrisch geladenen Atomkernen besteht. Untersuchungen in großen Höhen zeigten, daß Wasserstoffkerne (Protonen) und ungefähr ebensoviel Kerne der mittelschweren Elemente, etwa von Kohlenstoff bis Eisen, diese Primärstrahlung bilden. Diese Beobachtungen wurden mittels unbemannter Ballone in Höhen um 30.000 m angestellt, da insbesondere die schweren Strahlungsteilchen, noch bevor sie in die dichteren Schichten der Lufthülle eindringen,

bei Zusammenstößen mit Atomkernen der Luft zertrümmert werden. Bekanntlich haben sich ja auch die viel diskutierte „fliegenden Untertassen“ als Spezialballons für derartige Untersuchungen entpuppt. Auch ferngesteuerte Raketengeschosse werden vielfach für diese Beobachtungen verwendet. Während in diesen Raketen ein kleines, automatisch arbeitendes Laboratorium die Registrierung der Höhenstrahlungsphänomene besorgt, ist die Adjustierung der Ballons mit wissenschaftlichem Gerät denkbar einfach: sie besteht im wesentlichen aus einigen Paketen Photoplatten! Durchsetzt nämlich ein schnelles Teilchen, z. B. ein Proton, die photographische Schicht, so hinterläßt es in dieser eine geschwärzte Spur. Es wurden für diesen Zweck Spezialplatten entwickelt, welche eine besonders dicke (0,1 bis 0,4 mm) und bromsilberreiche Schicht tragen. Diese werden der Einwirkung der kosmischen Strahlung durch längere Zeit ausgesetzt und nach dem Entwickeln mikroskopisch untersucht. Die Analyse der dabei in der Schicht sichtbaren Teilchenspuren erlaubt es häufig, aus den charakteristischen Eigenschaften derselben (Dichte der Silberkörner, Reichweite in der Schicht, Abweichung von der Geradlinigkeit durch Streuung des Teilchens usw.) Masse und Energie des erzeugenden Partikels gut abzuschätzen. Schwierigkeiten machen dabei jene schwachen, gerade noch erkennbaren Spuren, die von Teilchen herrühren, deren Geschwindigkeit ganz nahe an die Lichtgeschwindigkeit heranreicht. Hier muß zur Identifizierung der Partikel der Vergleich mit den Ergebnissen anderer Untersuchungsmethoden herangezogen werden.

Bei der Untersuchung derartiger Photoplatten fällt eine Erscheinung besonders auf: die „S t e r n b i l d u n g“. Trifft ein energiereiches Teilchen, z. B. ein primäres Höhenstrahlungspartikel in der Photoschicht auf einen Atomkern, so kommt es zu einer förmlichen E x p l o s i o n des getroffenen Kerns. Die Bruchstücke, meist Protonen und Heliumkerne, werden nach allen Seiten mit großer Energie fortgeschleudert und zeichnen dabei ein eindrucksvolles Bild dieses Elementarereignisses in der Photoemulsion ab. Abb. I zeigt eine solche Aufnahme. Ein schweres Partikel der Primärstrahlung (vermutlich der Kern eines Chloratoms) stößt von links oben kommend, mit einem Brom- oder Silberatom zusammen und verursacht dessen explosionsartigen Zerfall. Neben den wegfliegenden Wasserstoff- und Heliumkernen

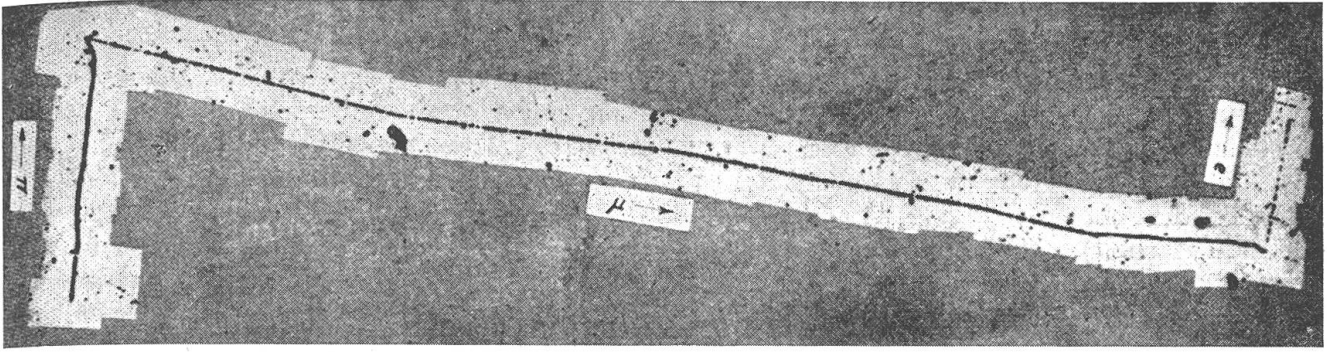


Abb. 2. Der aufeinanderfolgende Zerfall π -Meson — μ -Meson — Elektron, als Spur in der Photoemulsion festgehalten
(Nach C. F. Powell, Cosmic Radiation, Butterworth Scient. Publ., London 1949)

sind — vor allem in der verlängerten Einfallsrichtung des Geschößkerns — eine große Anzahl schwach erkennbarer Spuren zu sehen, die auf Teilchen höchster Geschwindigkeiten hinweisen. Hier handelt es sich zum großen Teil um eine neue Type von Teilchen, die erst in der kosmischen Strahlung entdeckt wurde: die „Mesonen“. Wie viele Arten von Mesonen es gibt, ist noch eine offene Frage. Bei Kernzertrümmerungen der beschriebenen Art werden hauptsächlich Mesonen gebildet, die zirka 300mal so schwer sind wie Elektronen, die sogenannten π -Mesonen. Die negativ geladenen unter ihnen geben meist selbst wieder zu neuen Kernprozessen Anlaß. Die positiven aber zerfallen nach einer mittleren Lebensdauer von nur 10^{-8} sec spontan unter Bildung eines Mesons mit zirka 200 Elektronenmassen, dem μ -Meson. Dieses Teilchen zeichnet sich durch ein ungeheures Durchdringungsvermögen aus und ist hauptsächlich dafür verantwortlich, daß eine Abschirmung der kosmischen Strahlung praktisch unmöglich und ihre Wirkung selbst tief unter der Erdoberfläche noch nachzuweisen ist.

Auch das μ -Meson ist instabil und zerfällt im Mittel nach $2 \cdot 10^{-6}$ sec, wobei ein Elektron gebildet wird. Abb. 2 zeigt den sukzessiven Zerfall eines verhältnismäßig langsamen π -Mesons in ein μ -Meson und schließlich in ein Elektron.

Bei den Kernexplosionen, die die primäre Höhenstrahlung und ihre energiereichen Sekundärteilchen auslösen, werden die Mesonen meist in Garben von 5 bis 10 und mehr Partikeln gleichzeitig gebildet. Diese durchdringenden Teilchen durchsetzen weite Strecken der Atmosphäre und dringen sogar tief in die Erde ein. Zusammen mit wenigen sehr energiereichen Protonen bilden sie die sogenannte „harte“ Komponente der kosmischen Strahlung. Dabei

verstehet man unter „hart“ etwa jenen Teil der Strahlung, der 10 cm Blei zu durchdringen vermag. Die „weiche“ Strahlungskomponente hingegen, also jener Teil, der in einer solchen Bleischicht im wesentlichen absorbiert wird, besteht aus positiven und negativen Elektronen und γ -Strahlung. (γ -Strahlung: elektromagnetische Strahlung, vergleichbar der Röntgenstrahlung, nur wesentlich höherer Energie.) Elektronen- und γ -Strahlung hängen in folgender Weise miteinander zusammen: Wird ein schnelles Elektron durch das Kraftfeld eines Atomkerns abgebremst, so entsteht äquivalent diesem Energieverlust ein γ -Strahlungsquant; im Prinzip genau der gleiche Vorgang wie bei der Erzeugung von Röntgenstrahlen. γ -Strahlung hoher Energie vermag ihrerseits wieder Paare von positiven und negativen Elektronen zu bilden. Dieser Prozeß tritt bei den hohen Energien der kosmischen Strahlungsvorgänge sehr häufig auf und ist der Grund, warum die sonst sehr durchdringende γ -Strahlung ihre Energie so rasch abgibt und daher zur „weichen“ Komponente gerechnet wird. Durch diese wechselseitige Erzeugung von Elektronen und γ -Strahlen vermag ein einziges Elektron oder γ -Quant eine ganze Kaskade von Partikeln auszulösen. Diesem lawinenähnlichen Entstehungsbild entspricht die Tatsache, daß die weiche Strahlungskomponente vorzugsweise als „Schauer“ beobachtet wird, d. h. auf einem beschränkten Raum von wenigen Metern bis mehreren hundert Metern Durchmesser wird praktisch gleichzeitig das Auftreffen vieler Partikel registriert. Ein solcher Höhenstrahlungsschauer umfaßt oft Tausende von Teilchen und ist häufig von einem gleichzeitigen Schauer durchdringender Partikel begleitet. Der Entstehungsmechanismus dieser Erscheinung ist noch in vieler Hinsicht ungeklärt. Wohl vermögen

Mesonen sehr rasche Elektronen aus der Hülle eines Atoms herauszuschlagen, aber diese und die Zerfallselektronen der μ -Mesonen reichen allein nicht aus, um Schauerbildungen zu verstehen, die eine Gesamtenergie bis zu 10^{18} eV repräsentieren (1 Elektronvolt, eV, Energie, die ein Elektron durch ein Volt Spannung erhält). In jüngster Zeit hat die Entdeckung eines neutralen Mesons vielleicht die Möglichkeit einer Erklärung eröffnet. Dieses soll bei Kernzertrümmerungen in etwa gleicher Anzahl wie die geladenen Mesonen erzeugt werden, bleibt aber in der photographischen Schicht unsichtbar, da es nicht ionisiert. Nach einer Lebensdauer, die wegen ihrer enormen Kleinheit noch nicht genau bekannt ist (sie soll um 10^{-15} sec betragen), zerfallen diese neutralen Mesonen unter Bildung von γ -Strahlung. Die äußerst energiereiche γ -Strahlung, die auf diese Weise durch die Kernexplosionen ausgelöst wird, könnte nun der Ausgangspunkt für die Bildung eines solchen ausgedehnten Schauers sein.

Während wir also neben einer Fülle noch offener Probleme doch schon einiges über die primäre kosmische Strahlung und die von ihr ausgelösten Prozesse wissen, kann über ihren Ursprung noch kaum etwas Stichthaltiges gesagt werden. Die höchsten beobachteten

Energien von Einzelpartikeln der kosmischen Strahlung liegen zwischen 10^{13} und 10^{18} eV. Falls die großen Höhenstrahlungschauer letztlich von einem einzigen Partikel ausgelöst werden, muß die Maximalenergie der Strahlung noch um einige Größenordnungen höher liegen. Eine Erklärung durch irgendeinen Kernprozeß bei der Sternentstehung etwa scheint daher sehr schwierig; denn bei dem energiereichsten Prozeß, der uns vorstellbar ist, der völligen Umwandlung eines schweren Atomkerns in Energie, wird höchstens eine Energie von einigen 10^{11} eV frei. Die aussichtsreichste Hypothese scheint nach unserem heutigen Wissen noch zu sein, daß Teilchen, welche z. B. im Verlauf einer Kernreaktion von einem sehr heißen Fixstern fortgeschleudert wurden, im interstellaren Raum durch veränderliche elektromagnetische Felder auf diese hohe Energie beschleunigt werden. Dies ist ja im Prinzip derselbe Vorgang, den wir zur künstlichen Erzeugung von Teilchen hoher Energie benutzen.

So müssen wir denn zugeben, daß wir bei aller Intensität der Forschung und der Fülle des zustande gebrachten Materials wohl noch ganz am Anfang des Verständnisses einer Erscheinung stehen, die uns — ähnlich dem Licht — mit den fernsten Räumen des Alls verbindet.

Ein Mörtel, der bei Kälte hart wird

DK 666.93: 691.53

Seit Jahrtausenden verwenden die Menschen Kalkmörtel zum Mauern und Verputzen von Außen- und Innenwänden.

Der Mörtel — ein Gemisch aus gelöschtem Kalk (einem Hydrat des Kalziumoxyds), Sand und Wasser — wird, wenn man ihn in einer dünnen Schicht auf eine Wand aufträgt, allmählich hart. Das kommt daher, daß das Wasser allmählich verdunstet, während sich das Hydrat des Kalziumoxyds mit der Kohlensäure der Luft verbindet und zu kohlensaurem Kalzium wird.

Bei Frostwetter kann nun das überflüssige Wasser nicht rechtzeitig verdunsten, es gefriert, und die Eiskristalle, die größeren Raum einnehmen als die Wasserteilchen, zerstören die Bindungen zwischen den zementierenden Teilchen.

Sollten im Winter Verputzarbeiten durchgeführt werden, mußte man die Räume heizen bzw. bei Außenarbeiten Heizungen einbauen. Daher wurden die Verputzarbeiten meist bis zum Anbruch der warmen Jahreszeit aufgeschoben.

Dem sowjetischen Ingenieur N. N. Berjosin ist es gelungen, den Gefrierpunkt des Mörtels künstlich herabzusetzen, so daß man auch im Winter Mauerarbeiten

durchführen kann. Er stellte fest, daß der Mörtel, wenn man ihn nicht mit gewöhnlichem, sondern mit chloriertem Wasser bereitet, auch bei Frostwetter hart wird. Im chlorierten Mörtel wird chlorige Säure frei — sie ist eine unbeständige Verbindung. Im Wasser zerfällt sie zu Salzsäure und atomarem Sauerstoff. Beim Verhärten des Mörtels wird der Wasserstoff der Salzsäure durch das Kalzium verdrängt, es entsteht also das Salz des Chlorkalziums.

Das Vorhandensein der genannten Salze und Säuren verändert wesentlich seine physikalischen und chemischen Eigenschaften. Der Gefrierpunkt dieses Mörtels liegt tief unter null Grad. Es ist auffallend, daß selbst dann, wenn der chlorierte Mörtel gefriert, an Stelle der großen Kristalle, die sich beim Gefrieren von gewöhnlichem Wasser bilden, kleinere Kristalle entstehen, die nicht imstande sind, die Bindungen der Mörtelteilchen zu sprengen. Dabei bleibt ein Teil der Salzlösung, deren Konzentration mit dem Absinken der Temperatur und der infolgedessen auftretenden Kristallisation der Wasserteilchen steigt, flüssig. Dank diesen Eigenschaften kann der Mörtel auch bei tiefen Temperaturen hart werden.