

Strahlentelex



Informationsdienst • Unabhängige Meßstelle Berlin des Strahlentelex

Nr. 120-121 / 6. Jahrgang

16. Januar 1992

Strahlenforschung

Bedrohung des Lebens durch radioaktive Strahlung

Eine Renaissance der Atomenergie kündigt sich an. Tschernobyl scheint vergessen zu sein. Die Ängste der Bevölkerung vor einer Technologie, die der Mensch nicht beherrschen kann, sind verdrängt, - überdeckt von ständig wechselnden vordergründigen Themen.

Alle namhaften Bürgerorganisationen, die sich um die globale Bedrohung des Lebens sorgen (BBU, BUND, DNR, Greenpeace, IG UNRAST und IPPNW), hatten kürzlich nach Frankfurt am Main eingeladen. Auf dem Symposium „Neues Atomgesetz - Letzte Rettung für die Atomwirtschaft?“ am 29. und 30. November 1991 wollten sie mit den politisch Verantwortlichen über die Gefahren der Atomenergie diskutieren. Doch die eingeladenen Minister und Abgeordneten sagten ab, - teils erst am Vortage, nach anfänglicher Zusage.

Ihr Verhalten zeigt, welchen Stellenwert die Umweltdiskussion in dieser Republik hat und wie ernst die Sorgen der Bevölkerung genommen werden. Sonntagsreden, Ankündigungen, Beschwichtigungen, doch nicht einmal das Bemühen, die komplexen Zusammenhänge bei den Umweltschäden zu verstehen.

Das Strahlentelex dokumentiert in dieser und in der folgenden Ausgabe ein dort von Professor Dr.med. Roland Scholz gehaltenes Referat zum neuesten Stand der Strahlenforschung. Der Arzt und Biochemiker Dr. Roland Scholz ist Professor am Institut für Physiologische Chemie, Physikalische Biochemie und Zellbiologie der Universität München.

Geschichtlicher Rückblick

Die Entdeckung der energiereichen Strahlung (Röntgenstrahlen, Radioaktivität) wurde als Segen für die Menschheit begrüßt. Ohne Zweifel haben die Röntgenstrahlen das diagnostische und therapeutische Arsenal zum Nutzen der Menschen seit Beginn dieses Jahrhunderts wesentlich erweitert. Der Radioaktivität aus den Tiefen der Erde, die als Radium und Radon in warmen Quellen zum Vorschein kommt, wurde in den 20er Jahren die heilsame Wirkung des warmen Wassers zugeschrieben.

Zwar wurde frühzeitig auch erkannt, daß energiereiche Strahlen gefährlich sind, daß sie in hohen Dosen Gewebe zum Absterben bringen und Krebs erzeugen. Der Laborant Röntgens, der des Meisters Röhren an sich selbst überprüfte, soll das erste Strahlenkrebsopfer gewesen sein. In den 30er Jahren geriet Radon in den Verdacht, für den Lungenkrebs der Bergarbeiter in

Uranminen verantwortlich zu sein. Zur gleichen Zeit entdeckte Muller bei der Taufliege Drosophila die mutagene Eigenschaft der ionisierenden Strahlung.

Der Ursprung der Strahlenschutz-Gesetzgebung

In den 50er Jahren, als die Anwendung der Strahlen aus dem medizinischen Bereich hinauszuwachsen begann und das radioaktive Inventar der Erde durch Atombombenversuche und zivile Nutzung der Atomenergie zunehmend aufgestockt wurde, war der Stand der Wissenschaft wie folgt:

(1) Energiereiche Strahlung kann das Erbgut verändern (Mutationen setzen) und Erbschäden bereits bei Dosen verursachen, die im Bereich der natürlichen Hintergrundstrahlung liegen. Die Keimdrüsen müssen vor Strahleneinwirkungen im Interesse nachfolgender Generationen geschützt werden. Aus dieser Zeit stammt die Bleigummischürze für den Gonadenschutz.

In eigener Sache

Eine Woche später

Eine Woche später als vorgesehen erscheint diese Ausgabe des Strahlentelex. In der Redaktion hatte sich die Grippe breitgemacht. Wir bitten um Nachsicht und Verständnis und wünschen gleichzeitig ein gutes neues Jahr.

Ihre Strahlentelex-Redaktion •

(2) Energiereiche Strahlung kann kurzfristig Zellen und Gewebe abtöten und langfristig Krebs auslösen. Jedoch sind dafür so hohe Dosen erforderlich, daß akute Schäden (zum Beispiel Strahlengeschwüre, Strahlenkrankheit) vorausgehen müssen. Eine Erhöhung der Krebshäufigkeit bei den Überlebenden von Hiroshima und Nagasaki, die dem Atomblitz weit weg vom Hypozenter ausgesetzt waren, war damals undenkbar.

Vor diesem Hintergrund gab 1958 die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) ihre erste Empfehlung zum Schutz der Bevölkerung vor den energiereichen Strahlen, außerhalb der Medizin. Eine zusätzliche genetische Dosis in Höhe der natürlichen Hintergrundstrahlung sollte bis zum Ende des Zeugungsalters nicht überschritten werden. Diese Empfehlung wurde jahrelang weitergereicht und praktisch niemals neueren Erkenntnissen angepaßt. Sie

Fortsetzung nächste Seite

Aus dem Inhalt:

Roland Scholz: Bedrohung des Lebens durch radioaktive Strahlung	1ff
Stichwortregister des Jahrgangs 5 - 1991	5-8

Bedrohung des Lebens durch radioaktive Strahlung

Fortsetzung von Seite 1

ging schließlich auch in die Strahlenschutzverordnung von 1976 ein und erscheint unverändert, 30 Jahre später, in der novellierten Verordnung von 1988.

(Die Entstehung von § 45 StrlSchV zum Schutz der Bevölkerung vor energiereichen Strahlen beschreibt Roland Scholz in seiner von der IPPNW als Broschüre herausgegebenen Studie „Das 30-Millirem-Konzept“, Heidesheim 1990; Strahlentelex 56-59/1989)

Strahlenbedingte Cancerogenese

Erst seit den 70er Jahren ist bekannt, daß dieselben Mechanismen, die zu Erbschäden führen, auch den Krebs verursachen. Es sind Mutationen im Erbgut einer einzigen Zelle. Die Gesetzmäßigkeiten für strahlenbedingte genetische Schäden müssen folglich auch für die Auslösung von Krebs gelten; das sind: (1) die Schäden sind zufällig; (2) die Dosis bestimmt nicht den Schweregrad einer Erkrankung, sondern die Häufigkeit ihres Auftretens in einer Population bzw. das Risiko eines Individuums; (3) Schäden können durch niedrigste Dosen, ohne Schwellenwert, ausgelöst werden; (4) der Primärschaden ist das Problem einer einzigen Zelle, in der Funktionen gestört, Mutationen gesetzt, aber auch Mutationen repariert werden, - unabhängig davon, wieviele Zellen sonst noch getroffen sind, also unabhängig von der Gesamtdosis eines Organs oder des Körpers. (Von der Gesamtdosis hängt ab, in wievielen Zellen der Primärschaden auftritt.)

Risiko-Koeffizienten von ICRP 1977 bis RERF 1987, abgeleitet vom Hiroshima-Nagasaki-Krebsregister

Anfang der 70er Jahre verdichtete sich der Verdacht, daß in Hiroshima/Nagasaki auch bei denjenigen, die einer relativ geringen Strahlendosis ausgesetzt waren, die Krebshäufigkeit erhöht ist. Abgeleitet von der Krebsstatistik bis 1972 (veröffentlicht 1973) setzte 1977 die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) den Risiko-Koeffizienten mit 125 zusätzlichen Krebstodesfällen bei 1 Million Menschen, bestrahlt mit je 1 rem, fest; (oder 125 pro Million Personen-rem). Mit diesem Wert werden seither Risikoanalysen angestellt und Schäden prognostiziert.

Der ICRP-Risiko-Koeffizient

von 1977 unterschätzt bei weitem das Krebsrisiko des Individuums bzw. die Krebshäufigkeit in der Population; denn (1) die Dosen wurden damals zu hoch angesetzt, (2) die lange Latenzzeit wurde nicht berücksichtigt, (3) die Dosis-Risiko-Beziehung wurde als linear angenommen, während Überlinearität wahrscheinlicher ist, (4) die Datenbasis ist unsicher, (5) nicht-bösartige strahlenbedingte Tumore und die aufgrund medizinischer Maßnahmen nicht unmittelbar zum Tode führenden Malignome werden nicht als Risiko gerechnet. Nach Dosisrevision und Fortschreibung der Krebsstatistik kommt das Hiroshima-Institut 1987 zu einem zehnfach höheren Wert.

Aus diesem Datenmaterial berechneten kürzlich Nussbaum und Köhnlein (1991) bzw. Gofman (1990) Koeffizienten von 3.000 bzw. 4.000 Krebstoten pro Million Personen-rem für Strahlenbelastungen im niedrigen Dosisbereich, d.h. unter 20 bzw. 5 rem, während sich ihre Werte im hohen Dosisbereich nicht von denen des Hiroshima-Instituts unterscheiden. (Die hohen Dosen des Atomblitzes sind allerdings für die Belange des Schutzes vor Radioaktivität aus kerntechnischen Anlagen im Normalbetrieb nicht relevant.) Richard Webb (unpublished) kommt bei seiner Analyse der Hiroshima-Daten zu einem 95%-Vertrauensbereich zwischen 1.000 und 5.000 Krebstoten pro Million Personen-rem. Unter Berücksichtigung der Überlinearität könnte somit das Risiko im niedrigen Dosisbereich nicht 10-fach, sondern 30-fach höher sein, als derzeit noch offiziell angenommen wird.

Und die Konsequenzen?

Zweifelsohne wurde das Strahlenkrebsrisiko 1977 von der ICRP unterschätzt. Das wird inzwischen selbst von den offiziellen Beratergremien der Exekutive eingestanden. Daraus aber Konsequenzen abzuleiten, fällt schwer. Schließlich müßten die Strahlenschutzbedingungen für Normalbetrieb und Katastrophenschutz überdacht werden; so manche Anlage wäre nicht mehr genehmigungsfähig.

Ein Beispiel aus dem Katastrophenschutz in der Umgebung kerntechnischer Anlagen: Die Rahmenrichtlinien sehen als oberen Richtwert für Evakuierungsmaßnahmen eine prognostizierte 7-Tage-Ganzkörperdosis von 50 rem vor. Das würde nach bisheriger Schätzung die Todesursache Krebs von 24,0 Prozent auf 24,5 Prozent ansteigen lassen, wenn die Menschen in der 25-km-Zone des havarierten Atomkraftwerks (AKW) nicht rechtzeitig evakuiert werden. Nach den neueren Erkenntnissen könnte sie aber auf 40 Prozent ansteigen; das heißt: 200 von 1.000 Menschen, vorwiegend diejenigen, die zum Zeitpunkt des Unfalls noch

Kinder waren, würden in den nächsten drei, vier Jahrzehnten zusätzlich und vorzeitig an Krebs sterben, - vorausgesetzt, es handelt sich nur um eine äußere gamma-Strahlung, vergleichbar dem Atomblitz. Der Anteil an inkorporierter Radioaktivität mit Teilchenstrahlung (via Atemluft und Nahrung) würde aber erheblich sein. Obige Risikoabschätzung beschreibt wahrscheinlich nur die untere Grenze.

Als Konsequenz aus den neueren Erkenntnissen wurde bislang lediglich die Lebenszeitdosis der AKW-Arbeiter auf 40 rem gesenkt (Novellierung der Strahlenschutzverordnung, 1988).

„Dosisleistungs-Effektivitäts-Faktoren (DREF)“?

Wie versuchen die offiziellen Kommissionen (ICRP, BEIR, UNSCEAR) weitergehenden Konsequenzen auszuweichen? Die eleganteste Lösung heißt DREF (dose rate effectiveness factor), mit dem im niedrigen Dosisbereich die Risiko-Koeffizienten nach unten korrigiert werden, so daß alles beim alten bleibt. UNSCEAR empfiehlt einen Faktor von 0,2 (1988), BEIR V einen von 0,5 (1990) für protrahierte Strahlenexpositionen unter 10 rem. Begründet werden die DRE-Faktoren mit der unbewiesenen Behauptung, bei niedrigen Dosisleistungen (Dosis pro Zeit) sei die Strahlung weniger wirksam.

In der Tat lehrt die alltägliche Erfahrung, daß eine Noxe (zum Beispiel UV-Licht der Sonnenstrahlung) weniger Schäden setzt, wenn man sich ihr geringdosiert über lange Zeiträume aussetzt, als wenn man die gleiche Gesamtdosis in kurzer Zeit einwirken läßt. (Im ersten Falle führt es zur Bräunung der Haut und verleiht Schutz; bei akuter Bestrahlung gibt es einen Sonnenbrand als deterministischen Frühschaden.) Bei niedriger Dosisleistung ist der Schweregrad des Schadens gering (Funktionsstörung nur in wenigen Zellen); die Reparatur hält Schritt mit den Schäden (Ersatz funktionsgestörter Zellen); der Organismus, nicht die geschädigte Zelle, adaptiert sich und wird zur Schadensabwehr zunehmend besser befähigt. Unabhängig von diesen deterministischen Frühschäden und unabhängig von der Dosisleistung erzeugt die Noxe aber Mutationen, (bei UV-Licht zum Beispiel Thymin-Dimere in den Kern-Nukleinsäuren der Hautzellen), die nach Jahren zur Krebskrankheit führen können (Hautkrebs). Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens (Häufigkeit in der Population, Risiko des Individuums) hängt ab von der Gesamtdosis (stochastischer Spätschaden). Offensichtlich haben die Erfinder der DRE-Faktoren - ausgehend von alltäglichen Erfahrun-

Fortsetzung nächste Seite

Bedrohung des Lebens durch radioaktive Strahlung

Fortsetzung von Seite 2

gen - stochastische Spätschäden mit deterministischen Frühschäden verwechselt.

In mehreren Untersuchungen an Zellkulturen wurde in den vergangenen Jahren gezeigt, daß es experimentell keinen Anhalt für die postulierten DRE-Faktoren gibt. Je nach Versuchsbedingungen und Objekt war bei niedrigen Strahlendosen mit geringer Dosisleistung die Dosis-Wirkungs-Beziehung bei der Mutationsauslösung entweder linear (Grosowski, Little, 1986) oder überlinear (Waldren et al., 1986) oder zeigte mit abnehmender Dosisleistung sogar eine Umkehr, indem die Häufigkeit der Mutationen wieder zunahm (Kiefer, 1989). (Auf der 14th Gray Conference „Low Dose Radiation - Biological Bases of Risk Assessment“ 1988 in Oxford war eine ganze Sektion dem Phänomen dieses „reverse dose rate effect“ gewidmet.)

Mit zwei Phänomenen, die bei hohen Dosen wirksam sind, läßt sich die relativ größere Wirksamkeit von Strahlung im niedrigen Dosisbereich erklären: (1) die Selbstvernichtung der Radikale bei großer Radikaldichte (Petkau, 1972) und (2) der Zelltötungseffekt als deterministischer Frühschaden. In linearer Abhängigkeit von der Strahlendosis entstehen Radikale (vorwiegend durch Radiolyse des Wassers); je größer die Radikaldichte, desto mehr Radikale machen sich gegenseitig unschädlich, so daß die effektive Radikaldichte nicht linear mit der Dosis ansteigt, sondern sich einem Sättigungswert nähert. Von der Radikaldichte wiederum hängt die Zahl der Mutationen ab. Mit abnehmender Dosisleistung neutralisieren sich aber immer weniger Radikale gegenseitig, so daß relativ mehr Radikale zur Mutationsauslösung zur Verfügung stehen. Ebenfalls mit abnehmender Dosis überleben mehr Zellen, in denen Mutationen gesetzt worden sind, so daß relativ mehr Mutationen zur Ausbildung eines stochastischen Spätschadens den Einzelzellen weitergegeben werden. Die Komplexität der beiden teils gleichsinnig, teils gegensinnig wirkenden Vorgänge macht verständlich, daß je nach Versuchsbedingung und Objekt die Dosis-Wirkungs-Beziehungen entweder linear oder überlinear sind oder sogar eine Umkehr zeigen.

Diese experimentellen Beobachtungen und Überlegungen werden gestützt durch epidemiologische Daten. Bereits in der Veröffentlichung der Hiroshima/Nagasaki-Krebsstatistik von 1972 (Moriyama, Kato, 1973) ist Überlinearität angedeutet. Sie wurde mit jeder weiteren Veröffentlichung deutlicher und ist in der von 1987 nicht mehr zu übersehen. Es

überrascht, daß auch in den jüngsten Publikationen aus dem Hiroshima-Institut (Preston, Pierce, 1987) dies nicht einmal als Möglichkeit diskutiert wird. Nach wie vor werden die Daten nur unter Annahme einer linearen Dosis-Wirkungs-Beziehung analysiert. Es ist das Verdienst von Gofman (1989) sowie Köhnlein und Nussbaum (1991), die Überlinearität in den Hiroshima-Daten herausgearbeitet zu haben.

Auch eine kürzlich erschienene Studie zur Häufigkeit von Mutationen in Leukozyten von Röntgenpersonal und von Patienten, die sich einer therapeutischen Strahlenbehandlung unterziehen mußten, widerlegt das Postulat der DRE-Faktoren. Trotz großer Unterschiede in der Dosis, der Personal (0 bis 0,7 rem, verteilt über mehrere Monate) und Patienten (400 rem, in wenigen Fraktionen) ausgesetzt waren, unterschied sich die Zahl mutierter Zellen im strömenden Blut nicht wesentlich (Messing et al., 1989). Die relative Mutationshäufigkeit war somit beim Personal, bezogen auf die Gesamtdosis, um fast 2 Größenordnungen höher als bei den Patienten.

Mit DRE-Faktoren lassen sich also schwerlich die neueren Erkenntnisse aus Hiroshima herunterspielen. Die experimentellen und epidemiologischen Untersuchungen aus jüngster Zeit zeigen das Gegenteil von dem, was ICRP, BEIR und UNSCEAR postulieren: Bei geringer Dosisleistung sind Strahlen stärker wirksam, als aufgrund linearer Extrapolation - ausgehend von Beobachtungen mit hohen Strahlendosen - zu erwarten wäre.

(Eine Analyse des Hiroshima-Krebsregisters, sowie eine Diskussion der DRE-Faktoren mit umfassender Literaturübersicht findet man bei Köhnlein und Nussbaum, 1991, „Reassessment of Radiogenic Cancer Risk and Mutagenesis at Low Doses of Ionizing Radiation“ in: *Advances in Mutagenesis Research*, Vol.3, 53-80.)

Vergleichbarkeit von Belastungssituationen und Anwendbarkeit der Hiroshima-Risikoeffizienten

Aber selbst der revidierte Hiroshima-Risikoeffizient ist keine Naturkonstante. Er beschreibt das Risiko derjenigen Japaner, die 1945 die akuten Strahlenschäden und die Notjahre bis 1950 überlebt haben; denn die Menschen mit den schwächeren Immun- und Reparatursystemen starben vorzeitig an Infektionen und anderen, damals nicht erfaßten Krankheiten. Es handelt sich bei den Überlebenden um eine selektierte Population der genetisch Stärkeren. Ob die Risikoeffizienten auf andere Populationen mit anderer genetischer Disposition, Lebensweise oder Umweltbelastung zutreffen, ist frag-

lich. Die menschliche Population besteht aus Individuen, die Strahlenschäden mit unterschiedlichem Erfolg reparieren können. Die molekularbiologischen Ursachen sind experimentell belegt; es ist vor allem die ererbte Fähigkeit zur unterschiedlich effizienter Reparatur von Mutationen.

Schließlich ist auch zu bedenken, daß die verschiedenen Belastungssituationen kaum vergleichbar sind. Das gilt für (1) die Art der Strahlung (Wellen- oder Teilchenstrahlung), (2) hohe oder niedrige Dosen, (3) akute oder chronische Belastung, (4) Bestrahlung von außen oder durch inkorporierte Radioaktivität. Zwar stützt sich das gängige Konzept der Äquivalentdosis (das heißt die mit einem Qualitätsfaktor gewichtete Energiedosis) auf die Annahme der völligen Vergleichbarkeit der Strahlenarten. Das mag zutreffen für den hohen Dosisbereich, für den die Äquivalentdosis ursprünglich konzipiert wurde, doch nicht für niedrige Dosen, bei denen die besonderen Eigenschaften von Wellen- und Teilchenstrahlen (Radikaldichte entlang der Wegstrecke) zum Tragen kommen.

Es wird meist übersehen, daß Atomblitz oder therapeutische Röntgenbestrahlung etwas völlig anderes sind als die Belastung, der die Bewohner im weiten Umkreis einer kerntechnischen Anlage ausgesetzt sind. Im ersten Fall ist es vorwiegend die **einmalige** Einwirkung von **hohen** Dosen energiereicher **Wellen-**Strahlung durch eine Strahlenquelle **außerhalb** des Körpers mit **gleichmäßiger** Belastung des gesamten Organismus. Bei kerntechnischen Anlagen handelt es sich dagegen um eine **dauernde** Einwirkung **niedriger** Dosen von vorwiegend **Teilchen-**Strahlung durch **inkorporierte** Radioaktivität, die den Körper **ungleichmäßig** belastet. Um deren Spätfolgen zu prognostizieren, wird von den hohen Dosen des Atomblitzes unter Annahme einer linearen Dosis-Risiko-Beziehung auf niedrige Dosen einer andersartigen Belastung heruntergerechnet.

Der Beweis, daß beide Einwirkungsarten in ihren Folgen gleich sind und folglich Hiroshima/Nagasaki auf Biblis, Krümmel, Tschernobyl u.a. übertragbar ist, wurde bislang nicht erbracht. Im Gegenteil, es gibt inzwischen Hinweise, die solche Analogieschlüsse als fraglich erscheinen lassen. Wenn überhaupt, dann sind auch die revidierten Hiroshima-Risikoeffizienten nur übertragbar auf medizinische Strahlenanwendungen (einmalige hohe Dosis von Wellenstrahlung). Sie sind bedingt übertragbar auf die Dauerbelastung durch äußere Bestrahlung (Höhen- und Erdstrahlung, gamma-Strahlung aus radioaktivem Fallout), - jedoch nicht auf die aus inkorporierter Radioaktivität.

Fortsetzung nächste Seite

Bedrohung des Lebens durch radioaktive Strahlung

Fortsetzung von Seite 3

Zum Problem, die Kausalität umweltbedingter Langzeitschäden zu beweisen

Beweise für eine Kausalität im Niedrigdosisbereich sind schwierig zu erbringen, - und wenn, dann nur mit ungeheurem Aufwand an Geld, Zeit und Personal. Deshalb läßt sich auch so leicht von den Vertretern der Atomindustrie behaupten, Radioaktivität in den Dosen, die im Normalbetrieb oder beim beherrschten Störfall einem Atomkraftwerk entweichen, sei ungefährlich. Umweltbedingte Langzeitschäden sind „verursacherfreundlich“!

Wer das Fehlen von Beweisen beklagt oder daraus den Schluß zieht, die Emissionen aus Atomkraftwerken, Wiederaufbereitungsanlagen, Müllverbrennungsanlagen, Sondermüllverbrennungsanlagen seien ungefährlich, muß sich vor Augen halten, daß eine Vielzahl von Noxen - viele an der Grenze der Nachweisbarkeit, viele noch unbekannt - mit wechselnder Intensität und Zusammensetzung auf Menschen von unterschiedlicher Sensibilität einwirken. Selbst wenn in einer Region ein Emittent dominiert, treten die Schäden erst nach Jahren oder Jahrzehnten auf und oft erst im Zusammenwirken mit anderen Noxen. Leidlich genaue Dosen lassen sich selten ermitteln. Für einen Kausalbeweis im streng naturwissenschaftlichen Sinne benötigt man aber nicht nur den zeitlichen und räumlichen Zusammenhang mit einer einzigen Noxe, sondern auch eine Dosis-Wirkungs-Beziehung. Die ist unter realen Bedingungen kaum zu erbringen. Um einen Schaden zu beweisen, benötigt man gewissermaßen die Bedingungen eines sauber geplanten Experiments. Umweltbedingte Langzeitschäden sind deshalb verursacherfreundlich. Nicht beweisen können heißt aber nicht, daß Kausalität nicht existiert.

So betrachtet hatte Hiroshima den Rang eines „idealen Experiments“. Ein einmaliges Ereignis traf eine genau definierte Population. Den Individuen konnte, je nach Abstand vom Hypozenter, eine Strahlendosis zugeordnet werden. Dennoch hat es 28 Jahre gedauert, bis der Kausalbeweis zwischen Strahlenbelastung und erhöhter Krebshäufigkeit erbracht war. Ohne das Leiden der Hibakusha wäre heute noch nicht bekannt, wie gefährlich Radioaktivität auch im niedrigen Dosisbereich ist. Ohne Hemmungen wäre die Welt mit Atomkraftwerken zugestellt worden!

Epidemiologische Hinweise auf erhöhte Cancerogenität nach Strahlenbelastung durch niedrige Dosen mit geringer Dosisleistung

Trotz dieser Schwierigkeiten beim epidemiologischen Nachweis gibt es seit Anfang der 80er Jahre zunehmend Hinweise, die zusammen als Mosaiksteine ein beängstigendes Bild geben.

Da sind zunächst die Studien aus den Fallout-Gebieten nach Atombombenversuchen. Bei den Mormonen in South-Utah wurde 20 Jahre nach Beendigung der oberirdischen Versuche eine erhöhte Krebshäufigkeit gefunden (Johnson, 1984). Angestiegen waren Krebserkrankungen von Organen, die seit Hiroshima als besonders strahlenempfindlich gelten. Die Leukämierate war bereits nach 7 Jahren auf das 5-fache angestiegen. Nach 20 Jahren war die Brustkrebsrate verdoppelt; Hautkrebs war 3-fach, Schilddrüsenkrebs 8-fach und Knochenkrebs 11-fach vermehrt. Die Steigerung der Krebshäufigkeit war größer als im höchstbelasteten Kollektiv der Überlebenden von Hiroshima/Nagasaki. Anders als in Japan wurden jedoch in Utah keine Akutschäden (Symptome der Strahlenkrankheit) bemerkt. Diese Beobachtungen legen den Verdacht nahe, daß eine Dauerbelastung durch inkorporierte Radionuklide mehr Spätschäden induziert als die einmalige Einwirkung von gamma-Strahlen externen Ursprungs bei gleicher Gesamtdosis.

Sodann sind es die Studien aus den amerikanischen und britischen Atomwaffenfabriken (Mancuso et al., 1981; Wing et al., 1991; Beral, 1988). Unter Berücksichtigung des sogenannten „healthy worker effect“, der die Brisanz der Aussagen zunächst verschleiert, ergeben sich daraus deutliche Steigerungsraten für einzelne Krebsarten. Die Risikoeffizienten für derartige Strahlenbelastungen, bei denen inkorporierte Radionuklide einen erheblichen Anteil haben, könnten um eine Größenordnung über den entsprechenden Werten aus Hiroshima liegen.

Die hohe Strahlensensibilität des wachsenden Organismus

Die Arbeiter in den Atomanlagen waren gesunde Erwachsene und zudem wahrscheinlich bei der Einstellung durch Familienanamnese als wenig krebsanfällig ausgesucht worden. Ungeborene, Säuglinge und Kinder sind aber wesentlich strahlensensibler als Erwachsene und somit gefährdeter.

Je jünger der Organismus, um so rascher wachsen die Gewebe, um so häufiger teilen sich darin die Zellen. Bei kurzen Zellzyklen bleibt

aber für die Reparatur einer Mutation oft nicht genügend Zeit. Gelingt die Reparatur nicht rechtzeitig, so ist nach der nächsten bzw. übernächsten Zellteilung der Schaden fixiert. Das ist der Grund für die hohe Strahlensensibilität der Kinder. Zudem steht ihnen die lange Latenzphase vom initialen Schaden bis zum Ausbruch der Krankheit bevor, während ein Erwachsener die Folgen einer Strahlenbelastung meist nicht mehr erlebt. So können sich Großeltern und Enkel in ihrer Strahlensensibilität wie 1:100 unterscheiden (Gofman, 1981). Bei den Langzeitfolgen der radioaktiven Verseuchung sorgen wir uns deshalb nicht so sehr um die älteren Erwachsenen, sondern um die Kinder.

Diese Überlegungen werden gestützt durch die Krebsstatistik von Hiroshima/Nagasaki. Aufgrund seiner Analysen hält Radford (1987) es für erwiesen, daß das Risiko eines vorzeitigen Krebstodes bei denjenigen, die 1945 als Kinder dem Atomblitz ausgesetzt waren, bis zu achtmal höher ist als bei den Überlebenden insgesamt. Noch deutlicher geht dies aus Langzeitstudien nach medizinischer Strahlenanwendungen hervor.

Medizinische Strahlenanwendung bei Kindern

Die britische Ärztin und Epidemiologin Alice Stewart vermutete bereits 1956, daß Kinder häufiger an Krebs erkranken, wenn ihre Mütter sich während der Schwangerschaft einer Röntgenuntersuchung unterworfen hatten. Ihr Verdacht wurde später in großangelegten Studien erhärtet (Stewart et al., 1970; Knox et al., 1987; Bithell et al., 1988). Zwei Beckenaufnahmen im ersten Drittel der Schwangerschaft, was für den Fötus eine Strahlenbelastung von 0,5 bis 1 rem bedeutet, verdoppeln nahezu das Krebsrisiko des Kindes.

In den 50er Jahren wurden bei der Einwanderung nach Israel etwa 11.000 Kinder zwischen 5 und 15 Jahren wegen einer Pilzkrankung der Kopfhaut mit Röntgenstrahlen behandelt. Nachträglich wurde für die Schilddrüse eine Strahlenbelastung von 9 rem und für die Brust von 1,6 rem ermittelt. 20 Jahre später war bei den jetzt jungen Erwachsenen die Häufigkeit von Schilddrüsenkrebs 5-fach erhöht; die Leukämierate war mehr als verdoppelt (Modan et al., 1974). Eine Folgestudie (Modan et al., 1989) belegte kürzlich, daß inzwischen auch andere Krebsarten vermehrt auftreten, insbesondere Brustkrebs. Im Vergleich zu unbestrahlten gleichaltrigen Frauen war die Brustkrebsrate verdoppelt, bei den, damals 5-jährigen (jetzt 35- bis 40-jährigen) sogar verzehnfacht.

Fortsetzung Seite 9

Die ersten Ziffern 96-97/ ... 118-119/ bezeichnen die Ausgaben 96-97 bis 118-119 des 5. Jahrgangs 1991 des Strahlentelex. Die folgenden Ziffern /123 bezeichnen die Seiten in der entsprechenden Ausgabe. Die Seitenangaben beziehen sich im allgemeinen auf den Artikelanfang. Dabei verweisen **fettgedruckte** Seitenzahlen auf Artikel, in denen das Stichwort ausführlicher abgehandelt wird.

Abrüstung	112-113/8, 114-115/8	Belorußland	102-103/2, 104-105/1, 106-107/2
Absetzteiche	112-113/1	Bennett, B.G.	96-97/3
AERA	100-101/1	Berchtesgaden	106-107/4
Äquivalentdosis, effektive	102-103/6	Bergsicherung Schneeberg GmbH	112-113/8
Afrika	102-103/8	Berlin-Buch	116-117/8
Alaunschiefer	114-115/2	Bertell, Rosalie	98-99/12
Allianz-Versicherung	116-117/1	Berufskrankheiten	100-101/8
Alpha-Strahler, Trinkwasser-Grenzwert	102-103/1, 104-105/4	Beushausen, Sabine	108-109/4
Altlasten-Kataster	114-115/5	Bewuchs	108-109/6, 118-119/7
Altlasten-Sanierung	112-113/7, 114-115/1, 116-117/8	Bildschirmstrahlung	118-119/8
Anämie	102-103/3	Bilogische Waffen	98-99/2
Ankudowitsch, Maria	102-103/1	Birkenfeld	102-103/7
Antelmann, Dietrich	116-117/4	Blei	112-113/1
Anti-Atom-Büro Dortmund	108-109/1	Blutausstrich	102-103/4
Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute, (AGÖF)	110-111/8	Blutkörperchen, weiße	106-107/1
Arbeitsgemeinschaft Schacht Konrad e.V.	108-109/8	Blutkrebs (Leukämie)	102-103/5, 106-107/2, 112-113/7
Arbeitshygiene	100-101/8	Bodenbelastung	108-109/4
Arbeitskreis Alternativen zum Forschungsreaktor München II	116-117/3	Bodenverseuchung	104-105/1
Arbeitsschutz	96-97/1, 100-101/8	Bodenwöhr	114-115/7
Asthenie	102-103/4	Bohunice	98-99/10
Atomgesetz-Novellierung	114-115/1	Boikat, Ute	116-117/1
Atomindustrie	112-113/8	Borowoi, Alexander	104-105/2
Atomkatastrophen	98-99/1	Brätter, P. und V. Negretti de	118-119/6
Atom Müll	112-113/1, 114-115/8, 116-117/6	Braginski	102-103/3
Atomopfer	102-103/8	Brambach	106-107/5
Atompolitik	104-105/8	Brandenburg	104-105/1
Atomrecht	114-115/1	Brasilien	96-97/3, 98-99/12, 114-115/7
Atomtests	98-99/12, 100-101/1 , 112-113/6, 114-115/8	Braunschweig	112-113/1
Atomtransporte	112-113/1 , 116-117/1	BRD-Strahlenschutzrecht	118-119/1
Atomversuche	96-97/8, 106-107/1	Brennelemente-Zwischenlager	116-117/6
Atomwaffen	98-99/2	Brest	102-103/2
Atomwirtschaft	104-105/6,8, 106-107/8, 118-119/6	Brot	siehe Getreideprodukte
Aue	102-103/2,8, 104-105/6	Brustkrebs	104-105/5
Auergesellschaft	104-105/1	Buda-Koscheljowsk	102-103/4
Auer-Strümpfe	104-105/1	Bürgerinitiative Kernenergie e.V. Greifswald	116-117/6
Babynahrung	98-99/11	Büsser, Harald	100-101/8
Baden-Baden	96-97/5	Bukarest	118-119/8
Badgastein	96-97/4, 106-107/3,4	Bulgarien	118-119/8
Bad Hofgastein	106-107/4	Bundesärztekammer	114-115/8
Bad Kreuznach	96-97/4, 104-105/4, 106-107/4	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie	98-99/12
Bad Münster	96-97/4, 106-107/4	Bundesamt für Strahlenschutz	98-99/12, 100-101/6, 104-105/1,5,7, 108-109/1,3,8, 114-115/1,8
Bad Steben	106-107/4	Bundesamt für Zivilschutz	98-99/10
Bad Zell	106-107/4	Bundesregierung	96-97/8
Baer	98-99/10	Bundesimmissionsschutzgesetz	116-117/1
Balneologie	96-97/4	Bundshaushalt	114-115/8
Bauen, biologisches	112-113/8	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND)	108-109/7
Baugrund-Klassifizierung	114-115/4	Cäsium	102-103/1, 106-107/1, 116-117/8
Bayern	98-99/12, 108-109/4	Chemiewaffen	98-99/2
Bayernwerk AG	104-105/8	Chemnitz	104-105/6
Beck, Winfried	96-97/3	Chernousenko, Vladimir = Tschernousenko, Wladimir	104-105/2
Beckenuntersuchung, röntgenologische	96-97/3	China	96-97/3
Beddingen	112-113/2	Choinik	102-103/3
Beeren	siehe Obst	Chromosomenbrüche	106-107/4
Beleites, Michael	116-117/1		
Belgien	104-105/8, 108-109/1		

Chromosomenschäden	106-107/1
Cobalt	116-117/8
Crossen	104-105/6, 112-113/1
Datenschutz	100-101/6
DDR-Strahlenschutzrecht	118-119/1
Deeken, Martin	100-101/1
Demag	104-105/6
Deutsche Bucht	98-99/12
Deutsche Bundesbahn	112-113/1
Deutsche Gesellschaft für Biophysik	108-109/8
Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik	96-97/1
Deutsche Gesellschaft für Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen (DWK)	104-105/8
Deutsche Röntgenesellschaft	96-97/1
Deutscher Bäderverband e.V.	96-97/5
Deutscher Wetterdienst	98-99/1,10
Deutsches Atomforum	114-115/1
Deutschland	108-109/1
DNA-Schäden	106-107/1

Radioaktivität+Chemie

Schwermetalle In Ihrer Gartenerde?

Ein Gesamtpaket zur Untersuchung von Böden, Sedimenten oder Klärschlämmen mit einer gamma-spektroskopischen Radioaktivitätsuntersuchung und der Bestimmung von Schwermetallen mit Hilfe eines von der Universität Bremen weiterentwickelten Verfahrens der Röntgenfluoreszenzanalyse (energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse mit selbsteichender Matrixkorrektur) kann das Strahlentelex für 218,30 DM anbieten. Dafür wird mit einer Nachweisgrenze, die um eine Größenordnung unter den in der Umwelt herkömmlicherweise zu findenden Konzentrationen liegt, auf Kalium, Kalzium, Titan, Vanadium, Chrom, Mangan, Eisen, Cobalt, Nickel, Kupfer, Zink, Gallium, Germanium, Arsen, Brom, Rubidium, Strontium, Yttrium, Zirkon, Molybdän, Blei, Quecksilber und Niob untersucht. Die zusätzliche Erfassung von Silber, Cadmium, Indium, Zinn, Antimon, Cäsium, Barium, Lanthanum, Cer, Tellur und Jod kostet insgesamt 57,- DM mehr. Und zur zusätzlichen Erfassung von Silizium, Phosphor, Schwefel, Chlor und Argon werden noch einmal 57,- DM berechnet. Sollen die Nachweisgrenzen halbiert werden, so kostet das ebenfalls zusätzlich 57,- DM. Abonnenten erhalten insgesamt 15,- DM Rabatt. Benötigt werden etwa 1 Kilogramm Erde, Sediment oder Klärschlamm. Die Untersuchung wird bei der Messstelle für Arbeits- und Umweltschutz Bremen durchgeführt, sobald jeweils 5 Proben beisammen sind. Sie erhalten anschließend ein spezifiziertes Meßprotokoll mit Beurteilung.

Unabhängige Meßstelle Berlin des Strahlentelex, Turmstraße 13, 1000 Berlin 21, Telefon 030/39489-60. ●

Donau	118-119/8	Ganzkörpermessungen	106-107/2	Hochspannungsleitungen	116-117/1
Dosis, effektive	98-99/1	Garching	110-111/5	Hölzinger, Jürgen	98-99/1
Dosisgrenzwerte	98-99/1	Gebäude-Grenzwerte, Eingreif-Richt-		Hohlefelder, Walter	114-115/1
Dosisrichtwerte	98-99/1	werte für Radon-/Folgeprodukte		Holland	96-97/4
Dosisrevision	96-97/1, 112-113/4		114-115/3	Holz	104-105/6
Dosisvergleich DDR-BRD	118-119/1	Gebäudesanierung, ökologische		Honig	96-97/6, 98-99/11, 100-101/7, 102-103/6, 104-105/6, 108-109/6, 110-111/6, 112-113/6, 114-115/6
Dresden	104-105/6, 108-109/5		110-111/8	Hormesis	96-97/4, 106-107/4
Dresel, Harry	96-97/4	Geflügel		Hüftgelenksdysplasie	96-97/3
Drexler-Gormann, Birgit	96-97/3	siehe Fleisch		Hyperthyreose	102-103/3
Drosen	104-105/6	Gemüse	98-99/11, 100-101/7, 104-105/6, 108-109/6, 112-113/6	Hypothyreose	102-103/3
EG-Standard Trinkwasser		Gen-Defekt	118-119/8	IMIS	98-99/10
	102-103/1, 104-105/4	Genfer Zusatzprotokolle zum Rot-		Immunschwäche	104-105/1, 106-107/2
Eisenmangelanämie	102-103/3	kreuzabkommen	98-99/4	Indien	96-97/3
Elbmarsch	104-105/5, 108-109/5	Genrich	96-97/6	Institut für Strahlenhygiene (ISH) des Bundesgesundheitsamtes	102-103/6
Elektrifizierungsgrad	116-117/2	Gerhardt, Paul	96-97/2	Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes	102-103/1
Elektrizitätswirtschaft	108-109/1	Gesamtnahrung	110-111/1	Internationale Ärzte für die Verhütung des Atomkrieges (IPPNW)	98-99/1, 100-101/8, 106-107/8
elektromagnetische Felder	116-117/1	Gesellschaft für eine nuklearfreie Zukunft	102-103/8	Internationale Atomenergieagentur /-organisation, IAEA/IAEO	110-111/1,8
Elektrosensibilität	116-117/2	Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Köln	112-113/1	Internationales Rotes Kreuz (IRK)	98-99/4
Ellweiler	102-103/7	Gesellschaft für Strahlenschutz	96-97/1, 104-105/5, 110-111/8	Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP)	96-97/1,4, 98-99/2
Eltern für unbelastete Nahrung e.V., Kiel	104-105/5	Gesellschaft zur Förderung der Naturwissenschaftlich-Technischen Forschung Berlin-Adlershof (GNF)	110-111/8	International Institute of Concern for Public Health, Toronto	98-99/12
Emsland	96-97/8	Gesundheitsdaten	100-101/8	Interuran GmbH	104-105/6
Endlagerung von Atommüll	106-107/8, 108-109/8, 112-113/1, 114-115/8	Getreide	98-99/11, 100-101/7, 104-105/6, 106-107/2	Investitionen	104-111/8
Energiekosten	108-109/1	Getreideprodukte	102-103/6, 104-105/6, 106-107/7, 108-109/6, 112-113/6	Irak	98-99/1, 118-119/8
Energiesparen	108-109/1, 114-115/1, 118-119/8	Gewässerbelastungen	98-99/12	Irenat	98-99/10
Energiesparlampen	108-109/1	Gewürze	108-109/6	Irland	108-109/1
Energieversorgungsunternehmen (EVU)	118-119/6	Giesen, Thomas	96-97/3, 104-105/5	Isar	104-105/4
England	96-97/4	Giftgas	98-99/2	Israel	98-99/1
siehe auch Großbritannien		Gleichgewichtsfaktor	114-115/2	Israel, Juri	104-105/3
Entsorgung	104-105/8	Glühstrümpfe	104-105/1	Italien	102-103/1, 108-109/1
Entzündungsbestrahlung	106-107/5	Gofman, John W.	112-113/4	IWG-UMATEC GmbH	110-111/7
Erfahrungswissen	112-113/2	Golf-Krieg	98-99/1, 100-101/1, 118-119/8	Jachymov (CSFR; Joachimsthal)	112-113/8
Erzgebirge	102-103/2, 104-105/3, 106-107/4	Gomel	102-103/2, 104-105/1	Jacob, P.	110-111/1
Ethik	112-113/8, 114-115/8	GORleben	114-115/8	Jacobi, Wolfgang	96-97/1,5, 108-109/3, 118-119/5
Ettenhuber, Eckard	104-105/6	Granit	114-115/2	Japan	96-97/3
Europa	96-97/3	Greenpeace	118-119/1	Jod	102-103/2, 106-107/1
Evakuierung	98-99/2	Greifswald	104-105/8, 106-107/8, 116-117/6	Jodblockade	98-99/10
Evensen, J.F.	106-107/4	Grenzwerte	96-97/1	Jodtabletten	98-99/2,9
Expertenwissen	112-113/2	Grenzwertevergleich DDR-BRD	118-119/1	Jönsson, Martin	100-101/8
Fachverband für Strahlenschutz	96-97/1, 102-103/2, 104-105/7	Greune, Gerd	114-115/8	Kabdrachmanov, Kanaat	100-101/1
Fallout-Bodenbelastung	110-111/1	Großbritannien	98-99/1, 108-109/1,8	Käse	siehe Milchprodukte
Fehler, institutioneller	112-113/3	Grundei	116-117/6	Käseproduktion	96-97/8
Fehlerwahrscheinlichkeit	112-113/3	Gusew, Boris = Gushev, Boris	96-97/8, 100-101/1, 112-113/7	Kaiserwasser	102-103/1, 104-105/4
Feldstärke	116-117/1	Gubanow, Viktor	104-105/3	Kalinowski, Bernd	108-109/8
Fisch	96-97/7, 98-99/11, 100-101/7, 102-103/6, 106-107/5,7, 110-111/6, 112-113/6, 114-115/6, 116-117/7, 118-119/7	Hack, Annette	100-101/1	Kalium	106-107/3
Fischerei	96-97/7, 98-99/11,12, 100-101/7, 102-103/6,8, 104-105/6, 106-107/2, 108-109/6, 110-111/6, 112-113/6, 116-117/7, 118-119/7	Hacker, Christina	108-109/4	Kaliumjodid-Tabletten	98-99/9
Fischer, Frank	112-113/2	Hahn-Meitner-Institut Berlin GmbH (HMI)	110-111/5, 116-117/3, 118-119/5	Kaliumperchlorat	98-99/10
Flares, Solare	108-109/8	Hainichen	102-103/2	Kalkar	104-105/8
Fleisch	96-97/7, 98-99/11,12, 100-101/7, 102-103/6,8, 104-105/6, 106-107/2, 108-109/6, 110-111/6, 112-113/6, 116-117/7, 118-119/7	Halogenlampen	108-109/1	Kaminski, Heinz	108-109/8
Flugpersonal, Strahlenbelastung	108-109/8	Hamburg	96-97/8, 104-105/5, 108-109/5	Kanada	114-115/7
Forschungsreaktor	110-111/5, 116-117/3, 118-119/5	Hanau	118-119/6	Karlsruhe, Kernforschungszentrum	98-99/12, 104-105/8
Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt (FTU)	98-99/12	Hauptausschuß Atomenergie	98-99/2	Karlsruhe, Wiederaufbereitungsanlage	104-105/8
Fortbildungszentrum Gesundheits- und Umweltschutz (FGU) Berlin e.V.	108-109/3	Hautkrebs	118-119/8	Kartoffeln	98-99/11
Frankfurter Allgemeine Zeitung	100-101/8	Heidekraut	114-115/6	Kasachstan	96-97/8, 100-101/1, 112-113/6
Frankreich	98-99/1, 108-109/1,8, 114-115/8	Heidelberg	104-105/4	Katalyse-Institut, Köln	96-97/4, 102-103/7
Freigabegrenzwerte	112-113/1	Heilstollen	96-97/4	Katastrophenschutzgesetz	98-99/1
Freistellungsbescheinigungen	116-117/8	Heitkamp	104-105/6		
Frieden	114-115/8	Henselin, Karl	102-103/1		
		Heydenreich, Brigitte	108-109/4		
		Hiroshima	96-97/1, 112-113/4		
		Hochfrequenzbestrahlung	108-109/7		

Katzschner, Michael	108-109/3	Mecklenburg-Vorpommern	116-117/6	Osteoporose	96-97/3
Kellerer, A.M.	108-109/3, 110-111/3	Medizinische Röntgendiagnostik		Ostsee	98-99/12
Kernenergiegefahren	116-117/1		96-97/1		
Kerntechnische Anlagen	98-99/1	Mexiko	96-97/3	Paracelsus	96-97/4
Kerntechnische Gesellschaft		Michael, Klaus	118-119/8	Patientenakten	100-101/6
Deutschland	110-111/8	Mikrowellenstrahlung	108-109/7	Paul, Reimar	118-119/5
Kienbaum, Gerhard	104-105/7	Milch 98-99/11, 102-103/6, 104-105/3,		Pauling, Linus	106-107/2
Kiefer, Jürgen	108-109/5	106-107/2,7, 108-109/6, 110-111/6,		Pechblende	118-119/1
Kieferorthopädie	96-97/3	114-115/6, 116-117/7, 118-119/7		Pegmatit	114-115/2
Kindersterblichkeit	96-97/8, 98-99/12	Milchprodukte	98-99/11, 100-101/7,	Perchlorat	98-99/10
Kinder von Tschernobyl e.V.		104-105/6, 106-107/7, 108-109/6,		Perinatalstudie	108-109/4
102-103/8, 104-105/2		110-111/6, 114-115/6, 116-117/7		Pestizide	108-109/7
Kirchlicher Umweltkreis Ronneburg		Milchwettbewerb	108-109/7	Pflanzenwachstum	106-107/5
100-101/8		Milchzähne	106-107/1	Pflugbeil, Sebastian	104-105/2
Klärschlamm	98-99/12	Mineralwasser	102-103/1,	Photonen-Winde	108-109/8
Knochendichtemessung, röntgenolo-		104-105/4, 106-107/4		Piltz, Klaus	104-105/8
gisch	96-97/3	Ministerium für Staatssicherheit		Pilze	96-97/7, 98-99/11,
Knochenoberflächen-Dosis	102-103/6	siehe Stasi		100-101/7, 110-111/4,6, 112-113/6,	
Köhnlein, Wolfgang		Minsk	102-103/1	114-115/6,7, 116-117/7, 118-119/7	
102-103/7, 112-113/5		Mischoxid-(MOX-)Brennelemente		Platiel, Gisela	108-109/4
Königstein	104-105/6, 108-109/5	116-117/1, 118-119/6		Plutonium	102-103/1,
Kobalt = Cobalt	116-117/8	Mißbildungsrisiko	106-107/5	104-105/8, 116-117/1	
Kondraschenko, Valentin Timofee-		Mjones, Lars	114-115/1	Plutoniumwirtschaft	118-119/6
witsch	102-103/1	Mogiljow	102-103/2	Pöhla	108-109/5
Konrad, Schacht/Atomtüllager		Mol, Belgien	104-105/8	Pohl, Egon	96-97/5
108-109/8, 112-113/1, 114-115/8		Molkepulver	96-97/8	Pohl-Rühling, J.	106-107/1
Kosloduj	118-119/8	Monozyten	102-103/4	Poldrack, Rosmarie	116-117/6
Kostjukovitsch	102-103/3	Morfeld, Udo	104-105/2,	Polen	102-103/8, 114-115/7
Kräuter	108-109/6	110-111/1, 116-117/8		Preußen Elektra AG	104-105/8
Kranefeld, Achim	102-103/8	Morsleben	114-115/8	Przyborowsky, S.	108-109/3
Krankenakten	100-101/6	München	110-111/5, 116-117/3	psychische Erkrankungen/Störungen	102-103/4, 104-105/1
Krasnopolsk	102-103/3	Muth, Hermann	104-105/4		
Kraus, W.	108-109/4				
Krebserkrankung	100-101/1,	Nagasaki	96-97/1, 112-113/4	Radiation Effects Research Foun-	
102-103/5,7, 104-105/1, 118-119/8		Nahe	104-105/4	dation (RERF)	96-97/2
Krebsgefährdung	96-97/1,	Nahrungsmittelfälschung	102-103/8	Radiologen	96-97/3
104-105/5, 112-113/4		Nahrungsmittel-Konservierung		Radiophobie	102-103/4, 106-107/2
Krebshäufigkeit	102-103/7		108-109/6	Radiotoxine	108-109/6
Krebsrisiko	96-97/1, 106-107/5	Narowljansk	102-103/3	Radium	96-97/4, 102-103/1,
Krebssterblichkeit	96-97/1,2,8	Natriumperchlorat	98-99/10	104-105/1,4, 112-113/1,	
Krebs-Vorsorge	104-105/5	Neuropsychische Störungen	102-103/3	114-115/7, 116-117/8	
Kreislaufregulationsstörung	102-103/4	Neutronenforschung	110-111/5, 116-117/3	Radiumbad	106-107/4, 108-109/8
Kriegführung	98-99/4			Radiumquellen	96-97/4, 106-107/4
Kritisches Organ	102-103/6	Nevada	114-115/8	Radon	96-97/4, 102-103/1,7,
Kropf	102-103/3	Niederlande	96-97/4	104-105/3, 106-107/3, 114-115/1	
Krümmel, Atomkraftwerk		Nedersachsen	104-105/5,	Radonbelastungen	108-109/3
104-105/5, 108-109/5		108-109/5, 112-113/1		Radonbrunnen	114-115/4
Küppers, Christian	118-119/1	Niedrigdosisstrahlung	102-103/5,7,	Radon-Eingreif-Richtwert	102-103/2
Kuni, Horst	102-103/7	104-105/5, 106-107/4, 112-113/4		Radon-Folgeprodukte	114-115/2
Kuweit	98-99/1, 118-119/8	Nigeria	96-97/3	Radon-Grenzwerte	114-115/2
		Norwegen	106-107/4	Radon-Heilbäder	96-97/4
La Hague	108-109/9	Notfallmeldungen	98-99/1	Radon-Kuren	96-97/4
Lange, Florentin	112-113/2	Nüsse	98-99/11, 100-101/7,	Radon-Messung	114-115/3
Lebenserwartung	106-107/5	102-103/6, 116-117/7, 118-119/7		Radon-Programm	114-115/5
Lebensmittelgesetz	108-109/4	Nuklear...		Radonquellen	96-97/4
Lebenszeitdosis	108-109/3	siehe Atom...		Radonsanierung	102-103/1,
Lengfelder, Edmund	96-97/2,	Nuklearmedizin	112-113/8	104-105/3, 114-115/2	
106-107/2,5, 108-109/3		NUS Deutschland	108-109/1	Radon-Sumpf	104-105/3
Leukämie	96-97/8, 102-103/5,	Nussbaum, Rudi H.	112-113/5	Rechtsstreit	116-117/4
104-105/5, 106-107/2,				Regen, schwarzer	100-101/1
108-109/5, 112-113/7		Oak Ridge Laboratory	102-103/5	Rentierfleisch	106-107/4
Lingen	96-97/8	Oberschlema	106-107/4, 108-109/8	Reparaturenzyme	106-107/1
Lüning	108-109/4	Oberverwaltungsgericht Berlin (OVG)		Rhein	104-105/4
Lüftungstechnik	114-115/1	116-117/4		Rheinland-Pfalz	102-103/7
Luftradioaktivität	98-99/10	Obst	96-97/7, 98-99/11, 100-101/7,	Richter, Horst	104-105/6, 118-119/5
Luganersee	96-97/8	102-103/6, 104-105/6, 106-107/7,		Risiken, technische	112-113/1
Lungendosen	96-97/5	108-109/6, 110-111/6, 112-113/6,		Risikoabschätzung	112-113/2
Lungenkrebs	96-97/5	114-115/6, 116-117/7, 118-119/7		Risikobeurteilung	112-113/2
Lymphozyten	102-103/4, 106-107/1	Oestreicher, U.	106-107/4	Risikoeffizienten	112-113/4
		Öffentlichkeitsarbeit	110-111/6	Risiko-Vorsorge	114-115/5
Magenröntgen	96-97/3, 104-105/5	Ökologie	110-111/6	Röhnsch, Walter	102-103/2, 108-109/3
Main	104-105/4	Österreich	96-97/4,	Röntgendiagnostik	96-97/1, 104-105/5
Mammographie	96-97/2, 104-105/5	98-99/9, 106-107/1		Röntgeneinrichtungen	96-97/3
Mannesmann	104-105/6	Österreichisches Institut für Bau-		Röntgenuntersuchungen	96-97/1
Marshallinseln	102-103/3	biologie	112-113/8	Roiner, Franz	96-97/8
Martini, Wolfgang	108-109/4	Oppeln	110-111/4	Ronneburg	104-105/6
Materialprüfung, röntgenologisch		Oranienburg	104-105/1, 108-109/6	Rossendorf bei Dresden	116-117/3
110-111/4		Ostdeutschland	108-109/4	Rotkreuzabkommen	98-99/4

Runge, Werner	100-101/8	Steg Kernenergie GmbH	104-105/6	Ukraine	106-107/2
RWE-Energie AG	104-105/8	Stelz, Herbert	118-119/6	Ultraschall	96-97/3
Sachsen	102-103/1,7,8, 104-105/3,6, 106-107-8, 108-109/3,5,8 112-113/8, 114-115/1, 118-119/1	Stendal	104-105/8, 106-107/8	Umweltbelastung	114-115/8
Sächsisches Vogtland	106-107/5	Stender, Hans	96-97/3, 104-105/5	Umweltinstitut München	108-109/4
Säuglingsnahrung	106-107/7	Stephan, G.	106-107/4	Umeltkataster	112-113/8
Säuglingssterblichkeit	102-103/7, 108-109/4	Störfallplanung	112-113/2	Umweltschutz	96-97/1
Sailer, Michael	104-105/8	Strahlenbelastung, medizinische	96-97/1,3 , 110-111/4	Umweltstrahlung	114-115/1
Salzburg	106-107/1	Strahlenbelastung, natürliche	96-97/6	Umwelttechnik	110-111/6
Salzgitter	108-109/8, 112-113/1	Strahlenbelastung, berufliche	110-111/4	Unabhängige Meßstelle Berlin	98-99/10, 104-105/3
Saskatchewan	114-115/7	Strahlengrenzwerte	118-119/1	Uran	112-113/1, 118-119/8
Schadensvorsorge	114-115/5	Strahlenkataster	112-113/8	Uranbergbau	100-101/6, 102-103/7, 104-105/6, 106-107/8, 108-109/5, 112-113/1,8, 114-115/5,7, 118-119/1
Scheer, Jens	108-109/4	Strahlenmeßstelle Berlin, staatliche	104-105/1, 110-111/1, 116-117/8	Uranerzaufbereitung	112-113/1
Scheherazade, Frauenaktion	98-99/9	Strahlenschäden	106-107/4, 108-109/5	Uran-Munition	118-119/8
Schilddrüse	98-99/1,10	Strahlenschutz	96-97/1, 104-105/5,7, 108-109/3, 110-111/3,8, 118-119/1	Uranverarbeitung	112-113/1
Schilddrüsendosis	98-99/2, 110-111/2,3	Strahlenschutzkommission	102-103/2, 112-113/1	USA	96-97/3, 98-99/1, 102-103/5, 114-115/8
Schilddrüsenkrankungen	102-103/1	Strahlenschutzverordnung	98-99/1, 102-103/6, 108-109/3, 110-111/3, 112-113/2	US-Standard Trinkwasser	102-103/1, 104-105/4
Schilddrüsenentzündung	102-103/3	Strahlenschutzvorsorgegesetz	98-99/1, 110-111/4	UV-Licht	108-109/1
Schilddrüsenkrebs	104-105/1, 110-111/2	Strahlenkonservierung	108-109/6	UV-Strahlung	118-119/8
Schilddrüsenüberfunktion	102-103/3	Stromspannung	108-109/1	Veba	104-105/8
Schilddrüsenunterfunktion	102-103/3	Stromverbrauch	108-109/1	Verband Kind und Umwelt	98-99/9
Schilddrüsenvergrößerung/-hyperplasie	102-103/3	Stromwirtschaft	108-109/1	Verbraucherinformation	118-119/8
Schlema	106-107/4, 108-109/8	Strontium	102-103/1, 106-107/1 , 112-113/6, 114-115/6	Verbraucherschutz	108-109/7
Schmidt	108-109/4	Strontium-Knochenmark-Hypothese	106-107/2	Verein Demokratischer Ärztinnen und Ärzte (VDÄÄ)	96-97/3
Schmitz-Feuerhake, Inge	96-97/1, 102-103/7	Südtirol	104-105/4	Vereinigung deutscher Elektrizitäts- werke (VDEW)	108-109/1
Schneeberg	102-103/1, 104-105/3, 114-115/5	Süddeutschland	108-109/4	Vereinigung Deutscher Strahlen- schutzärzte	96-97/1
Schneller Brüter	104-105/8	Süßwaren	100-101/7	Vereinigung für Strahlenforschung und Strahlenschutz (ehem.DDR)	102-103/2, 104-105/7
Schokolade	96-97/6, 102-103/6, 104-105/6, 108-109/6	Tabak	96-97/6, 106-107/7	Vetka	104-105/1
Scholz, Helmut	108-109/4	Technologieberatung	118-119/8	Vetkowsk	102-103/3
Scholz, Roland	106-107/1, 110-111/5	Technischer Überwachungsverein (TÜV) Bayern	96-97/1	Viehfutter	106-107/7
Schrott, radioaktiver	112-113/1	Tee	96-97/6, 98-99/11, 100-101/7, 102-103/6, 108-109/6, 110-111/6	Vorsorge-Untersuchung	96-97/2, 104-105/5
Schüttmann, Werner	104-105/4, 106-107/5	Tellur	106-107/1	Waffen	98-99/2
Schütze, Manfred	104-105/3	Temperatursturz	100-101/1	Waldfrüchte	114-115/7
Schule für Kerntechnik	98-99/12	Tessin	96-97/7	siehe auch unter Obst und Pilze	
Schwarz, Günther	112-113/2	Thermalwasser	96-97/4	Waschmaschinen	118-119/8
Schweden	114-115/1	Thielemann, Frank	110-111/7	Weinländer, Walter	104-105/8
Schweiz	96-97/7	Thorium	104-105/1, 112-113/1, 114-115/7, 116-117/8	Weißbrüßland	102-103/2, 104-105/1, 106-107/2
Schweizerische Gesellschaft für Me- dizinische Physik	96-97/1	Thorotrast	104-105/1	Weltgesundheitsorganisation (WHO)	102-103/1, 104-105/4
Schwellendosis	112-113/4	Thüringen	102-103/1,7, 104-105/6, 106-107/8, 108-109/3, 112-113/7, 114-115/1, 118-119/1	Wernicke, Joachim	98-99/1
Screening-Test	104-105/5	Thymus	106-107/2, 110-111/3	Wicke, Lutz	110-111/1
Sediment	108-109/6	Thyreoiditis	102-103/3	Wiederaufbereitung von Kernbrenn- stoff	104-105/8, 116-117/1, 118-119/6
Seelingstedt	104-105/6	Thyreotoxikose	102-103/3	Wiesen	110-111/1
Selbsthilfe	116-117/2	Tikhij, Wladimir	104-105/3	Wildfleisch	96-97/7
Sellafield	108-109/8	Transitkontrollen	110-111/7	siehe auch unter Fleisch	
Semipalatinsk	96-97/8, 100-101/1 , 112-113/6	Transportstudie Konrad	112-113/1	Windscale = Sellafield	108-109/8
Shigematsu, I.	110-111/1	Transportversicherung	116-117/1	Wing, Steve	102-103/5
Siemens	118-119/6	Trinkwasser	102-103/1	Wismut AG / GmbH / SDAG	100-101/6, 102-103/8, 104-105/6, 106-107/4,8 112-113/1,7, 118-119/1,5
Slavgorod	102-103/3	Trinkwasserbestrahlung	108-109/4	Wismut-Erbe	118-119/5
Sommerschule für Strahlenschutz	108-109/3	Trinkwasser-Grenzwerte	104-105/4	Wissenschaftliches Komitee der Ver- einten nationen für die Wirkung der Atomstrahlen (UNSCEAR)	96-97/3, 110-111/3
Sonnenaktivität	108-109/8	Tschechoslowakei	98-99/9	Wurst	116-117/7
Sonnenstrahlung	118-119/8	Tscherbak, Juri	106-107/2	Zähne	106-107/1
Sonnensturm /-wind	108-109/8	Tscherikowsk	102-103/3	Ziggel, Heiko	108-109/4
Sowjetunion	96-97/4,8, 100-101/1, 104-105/1, 106-107/1,8, 112-113/6	Tschernobyl-AIDS	106-107/1	Zierfisch-Zucht	106-107/5
Spallationsquelle	116-117/3	Tschernobyl-Folgen	96-97/8, 98-99/12, 102-103/1 , 102-103/8, 104-105/1 , 106-107/1 , 108-109/4	Zwickau	104-105/6
Spanien	102-103/8	Tschernobyl-Sarkophag	104-105/2	Zwischenlager	116-117/6
Speiseröhrenkrebs	100-101/1, 112-113/7	Tschernobyl-Studie, internationale	110-111/1		
Spülmaschinen	118-119/8	Tschernusenko, Wladimir	104-105/2		
Sri Lanka	96-97/3	Tschetschersk	102-103/3		
Staatliches Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz (SAAS) der DDR	102-103/1, 104-105/1,6,7, 108-109/3	Türkei	98-99/1		
Starnberger See	98-99/12	Tumorwachstum	106-107/6		
Stasi	110-111/7, 118-119/1				

Bedrohung des Lebens durch radioaktive Strahlung

Fortsetzung von Seite 4

Nicht nur Krebs und Leukämie sind Strahlenfolgen im Niedrigdosisbereich! Chronische Knochenmarksdepression mit Immunschwäche als ein Beispiel für subakute Strahlenfrühschäden nach Akkumulation knochensuchender Radionuklide

Bei „Strahlenschäden“ denkt man zunächst an akute Schäden nach Bestrahlungen oberhalb eines Schwellenwertes von 50 rem (Strahlenkrankheit mit Erbrechen, Haarausfall, Schleimhautgeschwüren; ab 250 rem akute Knochenmarksdepression mit Anämie, Blutungen, Immunschwäche; ab 500 rem Strahlentod). Neben diesen deterministischen Frühschäden denkt man an Krebs und Leukämie, viele Jahre später (stochastische Spätschäden). Hiroshima lehrte uns, daß gamma-Strahlung bis in niedrige Dosisbereiche Krebs auslösen kann. So wie Hiroshima ein Lehrstück war, so ist es jetzt Tschernobyl.

Nach offizieller Lehrmeinung sollten 5 Jahre nach dem Unfall Krebs und Leukämie noch nicht zunehmen; denn die Latenz war in Hiroshima wesentlich länger. Dennoch melden Kliniken in Minsk und Gomel ein deutliches Ansteigen von Schilddrüsenkrebs, insbesondere bei Kindern. Desgleichen häufen sich die Berichte über vermehrtes Auftreten von Leukämien. Offensichtlich ist die Latenz bei dieser andersartigen Strahlenbelastung kürzer als in Hiroshima.

Der Strahlentod von 31 Katastrophenhelfern im Mai 1986 (offiziell die einzigen Strahlenopfer) und Schilddrüsenkrebs im fünften Jahr passen in das Schema von deterministischen Frühschäden einerseits und stochastischen Spätschäden andererseits. Neu im Bild und völlig unerwartet sind jedoch die Symptome, die seit dem dritten Jahr in zunehmender Häufigkeit und Schwere beobachtet werden: Anämie, Blutungsneigung, Immunschwäche. Vorwiegend Kinder sind davon betroffen. Die Folgen von gestörter Blutbildung und Abwehr sind mannigfaltig; das Krankheitsbild ist nicht einheitlich und somit schwer faßbar. Der unheimlichen Allianz aus kommunistischer und kapitalistischer Atomlobby fällt es deshalb leicht, die Gesundheitsstörungen einer „grassierenden Radiophobie“ zuzuschreiben. (Allein die Aufklärung der Bevölkerung würde Abhilfe schaffen, so heißt es in einem Aufsatz des vormaligen Vorsit-

zenden der Strahlenschutzkommission in der Hauspostille der Atomlobby, „atomwirtschaft“, März 1991. Um die Radiophobie zu therapieren, empfiehlt der Physiker Kellerer Ganzkörpermessungen bei der betroffenen Bevölkerung. Seinem Rat entsprechend läßt man nun tonnenschwere Ganzkörperzähler gen Osten rollen. Jedoch für eine sinnvolle Bestimmung der inneren Strahlenbelastung sind sie nutzlos; denn inkorporierte beta-Strahler lassen sich damit nicht erfassen.)

Was Jurij Stscherbak, der frühere Amtsarzt von Kiew, als Tschernobyl-AIDS beschrieben hat, ist das Bild einer chronischen Knochenmarksdepression mit folgendem, einstweilen noch hypothetischen Pathomechanismus: Strontium-90, in Spuren in der Nahrung, wird in den wachsenden Knochen eingebaut und akkumuliert sich dort. Durch Dauerbeschuß des Knochenmarks mit Teilchenstrahlung kommt es zu Verlust der Teilungsfähigkeit bzw. zum Tod von Stammzellen als deterministische Frühschäden. Durch Vermehrung nicht-getroffener Stammzellen kann der Verlust lange Zeit kompensiert werden. Bei anhaltender Strontium-Akkumulation ist dazu aber irgendwann die Kapazität erschöpft.

Dieser „subakute Strahlenfrühschaden mit chronischem Verlauf“ übertrifft in seinen gesundheitlichen Auswirkungen zur Zeit noch die stochastischen Spätschäden in Belorussland und in der Ukraine. Tschernobyl-AIDS kam überraschend, weil jeder Beobachter auf Krebs und Leukämie fixiert war. Dennoch wäre es voraussehbar gewesen; die experimentellen Daten lagen nämlich längst vor. 1968 wurde in Tierversuchen gezeigt, daß extrem geringe Dosen an Strontium-90 ausreichen, um die Kapazität des Knochenmarks zur Kompensation von Stammzellen-Verlusten zu erschöpfen; bereits bei 0,01 rem kommt es zur Abnahme der Zahl der Knochenmarkszellen (Stokke, Oftedal, Pappas, 1968).

Es ist nicht ausgeschlossen, daß dieser bislang unbeachtete Pathomechanismus auch in der Umgebung kerntechnischer Anlagen wirksam ist. In Spuren wird Strontium-90 ständig von einem Atomkraftwerk freigesetzt; in Spuren gelangt es über die Böden in die Nahrungskette. Was in der Momentaufnahme von Emission und Immission als minimal und völlig unbedenklich erscheint, kann sich im Laufe der Jahre akkumulieren, so daß schließlich die Kompensationsfähigkeit des Organismus erreicht wird. Die Dauerbelastung des roten Knochenmarks durch inkorporiertes Strontium könnte die Ursache für mancherlei diffuse Gesundheitsstörungen bei Kindern und Jugendlichen sein, - sicher schwerer faßbar als spektakuläre Häufungen von Leukämie und Krebsodesfällen.

Der Strontium-Knochenmark-Mechanismus zur Erklärung von Tschernobyl-AIDS ist zwar noch eine

Hypothese; allerdings spricht vieles dafür: die hohe Strontium-Kontamination in den hochbelasteten Regionen, das Auftreten der Symptome erst nach mehrjähriger Latenz und vorwiegend bei Kindern, die Eigenschaften des Strontiums und die Biologie des Knochens. Der Frage, ob solch ein Mechanismus auch in der Umgebung von Atomkraftwerken relevant ist, sollte unbedingt nachgegangen werden. Tschernobyl hat uns die Augen geöffnet: Zwischen akutem Strahlentod und Krebs gibt es noch eine Vielzahl von Gesundheitsschäden, an die man bisher nicht gedacht hat. Die beobachtenden Ärzte im weiten Umfeld von Biblis, Grundremmingen, Krümmel u.a. könnten zur Aufklärung einen wesentlichen Beitrag leisten, - möglicherweise auch die Analyse von Radioaktivität in Milchzähnen (siehe nächste Strahlentelex-Ausgabe: Strontium-90 - Radioaktivität in Zähnen: Ein Indikator für die Dauerbelastung des roten Knochenmarks durch inkorporierte knochensuchende Radionuklide).

Zweifel an der derzeitigen Berechnung und Bewertung der Strahlenbelastung aus kerntechnischen Anlagen

Die Strahlenbelastung der Bevölkerung aus kerntechnischen Anlagen wird (a) aus den radioaktiven Emissionen anhand von Modellvorstellungen berechnet und (b) mittels Risikoeffizient, abgeleitet von Hiroshima, bewertet. Daraus ergibt sich ein so minimales Schadensrisiko für Individuen bzw. eine so minimale Schadenshäufigkeit in Populationen, daß eine Gefährdung der Bevölkerung durch den Normalbetrieb kerntechnischer Anlagen praktisch ausgeschlossen ist. Leukämie-Cluster im Umkreis von Sellafield und Dounreay, von Würgassen, Ellweiler und Krümmel können demnach nicht mit Radioaktivität in Verbindung gebracht werden. Selbst die seit 1990 registrierte Zunahme von Leukämiefällen in Belorussland wäre nach dieser Logik nicht durch den Tschernobyl-Unfall verursacht. Zweifel an der derzeitigen Berechnung und Bewertung der Strahlenbelastung aus kerntechnischen Anlagen sind aber angebracht.

Dosimetrie:

Die äußere Strahlenbelastung läßt sich zwar aus der gemessenen Ortsdosisleistung ausreichend genau berechnen. Bei inkorporierten Radionukliden ist man dagegen auf Modellrechnungen angewiesen, die mit erheblichen Unsicherheiten behaftet sind. Sie sind kein Nachweis der tatsächlich vorliegenden Belastung; denn zum Verhalten radioaktiver Stoffe in der Nahrungskette und im menschlichen Körper bestehen gra-

Fortsetzung nächste Seite

Bedrohung des Lebens durch radioaktive Strahlung

Fortsetzung von Seite 9

vierende Wissensdefizite. Ungelöst ist unter anderem der Beitrag der radioaktiven Edelgase und der Tritium-Inkorporation. Unbekannt ist, inwieweit sich Spuren radioaktiver Metalle im Knochen akkumulieren und das Knochenmark belasten.

Edelgase:

Kerntechnische Anlagen geben beträchtliche Mengen an radioaktiven Edelgasen über den Schornstein ab. Es heißt, ihre radiologische Auswirkung sei gering, weil Edelgase angeblich nicht inkorporiert werden. Dementsprechend werden in den „Allgemeinen Berechnungsgrundlagen“ (BMI 1979) nur Dosisfaktoren für beta- (Haut) und gamma-Submission (Ganzkörper) angegeben, nicht für Inhalation. Die Belastung durch äußere Bestrahlung ist zweifellos gering. Jedoch sind Edelgase gut wasser- und fettlöslich (mehrfach besser als Sauerstoff). Sie passieren nach Einatmung leicht die Lungenmembranen, lösen sich im Blutplasma und können sich schließlich in allen Lipidstrukturen der Zellen anreichern. Als beta-Strahler erzeugen sie dort Radikale in großer Zahl. Hinzu kommt, daß aus den meist kurzlebigen Edelgasen Radionuklide mit langer Halbwertszeit entstehen können (zum Beispiel aus Xenon-137 wird Cäsium-137), die trotz ihrer geringen Aktivität möglicherweise radiotoxisch sind.

Tritium:

Nächst den Edelgasen ist Tritium das Radionuklid mit der höchsten Aktivität in den Abgasen von Wiederaufbereitungsanlagen und Atomkraftwerken. Obwohl nur ein schwacher beta-Strahler, hat es eine hohe Radiotoxizität. Durch pflanzliche Assimilation, aber auch durch Hydrierungsreaktionen in tierischen Zellen, wird es in organische Materialien eingebaut. In dieser Form wird es mit der Nahrung aufgenommen und gelangt in körpereigene Stoffe. Beim Zerfall wird nicht nur die unmittelbare Nachbarschaft durch die beta-Strahlung tangiert; das tritiierte Molekül selbst wird durch Verlust einer Wasserstoff-Funktion zerstört, weil Helium entsteht. Je nach Art der organischen Bindung (zum Beispiel in einer Nukleinsäure-Base) kann Tritium wesentlich stärker radiotoxisch sein als tritiiertes Wasser.

Unbekannt ist, inwieweit sich Tritium in der Biosphäre anreichert. Wegen seiner dreifach höheren Masse gegenüber dem normalen Wasserstoff-Atom gibt es „Isotopen-Effekte“; das bedeutet, daß die Isotope unterschiedlich schnell ein- bzw. abgebaut werden und sich somit in

der Biomasse anreichern können. Dafür gibt es bereits Hinweise.

Bei der Berechnung der Strahlenbelastung durch inkorporiertes Tritium geht man offiziell von seinem Verhalten als tritiiertes Wasser aus, - also gleichförmige Verteilung im Körperwasser mit einer biologischen Halbwertszeit von 10 Tagen, ohne Berücksichtigung eines Einbaus in körpereigene Stoffe mit wesentlich längerer Halbwertszeit (Monate bis Jahre). Die Gefährlichkeit des Tritiums wird sicherlich weit unterschätzt. (Siehe nächste Strahlentelex-Ausgabe: Tritium - Informationen zur Strahlenchemie/biologie/pathologie und Bewertung einer Strahlenbelastung durch inkorporiertes Tritium.)

Strontium:

Schließlich sind auch die knochensuchenden Radionuklide eine unbekannt Gefahr. Strontium-90, um nur das Wichtigste zu nennen, lagert sich in die Knochengrundsubstanz ein. Auch Spuren, zugeführt mit Nahrung und Trinkwasser, akkumulieren im Laufe von Jahren in den Knochen und belasten von dort aus das rote Knochenmark. Ihre Gefährlichkeit ist kaum durch die Momentaufnahmen der Emissionen oder durch Bodenproben zu erfassen. (Siehe nächste Strahlentelex-Ausgabe: Strontium-90 - Radioaktivität in Zähnen: Ein Indikator für die Dauerbelastung des roten Knochenmarks durch inkorporierte knochensuchende Radionuklide.)

Bewertung:

Aber selbst wenn das Problem der Dosimetrie gelöst wäre, so ließen sich die inkorporierten Dosen nicht mit den Risikoeffizienten aus Hiroshima bewerten. Wie bei der Dosimetrie bestehen hinsichtlich der gesundheitlichen Risiken einer Dauerbelastung mit Radioaktivität in niedriger Dosierung gravierende Wissensdefizite. Die bisherigen epidemiologischen Studien und die sich abzeichnende gesundheitliche Katastrophe bei den Menschen in den belasteten Regionen Belorußlands und der Ukraine geben aber Anlaß zur Sorge, daß das Risiko der inkorporierten Radioaktivität ein bis zwei Größenordnungen größer ist als Atomblitz oder medizinische Strahlenanwendung, bezogen auf die gleiche Dosis.

Synergismen: additive und synergistische Wirkungen von chemischen und physikalischen Noxen

Strahlenbelastungen im Niedrigdosisbereich dürfen nicht isoliert betrachtet werden. Erste Hinweise für ein Zusammenwirken verschiedener Umweltnoxen, die gemeinsam ge-

fährlicher sind als einzeln, kamen aus epidemiologischen Untersuchungen bei Uranminenarbeitern und bei Rauchern. Rauchende Bergarbeiter haben ein größeres Risiko, an Lungenkrebs zu sterben, als nichtrauchende. Dabei sind die Effekte von Radon und Tabakrauch mehr als additiv. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt der Vergleich des Krebsrisikos bei skandinavischen Rauchern, in Häusern aus Holz oder Naturstein.

Additive oder synergistische Effekte von Radioaktivität und chemischen Giften liegen nahe, wenn man bedenkt, (1) daß für die Transformation zur Krebszelle mindestens eine weitere Punktmutation auf dem korrespondierenden (väterlichen oder mütterlichen) Gen erfolgen muß und (2) daß Punktmutationen durch Basenänderung meist in Reaktionen gesetzt werden, die bei physikalischen und chemischen Noxen gleichartig sind. Es ist im Prinzip gleich, ob die Nukleinsäure-Base durch Hydroxylierung oder Alkylierung verändert wird (Hydroxylierung zum Beispiel durch ein Hydroxylradikal als Radiolyseprodukt; Alkylierung zum Beispiel durch ein Alkyl-Kation, entstanden aus einem Nitrosamin). In ihrer mutagenen Wirkung sind derartige Noxen additiv. Es ist grundsätzlich auch gleich, von wem der Initialschaden ausgeht, von der Strahlung oder dem Schadstoff. Das Risiko, aufgrund einer bestimmten Strahlendosis vorzeitig an Krebs zu erkranken, ist folglich umso größer, je stärker die Umwelt mit mutagenen Schadstoffen belastet ist.

Eine Vielzahl natürlicher und anthropogener Stoffe können in vitro die Enzymsysteme zur Reparatur von Mutationen hemmen. Theoretisch wäre es möglich, daß Mutationen in Anwesenheit derartiger Inhibitoren weniger rasch repariert werden und somit die Häufigkeit von stochastischen Spätschäden (Krebs, Leukämie) steigt. Cadmium ist ein solcher in vitro Hemmstoff. Die Wirkungen von Radioaktivität (zum Beispiel aus einem Atomkraftwerk) und Cadmium (zum Beispiel aus einer Müllverbrennungsanlage) zusammen wären synergistisch.

Emissionen aus Atomkraftwerken und Müllverbrennungsanlagen, womöglich noch in einer Region mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung, durchzogen von hochfrequentierten Autobahnen, - das ergibt einen gefährlichen Cocktail, auch wenn die Einzelbewertung der Noxen Unbedenklichkeit suggeriert.

Zusammenfassung

Neuere Erkenntnisse auf dem Gebiet der Strahlenwirkungen und Strahlenfolgen erhärten den Verdacht, daß Radioaktivität im niedrigen Dosisbereich wesentlich gefährlich-

Fortsetzung nächste Seite

Bedrohung des Lebens durch radioaktive Strahlung

Fortsetzung von Seite 10

cher ist, als offiziell verkündet wird.

1. Nach Dosisrevision und Fortschreibung der Krebsstatistik bei den Überlebenden von Hiroshima/Nagasaki ergibt sich aus den jüngsten Veröffentlichungen des Hiroshima-Instituts für die einmalige Strahlenbelastung mit hohen Dosen durchdringender Wellenstrahlung ein gegenüber dem ICRP-Risikoeffizienten von 1977 10-fach höheres Krebsrisiko.

2. Analysen dieses Datenmaterials durch Wissenschaftler, die nicht den Strahlenschutzkommissionen der Exekutive oder der Strahlenanwender angehören, zeigen eine überlineare Dosis-Risiko-Beziehung im niedrigen Dosisbereich. Das Strahlenkrebsrisiko für gamma- und Röntgenstrahlen könnte demnach bei diagnostischer Strahlenanwendung und bei Emissionen aus Atomanlagen mindestens 30-fach höher sein, als bislang angenommen wird.

3. Experimente mit Zellkulturen widerlegen die Behauptung, bei niedriger Dosisleistung sei die mutagene Wirkung von energiereicher Strahlung weniger wirksam als bei hohen Dosen. Das Gegenteil ist der Fall. Die „Dosisleistungs-Effektivitäts-Faktoren“, mit deren Hilfe die neueren Erkenntnisse aus Hiroshima heruntergespielt werden, entbehren somit jeder Grundlage.

4. Epidemiologische Untersuchungen in Fallout-Gebieten nach Atombombentests und bei den Arbeitern in Atomwaffenfabriken lassen ein Krebsrisiko der Betroffenen erkennen, das deutlich höher ist, als nach den Erfahrungen von Hiroshima/Nagasaki zu erwarten wäre. Eine Dauerbelastung - vorwiegend mit inkorporierter Radioaktivität - könnte wesentlich folgenreicher als die einmalige Bestrahlung von außen sein.

5. Der Anstieg bei Schilddrüsenkrebs und Leukämien, der sich in Belorußland und in der Ukraine bereits 5 Jahre nach Tschernobyl abzeichnet, gibt Grund zu der Befürchtung, daß dieser AKW-Unfall langfristig mehr Opfer fordern wird als Hiroshima.

6. Die bisherige Einteilung der Strahlenfolgen in akute Strahlenkrankheit einerseits und stochastische Langzeitschäden (Krebs, Leukämie) andererseits muß ergänzt werden. Die Gesundheitsschäden, unter denen die Bevölkerung in den vom Tschernobyl-Unfall besonders stark belasteten

Regionen leidet, sind nicht darin unterzubringen. Die Symptome, die in zunehmender Häufigkeit und Schwere beobachtet werden, lassen sich als chronische Knochenmarksdepression beschreiben und sind wahrscheinlich durch Akkumulation knochensuchender Radionuklide (Strontium u.a.) verursacht.

Aus Hiroshima/Nagasaki haben wir gelernt, daß gamma-Strahlung bis in niedrige Dosisbereiche Krebs auslösen kann und daß beim Umgang mit Röntgenstrahlen höchste Vorsicht geboten ist. Welche Folgen die radioaktiven Emissionen aus Atomkraftwerken haben, wird uns Tschernobyl lehren. Eines steht schon jetzt fest: Die gesundheitlichen Auswirkungen sind größer, als Atomkraftwerks-Betreiber und ihre Lobby es beschwören.

Schlußfolgerungen

Ist angesichts ...

- der Tatsache, daß das Gebäude des Strahlenschutzes auf unbewiesenen Annahmen und eindeutig falschen gesundheitlichen Risikoabschätzungen errichtet wurde, ...
- der Tatsache, daß die neueren Analysen des Krebsregisters von Hiroshima/Nagasaki ein bis zu 30-fach höheres Risiko, an Krebs zu erkranken,

belegen, als bislang behauptet wird, ...

- des Wissensdefizits, das hinsichtlich Dosimetrie und Spätfolgen von Strahlenexpositionen, insbesondere durch inkorporierte Radionuklide, besteht, ...
- des begründeten Verdachts, daß die Strahlenbelastung durch inkorporierte Radionuklide wesentlich folgenreicher ist als die durch gamma-Strahlung externen Ursprungs (je nach Art der Radionuklide um eine bis zwei Größenordnungen), ...
- der epidemiologischen Hinweise aus Fallout-Gebieten und Atomwaffenfabriken, ...
- der chronischen Knochenmarksdepression mit Immunschwäche, die in den durch den Tschernobyl-Fallout besonders belasteten Regionen in zunehmender Häufigkeit und Schwere beobachtet wird, ...
- der hohen Strahlensensibilität der Ungeborenen, Säuglinge und Kinder ...

der Betrieb von Atomkraftwerken zu verantworten?

Rechtfertigt der vermeintliche Wohlstand, den uns angeblich die Atomtechnologie beschert, das Risiko einer Katastrophe, die Europa für Kinder unbewohnbar machen würde? Für alle, die sich um Gesundheit und Leben der nachfolgenden Generatio-

Fortsetzung nächste Seite

An das Strahlentelex, Turmstraße 13, D-1000 Berlin 12

Strahlentelex-Abonnement

Ich/Wir bestelle/n zum fortlaufenden Bezug ein Jahresabonnement des **Strahlentelex** ab der Ausgabe Nr. _____ zum Preis von DM 86,- für 24 Ausgaben bzw. 12 Doppelnummern jährlich frei Haus. Ich/Wir bezahlen nach Erhalt der ersten Lieferung und nach Erhalt der Rechnung, wenn das **Strahlentelex** weiter zugestellt werden soll. Im Falle einer Adressenänderung darf die Deutsche Bundespost Postdienst meine/unsere neue Anschrift an den Verlag weiterleiten.

Ort/Datum, Unterschrift: _____

Vertrauensgarantie: Ich kann/Wir können das Abonnement jederzeit und ohne Einhaltung irgendwelcher Fristen kündigen.

Ort/Datum, Unterschrift: _____

Einzugsermächtigung: Ich gestatte hiermit, den Betrag für das Abonnement jährlich bei Fälligkeit abzubuchen und zwar von meinem Konto

Nr.: _____

bei: _____

Bankleitzahl: _____

Ort/Datum, Unterschrift: _____

Ja, ich will/wir wollen für das Strahlentelex Abonnenten werben. Bitte schicken Sie mir/uns dazu _____ Stück kostenlose Probeexemplare.

Es handelt sich um ein Patenschafts-/Geschenk-Abonnement an folgende Adresse:

Name/Vorname: _____

Straße/Hausnummer: _____

Postleitzahl/Ort: _____

Absender/Rechnungsadresse: Name/Vorname: _____

Straße/Hausnummer: _____

Postleitzahl/Ort: _____

Kurz bemerkt

Bedrohung des Lebens durch radioaktive Strahlung

Fortsetzung von Seite 11

nen sorgen, kann die Antwort nur lauten: Nein!

Epilog

Prometheus soll den Menschen das Feuer gebracht haben. Der Mensch wurde den Göttern gleich. Die Beherrschung des Feuers war der Beginn der Zivilisation. Prometheus aber wurde dafür bestraft; an einen Felsen im Kaukasus gekettet fraß ihm ein Adler täglich die Leber aus dem Leibe.

Ein zweites Mal wurde den Menschen ein Feuer gegeben: Der menschliche Drang nach Erkenntnis schuf das Materie-zerstörende Feuer der Atomkernspaltung, eine Million mal ergiebiger als das Feuer des Prometheus, das ja nichts anderes ist als eine Elektronenverschiebung von Atom zu Atom. Jetzt schien das goldene Zeitalter angebrochen zu sein. Kriege würde es nicht mehr geben. Energie würde im Überfluß zur Verfügung stehen. Wir haben den Verheißungen geglaubt, uns jedoch gründlich getäuscht. Mit dem atomaren Feuer wurde Pandoras Büchse des Unheils geöffnet. Erstmals hat die Menschheit die Mittel in der Hand, sich selbst und alles Leben zu vernichten, - entweder plötzlich im Atomkrieg, der uns droht, so lange es Atomwaffen gibt, oder schleichend durch die radioaktive Verseuchung der Welt. Prometheus wurde hart bestraft. Was erwartet uns?

Roland Scholz ●

Kinder von Tschernobyl

Unverstrahlte Kindernahrung

Hilfe zur Selbsthilfe angesichts der ökologischen Bedrohung der Erde ist der Grundgedanke für die Errichtung einer Produktionsstätte für unverstrahlte Kindernahrung in Belorußland. Seit 1990 arbeiten daran der Berliner Verein Mütter und Väter gegen atomare Bedrohung e.V. und die Belorussische Gemeinnützige Stiftung Kinder von Tschernobyl in Minsk - angefangen beim biologischen Anbau der Rohstoffe, über die Energiereduzierung bei Produktion, Transport und Verpackung, bis zur Einbindung des Verkaufs in den größeren Zusammenhang der Tschernobyl-Hilfe. Nähere Informationen und Kontakt: Patricia Wiedenhöft, Spener Str.25a, 1000 Berlin 21, Bettina Gierke, Hertzbergstr.14, 1000 Berlin 44, Sonderkonto Kinder von Tschernobyl, Berliner Sparkasse, BLZ 100 50000, Konto-Nr. 640019862. ●

nobl, Berliner Sparkasse, BLZ 100 50000, Konto-Nr. 640019862. ●

Sowjetunion-Nachfolge

Plutonium-Verseuchung durch Tschernobyl-Unfall

Plutonium aus dem Tschernobyl-Unfall liegt meist in Form heißer Teilchen (hot particles) vor, die außer Plutonium auch Cäsium, Ruthenium und Cer enthalten. In großen Mengen kämen diese Partikel speziell im Umkreis von 45 Kilometern um Tschernobyl vor. Das erklärte der Chemiker Dr. Jevgeni Petrjaev, Professor an der Staatlichen Universität Belorußlands, auf einer internationalen Plutonium-Konferenz Anfang November 1991 in Omiya in Japan, nach einem Bericht des Nuke-Info Tokyo (No.26/1991).

Die Analyse von mehr als 200 Gewebeprobe aus den Lungen von an verschiedenen Ursachen Verstorbenen enthielten zu 50 bis 70 Prozent Plutonium in Form von hot particles, erklärte Petrjaev. Der Plutoniumgehalt der 1990 und 1991 entnommenen Proben habe bei nur einem Zehntel des Gehaltes der 1987 und 1988 entnommenen Proben gelegen. Das zeige, daß die Partikel hauptsächlich im Zusammenhang mit der Tschernobyl-Explosion im Frühjahr und Sommer 1986 eingeatmet wurden. Die spätere Inkorporation durch Staub sei wesentlich geringer gewesen.

Die plutoniumhaltigen hot particles wurden laut Petrjaev in größter Menge auf der Erdoberfläche und bis 1 Zentimeter Tiefe in der obersten Erdschicht festgestellt. Daher rechne er weiterhin und langfristig mit einer Gefährdung durch die Aufnahme von Plutonium durch Staub in der Luft.

Bei Mogilev, etwa 300 Kilometer von Tschernobyl entfernt, betrage die Plutonium-Verseuchung des Bodens immer noch 100 Millicurie pro Quadratkilometer (= 3.700 Becquerel pro Quadratmeter), erklärte Petrjaev. Das verseuchte Gebiet sei daher größer als ursprünglich einmal angenommen. Plutonium sei bisher zwar nur im Lungengewebe nachgewiesen worden, in Zukunft müsse aber auch im Knochenmark, in Hirn- und Lebergewebe mit Plutonium und entsprechenden Folgen gerechnet werden. ●

Kettenreaktion Hanau

Siemens droht mit Schadensersatzforderungen

Die mehr als zweieinhalb Jahre währende Auseinandersetzung zwischen dem SIEMENS Brennelementewerk in Hanau bei Frankfurt am Main und der Gruppe „Kettenreaktion Hanau“ spitzt sich zu. Drei gewaltfreie Blockaden der Werkstore im April, Juni und September 1990 waren für den Konzern kein Grund,

den Dialog mit seinen Gegnern abzuberechnen. Bei der vierten Blockade-Aktion im März 1991 wurden erstmals sämtliche Zufahrten zum Werk versperrt. Daraufhin änderte die Firma ihren Kurs. Für den Fall weiterer Aktionen dieser Art wurden Schadensersatzforderungen „in unbegrenzter Höhe“ angedroht. Die Bereitschaft zum weiteren Dialog wurde an die Bedingung geknüpft, daß die Gruppe von „Straftaten“ - gemeint sind die gewaltfreien Blockaden - Abstand nehme. Trotzdem plant die „Kettenreaktion“ ihre nächste gewaltfreie Blockade für den März 1992. Bis dahin soll bundesweit so viel Unterstützung gewonnen werden, daß der Schadensersatzdrohung mit der Kraft der Gewaltfreiheit wirksam begegnet werden könne, erklärt Ingo Laubenthal für die Gruppe. Vorschläge, wie diese Unterstützung aussehen könnte, macht die Gruppe in einem Brief, der ebenso wie weitere Materialien der - gut dokumentierten - Auseinandersetzung angefordert werden kann bei Ingo Laubenthal, Obermainanlage 27, 6000 Frankfurt/M. 1, Tel. 069/498437. ●

Strahlentelex

Informationsdienst * Unabhängige Meßstelle Berlin des Strahlentelex, Turmstraße 13, D-1000 Berlin 21. Tel. 030 / 394 89 60.

Herausgeber und Verlag: GbR Thomas Dersee, Bernd Lehmann Strahlentelex.

Redaktion: Dipl.-Ing. Thomas Dersee (verantwortl.), Dipl.-Ing. Bernd Lehmann.

Wissenschaftlicher Beirat: Dr.med. Helmut Becker, Berlin, Dr. Thomas Bigalke, Berlin, Dr. Ute Boikat, Hamburg, Prof. Dr.med. Karl Bonhoeffer, Dachau, Prof. Dr. Friedhelm Diel, Fulda, Dr. med. Joachim Großhennig, Berlin, Dr. med. Ellis Huber, Berlin, Dr.med. Klaus Lischka, Berlin, Prof. Dr. E. Randolph Lochmann, Berlin, Dipl.-Ing. Heiner Matthes, Berlin, Dr. Werner Neumann, Frankfurt/M., Dr. Peter Plieninger, Berlin, Dr. Ernst Rößler, Berlin, Prof. Dr. Jens Scheer, Bremen, Prof. Dr.med. Roland Scholz, Gauting, Priv.DoZ. Dr. Hilde Schramm, Berlin, Jannes Kuzuomi Tashiro, Kiel, Prof. Dr.med. Michael Wiederholt, Berlin.

Erscheinungsweise und Bezug: Das Strahlentelex erscheint an jedem ersten Donnerstag im Monat als Doppelnummer. Bezug im Jahresabonnement DM 86,- für 12 Doppelnummern frei Haus. Einzel-exemplare DM 8,-.

Vertrauensgarantie: Eine Kündigung ist jederzeit und ohne Einhaltung von Fristen möglich.

Kontoverbindung: B.Lehmann, Sonderkonto Strahlenmessung, Konto-Nr. 199701-109, Postgiroamt Berlin West (Bankleitzahl 100 100 10).

Satz: In Zusammenarbeit mit LPC GmbH, Prinzessinnenstraße 19-20, 1000 Berlin 61.

Druck: Bloch & Co. GmbH, Prinzessinnenstraße 19-20, 1000 Berlin 61.

Vertrieb: Datenkontor, Ewald Feige, Badensche Str.29, 1000 Berlin 31.

Die im Strahlentelex gewählten Produktbezeichnungen sagen nichts über die Schutzrechte der Warenzeichen aus.

© Copyright 1992 bei GbR Thomas Dersee, Bernd Lehmann Strahlentelex. Alle Rechte vorbehalten.

ISSN 0931-4288