

Zeitschrift: Zivilschutz = Protection civile = Protezione civile
Herausgeber: Schweizerischer Zivilschutzverband
Band: 6 (1959)
Heft: 6

Artikel: Chemische und biochemische Probleme zur Verhütung von Strahlenschäden
Autor: Anders, Heinz
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-365123>

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: 05.07.2025

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

Chemische und biochemische Probleme zur Verhütung von Strahlenschäden

Die Strahlenbiologie ist einer der jüngsten Zweige der biologischen Wissenschaften. In den Gesichtskreis der breiten Öffentlichkeit wurde sie zuerst durch den Abwurf der amerikanischen Atombomben auf Hiroshima und Nagasaki gerückt. Die Geburtsstunde der Strahlenbiologie ist jedoch wesentlich älteren Datums, denn man kann sie zeitlich etwa gleichsetzen mit der Entdeckung der Radioaktivität und der Röntgenstrahlen. Besonders die Röntgenstrahlen haben in ihrer umfangreichen therapeutischen und diagnostischen Anwendung viel zur Entwicklung dieses neuen Wissensgebietes beigetragen. Hierin liegt der Grund, warum die meisten Versuche, einen chemischen Strahlenschutz für den Menschen zu entwickeln, sich eng anlehnen an die bisherigen Erfahrungen mit Röntgenstrahlen.

Es dürfte daher von Nutzen sein, einmal die Frage zu beantworten,

wie radioaktive Strahlen auf die Zellen wirken.

Dieser Fragenkomplex kann zurzeit noch nicht mit Sicherheit beantwortet werden; es liegen aber doch bestimmte Hypothesen vor. Es leiden eben alle Versuche an gewissen Unzulänglichkeiten, dem Menschen mit Hilfe von z. B. chemischen Verbindungen einen gewissen Schutz gegen radioaktive Strahlen zu bieten, da jede bewusst oder unbewusst gelenkte Reaktion zu Antireaktionen führt, wie diese der Mediziner bei den allergischen Erscheinungen zur Genüge kennt. Professor Z. M. Bacq von der Universität Lüttich (Belgien) wies z. B. erst kürzlich anlässlich eines Symposiums über die wissenschaftlichen Grundlagen des Strahlenschutzes darauf hin, dass nach seinen eigenen und den Untersuchungen anderer Forscher eine verblüffende Übereinstimmung besteht zwischen den physiologischen und biochemischen Veränderungen, die einerseits Wasserstoffsperoxyd und andererseits ionisierende Strahlen in den Körperzellen hervorrufen. Wasserstoffsperoxyd wird deshalb als radiomimetische Verbindung bezeichnet, d. h., es kann die gleichen biochemischen Veränderungen erzeugen wie ionisierende Strahlen. Die meisten Strahlenbiologen nehmen heute an, dass die Strahlen das Wasser in den Zellen in sogenannte Radikale aufspalten,

die sich dann teilweise mit dem im Wasser stets etwas gelösten Sauerstoff zu Wasserstoffsperoxyd vereinigen. Hauptsächlich diese Verbindung ist es dann, die in die Funktionen der Zelle eingreift, diese stört und in schweren Fällen sogar abtötet. Es muss jedoch betont werden, dass dieser Wirkungsmechanismus nur einer von vielen ist, die an dem Entstehen von Strahlenschäden teilhaben. Aber er bietet immerhin einige Möglichkeiten, die Zellen gegen solche Schäden zu schützen.

Bekanntlich arbeitet die grossindustrielle Chemie, um den Ablauf bestimmter Reaktionen in eine gewünschte Richtung zu lenken, vielfach mit sogenannten Katalysatoren. Das gleiche Verfahren, nur mit viel grösserem Nutzeffekt, wenden auch die Zellen der Lebewesen an. In der gleichen Weise wie technische Katalysatoren vergiftet und unwirksam werden können, kann auch eine Vergiftung der um ein Vielfaches empfindlicheren Biokatalysatoren erfolgen. Biokatalysator-Gifte sind z. B. viele Schwermetalle, wie Blei, Kupfer oder Chrom, und neben anderen chemischen Verbindungen auch Wasserstoffsperoxyd.

Zu den wichtigsten Biokatalysatoren gehören die sogenannten Thiol-Enzyme, wie etwa das Coenzym A, das für den Kohlenhydrat-, Fett- und Proteinstoffwechsel von Wichtigkeit ist. Diese Enzymgruppe enthält als wirksame Komponente die sogenannte Thiol-Gruppe.

Wasserstoffsperoxyd ist, wie von seiner Verwendung als Bleichmittel und beim Fixieren von Dauerwellen her bekannt ist, ein Oxydationsmittel. In den Zellen unter dem Einfluss ionisierender Strahlen gebildet, oxydiert es auch die Thio-Enzyme zu einer sogenannten Disulfid-Gruppe. Dadurch werden jedoch die Biokatalysatoren vergiftet, unwirksam, und die Zellfunktionen gestört.

Um nun diesen Effekt rückgängig zu machen, muss man auf das oxydierte Enzym

reduzierende Substanzen

einwirken lassen. Solche Reduktionsmittel müssen natürlich ausserdem vom Körper gut getragen werden. Allerdings können sie die Thiol-Enzyme nur dann wieder aktivieren, wenn sie möglichst bald nach der Strahleneinwirkung abgewendet wer-

den. Sie können — und darin liegt zurzeit wohl die Hauptbedeutung — auch vorbeugend benutzt werden. Injiziert man sie Personen, die mit Röntgenstrahlen behandelt werden sollen, oder die in radioaktiv verseuchten Gebieten vorübergehend zu tun haben, so verhindern diese reduzierenden Substanzen weitgehend Strahlenschäden. Sie treten dabei, so könnte man sagen, in Konkurrenz zu den Thiol-Enzymen, indem sie die durch ionisierende Strahlen gebildeten freien Radikale und das Wasserstoffsperoxyd an sich binden und grösstenteils unschädlich machen.

Bis heute sind schon viele Hunderte von Reduktionsmitteln in Reagensglas- und Tierversuchen getestet worden. Zu den wirksamsten und am besten verträglichen gehören die chemischen Verbindungen Cystein, Cysteamin und Cystamin. Cystein ist ein Bestandteil vieler Eiweisse. Cystamin lässt sich aus Cystein herstellen und ist etwa fünfmal wirksamer, jedoch weniger haltbar, so dass es nur kurzfristig wirkt. Cystamin schliesslich ist ebenso wirksam wie Cysteamin, seine Wirkung hält jedoch wesentlich länger an. Deshalb dürfte es wohl zurzeit das beste Strahlenschutzmittel sein.

Nun sei auch noch näher die Frage beantwortet, ob es

körpereigene Abwehrstoffe

gibt. Diese Frage ist durchaus berechtigt, zumal alles Leben auf der Erde sich unter dem ständigen Einfluss der sehr starken kosmischen und der wesentlich schwächeren natürlichen und radioaktiven Strahlung, die von den radioaktiven Elementen in der Natur herrührt, entwickelt hat. Sie hat auch stetig, und zwar

Das schlechteste Rezept

Es ist das schlechteste Rezept, vor möglichen Gefahren die Augen zu verschliessen. Auch allen anderen Gefahren gegenüber wendet der Mensch seit altersher die entgegengesetzte Haltung an, indem er die Gefahren — seien es Feuer-, Wasser- oder Seuchengefahren — in ihren Gegebenheiten, Wirkungen und Abwehrmöglichkeiten zu erkennen sucht. Wäre diese Haltung nicht eingenommen worden, so wäre wahrscheinlich das Menschengeschlecht schon vor der Atombombe von diesem Planeten verschwunden.

Erich Hampe

ch. Präsident der deutschen Bundesanstalt für zivilen Luftschutz.

im Verlaufe von Millionen Jahren, auf das sich allmählich entwickelnde Menschengeschlecht eingewirkt.

Zurzeit lässt sich die Frage, ob unser Körper einen natürlichen Abwehrmechanismus gegen radioaktive Strahlen besitzt, noch nicht eindeutig beantworten. Die meisten Strahlenbiologen neigen dazu, sie zu bejahen; allerdings mit der Einschränkung, dass es auf das natürliche Strahlenniveau abgestimmt sein dürfte, also den besonderen Anforderungen, wie sie teilweise schon heute auftreten, nicht gewachsen sein kann. Sie gründen ihre Vermutung aber nicht darauf, dass alles Leben unter dem ständigen Einfluss von Strahlen entstanden ist und sich zu seinen gegenwärtigen Formen entwickelt hat, sondern sie weisen vor allem darauf hin, dass die drei genannten Strahlenschutz-Substanzen zugleich auch natürliche Bestandteile der Körpersubstanz sind. Beispielsweise ist das Cysteamin einer der vielen Bestandteile des oben erwähnten wichtigen Coenzym A. Deshalb ist die Forschung heute eifrig bemüht, dem vermuteten biologischen Strahlenabwehr-System des Organismus nachzuspüren. Gelänge es, dieses aufzufinden, könnte man wohl auch eine Möglichkeit entwickeln, es etwa in ähnlicher Weise zu aktivieren, wie man durch Impfen die Abwehrkräfte des Körpers gegen bestimmte Infektionskrankheiten verstärken kann.

Die radioaktive Strahlung kann sowohl von aussen als auch von innen her auf den menschlichen Organismus einwirken. Ein Beispiel für die äussere Einwirkung ist die Strahlung bei Atombomben-Testen, die ungehindert erfolgt, oder die Strahlung von Atomreaktoren und von Teilchenbeschleunigern, die selbstverständlich abgeschirmt werden kann und nur bei Unvorsichtigkeit den Menschen trifft.

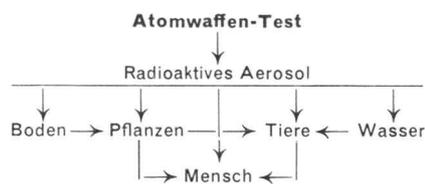
Gewöhnlich wird übersehen, dass neben den natürlichen stabilen auch die natürlichen radioaktiven Elemente zum Aufbau der Körpersubstanz aller Lebewesen verwendet werden. Infolgedessen besitzen alle Lebewesen eine gewisse, wenn auch verschwindend kleine Radioaktivität, eine «innere radioaktive Strahlung». So enthält z. B. der menschliche Körper u. a. Spuren von radioaktivem Kalium, Thorium und Uran, an deren Strahlung er sich angepasst hat.

Wesentlich anders verhält es sich mit der Aufnahme radioaktiver Substanzen, die künstlich nach Atombomben-Explosionen entstehen. Ge-

meint sind die radioaktiven Aerosole, die bei einem «fall out» hauptsächlich auf dem Atemwege in den Körper eindringen. Aber

der Mensch ist,
wie nachstehende Skizze beweist,
noch besonders gefährdet,

da er mit der Nahrungsaufnahme zusätzlich die bereits in Tieren und Pflanzen angereicherten radioaktiven Substanzen in seinem Organismus speichert. Er atmet also nicht nur das radioaktive Sol (Aerosol) ein, er nimmt die radioaktiven Gifte ausserdem noch mit dem Trinkwasser, mit seiner pflanzlichen und tierischen Nahrung zu sich, er bildet gewissermassen den «Mülleimer» oder die Sammelstelle des von ihm selbst künstlich erzeugten strahlenden und deshalb so gefährlichen Staubes.

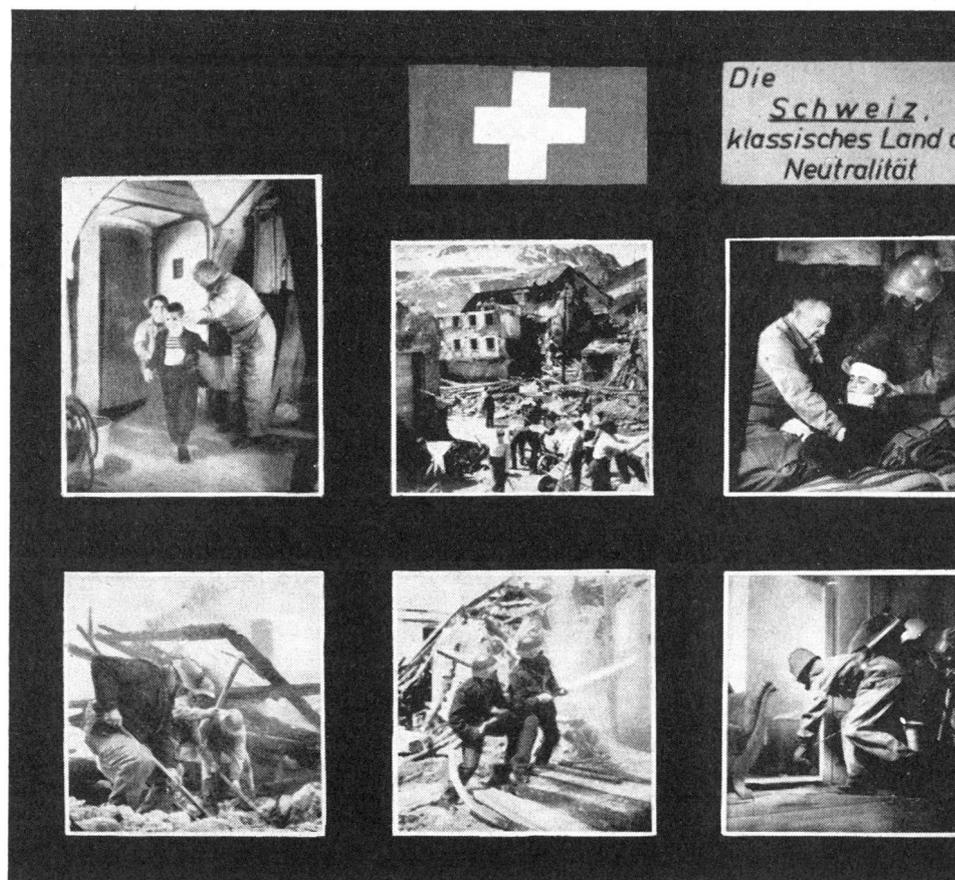


Der gefährlichste Bestandteil der künstlichen radioaktiven Aerosole

Wir sind alle Landstreicher hier auf Erden.

Knut Hamsun (1859—1952)

ist das Strontium-Isotop Sr-90. Schon das natürliche Element Strontium ist stark giftig. Diese Giftwirkung wird vervielfacht durch seine radioaktive Strahlung. Da Strontium chemisch dem Kalzium ähnelt, nehmen Pflanzen, Tiere und Menschen, die ja alle Kalzium zum Aufbau ihres Organismus benötigen, auch Sr-90 auf, weil sie nicht exakt zwischen Kalzium und Strontium «unterscheiden» können. Ist das Sr-90 aber erst einmal auf einem der vielen Wege in den Körper hineingelangt, lässt es sich aus ihm nur sehr schwer wieder entfernen. Es wirkt dann als «innerer Strahler» und übertrifft in seiner Wirkung die Strahlung der im Körper enthaltenen natürlichen radioaktiven Substanzen um ein Vielfaches. Eine besondere Gefahr besteht darin, dass es in den Knochen abgelagert wird, und zwar bevorzugt in den Teilen, in denen die Blutbildung erfolgt, also in der Nähe des Knochenmarks. Deshalb zielen



Die Schweiz an einer permanenten Ausstellung des deutschen Bundesluftschutzverbandes in Freiburg i. Br. mit Bildern der Abteilung für Luftschutz

die Arbeiten der Radiobiologen dahin, das Sr-90 so schnell wie möglich wieder aus dem Körper zu entfernen.

Zum Teil kann die Wirkung des Sr-90 aufgehoben werden durch die bereits angeführten Strahlenschutz-Substanzen. Aber ihre Anwendung genügt bei weitem nicht. Vielmehr ist es dringend nötig, das Sr-90 schnellstens zur Ausscheidung zu bringen. Auch für diesen Zweck sind

verschiedene Verfahren entwickelt

worden, besonders vom Strahleninstitut der Universität Marburg.

Es gibt praktisch bereits zwei erprobte Wege, das Sr-90 wieder zu beseitigen. Beim ersten wird an die Patienten Zirkonzitrat, d. h. das Zirkonsalz der Zitronensäure, verabreicht. Es lagert das Sr-90 an und wird zusammen mit diesem ausgeschieden. Beim zweiten Weg benutzt man das Kalziumsalz der Aethylendiamintetraessigsäure. Im Körper wird durch dieses Salz das gefährliche und un-

lösliche Sr-90 gegen das biologische Kalzium ausgetauscht. Infolgedessen wird das Kalzium anstelle des strahlenden Sr-90 abgelagert, das in eine wasserlösliche Verbindung umgewandelt und dann auf dem Harnwege ausgeschieden wird.

Beste Erfahrungen hat man mit einer Kombination der drei Möglichkeiten gemacht, also durch Verabreichung von Cysteamin zur Aufhebung der Strahlenwirkung und durch gemeinsame und gleichzeitige Gaben von Zirkonzitrat und Kalziumäthylendiamintetraacetat. Eine solche Therapie ist um so wirksamer, je rechtzeitig sie einsetzt.

Es kann damit abschliessend festgestellt werden, dass staatliche Institutionen sowie die chemische und Arzneimittel-Industrie lebhaft bemüht sind, Mittel gegen die radiologische Gefährdung der Bevölkerung zu entwickeln und deren Schutz gegen Strahlungsschäden zu gewährleisten.

Ing. Heinz Anders.

Atom-«Müll» wird Mangelware

Die Kautschukindustrie wird in absehbarer Zeit Autoreifen nicht mehr mittels Schwefel vulkanisieren, sondern den Kautschuk strahlenchemisch behandeln. Diese schwefelfreien Reifen haben eine bedeutend höhere Abriebfestigkeit und grössere Lebensdauer als die mit Schwefel vulkanisierten. — Sehr aussichtsreich ist die strahlenchemische Konservierung vieler Lebensmittel. Die ältern Verfahren — Pökeln, Gären, Luftabschluss und Tiefkühlung — sind zwar weit entwickelt, befriedigen aber nicht immer. Selbstverständlich sind die bestrahlten und dadurch nahezu unbegrenzt haltbar gemachten Lebensmittel völlig einwandfrei; ihre Nähr- und Wirkstoffe bleiben weitgehend erhalten. — In der Landwirtschaft, in der Forstwirtschaft, im Weinbau, bei der Erhaltung von Lagergetreide und Früchten aller Art wird die Vernichtung der verschiedensten Schädlinge durch das strahlende Erdgas Radiokrypton eine entscheidende Rolle spielen. Wenn man bedenkt, dass jährlich mehrere hunderttausend Tonnen Getreide durch tierische Schädlinge, vor allem Ratten und Mäuse, aufgefrisst werden, wird deutlich, wie ungenügend die bisherigen Abwehrmassnahmen waren.

Allerdings ist die Forderung nach einer Massenvergiftung der Schädlinge so anspruchsvoll, dass der gesamte Anfall an Kernabbrand kaum ausreichen wird, um genügend Radiokrypton zu gewinnen. Es müssen in Zukunft andere, noch ergiebigere Methoden für die Produktion von Isotopen gefunden werden, um die Nachfrage der verschiedenen Interessenten zu befriedigen. Jedenfalls lässt sich schon jetzt übersehen, dass praktisch der gesamte Kernabbrand nutzbringend verwendet werden kann und dass es völlig abwegig ist, von Atom-«Müll» zu sprechen.

Was schliesslich noch von der Auswertung des Kernabbrandes übrig bleibt, könnte eines Tages in Form von Atom-Briketts in Spezialöfen zur Dauerheizung grosser Räume verwendet werden. Ein Atom-Brikett würde für mehrere Heizperioden ausreichen. Seine Wärmeleistung wäre gut zu regeln und den Witterungsverhältnissen genau anzupassen. Der Atom-Heizofen befindet sich bereits in der Entwicklung.

Zahlreiche Industriefirmen verwenden und verarbeiten Radioisotope für ihre Erzeugnisse, für die Verbesserung ihrer Prüfinstrumente und für die Ueberwachung und Auswahl der verschiedenen Rohstoffe und Werk-

Besserer Strahlenschutz durch Schwarzpigmente

Neueste Untersuchungen auf diesem Gebiet zeigten, dass Farben und Lacke, die schwarze organische oder anorganische Farbstoffe enthalten, Werkstoffe besonders gut gegen die zerstörende Wirkung radioaktiver Strahlen schützen. Sie vermögen noch einer Bestrahlung von zehn Milliarden Röntgen zu widerstehen, während rote und noch weniger weisse Anstriche geringer resistent sind. Dieses Ergebnis ist unter anderem auch interessant für den geplanten Bau von Atombomben-Schutzbunkern in Westdeutschland.

WFJ

stoffe. So werden z. B. Geräte zum Prüfen und Messen von Dicken und Oberflächen mittels Isotopen hergestellt, ferner Füllstandmesser, Geräte zur Materialdurchleuchtung und wissenschaftliche Instrumente und Anlagen zur Durchführung medizinischer, chemischer und physikalischer Forschungen und Versuchsreihen. Gerade die wissenschaftliche Forschung wird unter Verwendung von Radioisotopen zu weitem, zu ganz neuen Erkenntnissen gelangen und damit die Grundlagen zur Förderung und Errichtung grosstechnischer Produktionsanlagen immer mehr verbreitern und verstärken.

Erst wenn es soweit ist, dass die Isotope aus dem Zustand der wissenschaftlichen Forschung in die Industrie, in die Produktion einmünden und deren Ansprüche voll befriedigen, wird allerdings der damit erzielte technische Fortschritt auf den vorbezeichneten Gebieten voll erkannt werden. Man möge nur daran denken, welche zusätzlichen Nahrungsmittel der Menschheit zur Verfügung stehen werden, wenn es gelingt, alle Schädlinge und Schmarotzer zu vernichten. Man möge sich daran erinnern, dass bestimmte Isotope das pflanzliche und tierische Wachstum beschleunigen und verstärken, dass sie Alterserscheinungen aufhalten, Wirkstoffe vermehren, schädliche Viren, phatogene und sporenbildende Bazillen bekämpfen und Gifte vernichten. Die hier angedeuteten Verwendungsmöglichkeiten für die radioaktiven Isotope stehen durchwegs im Zeichen des Friedens, der Vermehrung des Wohlstandes und der Gesundheitsförderung aller Menschen. An den Menschen ist es, zu entscheiden, wie das Atom eingesetzt werden soll!

pp.