

Zeitschrift: Bulletin der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften = Bulletin de l'Académie suisse des sciences médicales = Bollettino dell' Accademia svizzera delle scienze mediche

Herausgeber: Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften

Band: 9 (1953)

Heft: 2

Artikel: Die kosmische Strahlung, ihre biologische und chemische Wirkung

Autor: Eugster, J.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-307131>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 23.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die kosmische Strahlung, ihre biologische und chemische Wirkung

Von J. Eugster, Muri-Bern

Der Vortragende betont einleitend, daß die zu machenden Ausführungen das Ergebnis einer fruchtbaren Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen darstellen. Die Arbeitsgemeinschaft zur Erforschung der kosmischen Strahlung erfreut sich der Mitwirkung von Physikern, Biologen und Technikern (*H. Waeffler*, phys. Institut der Universität Zürich; *Gian Töndury*, Zürich; *L. Jenny*, physikalische Anstalt, Basel, photochemische Technik).

Seit einigen Jahren hat es sich gezeigt, daß die von außen in unsere Atmosphäre einfallende *primäre* kosmische Strahlung aus Atomkernen besteht. Die spezifische Ionisation erreicht bei hochatomigen Kernen einen Wert von ca. 10^6 Ionenpaaren pro μ Weg. Es ist dies ein vollkommen neues Phänomen in der Radiologie. Bisher hat man die Zugehörigkeit solcher Kerne zu Elementen mit einer Ordnungszahl bis Z 50 gefunden. Das Ionisierungsvermögen und damit auch die biologische Wirkung geht parallel dem Quadrat dieser Ordnungszahl und dem Energieverlust. Es sind also die Atomkerne, welche durch die Luftmoleküle geschwächt werden, um so wirksamer, je mehr die anfängliche Geschwindigkeit gestoppt wurde. Da die Atmosphäre verhindert, daß diese Atomkernstrahlung wenigstens der schweren Elemente auf die Erdoberfläche herunterreichen kann, ist mit einer ausgesprochenen biologischen Wirkung besonders in großen Höhen zu rechnen. Dieser Gesichtspunkt spielt heute eine praktische Rolle für Flüge in der Stratosphäre.

Methode

Zum Nachweis der biologischen und auch chemischen Wirkung dieser hochionisierenden Komponente ist eine besondere Untersuchungstechnik erforderlich. In erster Linie handelt es sich darum, das zu untersuchende Objekt in allernächster Nähe des auf der Photoplatte registrierten Effektes zu bringen. Dazu eignet sich ein besonderes Rastersystem mit sogenannten Eichfeldern, in welchem die zu untersuchenden Objekte ge-

lagert sind. In neuester Zeit hat sich eine noch verbesserte Technik dadurch erreichen lassen, daß die strahlenempfindliche Emulsion direkt in das zu untersuchende Objekt so eingeführt wird, daß es nur deren oberflächliche Schichten bedeckt. Auf diese Weise ist z. B. an Gewebsstücken die Frage zu entscheiden, wie häufig im lebenden Material die Atomzertrümmerung durch die kosmische Strahlung stattfindet. In leichtatomigem Material entstehen kaum Zertrümmerungen. Bei Lebewesen ist mit höheratomigen Elementen wie Calcium, Eisen und den Spurenelementen bis zum Jod (53) zu rechnen. (Die Zahl der Zertrümmerung ist von hochatomigen Elementen abhängig.)

In Berücksichtigung der außerordentlichen Temperaturen, mit denen in großen Höhen zu rechnen ist, werden diese Versuche in gut isolierenden Gefäßen, denen ein Thermostat beigegeben ist, vorgenommen. Durch eine Anzahl Trockenbatterien wird der nötige Heizstrom geliefert. Die Regulierung für eine konstante Temperatur kann weitgehend auch durch die Farbe des äußersten Packmaterials geschehen, indem z. B. das Verhältnis von schwarzer zu weißer Fläche nach den bisher gemachten Erfahrungen gewählt wird. (Demonstration der verschiedenen Apparaturen zu dieser Untersuchungstechnik.)

Das Aggregat mit den Untersuchungsobjekten wird in Zusammenarbeit mit dem meteorologischen Dienst in sogenannten Spezialsonden in möglichst hohe Atmosphärenschichten hinauftransportiert. Selbstverständlich ist mit einem gewissen Prozentsatz von Verlusten zu rechnen, da nicht alle Sonden von den Findern zurückgeschickt werden. (Demonstration der Fundstellenkarte.) Auch über die Technik der biologischen Versuche in Raketen, wie sie in Amerika durchgeführt wurden, wird kurz referiert.

Ergebnisse

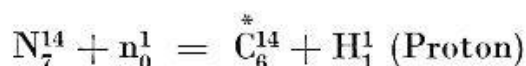
Seit rund 2 Jahren ist ein sehr umfangreiches Material von *Artemia salina* (Salzkrebs) untersucht worden. Die Eier dieses Versuchstieres eignen sich deshalb vorzüglich, weil sie sehr temperaturunempfindlich und von kleinem Volumen sind. Vorerst handelt es sich darum, diejenige Gruppe des Untersuchungsmaterials besonders zu bearbeiten, welche bei den Versuchen *zentral* von einer großen Sternfigur, wie sie auf den Photoplaten registriert werden, getroffen wurden (Gruppe I). Als Kontrollen dienten sowohl die auf der Erdoberfläche unter gewöhnlichen Verhältnissen bei Zimmertemperatur gehaltenen Eier (Gruppe II) als auch jene, welche im Raster bei gleicher Behandlung wie die getroffenen verschont blieben (Gruppe III). Das Gesamtergebnis zeigte, daß die zentral getroffenen Eier eine Schlüpftrate von 0 % aufwiesen, ± 3 %. In der

Gruppe II blieb die Schlüpftrate während der Versuche auf 85–90 % $\pm 0,01$. Die Kontrolle der Gruppe III zeigte einen Wert von 33 % $\pm 0,2$. (Nachweis positiv dominanter Letalfaktoren.)

Chemische Wirkung

Auf diesem Gebiete sind heute die Wirkung der kosmischen Strahlung bei der Umwandlung von einem Stickstoff- in ein Kohlenstoffatom sowie die Wirkung auf Farbstoffe als gesichert zu betrachten.

a) *Atomkernreaktion.* In großen Höhen verwandeln die schnellen Neutronen (von denen der Anteil auf der Erdoberfläche kaum mehr nachzuweisen ist) ein Stickstoff- in ein Kohlenstoffatom nach folgender Gleichung:



Diese Gleichung wird abgekürzt so geschrieben: $\text{N}^{14}(\text{np})\text{C}^{14*}$ (Radio-carbon). Dieses neu entstandene Kohlenstoffatom ist radioaktiv, ein β -Strahler. Seine Halbwertszeit T ist 5000 Jahre, d. h. nach dieser Zeit ist noch die Hälfte der im Zeitpunkt 0 vorhandenen Masse vorhanden. Von amerikanischen Autoren, vor allem *Liby*, ist diese Tatsache zu einer sehr eleganten Methode für Archäologen ausgearbeitet worden. Da sich nämlich dieses Kohlenstoffisotop genau gleich wie der gewöhnliche Kohlenstoff mit dem Sauerstoff verbindet und das CO_2^* von den Pflanzen aufgenommen wird, können die Altersbestimmungen an organischem totem Material nach dem Gehalt dieses Isotopen bestimmt werden, so daß mit verblüffender Genauigkeit der Zeitpunkt bestimmt werden kann, vor wie langer Zeit die betreffenden Lebewesen aufgehört haben zu leben. Die Methode dieser Altersbestimmung erfordert jedoch außerordentlich empfindliche Meßapparaturen, da das Verhältnis der Isotopenmenge zu einem Gramm gewöhnlichem Kohlenstoff in der Größenordnung von ca. 10^{-12} sich vorfindet.

b) *Die Wirkung der kosmischen Strahlung auf Farbstoffe* konnte sich erst in neuester Zeit nachweisen lassen. Als Grundlage dieser Untersuchungen dienten die strahlenchemischen Arbeiten von *M. J. Day* und *G. Stein*, *F. Strauss* u. Mitarb., *A. T. Krebs* und *Minder*. Gegenüber der Detektierung der kosmischen Strahlung mittels Photoplatten ist der Nachweis durch Farbstoff von einem eminenten Vorteil. Die Spuren auf der Photoplatte erleiden bei längerer Exposition ein Abblässen bzw. Verschwinden (Fading), wenn zwischen der Entstehung des latenten Bildes und dem Entwicklungsvorgang ein längerer Zeitraum liegt. Ausgedehnte Versuche haben bisher ergeben, daß die Empfind-

lichkeit der Farbstoffmethode niemals derjenigen der Photoplatte angenähert werden kann. Die Empfindlichkeit der Farbstoffmethode ist um mindestens 1000- bis 10 000mal geringer als diejenige der Photoplatte. Die Empfindlichkeit der mit Farbstoff präparierten Gelatineplatten (nach *A. T. Krebs*) kann erhöht werden durch Verwendung konzentrierter Farbstofflösung und Wahl einer hohen Expositionstemperatur. Auch bietet eine unterhalb der Reaktionsdosis bleibende Vorbestrahlung ein probates Mittel, die Empfindlichkeit ganz wesentlich zu steigern. Es kann sich daher nur um jene Komponenten in der kosmischen Strahlung handeln, die in einem ganz kleinen Volumen eine außerordentlich hohe Ionendichte erzeugen. Dies ist der Fall bei den primären schweren Teilchen (Atomkernstrahlung) und bei Kernreaktionen, die eine Gammastrahlung produzieren mit enorm hoher Energie. Als Versuche kamen solche Beobachtungen in Frage, bei denen der Photoemulsion gleichzeitig der betreffende Farbstoff beigemischt war. Versuche mit Methylblau hatten den Nachteil, daß es sich hier um Extinktionserscheinungen (Auslöschphänomene) handelt. Beim sogenannten Pholin-Phenol-Reagens, das neben Molybden Wolfram enthält, läßt sich die Empfindlichkeit der Emulsion nicht stören, dagegen ist dieses Farbstoffmittel für die Beobachtung an lebenden Zellen wegen des Schwermetallcharakters nicht geeignet. In neuester Zeit hat in der amerikanischen Literatur der Vitalfarbstoff TTC große Beachtung erlangt. Dieser Farbstoff zerstört aber die Emulsion, so daß bei diesen Versuchen das TTC der Gelatine beigemischt werden muß. *A. T. Krebs* hat diese Methode weitgehend ausgearbeitet und Eichkurven sowohl für Röntgen-Ultraviolettstrahlen und Polonium ausgearbeitet (Demonstration).

Die Exposition solcher Gelatineplatten, die mit TTC präpariert waren, hat auch für die kosmische Strahlung in großen Höhen positive Ergebnisse gezeitigt.

c) *Fermentsysteme*. Die Arbeiten von *G. Barron* u. Mitarb. sowie *Kun* und *Abord* haben die große Strahlenempfindlichkeit von Enzymen überzeugend dargelegt. Es liegt daher auf der Hand, die Wirkung der kosmischen Strahlung auf Fermentsysteme zu untersuchen. Sehr bemerkenswert waren seine Versuche mit Myosin, bei denen schon Dosen von 1 r und weniger Aktivitätsunterschiede bis zu 30 % ergaben (Spaltung ATP-ADP Phosphorbestimmung). Es werden in kurzen Zügen die Untersuchungstechnik besprochen und die vorläufigen Ergebnisse kritisch beleuchtet.

Am Schlusse demonstrierte der Vortragende einige Präparate, welche von der Mount-Everest-Expedition mitgenommen wurden. Das umfangreiche wertvolle Material wird nach zwei Gesichtspunkten ausgewertet:

1. Ein Vergleich mit den heute bereits vorliegenden Ergebnissen, die in verschiedenen Höhen (Zugspitze, 2962 m [*M. Teucher*]; Jungfrauoch, 3400 m; Wildspitze Oetztal, 3774 m, und Monte-Rosa-Gebiet, [*Houtermann* und *M. Teucher*]; Anden, über 5000 m, [*Powell*]) erhalten wurden, kann die Absorptionsbestimmung der Nukleonenkomponente, welche die Sternfiguren hervorrufen, in über 8000 m weiter vervollständigen.

2. Vor allem wird die Auswertung der Spezialgelatineplatten für die Detektierung der kosmischen Strahlung interessante Beobachtungen erwarten lassen.

Für die hochherzige Unterstützung, die uns für die Arbeiten zuteil geworden ist, sei an dieser Stelle der Fritz Hoffmann-La Roche-Stiftung zur Förderung wissenschaftlicher Arbeitsgemeinschaften in der Schweiz unser bester Dank ausgesprochen.

Zusammenfassung

Es wird die biologisch wirksamste Komponente der kosmischen Strahlung behandelt und insbesondere deren physikalische Eigenschaften und Vorkommen in großen Höhen beschrieben. Zum Nachweis der biologischen und chemischen Wirkung der sogenannten «Atomkernstrahlung» in der Stratosphäre bedarf es einer besonderen Untersuchungstechnik, bei der die Wahl des zu untersuchenden Objektes als auch die Temperaturregulierung von besonderer Bedeutung sind. Die Apparaturen und Aggregate für solche «Höhenflüge» werden im einzelnen beschrieben und demonstriert. An Stelle der Photoplatte als Detektierungsmittel der kosmischen Strahlung wird besonders die Farbstoffmethode in Form eines sogenannten Vitalfarbstoffes zum weiteren Ausbau empfohlen. Als Mechanismus bei der biologischen Wirkung der kosmischen Strahlung ist neben der Trefferwirkung auch die indirekte Wirkung von Bedeutung. Es wird die Auffassung vertreten, daß vor allem die Beeinflussung der Enzyme im lebenden Gewebe infolge der kosmischen Strahlung weiter studiert werden muß, da diese in ihrer Aktivität schon bei ausgesprochenen Kleinstdosen von Bestrahlung erheblich beeinträchtigt werden.

Résumé

Après l'étude des composants biologiquement actifs du rayonnement cosmique, l'auteur décrit de manière plus détaillée leurs propriétés physiques et la fréquence de ce rayonnement à de hautes altitudes. Pour prouver l'activité biologique et chimique des soi-disant «irradiations nucléaires» dans la stratosphère, il faut faire usage de techniques tout à fait spéciales, dans lesquelles, la thermorégulation et le choix de l'objet à examiner sont de toute première importance. Description minutieuse

des appareils et démonstration des «agrégats» utilisés dans ces «vols en grande altitude». Au lieu de la plaque photographique pour la détection des rayons cosmiques, l'auteur recommande l'emploi de la méthode colorimétrique sous la forme d'un colorant vital prêt à se dégrader. Dans le mécanisme de l'activité biologique des rayons cosmiques, l'action indirecte joue également un rôle important à côté de l'action directe. L'auteur est d'avis que l'étude des modifications enzymatiques dans les tissus vivants sous l'influence des rayons cosmiques doit être poussée plus activement, car les enzymes sont profondément altérés dans leur activité spécifique par de minimes doses d'irradiation cosmique.

Riassunto

L'autore discute sulla componente biologicamente più attiva dell'irradiazione cosmica descrivendone in modo speciale le caratteristiche fisiche e la loro presenza a grandi altitudini. Per dimostrare l'azione biologica e chimica della cosiddetta irradiazione «nucleo-atomica» nella stratosfera sono necessari procedimenti tecnici speciali, dove la scelta dell'oggetto come pure la termoregolazione rivestono grande importanza.

L'autore descrive e dimostra in particolare gli apparecchi e gli aggregati impiegati per i «voli d'altitudine» e raccomanda, invece della fotocellula, l'impiego del metodo a colori nella forma speciale del colore vitale per captare l'irradiazione cosmica. Nel meccanismo dell'azione biologica dell'irradiazione cosmica hanno importanza tanto l'azione diretta quanto quella indiretta.

L'autore esprime infine l'opinione che le ricerche sull'azione cosmica sugli enzimi del tessuto vivente devono essere continuate, data la forte inibizione degli enzimi già a dosi cosmiche minime.

Summary

The biologically active components of the cosmic rays are discussed and their physical characteristics and occurrence at high altitudes is described. For the proof of a biological and chemical action of the so-called "atom nuclear rays" in the stratosphere, a special technique is necessary in which the choice of the object to be investigated and the temperature regulation are of special significance. The apparatus and aggregates for such high altitude flights are described in detail. Instead of photographic plates for detecting cosmic rays, the dyestuff method with so-called vital stains is recommended for further development. As mechanism for the biological action of the cosmic rays, the indirect action is of importance, as well as the direct-hit action. The author adopts

the point of view that it is primarily the influence of the cosmic rays on the enzymes in the living tissues which must be studied further, since the activity of these substances is considerably disturbed even by very small doses of cosmic irradiation.

In Bezug auf das verwendete Schrifttum sei auf die Originalarbeit in der *Radiologica Clinica* Nr. 2, 1953, verwiesen.

Diskussion:

A. v. Muralt (Bern): Die biologische Wirkung der kosmischen Strahlung bleibt immer noch ein ungelöstes Problem. Ich möchte den Herrn Vortragenden fragen, wie heute die Frage der Entstehung von Spontanmutationen beurteilt wird.

Ein weiteres Problem ist die carcinogene Wirkung der kosmischen Strahlen. Auch hier scheint es mir, daß noch gar keine wirklich schlüssigen Versuche vorliegen.