

Atomenergie und Biosphäre

Die Problematik der Radioaktivität in unserer Umwelt

Von Dr. Peter Weish,

Institut für Experimentelle Zoologie der Hochschule für
Bodenkultur, Wien, vormals

Institut für Strahlenschutz, Reaktorzentrum Seibersdorf

Vortrag, gehalten am 24. März 1971 *) in der Vor-
tragsreihe Umweltschutz im Hörsaal 50 der Universität
Wien

Die Folgen der Eingriffe des Menschen in seine Umwelt haben ein Ausmaß erreicht, das uns berechtigt heute von einer Umweltkrise zu sprechen. Die naturzerstörenden Auswirkungen einer nur auf ökonomischen Erfolg ausgerichteten Industrie und Wirtschaft sind besonders deutlich im Land des Fortschritts, in den Vereinigten Staaten von Amerika, festzustellen, aber auch in Europa ist die Situation stellenweise nicht viel besser.

*) Im Sinne der Aktualität sind einige Stellungnahmen, die zwischen Vortrag und Drucklegung abgegeben wurden, in das Manuskript aufgenommen worden.

Der entscheidende Fehler der Vergangenheit war das glatte Übersehen der unmittelbaren und mittelbaren Auswirkungen auf den Lebensraum, die aus der überproportionalen Ausweitung einzelner Technologien resultieren.

Als zwingende Forderung der Vernunft ergibt sich daher: Jede auf den ersten Blick auch noch so bestechende Technologie ist sorgfältig auf ihre Großraum- und Langzeitwirkung auf die Biosphäre zu überprüfen, bevor sie in großem Maßstab industrielle Anwendung finden soll, um in Zukunft ähnliche, möglicherweise nicht mehr gutzumachende Fehler zu vermeiden.

In diesem Sinne soll nun an Hand von Beispielen erörtert werden, in welcher Weise die industrielle Anwendung der Kerntechnik unsere Umwelt bis jetzt beeinflußt hat und in Zukunft noch beeinflussen wird.

Um die Zusammenhänge aufzuhellen, muß eine Reihe von Bereichen berücksichtigt werden wie z. B. Strahlenphysik, Radiochemie, Strahlenbiologie, Genetik, Fragen der Ökologie und Evolution, sowie eine Fülle technischer Daten; dies bedingt aber auch, daß vieles hier nur andeutungsweise behandelt werden kann.

Die natürliche Strahlenbelastung

Für die Organismenwelt bildet ionisierende Strahlung schon seit jeher einen wesentlichen Um-

weltfaktor. Sie setzt sich zusammen aus der kosmischen Strahlung, die die Erde aus dem Weltall erreicht und aus der Strahlung der natürlich vorkommenden radioaktiven Isotope. Dabei handelt es sich um instabile Nuklide (Atomarten definierten Kernaufbaues) mit Halbwertszeiten in der Größenordnung geologischer Zeiträume, wie etwa das K-40 (HWZ: 1.27×10^9 Jahre), die seit Entstehung der Elemente noch nicht vollständig zerfallen sind bzw. um Tochterprodukte dieser Nuklide.

Durch Einwirkung der kosmischen Strahlung entstehen auch in der Atmosphäre Radionuklide wie z. B. Tritium und Kohlenstoff-14. Ihre Aktivität ist allerdings sehr niedrig und die Zerfallsenergie, die für die Strahlenwirkung wesentlich ist, außerordentlich gering. Die kosmische Strahlung sowie die Alpha-, Beta-, und Gammastrahlung aus radioaktiven Nukliden verursachen in der belebten Materie Ionisationen und Radikalbildungen, auf denen letztlich die biologischen Strahlenwirkungen beruhen.

Für eine Bestrahlung des Körpers von außen her, ist vor allem die durchdringende Gammastrahlung von Bedeutung, während die Beta- und Alphastrahlung infolge der viel rascheren Energieabgabe und damit geringeren Reichweite (Gamma : Beta : Alpha $\approx 10\,000 : 100 : 1$) nicht tief in den Körper eindringen. Bei Inkorporation von radioaktiven Stoffen sind allerdings Alphastrahler durch ört-

lich besonders dichte Ionisation am wirksamsten und Betastrahler viel wirksamer als Gammastrahler.

Ein einziger radioaktiver Zerfall mit seiner ionisierenden Strahlung reicht aus, Molekül- bzw. Strukturveränderungen in den Chromosomen des Zellkernes hervorzurufen. Eine einzige solche Veränderung kann im Zuge der Nucleinsäure-Biosynthese bewirken, daß alle nachfolgenden Tochterzellen an der betreffenden Stelle atypische Verknüpfungsmuster aufweisen, die Störungen der von diesen Abschnitten gesteuerten Stoffwechselprozesse nach sich ziehen. Treten Strukturveränderungen in den Chromosomen von Keimzellen auf, dann weist der daraus entstehende Organismus erbliche Veränderungen, das heißt Mutationen, auf.

Die natürliche Strahlenbelastung, die gebietsweise sehr verschieden ist, von der Beschaffenheit der Erdkruste sowie der Seehöhe abhängt und durchschnittlich etwa 110 mR¹⁾/Jahr beträgt (31) ist für einen Teil der spontanen Mutationsrate verantwortlich.

Diese spontan auftretenden Erbänderungen haben auch als wichtigste Ursache der Variationsbreite innerhalb einer Population nach der moder-

¹⁾ 1 mR (Milliröntgen) = 0,001 Röntgen (Einheit der Strahlendosis); gebräuchlicher sind heute „rad“ (radiation absorbed dose) und „rem“ (radiation equivalent man).

nen Evolutionstheorie — in Verbindung mit komplizierten Vorgängen der Isolation und der natürlichen Auslese — die Stammesentwicklung der Organismen ermöglicht.

Mit zunehmender Komplexität der Lebewesen im Laufe der Evolution, bei der stets die günstigeren Genkombinationen bevorzugt waren, hat allerdings die Wahrscheinlichkeit abgenommen, daß eine Mutation als zufällige, richtungslose Veränderung des Erbgutes einen Selektionsvorteil für ihren Träger darstellt. Bei weitem überwiegen Vitalitätsverluste — von unspezifischen Veränderungen, wie es Enzymdefekte sein können, über verschiedenste auffällige Stoffwechselkrankheiten sowie Instinktanomalien bis zu Letalfaktoren (10).

Bei natürlichen Populationen besteht ein Fließgleichgewicht zwischen den durch die spontane Mutationsrate auftretenden Defektanomalien und der natürlichen Auslese. In der Zivilisation ist dagegen die natürliche Auslese extrem verringert und es kommt allein schon auf Grund der durch die natürliche Umweltstrahlung mitbedingten spontanen Mutationsrate zu einem Anstieg von Erbschäden. Da wir Gründe für die Annahme haben, daß auch niedrigste Strahlendosen Krebs hervorrufen können (s. u.) und daher ein Teil der spontanen Krebshäufigkeit auf die natürliche Strahlenbelastung zurückgeführt werden kann, ist es selbst-

verständlich, daß die natürliche Strahlenumwelt für den Menschen obwohl unvermeidbar, so doch nicht harmlos ist.

K ü n s t l i c h e i o n i s i e r e n d e S t r a h l u n g

Schon bald nach der Entdeckung der Röntgenstrahlung, die ebenso wie die Strahlung eines radioaktiven Isotopes Ionisationen hervorruft und deren biologische Wirkung daher streng vergleichbar ist, wurden die Schäden hoher Dosen bekannt, z. B.: Hautverbrennungen, Haarausfall als somatische Frühschäden, Erblindung, Hautkrebs und andere bösartige Neubildungen als Spätfolgen der Strahlenanwendung.

Im Jahre 1927 entdeckte der Genetiker H. J. MULLER die mutagene Wirkung der ionisierenden Strahlen an der Essigfliege *Drosophila* und erhielt dafür 1946 den Nobelpreis. Seit dieser Zeit wurden an zahlreichen Organismen mit kurzer Generationsdauer bedeutende Erkenntnisse der Strahlengenetik gewonnen. Die wesentlichen Gesetzmäßigkeiten sind allgemein gültig und dementsprechend auch auf den Menschen anwendbar: Die Zahl der Erbänderungen ist der Strahlendosis ohne Schwellenwert proportional (siehe z. B. Abb. 1).

Die einmal eingetretenen chemischen Veränderungen in den Erbträgern sind nicht mehr rückgängig zu machen. Dadurch wird es verständlich, daß sich die genetische Wirkung selbst kleinster

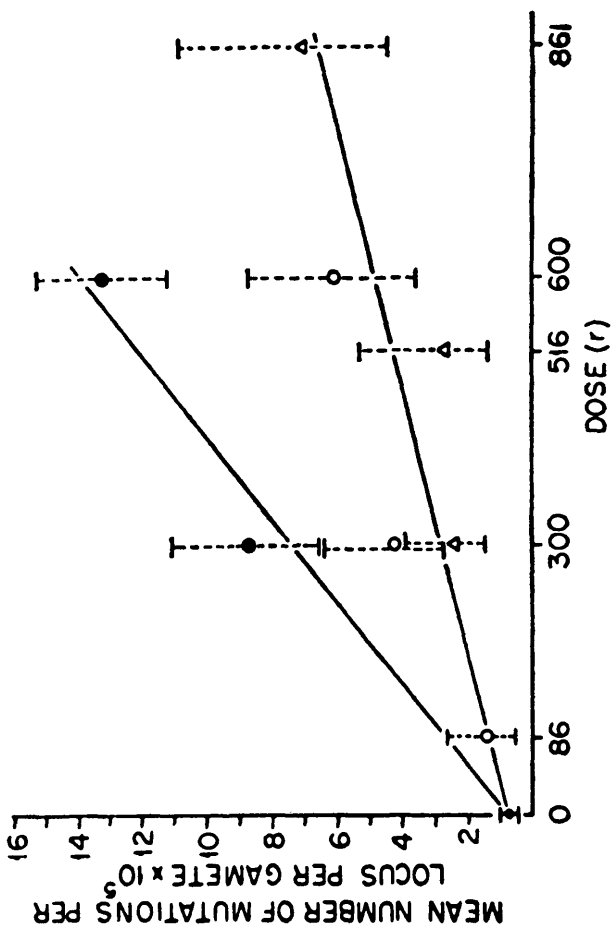


Abb. 1: Mutationsrate von 7 Genen der Maus. 90 R/min Röntgenstrahlen (●), 0,009 R/min Co-Gammastrahlen (○), 0,001 R/min Co-Gammastrahlen (Δ). Nach RUSSEL aus (2). Dabei ist zu beachten, daß die Wirkung der niedrigsten Dosisrate im Vergleich zu der um den Faktor 9 erhöhten, nicht signifikant verschieden ist.

Strahlenmengen über längere Zeiträume summiert. Die Hoffnung auf eine geringere oder gar fehlende Wirkung niedriger Strahlenintensitäten (stark protrahierte Bestrahlung) ist in dem für uns besonders interessanten niederen Dosisbereich weder experimentell gestützt, noch theoretisch zu erwarten, es gibt auch unter diesen Bedingungen keine Dosis ohne jegliche Wirkung (2, 5, 25).

Nach der Entdeckung der Uranspaltung im Jahre 1938 wurde die Kernphysik im Hinblick auf ihre Kriegswichtigkeit mit großem finanziellen Einsatz vorangetrieben. Das Ziel war die Konstruktion von Reaktoren und Atombomben. Die ersten Reaktoren dienten vor allem zur Erzeugung von Plutonium, das als Bombensprengstoff verwendet wurde und wird. Die erste Atombombe, die auf Hiroshima fiel, war eine U-235 Bombe, die zweite, über Nagasaki abgeworfene, hatte einen Plutoniumsprengsatz. Es folgte die Zeit des atomaren Wettrüstens und der Atombombentests. Hatte bis dahin der militärische Aspekt im Vordergrund gestanden, begann man nun die Atomenergie unter dem Schlagwort: „atoms for peace“ (richtig sollte es heißen: „atoms for industry“) auf die Wirtschaft umzuorientieren. Hinter dieser Entwicklung stand der Wunsch, die (für den Krieg) aufgebaute Industrie weiter auszulasten bzw. an ökonomischen Gesichtspunkten zu orientieren. Daneben spielten auch Motive eine Rolle, die der ehemalige Direktor des

Oak Ridge National Laboratories, Alvin WEINBERG, etwa folgendermaßen charakterisierte: „Es ist verständlich, daß die Menschen guten Willens bestrebt sind, die positiven Aspekte der Atomenergie auszubauen, einfach deshalb, weil die negativen Aspekte so entmutigend sind“ (46, S. 489).

Daß am Beginn dieser Entwicklung nicht lauterer Fortschrittsoptimismus stand, geht schon allein aus der Tatsache hervor, daß der Nobelpreisträger H. J. MULLER im Rahmen der 1955 in Genf abgehaltenen „First International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy“ sein Referat über genetische Strahlenwirkungen nicht halten durfte (1, S. 127).

Neben der nuklearen Rüstung wurden in der Folgezeit vielfältige Programme zum industriellen Einsatz der Atomenergie ausgearbeitet, vom Leuchtzifferblatt bis zu Atombombenexplosionen zu „friedlichen Zwecken“ im Rahmen des PLOW-SHARE-Programms.

Im Vordergrund stehen die Leistungsreaktoren zur Erzeugung elektrischer Energie. Dabei ist in einer für den Physiker nicht recht befriedigenden Weise der Reaktor als Energiequelle mit einer Dampfmaschine gekoppelt, deren Wirkungsgrad bekanntlich kaum besser als 30% ist. Zwei Drittel der Atomenergie werden daher als Abwärme an die Umwelt, meist an die Fließgewässer, abgegeben.

Die Folgen der Erwärmung können für die Bionosen der Binnengewässer tiefgreifende Folgen haben (4). Temperaturerhöhung vermindert die Gaslöslichkeit und damit den Sauerstoffgehalt der Gewässer, umgekehrt wird der Stoffwechsel und damit der Sauerstoffverbrauch bei höheren Temperaturen intensiviert. Während bei konventionell-thermischen Kraftwerken ein beachtlicher Teil der Wärme über den Schlot entlassen wird, geben Kernkraftwerke die gesamte Wärmemenge in die Gewässer ab. Wirtschaftliche Erwägungen zielen bei Kernkraftwerken auf die Errichtung außerordentlich großer Produktionseinheiten ab. Dies führt zu einer örtlich schwerwiegenden thermischen Belastung mit einschneidenden Schädigungen der Lebensgemeinschaften. Vom Hudson-River liegen bereits einschlägige Erfahrungen vor: im Jahr 1963 kam es bei dem Kernkraftwerk INDIAN POINT zu einem größeren Fischsterben. Die danach ergriffenen Maßnahmen sollten eine Wiederholung verhindern. Dennoch kam es im Jänner 1970 zu einem weiteren Fischsterben und deshalb zu einer vorübergehenden Stilllegung der Anlage (18, S. 188).

Zur Abschätzung der Auswirkungen der industriellen Nutzung der Atomenergie auf die Umwelt dürfen die Kernkraftwerke nicht isoliert betrachtet werden, wie dies leider nur allzuoft der Fall ist, sondern es muß der gesamte Bereich der damit im Zusammenhang stehenden Industrie be-

rücksichtigt werden. Abb. 2. zeigt ein Schema der Kerntechnik. Am Beginn dieser Industrie steht der Uranbergbau. Nach der Abtrennung des Urans

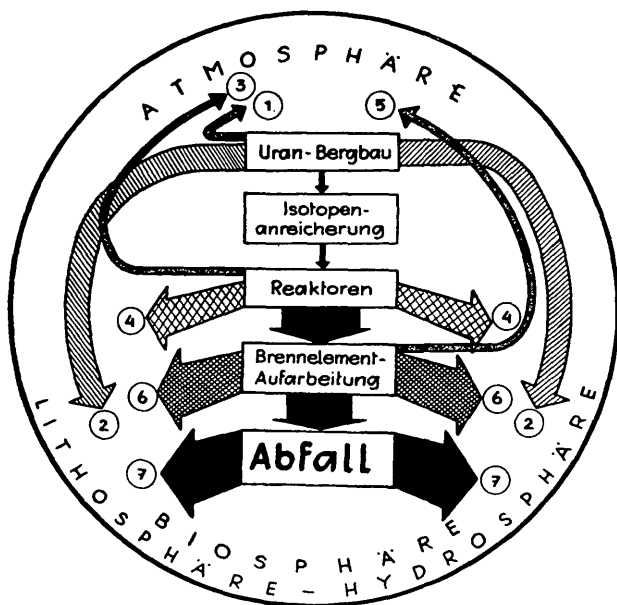


Abb. 2: Vereinfachtes Schema der Kernindustrie

1) Radon (Emanation) aus natürlichen Zerfallsreihen, zum Teil an Aerosole gebunden, 2) Abfallerze (tailings), 3) radioaktive Spaltprodukte in den Abgasen, 4) nieder- und mittelaktive Abfälle in flüssiger und fester Form, 5) radioaktive Spaltprodukte in den Abgasen, 6) aktive Abwässer der Kernbrennstoff-Aufbereitungsanlagen, 7) Umweltkontamination mit hochaktivem Atommüll als Folge der Lagerhaltung.

bleiben große Mengen Abfallerze übrig, die die radioaktiven Uran-Folgeprodukte enthalten. Die bis heute allein in den Vereinigten Staaten angesammelte Menge beträgt mehr als 30 Millionen Tonnen und wächst ständig weiter (28, S. 136). Die große Oberfläche dieser gemahlenen und chemisch aufgeschlossenen „tailings“, die als ausgedehnte Halden gelagert werden, erleichtert die Erosion und das Eindringen der radioaktiven Stoffe in den Boden und die Oberflächengewässer. Dabei ist es vor allem das langlebige Radium-226 (HWZ: 1622 Jahre), das von den Organismen angereichert und gespeichert wird und damit diese Abfallhalden zu einem Umweltfaktor ersten Ranges werden läßt (45).

Die Berufskrankheit der Uranbergleute ist Lungenkrebs, hervorgerufen durch Einatmen des radioaktiven Edelgases Radon-222, das ebenfalls aus den Abfallerzen frei wird.

In einem aufwendigen Isotopentrennverfahren wird das spaltbare Uran-235, das nur zu 0,7% im Uran-238 enthalten ist, angereichert. Im Kernreaktor werden dann nur ungefähr 60% des spaltbaren Urans ausgenützt, dann machen die Neutronenabsorption in den entstandenen Spaltprodukten und damit die Reaktivitätsabnahme den Austausch der Brennelemente notwendig. Dazu kommt die begrenzte Widerstandsfähigkeit der Brennelementwerkstoffe unter Neutronenbestrah-

lung, thermischer Wechselbeanspruchung und Hitze-dauerbelastung.

Die erschöpften Brennstäbe werden anschließend in Aufbereitungsanlagen transportiert, wo die bis dahin meist dichten Hüllen der Brennelemente entfernt werden und deren Inhalt — vorwiegend in Salpetersäure bzw. Flußsäure — gelöst wird. Das Uran und das im Reaktor entstandene Plutonium wird von den hochradioaktiven Spaltprodukten (nach 100 Tagen Abklingzeit etwa 1000 mal so radioaktiv wie Radium selbst) abgetrennt, um erneut in den Brennstoffzyklus eingeschleust zu werden (20). Dieser Abschnitt der Kerntechnik, der untrennbar mit dem Betrieb von Reaktoren verbunden ist, belastet die Umwelt durch Abgase und Abwässer mit wesentlich höheren Aktivitäten, als der eigentliche Kernreaktor unter normalen Betriebsverhältnissen.

Die Behandlung der Abfälle, die in ungeheuren Quantitäten anfallen, bildet ein ernstes, bis heute weder theoretisch noch praktisch zufriedenstellend gelöstes Problem (15, S. 380). Die stark salpetersauren Lösungen beginnen infolge von Selbsterwärmung (Absorption von Betastrahlung) zu sieden und müssen dauernd gekühlt werden. Durch Einblasen von Preßluft in die Tanks muß das Absetzen fester Bestandteile, das zu örtlicher Überhitzung mit explosionsartigem Verdampfen des

radioaktiven Behälterinhalts führen würde, verhindert werden.

Den langen Halbwertszeiten vieler Spaltprodukte steht die beschränkte Beständigkeit des Behältermaterials unter dem Einfluß der Säure und der Strahlenkorrosion gegenüber. Die Beaufsichtigung und die Kontrolle allein der bis heute produzierten radioaktiven Abfälle wird unsere Nachkommen noch generationenlang beschäftigen.

Für das Jahr 2000 wird, eine kontinuierliche Entwicklung der Kernenergieproduktion vorausgesetzt, eine tägliche Produktionsrate an Spaltprodukten von 3000 kg (bzw. 3 Milliarden Curie nach 100 Tagen) vorausgesagt (21), oder anders ausgedrückt, der jährliche Spaltprodukt-Ausstoß hätte ein Ausmaß von rund 1 Billion Curie. Diese künstlich in einem einzigen Jahr produzierte Radioaktivität kann man sich am besten veranschaulichen, wenn man sie sich in allen Weltmeeren gleichmäßig verteilt vorstellt. In jedem Kubikmeter Seewasser würden dann 1,5 Millionen Zerfallsakte pro Minute stattfinden, was einer Verdreifachung der heutigen natürlichen Radioaktivität gleichkäme. Obwohl man von der Versenkung hochaktiver Abfälle ins Meer immer mehr Abstand nimmt, werden noch immer mittlere und niedere Aktivitäten auf diese billigste Weise „beseitigt“ (18, S. 82). Unter dem Einfluß der Strahlenkorrosion und der Wirkung des Seewassers werden die zunächst dach-

ten Behälter angegriffen und die Radionuklide gelangen in die Biozyklen.

Von FELDT (1968) wurden im Rahmen von Untersuchungen des Atlantiks radioaktiv kontaminierte Tiefseeorganismen nachgewiesen (8). Die von den marinen Organismen gespeicherte Radioaktivität kann sich in vielfältiger Weise auswirken. Einerseits gelangen die akkumulierten Radionuklide zum Menschen, der in vielen Fällen das Endglied von Nahrungsketten darstellt, wie z. B. bei der Hochseefischerei, andererseits werden die empfindlichsten Glieder dieser Ketten selbst geschädigt. In neueren Untersuchungen (33) wurde festgestellt, daß Fischeier außerordentlich strahlenempfindlich sind und daß die Kontamination der Gewässer mit künstlicher Radioaktivität zu Schäden in den Fischbeständen führt.

Unter den Spaltprodukten befinden sich auch sehr langlebige Nuklide hoher biologischer Wirksamkeit, wie z. B. Jod-129 (HWZ: $1,7 \times 10^7$ Jahre, 1% Isobarenausbeute bei der Uranspaltung), das KEISCH et al. 1965 in der Biosphäre bestimmt hat und das in den Organismen (beim Wirbeltier in der Schilddrüse) angereichert und gespeichert wird.

Wenn auch nur ein Bruchteil der künstlich erzeugten Radioaktivität außer Kontrolle gerät, was in der Praxis unvermeidbar ist und auch von maßgebenden Befürwortern der Kerntechnik keineswegs in Abrede gestellt wird (6), dann werden ge-

rade jene langlebigen Radionuklide im Laufe längerer Zeiträume in der Umwelt akkumuliert und sie bewirken die chronische, irreversible Radiointoxikation der Biosphäre. Im Mineralstoffwechsel der Organismen ermöglichen spezielle Ionenpumpenmechanismen die Aufnahme und Anreicherung lebensnotwendiger Spurenelemente aus der Umwelt. Manche Radiolarien reichern in ihrem Skelett, das aus Coelestin (SrSO_4) aufgebaut ist, das Strontium aus dem Meerwasser um den Faktor 35 000 an (29). Von Ascidien ist bekannt, daß der Vanadinegehalt ihres Blutes sehr hohe Werte erreicht, wobei der Anreicherungsfaktor in der Größenordnung von 10 Millionen liegt. Chemisch nahe verwandte Elemente werden von den Organismen oft nicht unterschieden und folgen ähnlichen Anreicherungsschritten. Radioaktive Nuklide aus Gewässern, in denen die Konzentration des inaktiven Elementes bzw. der verwandten Elemente gering ist, können besonders stark angereichert werden (Abb. 3).

In Tabelle 1 sind die Anreicherungsfaktoren einiger biologisch bedeutsamer Radionuklide enthalten. Da sie infolge unterschiedlicher Lebensbedingungen der Organismen einer gewissen Variation unterliegen, müssen sie in jedem Biotop gesondert gewissenhaft untersucht werden. Für die Frage der Verteilung künstlicher Radioaktivität in der Bio-

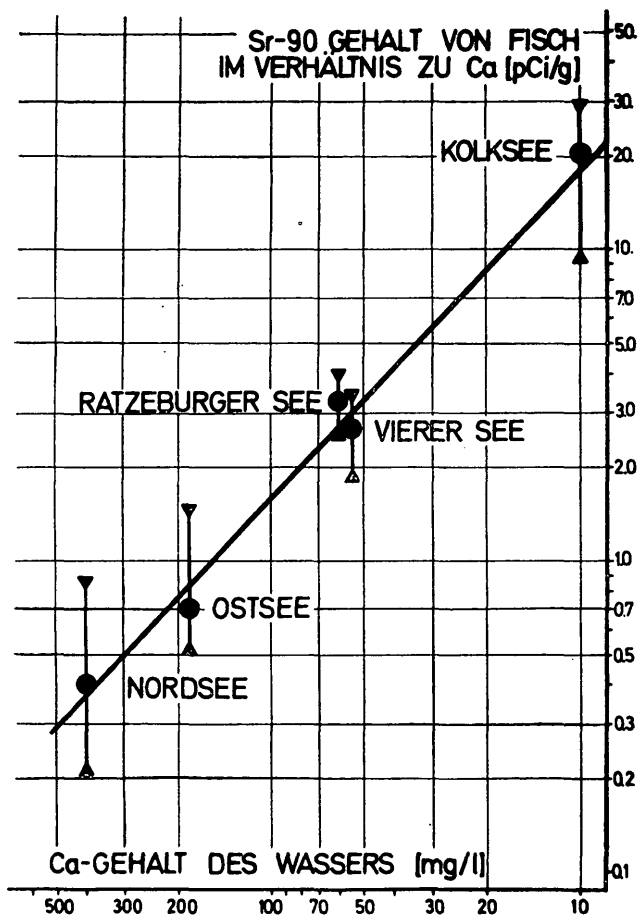


Abb. 3: Strontium-90 Kontamination von Fischen in Abhängigkeit vom Calciumgehalt des Gewässers (nach FELDT 1966, S. 186).

Tabelle 1: Konzentrationsfaktoren verschiedener Radionuklide in Wasserorganismen (nach KRUMHOLZ u. FOSTER 1957).

Radio-nuklide	Gewässer	Phyto-plankton	Faden-algen	Insekten-larven	Fische
^{24}Na	Columbia-River	500	500	100	100
^{64}Cu	Columbia-River	2000	500	500	50
Seltene Erden	Columbia-River	1000	500	200	100
^{59}Fe	Columbia-River	200000	100000	100000	10000
^{32}P	Columbia-River	200000	100000	100000	100000
^{32}P	White Oak Lake	150000	850000	100000	50000
^{90}Sr — ^{90}Y	White Oak Lake	75000	500000	100000	25000

sphäre sind die Nahrungsnetze (Abb. 4) und Stoffkreisläufe zu berücksichtigen (23).

Die globale Verbreitung naturfremder Stoffe, wie z. B. der stabilen Insektizide führt uns die Wirksamkeit des Stoffaustausches in der Biosphäre drastisch vor Augen und wir können daraus schließen, daß auch die Verteilung der vom Menschen geschaffenen künstlichen Radioaktivität, vor allem was ihre langlebigen und biologisch bedeutsamen Komponenten betrifft, nur eine Frage der Zeit ist.

— 97 —

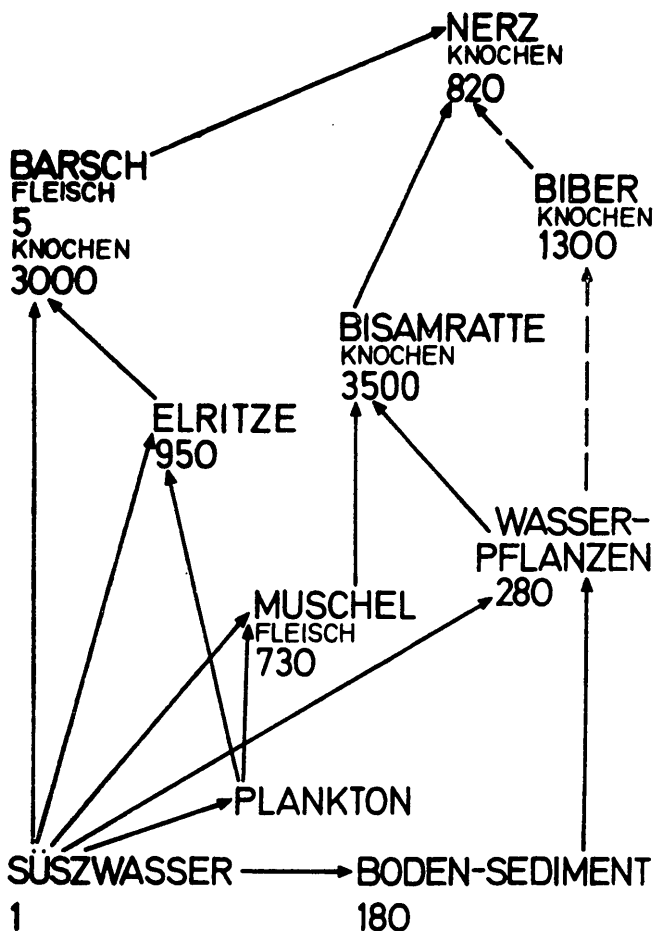


Abb. 4: Anreicherungsfaktoren von Strontium-90 im Nahrungssystem eines Süßwassersees (nach OPHEL 1962).

Im Gegensatz zum Reaktor, wo die Spaltprodukte allmählich entstehen, werden sie von einer Atombombe in Sekundenbruchteilen in Freiheit gesetzt und gelangen zum Teil in die höchsten Schichten der Atmosphäre. Durch Aktivierung des Luftstickstoffes mit Neutronen entsteht in nicht geringen Mengen (ungefähr 8 kg pro Megatonne Explosionskraft) Kohlenstoff-14. Wie die Abb. 5 zeigt, hat die Konzentration des C-14 in der Atmosphäre nach einer Periode der Abnahme, hervorgerufen durch seine Verdünnung mit inaktivem CO₂ aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe (SUESS-Effekt) infolge der künstlichen Kernspaltung deutlich zugenommen.

Die fein verteilten Partikel der radioaktiven Spaltprodukte werden wegen ihrer Wirkung als Kondensationskeime bevorzugt mit den Niederschlägen abgelagert (Abb. 6, 7). Dieser „fallout“ der Atombomben hat zu einem weltweiten merklichen Anstieg der Umweltradioaktivität geführt.

Schon 1958 hat Nobelpreisträger Linus PAULING in Übereinstimmung mit anerkannten Genetikern errechnet (31), daß Atombombenversuche im Umfang von 1958 eine Zunahme der Mutationshäufigkeit von 1% zur Folge haben und dementsprechend auf der Welt jährlich eine zusätzliche Zahl von 15 000 Kindern mit schweren erblichen Schäden geboren werden. Er weist darauf hin, daß die Spaltprodukte einer einzigen Superbombe 15 000 Kinder

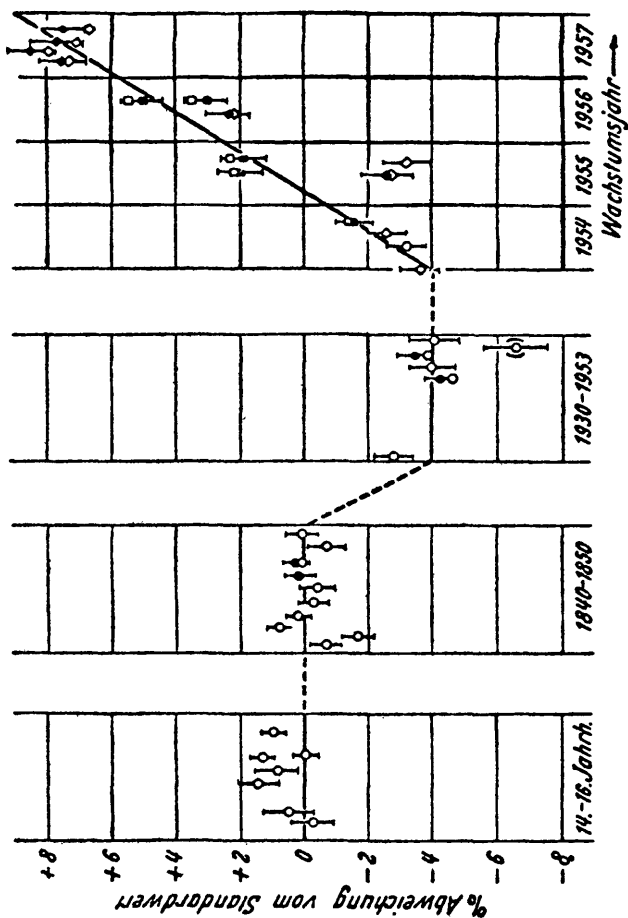


Abb. 5: Prozentuale Veränderung des relativen Kohlenstoff-14-Gehaltes von Pflanzen in Mitteleuropa (MÜNNICH und VOGEL 1958).

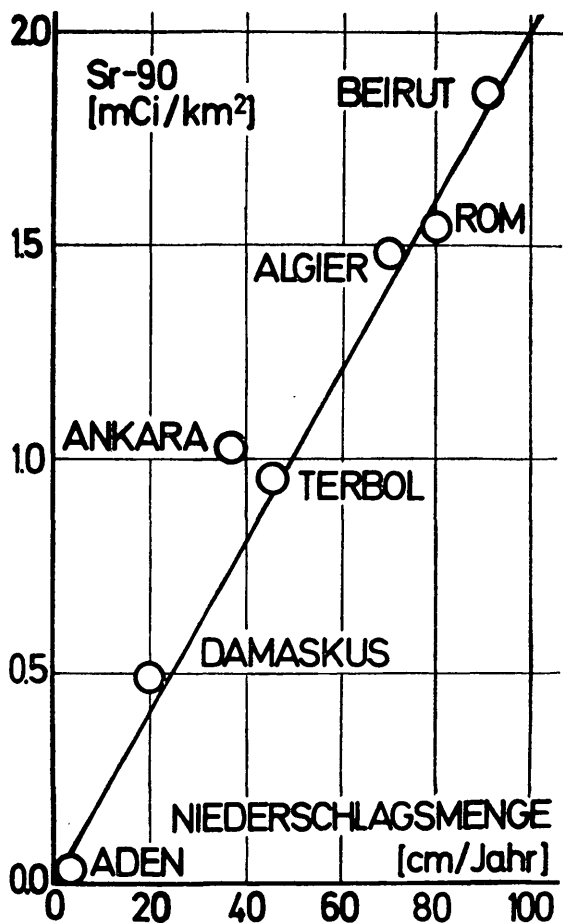


Abb. 6: Strontium-90-Ablagerung auf der Erdoberfläche in Abhängigkeit von der Jahresniederschlagsmenge im Mittelmeerraum (nach LIBBY 1957).

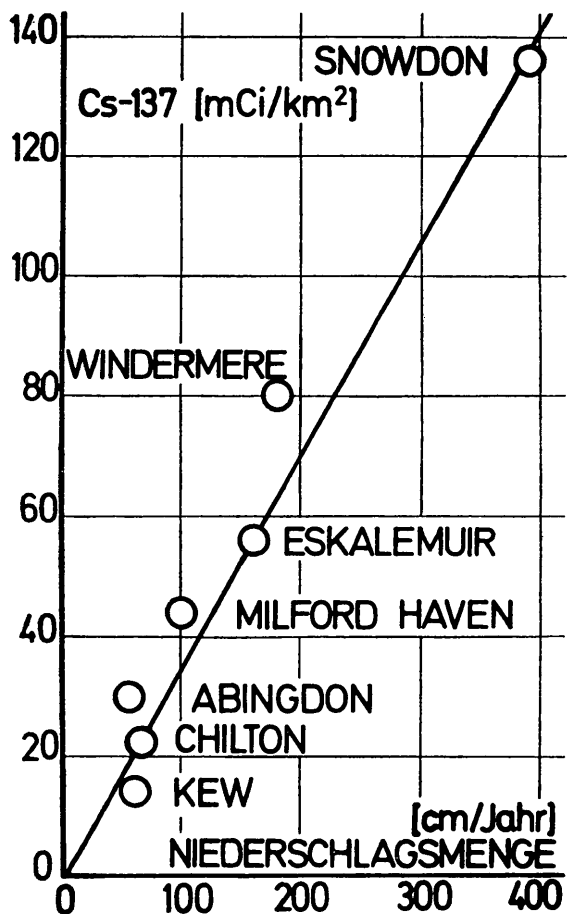


Abb. 7: Caesium-137-Ablagerung auf den Britischen Inseln in Abhängigkeit von der Jahresniederschlagsmenge (nach PEIRSON und SALMON 1959).

zu einem Leben des Elends und einem frühen Tod verdammen.

Die Bemühungen PAULINGS, unterstützt von vielen Forschern, die sich ein Gewissen im Wissen bewahrt haben, waren maßgeblich an der Verwirklichung des Atombombentest-Stopps beteiligt. Dafür wurde ihm der Friedensnobelpreis 1962 zugesprochen.

Die theoretischen Überlegungen von Linus PAULING sind auch heute voll gültig und trotz der Beendigung der Atombombenversuche im Hinblick auf das PLOWSHARE-Programm und andere Bereiche der Kerntechnik aktuell geblieben.

Vor einiger Zeit veröffentlichte E. J. STERNGLASS²⁾ Statistiken über die Auswirkungen der Atombombentests auf die Kindersterblichkeit (37). Abb. 8 zeigt die Abnahme der Kindersterblichkeit in den USA und Schweden von 1935—1970. Die Abweichungen der Kindersterblichkeit von den berechneten Regressionslinien nach oben hin, werden vom Autor als Auswirkungen des Atombombenfallouts gedeutet. Man beachte das weitere Absinken der Kurven nach Beendigung der Testserien. Diese und eine ganze Reihe anderer STERNGLASS-Befunde, die in erster Linie von Seiten der Atomenergiekommission (AEC) auf heftigen Wider-

²⁾ Dr. E. J. STERNGLASS ist Professor der Radiologie an der Universität Pittsburgh.

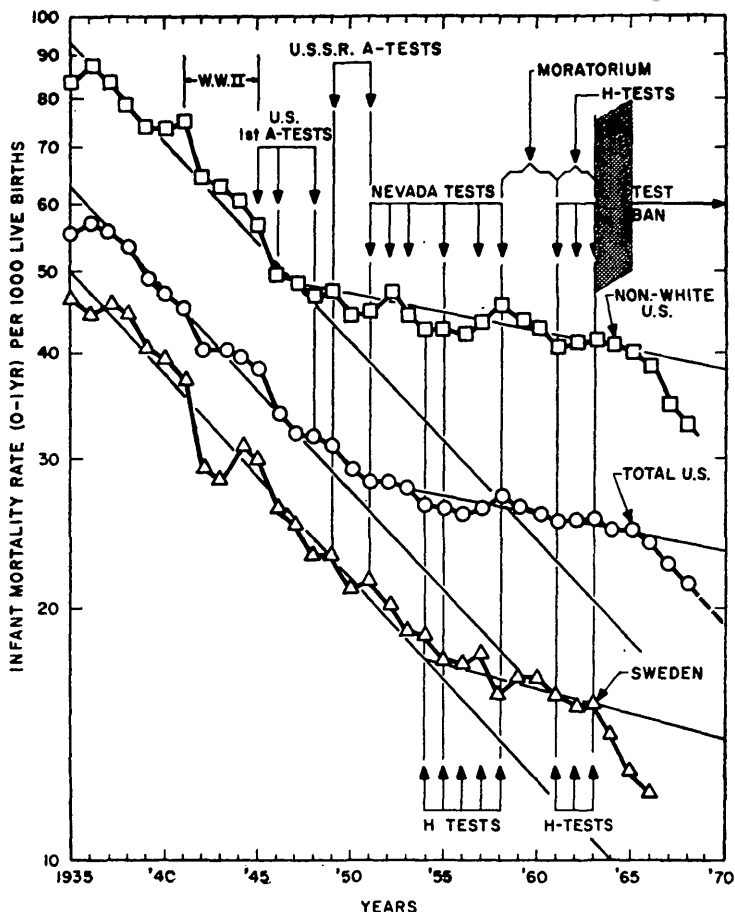


Abb. 8: Die Kindersterblichkeitsrate (bis zu einem Jahr) in den gesamten Vereinigten Staaten, bei deren nichtweißer Bevölkerung und in Schweden. Die 1965—1967 beginnende Abnahme hat in den USA angehalten und erreichte 1970 für die Gesamtbevölkerung 20 pro 1000 Geburten (U. S. Vital Statistics) (nach STERNGLASS).

spruch gestoßen sind, haben eine Kontroverse ausgelöst, die bis heute noch nicht abgeschlossen ist.

Eine detaillierte Kritik stammt von A. R. TAMPLIN³⁾, der auf Grund anderer Einschätzung verschiedener Parameter zu einer wesentlich geringeren Kindersterblichkeit kam. Hatte STERNGLASS auf Grund seiner Statistiken die Zahl der insgesamt an den Folgen des Fallouts gestorbenen Kinder und Föten mit 400 000 angegeben, war die Schätzung von Tamplin um den Faktor 100 geringer (42), was den überwiegend merkantilen Interessen der AEC entgegen kam, ohne sie jedoch wegen der verbleibenden Todesfälle befriedigen zu können.

In der wissenschaftlichen Diskussion sind Unterschiede um den Faktor 100 speziell bei Schätzungen, in die noch ungenügend bekannte Parameter eingehen, nicht selten und in den meisten Fällen zeigt sich, daß die „Wahrheit in der Mitte“ zu suchen ist.

Die Auseinandersetzung hat inzwischen neue Nahrung durch weitere STERNGLASS-Befunde erhalten (38, 39), in denen die Zunahme der Kindersterblichkeit in der Umgebung von Kernkraft-

³⁾ Dr. A. R. TAMPLIN leitete im Rahmen des „Biomedizinischen Programms“ der AEC seit 1963 am Lawrence Strahlenlaboratorium in Livermore ein Arbeitsteam zur Abschätzung der Gefährdung der Bevölkerung durch Radioaktivität aus den verschiedenen AEC-Programmen.

werken und kerntechnischen Anlagen mit dem radioaktiven Ausstoß dieser Betriebe korreliert werden konnte. Somit wurden von STERNGLASS in verschiedenen Bereichen vergleichbare Veränderungen nachgewiesen und die Möglichkeit eines Irrtums wesentlich verringert.

Leider hat man sich mit diesen ernststen Problemen nicht immer mit der notwendigen Gewissenhaftigkeit auseinandergesetzt und hat sich häufig mit einer seichten bzw. sachunkundigen Kritik begnügt. Beispielsweise äußerte sich kürzlich WANDERER⁴⁾ zu diesem Thema folgendermaßen: „STERNGLASS behauptete, die Kindersterblichkeit sei in Livingstone Country um 140% gestiegen und führt dies auf die durch den Wind vom Kernkraftwerk Dresden verschleppte Radioaktivität zurück. In der entgegengesetzten Richtung sei hingegen nur eine Zunahme von 21% zu verzeichnen. STERNGLASS hat sich jedoch in der Windrichtung geirrt, was aus meteorologischen Gutachten eindeutig nachzuweisen ist. Damit hätte STERNGLASS genau das Gegenteil von dem bewiesen, was er eigentlich beabsichtigte. Ebenso verschwieg STERNGLASS, daß trotz weiteren Betriebes von DRESDEN I die Kindersterblichkeit ständig sank und 1969 einen Tiefpunkt erreichte“ (47).

⁴⁾ Dr. Emmerich WANDERER, Mineraloge; Strahlenschutzverantwortlicher des Gemeinschaftskernkraftwerks Tullnerfeld GmbH.

Die Zunahme der Kindersterblichkeit im Bezirk Grundy (in dem der DRESDEN-Reaktor steht) und in angrenzenden Bezirken ist demgegenüber keine unbewiesene Behauptung, sondern eine den *Vital Statistics* zu entnehmende Tatsache. Der Vorwurf, STERNGLOSS hätte sich „in der Windrichtung geirrt“ hat sich inzwischen als fragwürdiger Versuch erwiesen, die alarmierenden Befunde abzuwerten; die Windverhältnisse sind einem Bericht des *Argonne National Laboratory* entnommen (40). WANDERER hat offenbar im gleichen Bestreben diesen Vorwurf unkritisch übernommen und setzt sich darüber hinweg, daß im Bezirk Grundy selbst die Zunahme der Kindersterblichkeit am höchsten war.

Der Abb. 9 ist un schwer zu entnehmen, daß STERNGLOSS nicht nur nicht, wie WANDERER behauptet, die Abnahme der Kindersterblichkeit verschwiegen sondern darüberhinaus eine deutliche Korrelation dieser Abnahme mit dem Gasausstoß des Dresdenreaktors gezeigt hat (Abb. 10).

Noch weniger sachlich äußerte sich VETTER zu diesem Problem: „Diese geradezu ungeheuerliche Behauptung (daß in der Nähe von amerikanischen Kernkraftwerken ein Anstieg der Kindersterblichkeit festgestellt wurde — Anm. d. Verf.) ist in keiner Weise belegt worden und alle ernst zu nehmenden Stellen, Institutionen und individuellen Wissenschaftler in den Vereinigten Staa-

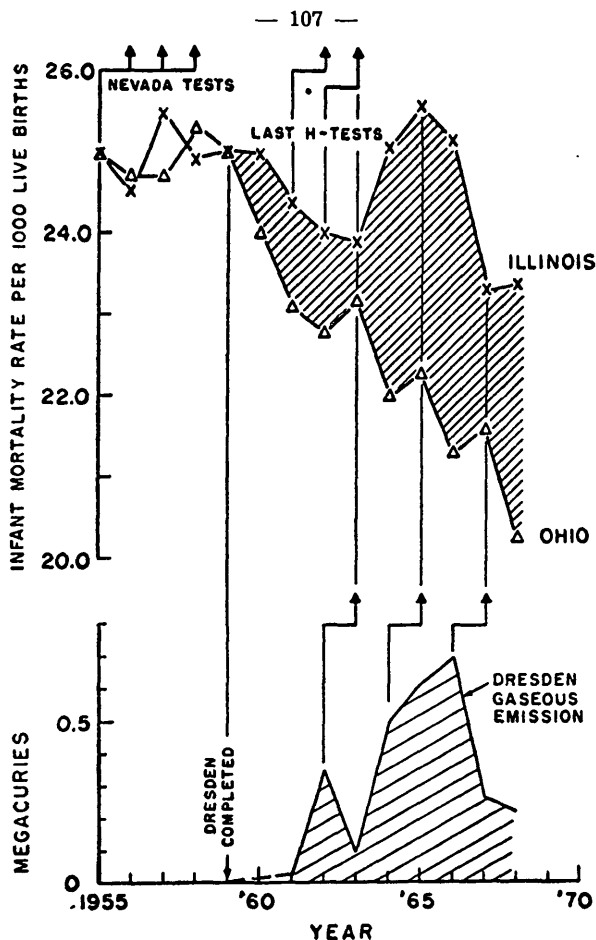


Abb. 9: Jährliche Abgabe radioaktiver Gase des DRESDEN-Reaktors und jährliche Kindersterblichkeit (U. S. Vital Statistics) im gleichen Bundesstaat (Illinois), verglichen mit Ohio. Nach STERNGLASS.

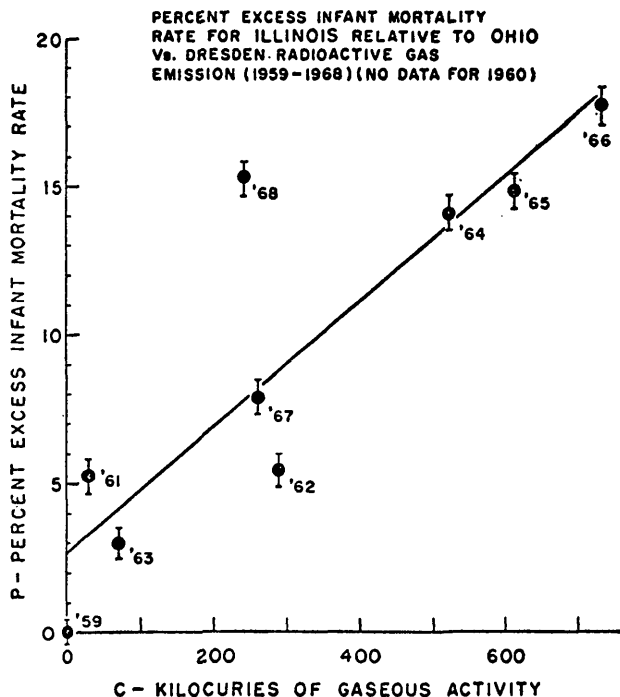


Abb. 10: Korrelation zwischen dem Ausstoß an radioaktiven Gasen aus dem DRESDEN-Reaktor und der zusätzlichen Kindersterblichkeit, bezogen auf Ohio (nach STERNGLASS).

ten und in der ganzen Welt haben diese Zahlen als unrichtig bezeichnet und anerkannt“⁵⁾ (16).

Wenn wir bewußte Irreführung ausschließen, so haben sich derartige „Fachleute“, die scharfe Kritik üben, ohne die betreffenden Arbeiten über-

⁵⁾ Prof. Dr. H. VETTER, Nuklearmediziner und Angestellter der IAEA wurde im gleichen Zusammenhang gefragt: „Herr Prof. Dr. Vetter, halten Sie es für möglich, daß auch gesundheitliche Schäden aus Angst vor Kernkraftwerken entstehen können?“ Dr. Vetter: „Ja natürlich, Herr Exner, daß Angst und vor allem dauernde Angst gesundheitliche Schäden hervorruft, das wissen wir seit vielen Jahrzehnten. Die Angst, die durch diese unverantwortliche Propagandabewegung gegen das Kernkraftwerk in der Bevölkerung von Tulln und Umgebung hervorgerufen wird, stellt meiner Ansicht nach eine größere Gefährdung dar, als jegliche Gefahr, die durch Radioaktivität oder einen Reaktorunfall in Zwentendorf entstehen könnte.“ In Analogie zu dieser Ansicht wäre die Aufklärungsaktion der Ärztekammer über die gesundheitsschädigende Wirkung des Rauchens als unverantwortlich und zutiefst amoralisch zu betrachten, da die verstärkte Angst der Raucher größere gesundheitliche Schäden hervorrufen müßte als das Rauchen selbst. Bedenklicher als somatische Effekte sind selbstverständlich die genetischen Strahlenfolgen. Erbschäden „aus Angst“ sind dem Verfasser bisher allerdings noch nicht bekannt geworden. Die Ausführungen VETTER's im gleichen Interview über die Krebsgefährdung durch Radioaktivität stehen nicht nur im Widerspruch zu den Erkenntnissen anerkannter Strahlenbiologen sondern auch seiner engeren Fachkollegen, sodaß sich hier ein Eingehen darauf nicht lohnt.

haupt gelesen zu haben, als Wissenschaftler selbst disqualifiziert.

Es ist einfach unwissenschaftlich, die Sternglass-Befunde a priori abzulehnen. Sie erfordern eine kritische und gründliche Auseinandersetzung, da allein die Möglichkeit, daß die wesentlichen Prinzipien recht erkannt wurden, Grund zu tiefer Besorgnis sein muß.

Das Hauptargument gegen STERNGLASS, daß die von ihm beschriebene Zunahme der Kindersterblichkeit mit den relativ geringen Ganzkörperdosen, die aus dem Fallout bzw. dem Gasausstoß von Kernanlagen berechnet werden, nicht erklärt werden können, verliert mit unserer wachsenden Kenntnis von unerwarteten Anreicherungsmechanismen inkorporierter Radionuklide in den Organen (z. B. 26) bzw. dem Nachweis besonders strahlensensibler Phasen während der Keimesentwicklung (41) mehr und mehr an Gewicht.

So wird beispielsweise das Tochterprodukt des Sr-90, das Y-90 in verschiedenen Organen, insbesondere in den Keimdrüsen angereichert und entfaltet aus nächster Nähe eine intensive mutagene Wirkung. Ähnlich dürften sich die dem Yttrium analogen Seltenen Erden verhalten.

Von besonderem Interesse ist der Nachweis einer geschlechtsabhängigen Verteilung von trägerfreiem Radiocer im Säugerorganismus (35). Die Tatsache, daß sich der biochemische Geschlechtsdimorphismus

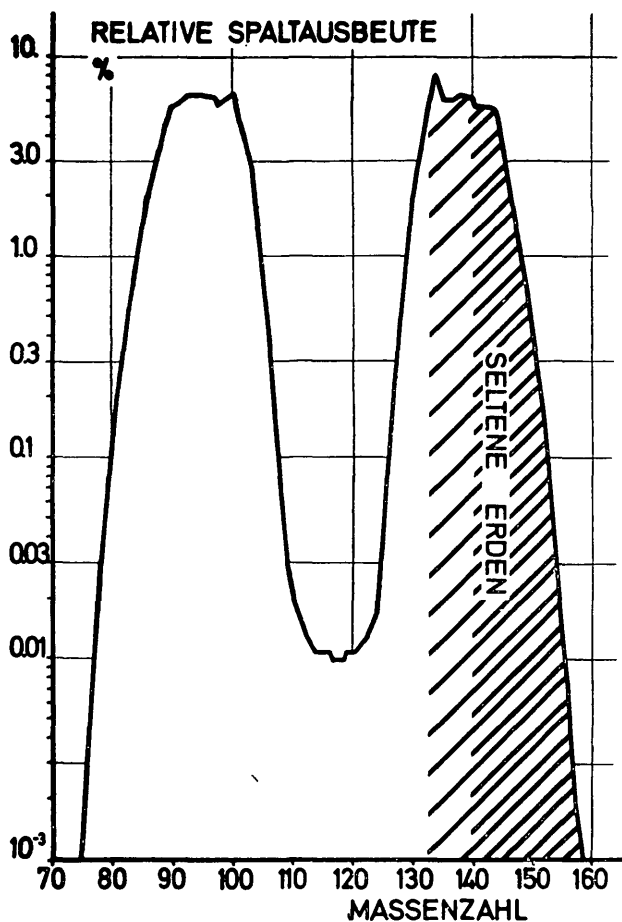


Abb. 11: Anteil der Seltenen Erden an den Spaltprodukten von Uran-235, Übergangsbereich einfach schraffiert.

bei isotopisch verdünntem Cer-144 nicht nachweisen ließ, ist ein Hinweis dafür, daß es spezifische physiologische Anreicherungsmechanismen für Spurenelemente gibt, die bei unphysiologisch hohen Dosen nicht in Erscheinung treten. Es muß gefolgert werden, daß Cer sich nicht (wie früher angenommen wurde) als sogenanntes Fremdelement im Organismus vollkommen inert verhält, sondern in hormonkontrollierte Stoffwechselvorgänge eingeht. Ähnliche Vorstellungen für das chemisch verwandte Element Yttrium wurden bei SEIDEL et al. (36) diskutiert, womit die biologische Bedeutung der Gruppe der Lanthanoidenelemente unterstrichen wird. Ähnlich kann die Situation bei der Inkorporation liegen, die bei hohen Konzentrationen des betreffenden Stoffes gering erscheint, obwohl unter Umständen Spuren selektiv aufgenommen und stark angereichert werden können. Im Hinblick auf den hohen Anteil Seltener Erden an den Spaltprodukten (je nach Alter 25—60% der Spaltproduktaktivität; Abb. 11) sind Mechanismen dieser Art durchaus nicht nur von akademischem Interesse.

Es ist leicht einzusehen, daß die Wirksamkeit inkorporierter Radionuklide sehr wesentlich von der chemischen Form in der sie aufgenommen werden, abhängig ist. So kann beispielsweise in Thymin eingebautes Tritium die Chromosomen mit

einer 50 bis 50 000-fach höheren Strahlendosis belasten, als wenn es in Wasser gebunden ist (14).

Zerfällt ein im Biomolekül eingebautes Radionuklid, so ist neben der Strahlenwirkung noch der sehr wirksame Effekt der Transmutation zu berücksichtigen, der u. a. auf den Veränderungen der chemischen Eigenschaften des betreffenden Atoms beruht. Der Zerfall eines Kohlenstoff-14 bzw. Phosphor-32 Atoms in der Nukleinsäure hat tiefgreifende Strukturveränderungen wie z. B. Kettenbrüche zur Folge. In diesem Zusammenhang ist nochmals auf die oben angedeuteten Probleme der Anreicherung hinzuweisen, denn es ist naheliegend, daß angereicherte Nuklide zum Teil in Biomolekülen vorliegen (z. B. Radiophosphor in den Nukleotiden), was zu wesentlichen transmutativen Effekten führen muß. An der Taufliege *Drosophila* konnte gezeigt werden, daß der mutagene Effekt von Radiokohlenstoff, der in den Nukleinsäuren eingebaut war, zwei- bis dreimal größer war, als die beim Zerfall auftretende Strahlendosis hätte vermuten lassen (17). Die Gefahr des Radiokohlenstoffs liegt in seiner langen Halbwertszeit (5730 Jahre) begründet, sodaß er über Jahrtausende hinweg seine mutagene Wirkung entfaltet. PAULING hat berechnet, daß Atombombenexplosionen im Umfang von 30 Megatonnen, allein unter Berücksichtigung der Strahlenwirkung des Kohlenstoff-14, im Laufe der Generationen die Geburt von 230 000

Kindern mit schweren geistigen und körperlichen Defekten und außerdem 420 000 Todesfälle von Embryos und Neugeborenen verursachen und daß zusätzlich viele Millionen an kleineren erblichen Defekten leiden werden.

Diesem künstlich geschaffenen menschlichen Leid kann man die spontan entstehenden Erbschäden entgegenhalten, doch bleibt das moralische Problem der Verantwortung dabei bestehen.

Eine einzige Atomumwandlung in der DNS der Keimzelle kann schon allein auf Grund der Transmutation eine Erbänderung hervorrufen oder im Falle einer Körperzelle die Umwandlung zu einer Krebszelle bewirken. Die Fiktion von einem Schwellenwert der Strahlenwirkung wurde auf Grund neuerer Untersuchungen (wie bereits an anderer Stelle (48) näher ausgeführt), außer im genetischen auch im somatischen Bereich und zwar für die Spätfolge Krebs unhaltbar. Dies wurde allerdings schon früher von einer Reihe anerkannter Wissenschaftler angenommen (31, S. 73). Abgesehen von ganz wenigen, eventuell möglichen Ausnahmen, werden im wesentlichen alle Formen von Krebs proportional zu ihrer Spontanhäufigkeit von Strahlung induziert. Während man früher Leukämie als einzige Spätfolge bei Ganzkörperbestrahlung betrachtete, muß man heute das Gesamtrisiko 10 bis 20 mal höher ansetzen als bisher, weil

Leukämie nur 5—10% der gesamten Krebserkrankungen ausmacht.

Auf Grund einer 2%-igen Zunahme an Krebs pro 1rad berechnen GOFMAN⁶⁾ und TAMPLIN (11, 12), daß eine Erhöhung der Strahlenbelastung der Bevölkerung um die heute als zulässig angesehene Dosis von 5 rad in 30 Jahren zu jährlich 32 000 zusätzlichen Krebserkrankungen allein in den USA führen würde. Die beiden Wissenschaftler machten darauf aufmerksam, daß die gegenwärtig anerkannten Strahlenschutzrichtlinien für den Schutz der Bevölkerung nicht als ausreichend angesehen werden können und haben die Herabsetzung dieser Werte um den Faktor 10—20 gefordert. Die vorwiegend an merkantilen Interessen orientierte AEC steht dieser Dosisreduktion abweisend gegenüber, da sie zur Verteuerung vieler Arbeitsvorgänge führen und die ohnehin schon schwer belastete Konkurrenzfähigkeit der Kerntechnik und Kernenergie vollends in Frage stellen würde.

Die Befürworter der Atomenergie fechten vor allem die konsequente Anwendung des schwellenwertlosen und dosisproportionalen Modells der Entstehung von Strahlenkrebs an, eines Modells,

⁶⁾ Dr. med. Dr. phil. J. W. GOFMAN ist Professor der Medizinischen Physik in Berkeley und leitete seit 1963 das „Bio-Medizinische Programm“ der AEC.

das von allen maßgebenden Strahlenschutzgremien als Basis anerkannt ist. Es wird versucht den Eindruck zu erwecken, (z. B. (44)), daß unsere Kenntnisse vom Strahlenkrebs von extrem hohen Dosisbereichen (über 100 Röntgen) stammen und die Übertragung der linearen Dosis-Wirkungs-Beziehung bei niederen Dosen zu einer falschen Einschätzung des Krebsrisikos führt.

Neue Untersuchungen (41) haben allerdings ergeben, daß das Konzept der schwellenwertlosen Dosisproportionalität von Strahlenkrebs auch im niederen Dosisbereich volle Gültigkeit hat. In der Tabelle 2 ist das zusätzliche Krebsrisiko bei Kindern für die ersten 10 Lebensjahre in Abhängigkeit von der Zahl der Röntgenaufnahmen (ungefähr 0,5 rad/Aufnahme) denen sie vor ihrer Geburt ausgesetzt waren, eingezeichnet. Die Auswertung der Daten von mehr als 7 000 Kindern, die an Krebs oder Leukämie gestorben sind, hat ergeben, daß nur etwa 2 rad die spontane Krebshäufigkeit verdoppeln. Der Embryo ist im ersten Drittel der Schwangerschaft noch wesentlich empfindlicher.

Nachdem der Begriff einer Toleranzdosis, d. h. einer Strahlendosis ohne schädigende Wirkung, die einen Schwellenwert der Strahlenwirkung voraussetzt, fallengelassen werden mußte, ging man zu anderen Begriffen, wie „maximal zulässige Dosis“ oder „erlaubbare Dosis“ über, die ein „Strahlenrisiko“ beinhalten. Es wird dabei hervor-

Tabelle 2: Zusätzliches Krebsrisiko bei Kindern unter 10 Jahren in Abhängigkeit von der Zahl der Röntgenaufnahmen während ihrer pränatalen Entwicklung. Die Bestrahlungsdosis entspricht etwa 0,5 rad pro Aufnahme. (Nach STEWART and KNEALE, 1970)

Zahl der Röntgen- aufnahmen	Zunahme des Krebs- risikos in Prozent
0	0
1	20
2	28
3	70
4	100
5	110

gehoben, daß das „Risiko“ für die Bevölkerung so gering ist, daß die möglichen Vorteile aus der Entwicklung der Atomenergie bei weitem überwiegen.

Die Festsetzung derartiger höchstzulässiger Dosen ist eine höchst bedeutungsvolle Maßnahme, bei der die Gesundheit des Menschen und nicht die Entwicklung einer Technik Priorität genießen muß.

Bemerkenswert ist daher die Feststellung der ICRP (Internationale Strahlenschutzkommission) mit der sie ihre Empfehlungen begründet: „Die Kommission ist der Ansicht, daß dieser Wert (5 rem pro Generation) einen annehmbaren Spielraum für die Entwicklung der Atomenergie-Programme der absehbaren Zukunft schafft“. Der Schutz des Menschen vor ionisierender Strahlung scheint somit nicht allein ausschlaggebend zu sein. Man beachte die folgende Formulierung in den

Empfehlungen: „Es sollte hervorgehoben werden, daß dieser Wert möglicherweise wegen der Unsicherheiten in der Abschätzung der möglichen Schäden und der wahrscheinlichen Vorteile kein richtiges Gleichgewicht zwischen Schäden und Nutzen repräsentiert“ (34). Das bedeutet ein Eingeständnis, daß die Entscheidung gefällt wurde, eine Schädigung des Menschen höchsten Gutes — seiner Erbanlagen — zuzulassen, ohne überhaupt das Ausmaß dieser Schädigung zu kennen. „Darüberhinaus aber sind solche Maßgaben oft genug Setzungen staatlich geförderter oder gebundener Fachleute, die als Forscher nicht unabhängig und als Regierungsvertreter nicht voll verantwortlich sind, ja deren fachliche Kompetenz dahingestellt bleiben muß“ (46, S. 308).

Sind es bei den konventionellen Pollutants vornehmlich die alten und kranken Menschen, deren höhere Empfindlichkeit oft nicht ausreichend berücksichtigt wird, liegt im Bereich der Strahlenbelastung der Fall umgekehrt: Hier ist es die weit- aus höhere Strahlenempfindlichkeit der Kinder und Ungeborenen, die man ungenügend beachtet. Dabei sind die heute als allgemein verbindlich angesehenen Grenzdosen das Ergebnis einer stufenweisen Reduktion im Umfang vieler Größenordnungen, begründet in einer immer besseren, aber bei weitem nicht vollständigen Kenntnis der Strahlenschäden; die „Halbwertszeit“ der für beruflich

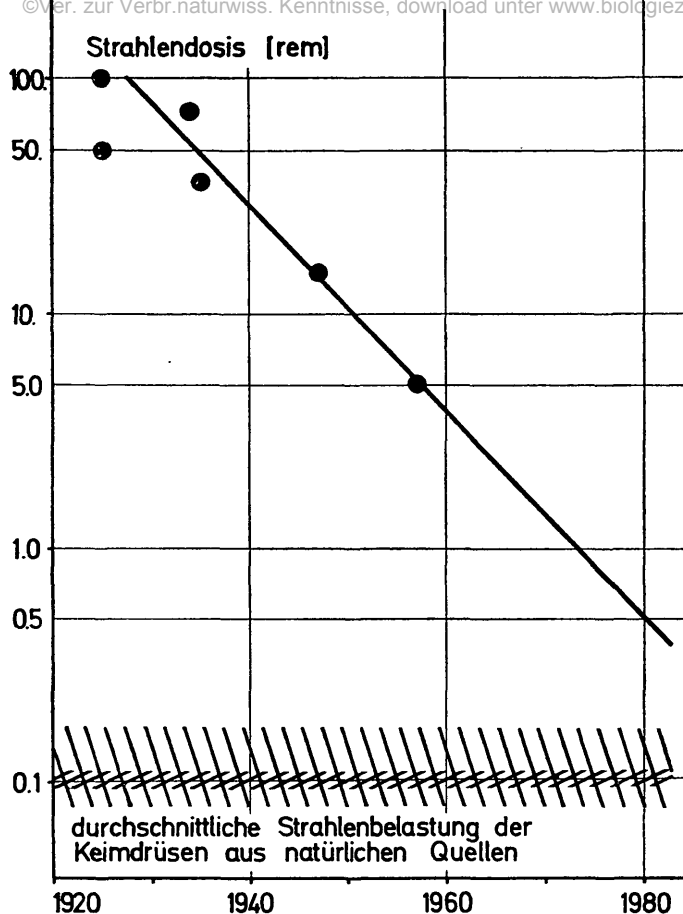


Abb. 12: Die maximal zulässigen Jahresdosen (MZD-Werte) in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Festsetzung. Mit Ausnahme der Werte von 1925 ist bei den Grenzdosen der folgenden Festsetzungen eine akute Bestrahlung im Umfang der Jahresdosis ausgeschlossen (nach (31)). Die exponentielle Abnahme steht in logischem Zusammenhang mit dem ebenfalls exponentiellen Zuwachs an Erkenntnis.

Strahlenexponierte geltenden Dosiswerte beträgt ~ 7 Jahre (Abb. 12).

Es spricht sehr viel für eine drastische Reduktion, sowohl der MZD (maximal zulässige Dosis) als auch der MZK (maximal zulässige Konzentration) bestimmter Radionuklide.

So reichern beispielsweise Fische in einem Gewässer, in dem der Gehalt an Phosphor-32 noch unter der MZK liegt, und dessen Wasser daher als trinkbar gilt, dieses Nuklid in einem Maße an, daß sie für den menschlichen Genuß nicht mehr in Frage kommen (9).

Wird die MZK für Caesium-137 in der Luft auch nur einen Tag aufrechterhalten, so kann ein Kind, das täglich einen Liter Milch von Kühen aus dieser Gegend trinkt, eine Strahlenbelastung von 7 rad erhalten; das entspricht dem vierzigfachen Wert der gegenwärtig höchstzulässigen Jahresdosis (43).

Bei der Abschätzung der Auswirkungen der Kerntechnik auf die Biosphäre muß vor allem die schleichende radioaktive Verseuchung unserer Umwelt mit ihren irreversiblen genetischen Langzeitfolgen in Betracht gezogen werden.

Neuere Analysen mancher Vertreter der Atomtechnik, die beim Vergleich verschiedener Wege der Energieerzeugung die Kernenergie anpreisen und dabei den Eindruck kühler Sachlichkeit erwecken wollen, gehen an der Eigengesetzlichkeit des Lebendigen und der genetischen Strahlenwir-

kung auf den Menschen vorbei (z. B. GRÜMM (13)) und können daher nicht als relevanter Beitrag zur Lösung der Umweltprobleme angesehen werden.

Jeder verantwortungsbewußte Wissenschaftler, sei er nun Techniker, Chemiker, Mediziner oder Biologe, dessen Erwägungen über kurzfristige wirtschaftliche Bereiche hinausgehen und der die Gefährdung der Biosphäre durch lebensfeindliche Technologien zu beurteilen versteht, muß in der exzessiven Ausweitung der Kernspaltung zur Energiegewinnung mit ihrer ungeheuren Produktion radioaktiver Abfälle eine auf längere Sicht verhängnisvolle technische Fehlentwicklung sehen, der sich aus Erkenntnis der Umweltsituation ein weltweit wachsender Widerstand entgegenstellt ⁷⁾.

„Entscheidend in unserer Verantwortung für spätere Generationen ist die Tatsache, daß erst nach genügender Verbreitung der rezessiven Defekte durch weitere Fortpflanzung der heutigen Mensch-

⁷⁾ Am 11. Mai 1971 haben sechs prominente Wissenschaftler (Prof. Dr. Dr. H. BAITSCH, Ulm; Prof. Dr. C. BRESCH, Freiburg; Prof. Dr. W. HAUPT, Erlangen; Dr. K. MEYER-ABICH, Starnberg; Prof. Dr. F. VOGEL, Heidelberg und Dr. U. v. WEIZSÄCKER, Heidelberg) dem UN-Generalsekretär U THANT eine Studie vorgelegt, die die Menschheit vor einer ökologischen Katastrophe bewahren soll. Dieses Dokument enthält unter anderem die Forderung nach einem Baustopp großer Kernenergieanlagen und ist von 2200 Biologen und Wissenschaftlern anderer Disziplinen aus 23 Ländern unterzeichnet.

heit die Katastrophe über unsere Enkel und Ur-enkel hereinbrechen kann, auch wenn wir heute den Eindruck einer normalen Situation haben“ (3, S. 67 f.).

Quellennachweis

- (1) BARTHELMMESS, A., gefährliche Dosis? Erbgesundheit im technischen Zeitalter, Herder Verlag, Freiburg 1959.
- (2) BARTHELMMESS, A., Erbschäden durch Radioaktivität, Österr. Ärztezeitung 25 (20) 2446—2474, 1970.
- (3) BRESCH, C., Klassische und molekulare Genetik, Springer, 1965, 1970.
- (4) COLE, L. C., Sauerstoffnot durch technologischen Fortschritt, Naturwiss. u. Med. (Böhringer) 26, 1969.
- (5) DEMEREC, M. and SAMs, J., Induction of mutations in individual genes of *Escherichia coli* by low X-radiation, Int. J. Rad. Biol., Suppl. Vol, 283—291, 1960.
- (6) EISENBUD, M., Radionuclides in the environment, Proc. Symp. Diagnosis and Treatment of Deposited Radionuclides, Wash., 1967.
- (7) FELDT, W., Die Entwicklung der radioaktiven Kontamination in See- und Süßwasserfischen bis zum Jahre 1965, in: Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Bericht II/66, BM f. wiss. Forschung, Bad Godesberg, 1966.
- (8) FELDT, W., Radioecological field studies carried out in the Federal Republic of Germany, Sem. on Marine Radioecology, ENEA, Cherbourg, 1968.
- (9) FOSTER, R. F. and DAVIS, J. J., The accumulation of radioactive substances in aquatic forms, 1. Genf. Konf., 13, 364—67, 1955.
- (10) FRITZ-NIGGLI, H., Vererbung bei Mensch und Tier, Thieme Verlag 1961.

- (11) GOFMAN, J. W. and TAMPLIN, A. R., Federal Radiation Council guidelines for radiation exposure of the population at large — protection or disaster? U. S. Senate 91. Congress, Nov. 1969.
- (12) GOFMAN, J. W. and TAMPLIN, A. R., Low dose radiation, chromosomes and cancer, IEEE Nuclear Science Symp., San Francisco, Oct. 1969.
- (13) GRÜMM, H., Energieerzeugung und Umwelt, atw (6) 278—288, 1971.
- (14) GUILD, W. R., Hazards from isotopic tracers, Science 128, 1308, 1958.
- (15) HECHT, F., Grundzüge der Radio- und Reaktorchemie, Akad. Verlagsges. Frankfurt/Main, 1968.
- (16) Heimat Österreich, ORF, Ö Regional, 23. 6. 1971.
- (17) HERBST, W., Transmutationen als vernachlässigte Dimensionen bei Bewertung der Radioaktivitätsrisiken, Österr. Ärztezeitung 25 (20) 2475—2480, 1970.
- (18) Jahrbuch der Atomwirtschaft 1970, Handelsblatt Verlag Düsseldorf.
- (19) KEISCH, B., KOCH, R. C. and LEVINE, A. S., Determination of biospheric levels of J-129 by neutron activation analysis, Proc. Int. Conf. Modern Trends in Activation Analysis, Coll. Stat., Tex., 284—90, 1965.
- (20) KLUSMANN, A. und VÖLCKER, H., Brennelemente von Kernreaktoren, Verlag Thiemig, München, 1969.
- (21) KRAWCZYNSKI, S. J. B., Radioaktive Abfälle, Aufbereitung — Lagerung — Beseitigung, Verlag Thiemig, München, 1967.
- (22) KRUMHOLZ, L. A. and FOSTER, R. F., Accumulation and retention of radioactivity from fission products and other radiomaterials by freshwater organisms, in: The effects of atomic radiation on oceanography and fisheries, NAS-Nat. Res. Council., Wash, 88—95, 1957.

- (23) KÜHNELT, W., Grundriß der Ökologie, Fischer, Jena, 2. Aufl. 1970.
- (24) LIBBY, W. F., in: The nature of radioactive fallout and its effect on man, Hearings Before the Special Subcommittee on Radiation, Wash., 610—616, 1957.
- (25) MARCOVICH, H. and DEVORET, R., The effect of small doses of ionizing radiations on *Escherichia coli*, in: Buzzati-Traverso, A. A.: Immediate and low level effects of ionizing radiations, Int. J. Rad. Biol., Suppl. Vol., 293—303, 1960.
- (26) MÜLLER, W. A., Gonad dose in male mice after incorporation of strontium-90, Nature 214, 931—933, 1967.
- (27) MÜNNICH, K. O. und VOGEL, J. C., Durch Atomexplosion erzeugter Radiokohlenstoff in der Atmosphäre, Naturwiss. 45, 327—329, 1958.
- (28) NOVICK, S., The careless atom, Houghton Mifflin Comp., Boston, 1969.
- (29) ODUM, H. T., Notes of the strontium content of sea water, celestite radiolaries and strontianite snail shells, Science 211—213, 1951.
- (30) OPHEL, I. L., The fate of strontium in a fresh-water community AECL-1642, Chalk River, Ont., Nov. 1962.
- (31) PAULING, L., No more war, Dodd, Mead u. Co, New York, 1958; deutsch: Leben oder Tod im Atomzeitalter, Sensen Verl. Wien, 1960.
- (32) PEIRSON, D. H. and SALMON, L., Gamma-radiation from deposited fallout, Nature 184, 1678—79, 1959.
- (33) POLIKARPOV, G. G. et al., The biological consequences of the radioactive contamination of aquatic environments, unrev. transl. from Russian of paper SM-72/56.
- (34) Recommendations of the ICRP, Sept. 1965.
- (35) SCHMAUTZ, E., Geschlechtsabhängigkeit der Verteilung von Radiocer bei der Ratte, Strahlentherapie 123 (2) 267—278, 1964.

- (36) SEIDEL, A., VLADAR, M. und VOLF, V., Der Einfluß der isotopischen Verdünnung auf das Verhalten von Radioyttrium im Säugetierorganismus. *Strahlentherapie* 140 (6) 717—720, 1970.
- (37) STERNGLOSS, E. J., Evidence for low-level radiation effects on the human embryo and fetus, *Proc. 9. Hanford Biol. Symp. „Radiation Biology of the Fetal and Juvenile Mammal“*, May, 1969.
- (38) STERNGLOSS, E. J., Infant mortality and nuclear power generation, presented at the hearings of the Pennsylvania Senate Select Committee on Reactor Siting, Harrisburg, Oct. 1970, also submitted to the *Bull. of the Atomic Scientist*.
- (39) STERNGLOSS, E. J., Effects of low-level environmental radiation on infants and children, presented at: *Symp. Biological Consequences of Environmental Radiation*, Univ. of N. Ill., 3, 1971.
- (40) STERNGLOSS, E. J., Persönliche Mitteilung, 1971.
- (41) STEWART, A. and KNEALE, G. W., Radiation dose effects in relation to obstetric X-rays and childhood cancers, *Lancet* 1185—88, 1970.
- (42) TAMPLIN, A. R., Fetal and infant mortality and the environment, *Bull. of the Atomic Scientists* 25, 23—29, 1969.
- (43) TAMPLIN, A. R. and GOFMAN, J. W., „Population control“ through nuclear pollution, *Nelson Hall Comp.*, Chicago, 1970.
- (44) THOMPSON, T. J. and BIBB, W. R., Response to Gofman and Tamplin: The AEC position, *Bull. of the Atomic Scientists*, Sept. 1970.
- (45) U. S. Department of Health, Education and Welfare: Disposition and control of uranium mill tailings piles in the Colorado River basin. *Federal Water Pollution Administration, Region VIII*, Denver, Colorado, 1966.
- (46) WAGNER, F., *Die Wissenschaft und die gefährdete Welt. Eine Wissenschaftssoziologie der Atomphysik*, Beck, München, 1964.

- (47) WANDERER, E., Kernkraftwerke — keine Gefahr, *Universum*, 3, 1971
- (48) WEISH, P. und GRUBER, E., Die Problematik der Radioaktivität in unserer Umwelt: Strahlen-induzierte Karzinogenese und Toleranzdosisfiktion, *Österr. Ärztezeitung* 25 (20) 2481—89, 1970.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1971

Band/Volume: [111](#)

Autor(en)/Author(s): Weish Peter

Artikel/Article: [Atomenergie und Biosphäre. Die Problematik der Radioaktivität in unserer Umwelt. 79-126](#)