Zeitschrift: Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen

Herausgeber: Eidg. Verband der Übermittlungstruppen; Vereinigung Schweiz. Feld-Telegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere

Band: 43 (1970)

Heft: 9

Artikel: Atomgefahren : Teil II. Strahlenschäden und Schutzmassnahmen

Autor: Hübner, Roland

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-563392

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: 15.09.2025

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

genaue Voraussagen über jedes den Naturgesetzen unterworfene Geschehen machen zu können. In der Physik der Atome versagte plötzlich dieser strenge Determinismus. Schon beim Radiumzerfall erwies sich unsere Unzulänglichkeit, genaue Voraussagen zu machen. So kann nicht vorausgesagt werden, wann ein bestimmtes Atom des Elementes Radium zerfallen wird, ob innerhalb der nächsten Sekunden oder in Hunderten von Jahren. Der Grund dafür ist aber sicher nicht eine Gesetzlosigkeit im Naturgeschehen, sondern unsere ungenügende Kenntnis über das Atom. Ist hiermit die Allgemeingültigkeit des Kausalgesetzes in Frage gestellt?

Die Frage scheint berechtigt, denn es hängt offenbar von seiner eigenen Entscheidung ab, ob ein Atom oder Elementarteilchen diesen oder jenen Weg einzuschlagen gedenkt und wann es den Elementverband zu verlassen beliebt. Umstritten ist dabei die Frage, ob echter Zufall vorliegt oder ob eine dem Teilchen innewohnende geistige lenkende Kraft hierfür verantwortlich ist. «Wir fühlen uns versucht anzunehmen», schreibt der bekannte Physiker P. Jordan, «dass das einzelne Radiumatom selbst entscheidet, wann es zerfallen will. Es ist lediglich die allgemeine Neigung zum Zerfall statistisch festgelegt. Innerhalb des darnach noch verbleibenden Spielraumes hat aber das einzelne Atom weitgehende Freiheit, sich zum Zerfall zu entscheiden, wann immer es will.»

Die gleiche Überlegung gilt auch für den «Energiesprung des Elektrons» im Atom nach Energiezufuhr, wobei es ein Lichtquant aussendet. Innerhalb einer bestimmten «Verweilzeit» von 10^{-8} s (eine Hundertmillionstel Sekunde) springt das Elektron auf ein tieferes Energieniveau, wann immer es ihm passt. Für das Elektron, für die Miniaturbegriffe, die im Atom herrschen, ist diese Verweilzeit ausserordentlich lang, denn innerhalb von 10^{-8} s macht das Elektron eine Million Umläufe um den Kern.

Fest steht jedenfalls, dass die einzelnen Ereignisse im atomaren Geschehen nicht mehr kausal bedingt sind, denn dem einzelnen Teilchen bietet sich jeweils eine Auswahl verschiedener Handlungsmöglichkeiten, die es innerhalb bestimmter, naturgesetzlich festgelegter Grenzen und Wahrscheinlichkeiten wahrnehmen kann. Das atomare Teilchen gehorcht somit nicht dem Kausalgesetz, sondern einer uns unbekannten Lenkungskraft.

Treten jedoch, wie es in der Natur der Fall ist, die Teilchen in ungeheuer grosser Zahl auf, so wird ihr Verhalten nach statistischen Wahrscheinlichkeitsgesetzen bestimmt. Dann gilt selbstverständlich auch hier das Kausalgesetz.

Einige Forscher zogen hieraus den kühnen Schluss, dass auch im biologischen Geschehen eine gewisse Willensfreiheit angenommen werden müsse, denn schliesslich besteht ja die organische und anorganische Welt aus den gleichen Atomen. «Auch die eigentlichen Zentren des Lebens unterstehen nicht der makrokosmischen Kausalität, sondern geniessen mikroskopische Wahlfreiheit.»

Und beim Menschen?

Wer offenen Blickes das Naturgeschehen betrachtet, der kommt zweifellos zur Erkenntnis, dass die Freiheit zum Handeln als Urphänomen eine Eigenschaft des menschlichen Geistes ist. Menschliche Willensfreiheit und menschliche Zielstrebigkeit bilden die beiden Voraussetzungen für jede Höherentwicklung und sollten eigentlich keiner weiteren Diskussion bedürfen. Lediglich die Frage der Grenzen der Willensfreiheit böte einen interessanten Diskussionsstoff. Denn unser Handeln ist sicher nicht von unserem Willen allein abhängig. Es wird noch von anderen Faktoren mitbeeinflusst, wie Erbanlagen und Umweltbedingungen, in die auch die kosmischen Einflüsse miteinzubeziehen sind. Einer der grossen Denker unserer Zeit, Sir Arthur Eddington (gest. 1944) bekannte: «Der Geist hat die Macht, auf Atomgruppen Einfluss zu nehmen und sich sogar Eigenheiten des atomaren Verhaltens gefügig zu machen . . .»

Aus allen diesen Überlegungen und Erkenntnissen folgt, dass es einen blinden Zufall im Atomgeschehen und im Naturgeschehen und somit im gesamten Kosmos nicht zu geben scheint. Jedes Lebewesen hat einen begrenzten freien Willen, jedes Teilchen im Mikrokosmos eine begrenzte Wahlfreiheit. Überall ist aber der «Geist» nicht zu übersehen, der einerseits über die Einhaltung der Naturgesetze wacht, andererseits auch innerhalb ihrer Grenzen einzugreifen vermag.

Roland Hübner

Atomgefahren

Teil II: Strahlenschäden und Schutzmassnahmen

Folgen der Strahleneinwirkung auf den menschlichen Organismus

Die verschiedene biologische Wirksamkeit der einzelnen Strahlenarten hängt im wesentlichen von ihrer Ionisierungsdichte und von der Dauer ihrer Einwirkung ab. Ausserdem muss zwischen Ganzkörperbestrahlung und partieller Strahlung unterschieden werden. Während bei der partiellen Strahlung relativ hohe Dosen bis zu einigen 1000 r[3] in der Röntgenmedizin appliziert werden, ohne dass (angeblich) das gesunde Gewebe merkbaren Schaden leidet und die anderen Organe mitbelastet werden, wird ein Mensch bei einer Vollkörperbestrahlung von 500–600 r sofort getötet; wie die Erfahrungen in Hiroshima gezeigt haben.

Man muss auch zwischen äusserer und innerer Bestrahlung unterscheiden.

Die innere Bestrahlung erfolgt durch Inkorporation von radioaktiven Substanzen durch die Luft, das Wasser oder die Nahrung. Ein Schutz dagegen ist viel schwieriger als bei äusserer Bestrahlung.

Wie Untersuchungen hinsichtlich der Wirkung von γ-Ganzkörperbestrahlungen auf Versuchstiere ergeben haben, besitzt der Organismus eine gewisse begrenzte Erholungsfähigkeit, so dass Schäden bei hoher, kurzzeitiger Bestrahlung grösser sind als bei Dauerbestrahlung mit kleinen Strahlendosen, aber gleicher Gesamtdosis.

Im ersten Fall herrschen Störungen des Fermentsystems vor, im zweiten Fall ist der Regulationsmechanismus des Körpers betroffen; es treten Schädigungen der blutbildenden Organe, Krebsbildungen und eine allgemeine Verkür-

[3] mit der Einheit Curie darf nicht die Einheit 1 Röntgen (1r) verwechselt werden. Im «Röntgen» misst man die Ionendosis. Diese ist für Schäden im lebenden Organismus verantwortlich. 1r = $1{,}6 \cdot 10^{12}$ Ionenpaare/g Luft.

zung der Lebenserwartung auf (wie sie ja bereits bei Röntgenärzten nachweisbar ist).

Die genetischen Strahlenschäden

Im Gegensatz zu den Schäden des Gesamtorganismus sind die genetischen Schäden nicht wieder aufhebbar. Sie verlaufen in Richtung einer Verschlechterung des Erbbildes und können erst in der zweiten und dritten Generation merkbar werden. Fest steht, dass es auf diesem Gebiet noch viele Probleme zu lösen gibt und noch viel biologische Forschungsarbeit zu leisten ist, bevor man über Mindest- und Maximaldosen verlässliche Angaben machen kann. Dr. Shield Warren, Vorsitzender der Patalog. Kommission der medizin. Fakultät der Haward-Universität, USA, äussert sich zur Frage der genetischen Toleranzangaben: «Jede Strahlungsmenge, auch die kleinste ist schädlich für die Fortpflanzungsorgane aller Lebewesen. Es kommt nicht auf die Einzeldosis, sondern auf ihre Summenwirkung an und jede Strahlenmenge verkürzt das Leben und das der Nachkommen». Auch das Max-Planck-Institut Frankfurt hat vor kurzem festgestellt: «Es gibt keine geringsten zulässigen Toleranzdosen im genetischen Sinn . . .»

Die Gefahr der Inkorporation

Die Schutzprobleme zur Verhinderung der Inkorporation radioaktiver Substanzen sind, wie schon erwähnt, schwierig zu lösen. Speziell die blutbildenden Organe, die sich in der Wirbelsäule und an einigen Knochen befinden, sind sehr strahlenempfindlich. Es gibt spezielle «Knochensucher». Dazu gehört das Radiostrontium (Sr 90) und das Plutonium (Pu 339). Sie lagern sich in den Knochen ab und beginnen hier ihre schädliche, lang andauernde Strahlung; die bei Sr 90 beispielsweise 28 Jahre dauert.

Die Gefährlichkeit der radioaktiven Strahlungen

Das Gefährliche an den radioaktiven Strahlungen ist in der Tatsache begründet, dass der Mensch kein Organ besitzt, diese Strahlen irgendwie zu spüren, so dass er auch nicht, wie bei anderen Einwirkungen, gewarnt werden kann. Oft treten die Wirkungen erst später zutage, wenn es bereits zu spät ist zu helfen. Hinzu kommt noch, dass sich die Strahlen im Körper summieren und meist nicht wieder gut zu machen sind. So können viele kleine Dosen, die über eine längere Zeit einwirken, doch noch zu einer Schädigung führen.

Der berufliche Strahlenschutz

Auf Grund der bisherigen Erfahrungen über die Wirkung ionisierender Strahlen hat man Richtwerte für die maximal zulässigen Strahlenmengen, sog. Strahlendosen festgelegt.
Noch vor einigen Jahrzehnten kannte man die Schäden durch radioaktive Strahlungen sehr unvollkommen; viele Forscher mussten dies mit ihrem Leben bezahlen. Im Jahre 1925 glaubte man, dass 1 r/Woche ein «sicherer» Wert sei, doch musste man bald auf 0,3 r reduzieren. Heute neigt man zur Wochendosis von 0,1 r in bezug auf den ganzen Körper. Auf Grund der Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) soll die zusätzlich zur natürlichen Belastung (Höhen- und Erdstrahlung) empfangene Jahresdosis 5 r nicht übersteigen.

Als Schutzmassnahme gegen äussere Strahlungen dienen die «biologischen Schutzwände» aus strahlenabsorbierendem Blei oder Beton und die laufende Überwachung des Bedienungspersonals. Schwierig ist besonders der Schutz gegen Neutronenstrahlung, da diese, bei künstlicher Atomumwandlung entstehenden Strahlen, leicht durch kleinste Spalten austreten können. Doch beherrscht man heute auch diesen Schutz; als Schutzwände werden solche mit Wasserstoffhaltigen Materialien und Borzusatz verwendet. Auch hinsichtlich der Inkorporation gibt man sich redlich Mühe, diese zu verhindern. Man hat hier eine Wochendosis im kritischen Organ von 0,3 r/Woche festgelegt.

Der Bevölkerungsschutz

Von Seiten der Behörden, der Atomtechniker und Bauherrn bemüht man sich, speziell in der Schweiz, um einen wirksamen Strahlenschutz und eine zweckmässige laufende Überwachung von Kernbetrieben.
Dabei bleibt es unbestritten, dass die energiereiche Strahlung, falls sie eine gewisse Dosis und Zeitdauer der Einwirkung erreicht, lebensbedrohend werden kann. Der springende Punkt liegt noch immer in der Unsicherheit über die zulässige genetische Dosis, die, falls sie zu hoch angesetzt wird, alle Schutzmassnahmen fragwürdig erscheinen lässt. Die Amerikaner besitzen hier, gestützt auf die statistischen Ergebnisse der Atombombenabwürfe in Japan und die Atombombenversuchsserien einige Erfahrungen. Amerikanische Experten gehen bei der Festlegung der maximal zulässigen genetischen Dosis von der Überlegung aus, eine Strahlungsmenge anzunehmen, die die natürliche Mutationsrate verdoppeln würde und kommen dabei auf eine «genetisch noch vertretbare» Maximaldosis von 50 r in 30 Jahren.[4] Wir werden bei der Betrachtung der «Natürlichen Strahlungsbelastung» hierauf noch zurückkommen.
Andere Schätzungen amerikanischer Genetiker halten Belastungen von 10 r in 30 Jahren für vertretbar und englische Gutachten sprechen bereits von 6 r in 30 Jahren. Man sieht, die Meinungen gehen noch stark auseinander. Umso mehr ist Vorsicht bei der Dosenzugrundelegung geboten (siehe auch die vorher erwähnte Feststellung des Max-Planck-Instituts über die Festlegung kleinster genetischer Dosen). Leider schenkt man der Frage der genetischen Strahlenbelastung, da momentan noch keine alarmierenden sichtbaren Folgen vorliegen, zu wenig Beachtung. Im folgenden Kapitel wollen wir uns der Wichtigkeit dieser Frage wegen, nochmals mit ihnen befassen.
Angesichts der Tatsache, dass sich die radioaktive Strahlung eines Reaktors die in die Umgebungsluft gelangt, nicht vollständig unterbinden lässt, fordert die amerikanische Atombehörde rund um ein Atomkraftwerk eine siedlungsfreie Zone von 24 km Radius (leider wird dies in Europa nicht immer eingehalten). Dies ist keine mutwillige Festlegung, sondern sie beruht auf statistischen Ergebnissen des Gesundheitsamtes (USA). Darnach sind die Fälle von Leukämie (Blutkrebs) innerhalb einiger km um den Reaktor um das 6fache gestiegen. Die Sterblichkeitsrate an Leu-

---

4 «Biological effects of atomic radiation report» — Akademie der Wissenschaften USA und VDI Zt 99 (1957) No 4 s. 163

kämie, Miss- und Fehlgeburten in der unmittelbaren Umgebung des relativ kleinen 48-MW-Reaktors Eurekl (USA) stieg um das 3fache, die Kindersterblichkeit um 38 %.

Die Strahlenbelastung durch die natürliche Strahlung

Tagaus tagein werden wir von der Höhen- oder kosmischen Strahlung mit einem Strahlenscheuer berieselt und auch von den in den Erdschichten eingeschlossenen, wenn auch geringfügigen, radioaktiven Stoffen bestrahlt. Dank der atmosphärischen Schutzhülle ist die auf die Erde auftreffende Höhenstrahlung, obschon es sich um sehr energiereiche Strahlen handelt, in ihrer Energiedichte ausserordentlich gering und daher auch unschädlich.
Englische Genetiker kommen in einem kürzlich veröffentlichten Bericht des englischen medizinischen Forschungsrates zu dem Ergebnis, dass die mittlere Strahlenbelastung der Gonaden[5] durch die natürlichen Strahlenquellen (bis etwa 500 m Höhe) rund 0,1 r pro Jahr oder während eines Menschenalters etwa 6–8 r beträgt. Mit zunehmender Höhe steigt die Intensität; in 4 km Höhe erreicht sie etwa den 3fachen Wert als auf Meereshöhe und erst über 1500 km wirkt sie tödlich. Da uns diese Strahlung nicht schadet, ja vermutlich lebensnotwendig ist, denn die Natur hat ja alles sehr weise eingerichtet, bietet sich eine gute Grundlage zu Überlegungen hinsichtlich der tragbaren genetischen Strahlendosis. Auf dieser Basis kommen englische Genetiker zum Schluss, dass die genetische Belastung der Gesamtbevölkerung, zuzüglich zur natürlichen Belastung, nicht höher als die doppelte Gonadendosis sein sollte, nämlich 6 r in 30 Jahren. Die Gesamtdosis entspricht dann etwa der natürlichen Strahlung in 4 km Höhe.

Der Atommüll

Diese harmlos tönende Bezeichnung für den «Atommüll» darf nicht über seine Gefährlichkeit hinwegtäuschen. Der Atommüll, der hauptsächlich aus den ausgebrannten und verarbeiteten Uranstäben besteht, enthält Radioisotope mit sehr langen Halbwertszeiten. Die heute entstehenden Abfälle müssen daher mehrere hundert Jahre lang strahlungssicher gelagert und durch Instrumente (Geigerzähler) überwacht werden. Es gibt leider kein Mittel, die radioaktive Strahlung abzustellen oder die Halbwertszeit zu verkürzen.

Wohin mit dem Atommüll?

Das ist die bange Frage, die sich die Techniker und Wirtschafter heute stellen müssen. Sie wird mit steigender Zahl Atomkraftwerke immer brennender. Man spricht nicht gern darüber und schiebt die Lösung am besten in die Zukunft . . . Momentan wird improvisiert. Die ersten englischen Atomkraftwerke schütteten den Müll sorglos ins Meer. Dies ist das sträflichste Unterfangen. Schon 1 Liter Atommüll genügen, um 1 Milliarde Liter Wasser zu verseuchen. Die Amerikaner packen den Müll nach Verarbeitung in Tanks aus chemisch sehr widerstandsfähigem Material und versenken ihn ins Meer, in Stauseen, verlassene Bergwerke und Cavernen. Heute lagern in den USA bereits 500 000 m^3 hochradioaktiver Abfälle, die sorgfältig kontrolliert werden müssen, aber auch die Behälter haben eine begrenzte Lebensdauer. Im Jahre 2000, so schätzt man, wird auf der ganzen Erde Müll vorhanden sein, der der Strahlung von 400 000 t Radium entspricht.
In diesem Zusammenhang drängt sich auch die Frage auf, welche Sicherungen in Katastrophenfällen, im Kriegsfall usw. gegeben sind und was einst mit den ausgedienten Kraftwerken, die ja nur auf einige Jahrzehnte bemessen sind, geschehen soll. Wahrscheinlich werden sie, wie einst die Ritterburgen, stumme, aber «strahlende Ruinen» darstellen. Alles dies bedarf noch einer Lösung.

Folgerungen und Ausblicke

Die stürmische Entwicklung der Atomkraftwerke ist nicht mehr aufzuhalten. Die bereits investierten Milliarden Kapitalien drängen auf Verzinsung. Die Gefahren, welche Atomkraftwerke, ganz allgemein, mit sich bringen, können aber gemildert werden, wenn die Entwicklung nicht überstürzt wird und erst noch genügend Erfahrungen hinsichtlich der Strahlenauswirkungen und Genschäden gesammelt werden. Sicherheit und Gesundheit des Menschen sollten vor allen Rentabilitätsforderungen stehen. Die Planung von Atomkraftwerken sollte nicht ausschliesslich Technikern und Wirtschaftern überlassen werden, sondern in engem Zusammenwirken mit Experten anderer Wissensgebiete und Organisationen, vor allem Biologen und Medizinern und auch Vertretern der Naturschutzverbände und Militärbehörden erfolgen.
Es ist leider die Tragik des Menschengeschlechts, dass die Entwicklung seiner Ethik vielfach hinter dem Fortschritt des Intellekts nachhinkt. Dieser Meinung war auch der grosse Ethiker Albert Schweitzer, wenn er bekannte: «Es ist eine gefährliche Welt in der wir leben, der Mensch beherrscht die Natur, bevor er gelernt hat, sich selbst zu beherrschen».

Roland Hübner

Empfehlenswerte Literatur:

Broschüre: Energieversorgung, A. Mathis, Verlag des schweizer. Metall- und Uhrenarbeiterverbandes, 3007 Bern, Monbijoustrasse 61
Broschüre: Leben und Atomenergie, Ernst Wahli, Verlag Gewerbeschüler, Sauerländer AG, Aarau

5 Keimdrüsen