

Strahlentelex

Informationsdienst • Unabhängige Meßstelle Berlin des Strahlentelex

Nr. 122-123/ 6. Jahrgang

6. Februar 1992

Atommüllendlager Konrad

Bundesamt für Strahlenschutz vernachlässigt "natürliches Radon" und will radioaktive Abgase aus Atommüllendlager in die Luft blasen

Wie aus allen Anlagen, in denen mit radioaktiven Stoffen umgegangen wird, läßt sich die Abgabe radioaktiver Stoffe in die Umwelt auch aus dem geplanten Endlager Konrad nicht ganz vermeiden, meldet das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) in seinem Info-Blatt 12/91 vom 17.12.1991 und berichtet über die Strahlenexposition der Bevölkerung in der Umgebung der Anlage und der Beschäftigten beim bestimmungsgemäßen Betrieb.

Bei dem geplanten Endlager Konrad handelt es sich um ein ehemaliges Eisenerzbergwerk, in welchem nach den Zielen des Bundesamtes für Strahlenschutz nach dem positiven Planfeststellungsbeschuß

festen und verflüssigte radioaktive Abfälle mit „vernachlässigbarer Wärmeentwicklung“ endgelagert werden sollen. Die mit der Bahn oder LKW's angelieferten radioaktiven „Abfallgebände“ sollen nach der Eingangskontrolle unter Tage verbracht und in circa 500 Meter langen Felskammern eingelagert werden. Mehrere nebeneinander liegende Felskammern bilden ein Feld, von denen insgesamt neun vorgesehen sind. Das gesamte Einlagerungsvolumen soll circa 1,1 Millionen Kubikmeter betragen und 40 Jahre lang für die Aufnahme radioaktiven Abfalls reichen. Die nach der Einlagerung verbleibenden Hohlräume sollen, um

Fortsetzung nächste Seite

In eigener Sache

Am 12. März

Nicht wie üblich am 1., sondern ausnahmsweise erst am 2. Donnerstag im März wird die nächste Ausgabe des Strahlentelex erscheinen, damit die Redaktion an der 1. Internationalen Konferenz der Gesellschaft für Strahlenschutz in Kiel teilnehmen kann (siehe Seite 8). Für Ihr Verständnis bedankt sich bereits im voraus, Ihre

Strahlentelex-Redaktion ●

Tritium gehört zu den „natürlichen“ Radionukliden. Es entsteht durch Einwirkung von kosmischer Strahlung auf Gase in der äußeren Atmosphäre. Nach Oxidation zu Wasser verteilt es sich gleichmäßig im Oberflächenwasser. Bis zum Anbruch des Atomzeitalters war die Aktivität im Wasser zwischen 0,1 und 1 Becquerel pro Liter; das Steady-state-Inventar der Erde betrug 26 Millionen Curie Tritium (1 Curie = 37 Milliarden Becquerel). Seither ist mehr als das Hundertfache durch militärische und zivile Nutzung der Atomenergie hinzugekommen; denn Tritium entsteht auch im Prozeß der Kernspaltung, also bei jeder Atombombenexplosion und in jedem Atomreaktor. Es ist das mit Abstand häufigste Spaltprodukt. Die Jahres-

Fortsetzung Seite 3

Das Tritium-Problem

Informationen zur Strahlenchemie/biologie/pathologie und Bewertung einer Strahlenbelastung durch Tritium

Tritium ist das mit Abstand häufigste Spaltprodukt aus Atombombenexplosionen und Atomreaktoren. Seine Radiotoxizität wird höchstwahrscheinlich unterschätzt. Die nachfolgenden Ausführungen von Professor Dr.med. Roland Scholz sind eine Ergänzung zu seinem Beitrag über den neuesten Stand der Strahlenforschung in der vorigen Strahlentelex-Ausgabe. Der Arzt und Biochemiker Dr. Roland Scholz ist Professor am Institut für Physiologische Chemie, Physikalische Biochemie und Zellbiologie der Universität München.

Physikalische Eigenschaften von Tritium

Tritium oder „überschwerer Wasserstoff“ (T oder H-3) ist ein instabiles Wasserstoff-Isotop mit 2 Neutronen, von denen eines in ein Proton und ein Elektron zerfallen kann; die Zerfallsenergie von 18 keV (mittlere Teilchenenergie 6 keV) teilt sich dem Elektron mit und wird als beta-Strahlung fortgeleitet. Beim

Zerfall eines Tritiumatoms entsteht ein Heliumatom (He-3), dessen Kernmasse gleich der des Tritiums ist, das aber völlig andere chemische Eigenschaften hat (bedingt durch die Edelgaskonfiguration der Elektronenschale). Die physikalische Halbwertszeit beträgt 12,3 Jahre. Eine gegebene Tritium-Aktivität benötigt 80 Jahre, um auf 1 Prozent des Ausgangswertes abzufallen.

Herkunft des Tritiums

Aus dem Inhalt:

Aufruf zum Sammeln von Zähnen	6
Roland Scholz:	
Das Tritium-Problem	1,3,4
Das Strontium-Problem	4-6
Im Überblick:	
Strontium-Belastungen	6

Atommüllendlager Konrad

Fortsetzung von Seite 1

größere Bergsetzungen zu vermeiden, mit einem Gemisch aus Gestein und Beton verfüllt werden.

Die Höhe der zulässigen radioaktiven Ableitungen aus solchen Anlagen wird durch die Dosisgrenzwerte der Strahlenschutzverordnung - StrlSchV - für die Bevölkerung und die Beschäftigten geregelt.

Für die in der Umgebung der Anlage, aber außerhalb des Betriebsgeländes lebende Bevölkerung, gilt Paragraph 45 der StrlSchV. Dort heißt es: „Der Strahlenschutzverantwortliche hat die technische Auslegung und den Betrieb seiner Anlage oder Einrichtung so zu planen, daß die durch Ableitung radioaktiver Stoffe aus diesen Anlagen oder Einrichtungen mit Luft oder Wasser bedingte Strahlenexpositionen des Menschen“ eine effektive Körperdosis von 0,3 Millisievert im Kalenderjahr nicht überschreitet. Der Wert gilt auch als Teilkörperdosis für Keimdrüsen, Gebärmutter und rotes Knochenmark. Ein weiterer Grenzwert in Höhe von 0,9 Millisievert bezieht sich auf die Teilkörperdosis für weitere Organe und Gewebe, zum Beispiel auf die Schilddrüse und die Lunge. Der Wert für die Knochenoberfläche und die Haut ist auf 1,8 Millisievert festgelegt.

Diese Grenzwerte gelten formal als eingehalten, wenn unter Beachtung der allgemeinen Verwaltungsvorschriften - AVV - (das sind Rechenregeln) die theoretisch ermittelte Strahlenexposition einer Referenzperson (ein Erwachsener) an den ungünstigsten Einwirkungsstellen unter Berücksichtigung vorgegebener Belastungspfade, Lebensgewohnheiten und sonstiger Annahmen, den Grenzwert nicht überschreitet. Darüber hinaus ist die Strahlenexposition entsprechend dem „Minimierungsgebot“ so gering wie möglich zu halten, meldet das Bundesamt für Strahlenschutz.

Auch wenn in dem Grubengebäude Konrad nichts mehr gefördert oder gewonnen wird, so erfahren die Beschäftigten im Untertagebetrieb neben der Strahlenbelastung durch den zu lagernden Atommüll, auch die Belastungen des herkömmlichen Bergbaubetriebes. Dies ist neben der speziellen körperlichen Arbeitsbelastung für den Einzelnen und dem mit Dieselabgasen aus den Untertage-Transportfahrzeugen belasteten Grubenwetter (Luft) auch das in jeder Grube auftretende natürliche Radongas mit seinen gefährlichen Folgeprodukten.

Auf Grund des Umgangs mit radioaktivem Material - Atommüll - und der möglichen Gefährdung durch ionisierende Strahlung unterliegen die Beschäftigten des Endlagers Konrad den besonderen Aufla-

gen und Grenzwerten der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV). Diese sind dort in Paragraph 49 und in der Anlage X festgelegt.

Hiernach beträgt für „beruflich exponierte Personen der Kategorie A“ der Grenzwert für die effektive Jahresdosis 50 Millisievert. In dem Info-Blatt des Bundesamtes für Strahlenschutz wird hierzu ausgeführt, daß im bestimmungsgemäßen Betrieb durch die Begrenzung der Ortsdosisleistung der Atommüllcontainer sowie durch Abschirmung der Arbeitsplätze und Fahrzeuge die mittlere Jahresdosis für die strahlenexponierten Beschäftigten deutlich unter einem Planungsrichtwert von 5 Millisievert pro Jahr liegen werde.

Eine auch international als Kuriosität angesehene Bestimmung der deutschen Strahlenschutzverordnung ist nun aber die Festlegung in Paragraphen 28 (2) der StrlSchV, daß bei der Ermittlung der Körperdosis die natürliche Strahlenexposition nicht zu berücksichtigen ist. So auch nicht die Strahlenbelastung der Bergleute durch Radon in der Grubenluft.

Eine Vielzahl von epidemiologischen Erhebungen an im Bergbau Beschäftigten haben aber gezeigt, daß die Radonkonzentration in der Grubenluft zu einem erhöhten Lungenkrebsrisiko bei den Beschäftigten führt. Dies zeigten Untersuchungen an Beschäftigten auch in Nicht-Uranbergwerken, in Flußspatminen, Zinnminen und eben auch in Eisenerzminen in den USA, in Großbritannien, Frankreich und Schweden (siehe zum Beispiel: E.P. Radford, K.G.St. Clair Renard: Lung Cancer in Swedish Iron Miners Exposed to Low Doses of Radon Daughters, N.Engl. J.Med. 310, pp. 1485-1494 (June 7, 1984)).

Nach einer Darstellung von W. Jacobi (Radiation Exposure from Natural Sources, Bad Münstereifel, 28./29. September 1989, pp. 21-31) soll sich bei chronischer Exposition durch Radon-222 und den Folgeprodukten die normale Lungenkrebsrate bei einer Radon-Gleichgewichtskonzentration der Folgeprodukte von 150 bis 250 Becquerel pro Kubikmeter Luft verdoppeln. Bei einem Gleichgewichtsfaktor von 0,5 träte die Verdoppelung danach bei einer Radon-Konzentration von 300 bis 500 Becquerel pro Kubikmeter auf.

Das Risiko für die Beschäftigten vor Augen, empfehlen sogar die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) und die Internationale Atombehörde (IAEA) bereits seit mehr als zehn Jahren in ihren Publikationen einen besonderen Strahlenschutz für die Beschäftigten in den Uran- und Nicht-Uranminen. Die ICRP nennt bei einer jährlichen Arbeitszeit von 2000 Stunden einen Grenzwert für die Radon-222-Konzentration in der Grubenluft von 1500 Becquerel pro Kubikmeter.

Kurios ist auch, daß im Gegensatz zur Bundesrepublik in der ehe-

maligen DDR der gesetzliche Strahlenschutz auch für bergbauliche Tätigkeiten, soweit Radon-Folgeprodukte beteiligt waren, galt. Die zulässige Jahres-Lungendosis betrug danach allerdings 500 Millisievert; wenn auch nicht für den Bergbau definiert, beträgt dagegen die zulässige Jahres-Lungendosis nach der bundesdeutschen Strahlenschutzverordnung 150 Millisievert.

Vor dem Hintergrund der nicht berücksichtigten Strahlenbelastungen für die Beschäftigten durch erhöhte Radonkonzentrationen in der Grubenluft nehmen sich die vom BfS genannten Belastungen im „bestimmungsgemäßen“ Betrieb bescheiden aus.

So soll zur Reduzierung der Belastung der Beschäftigten durch gezielte Maßnahmen und eine besondere Bewetterung die aus den Atommüllcontainern freigesetzten Radionuklide abgesaugt und über Abluftkamine an die Umgebung abgegeben werden. Für die Beschäftigten bleibe, so das BfS, eine nicht vermeidbare Strahlenbelastung von 0,5 Millisievert pro Jahr - ohne Radon und Folgeprodukte - und für die Belastung der Umgebung wird am ungünstigsten Aufpunkt ein Maximalwert von 0,08 Millisievert genannt. Auch mit dem Grubenwasser werden Radionuklide aus dem Atommüll an die Umgebung abgegeben. Dessen potentielle effektive Dosis soll nach den Modellrechnungen des Bundesamtes noch unter denen der natürlichen Radioaktivität der Grubenwässer liegen. Als Werte werden hier 0,05 und 0,07 Millisievert genannt.

Außer dem „bestimmungsgemäßen“ Betrieb werden auch eine Reihe von Störfällen behandelt, zum Beispiel abstürzende Atommüllcontainer. Durch die Festlegung von Grenzwerten für das zulässige Aktivitätsinventar in den Containern glaubt das BfS die Auswirkungen von Störfällen beherrschen zu können. Per Definition treten nicht beherrschbare Störfälle nicht auf.

So nimmt das BfS auf Grund von Modellrechnungen an, daß das durch den eingelagerten Atommüll kontaminierte Grubenwasser sich erst nach 2000 Jahren („Nachbetriebsphase“) mit dem natürlichen Grundwasserstrom mischt und dieses erst nach Hunderttausenden bis Millionen Jahren wieder in die Biosphäre eindringen wird. Auf einer fachöffentlichen Vortragsveranstaltung in Berlin-Karlshorst räumte aber bereits im Oktober 1990 ein Mitarbeiter des Projektes eine Planungssicherheit von nur noch ungefähr 10000 Jahren ein. Das ist sicherlich eine realistischere Betrachtung, wenn man bedenkt, daß bis vor circa 8000 Jahren in Norddeutschland noch eine Zwischeneiszeit mit einem dicken Eispanzer herrschte, welcher beim Abschmelzen ganz Norddeutschland geologisch veränderte und das charakteristische heutige Landschaftsbild hervorbrachte. **B.L.**

Das Tritium-Problem

Fortsetzung von Seite 1

produktion der bundesrepublikanischen Atomkraftwerke liegt bei 400.000 Curie Tritium.

Im Reaktor befindet sich Tritium teils als Zirkonium-Hydrid in den Brennstabhüllen, teils eingeschlossen als Gas. Es entweicht, wenn bei Lastwechsel Haarrisse in den Hüllrohren entstehen. Tritium wird dann zu Wasser oxidiert und als solches über die Abluftkamme freigesetzt. Die genehmigten Tritiumabgaben sind beträchtlich. In gewaltigen Mengen entweicht Tritium jedoch erst beim Zersägen und Auflösen der Brennstäbe im Prozeß der Wiederaufbereitung.

Biochemische Eigenschaften von Tritium

Tritium unterscheidet sich in seinen chemischen Eigenschaften nicht vom normalen Wasserstoff. Es kommt in der Natur vorwiegend als tritiiertes Wasser vor. In der Zeit der oberirdischen Atombombentests war die Aktivität regional auf nahe 100 Becquerel pro Liter angestiegen; sie liegt auch heute noch über 1 Becquerel pro Liter. Wenn Tritium als Wasser aufgenommen wird, hat es im Körper eine mittlere biologische Halbwertszeit von 10 Tagen (je nach Alter, Geschlecht, Ernährungsbedingungen, Gesundheitszustand etc. zwischen 4 und 18 Tagen).

Die Aufnahme als Wasser (entweder Nahrungswasser oder eingeatmeter Wasserdampf) ist jedoch nicht der einzige Weg der Inkorporation. Als Wasserstoff-Isotop wird Tritium in allen organischen Verbindungen eingebaut. Der dabei wichtigste Prozeß ist die pflanzliche Assimilation, wenn aus Wasser und Kohlendioxid mit der Energie des Sonnenlichts Zucker synthetisiert wird. Als tritiiertes Zucker gelangt es in den tierischen Stoffwechsel, wo es wieder zu Tritiumwasser wird.

Doch werden Zucker auch gespeichert und zu anderen Stoffen (Eiweiße, Fette, Nucleinsäuren) umgewandelt. Auf diesem Weg erscheint Tritium in allen Bestandteilen des Körpers; je nach Art der organischen Bindung hat es dann unterschiedlich lange Halbwertszeiten, die weit über die des Wassers hinausgehen können (Monate bis Jahre).

Zusätzlich zum Weg über die Pflanzen wird Tritium im tierischen Organismus direkt aus Wasser in körpereigene Substanzen eingebaut. Das geschieht in bestimmten Reaktionen, die durch Hydrogenasen, Isomerasen, Hydrolasen u.a. katalysiert werden. Wenn einem Versuchstier mit dem Trinkwasser tritiiertes Wasser gegeben wird, so ist nach kurzer

Zeit Tritium in nahezu allen Materialien des Körpers nachweisbar. In stoffwechselaktiven Organen ist der Einbau besonders hoch; im Knochen wird dagegen wenig eingebaut. Für die radiologische Bewertung ist von Bedeutung, daß Tritium auch in den Nucleinsäuren des Zellkerns erscheint und sich dort insbesondere in den sogenannten Basen befindet, mit denen die genetische Information codiert ist. Je größer die Teilungsrates eines Gewebes, umso höher ist die Wahrscheinlichkeit, daß Tritium in die Nucleinsäuren eingebaut wird. Die Zellen des Immunsystems und alle Zellen eines wachsenden Organismus sind besonders betroffen.

Der Einbau von Tritium aus tritiiertem Wasser in organische Substanzen hängt ab von der spezifischen Aktivität; das heißt: vom Verhältnis der Zahl der Tritiumatome zur Zahl der normalen Wasserstoffatome in einer Wassermenge. Da Wasser ubiquitär ist und in hoher Konzentration vorliegt, ist die „Verdünnung“ des Tritiums im normalen Wasserstoff groß und der Einbau gering, - jedoch nicht so gering, daß dieser Weg der Inkorporation vernachlässigbar wäre.

Isotopen-Effekte

Die bisherigen Überlegungen beruhen auf dem „spezifischen Aktivitätsmodell“, bei dem eine gleichmäßige Verteilung des Tritiums in der Menge des normalen Wasserstoffs sowie gleiches chemisches und physikalisch-chemisches Verhalten angenommen wird. Auch die offizielle Bewertung geht von diesem Modell aus. Dabei bleibt aber unberücksichtigt, daß Tritium aufgrund seiner dreifach höheren Masse sich anders verhalten kann als der normale Wasserstoff. Das gleiche gilt für tritiiertes Wasser, dessen Masse 10 Prozent höher ist als die des normalen Wassers. Dieses Phänomen wird Isotopen-Effekt genannt.

Tritiumwasser hat einen geringeren Dampfdruck als normales Wasser. Es verdunstet deshalb etwas langsamer und bleibt somit vermehrt in den Böden zurück. Andererseits kondensiert es schneller. Wenn sich Tau bildet, sind die ersten Kondensate tritiumreicher als der Tritiumgehalt der Luftfeuchtigkeit. Bei wiederholten Zyklen von Verdunsten und Kondensieren kann es in den Böden zur Anreicherung von Tritiumwasser kommen. Der Tritiumgehalt pflanzlicher Assimilationsprodukte kann folglich regional erheblich größer sein, als die mittlere Kontamination des Oberflächenwassers.

Im Stoffwechsel von Pflanze und Tier laufen die Reaktionen der Wasserstoff-Übertragung und des Wasser-Austausches mit Tritium bzw. tritiiertem Wasser mehrfach schneller oder langsamer ab als mit

normalem Wasserstoff. Verantwortlich ist die Beeinflussung der enzymatischen Katalyse durch die dreifach höhere Masse des Tritiumatoms.

Es ist eine offene Frage, ob sich die Isotopen-Effekte aller Tritium-einbauenden und Tritium-ausbauenden Reaktionen einander aufheben oder ob eine Richtung überwiegt. Sollte dies der Einbau sein, so würde es langfristig zu einer Tritium-Anreicherung in der Nahrungskette kommen. Hinweise für eine derartige Anreicherung in der Biomasse liegen vor.

Besonderheiten der biologischen Wirkung von Tritium: Transmutation

Die Moleküle des lebendigen Materials sind aus Kohlenstoff und Wasserstoff aufgebaut. Ihre „natürlichen“ Radionuklide, C-14 und H-3, sind in allen Bestandteilen des Körpers enthalten. Jede künstliche Vermehrung in der Umwelt führt zwangsläufig zu einer vermehrten Radioaktivität des lebendigen Materials. Dies ist eine Besonderheit gegenüber Nukliden, denen nach gängiger Auffassung eine wesentlich höhere Radiotoxizität zugesprochen wird (zum Beispiel Cäsium, Strontium), die jedoch nicht in organische Moleküle eingebaut werden.

Beim Zerfall eines Tritiumatoms, zum Beispiel eingebaut in die Base eines Nucleinsäuremoleküls, werden durch die weiche beta-Strahlung zahlreiche Radikale in unmittelbarer Nähe gebildet. Innerhalb des Zellkerns ist die Schadensdichte hoch. Zusätzlich ist auch das Nucleinsäuremolekül in derjenigen Komponente, die das Tritium enthält, betroffen: Es verliert eine Wasserstoff-Funktion, weil aus dem Tritium ein Heliumatom mit gänzlich anderen chemischen Eigenschaften wurde (sogenannte Transmutation). Je nach Lokalisation innerhalb der Nucleinsäure können vielfältige Molekülveränderungen entstehen; jede Veränderung ist potentiell eine Mutation der Erbinformation und könnte, falls sie im Bereich eines Kontrollgens für die Zellteilung sitzt und falls keine Reparatur erfolgt, der Initiator einer späteren Krebsentwicklung sein.

Nach Einbau des Tritiums in Nucleinsäuren können also Mutationen gesetzt werden (a) als direkte oder indirekte Folge der beta-Strahlung und (b) durch den Verlust einer Wasserstoff-Funktion. Kinder sind dadurch besonders gefährdet; denn die hohe Zellteilungsrate wachsender Gewebe bedingt einerseits einen gesteigerten Tritiumeinbau und schafft andererseits vermehrt Situationen, in denen die Reparatur von Nucleinsäureschäden erschwert ist. Tierexperimentelle Daten stützen die Ver-

Fortsetzung nächste Seite

Das Tritium-Problem

Fortsetzung von Seite 3

mutung, daß Tritium eine hohe Mutagenität hat.

Nachweis von Tritium

Tritium ist ein weicher beta-Strahler ohne begleitende gamma-Strahlung, die als Indikator dienen könnte. Es ist mit den üblichen Kontaminationsmeßgeräten nicht nachweisbar, weil die beta-Strahlung die Membranen der Meßkammern nicht durchschlagen kann. Es kann nachgewiesen werden mit dem Verfahren der Liquidszintillationsspektroskopie, das jedoch relativ unempfindlich ist. Weiträumige Kontaminationen der Umwelt können deshalb nur unter großem Aufwand erfaßt werden. Informationen über eine möglicherweise vorliegende Tritium-Kontamination sind „Herrschaftswissen“.

Die Schwierigkeiten beim Nachweis geringer Tritium-Aktivitäten sind wahrscheinlich mit ein Grund für die Tatsache, daß der gewaltige Ausstoß von Tritium bei militärischer und ziviler Nutzung der Atomenergie so wenig beachtet wird. „Was kaum meßbar ist, kann auch nicht schaden!“ - Wie falsch dieser Satz ist, soll nachfolgend gezeigt werden.

Radiologische Bewertung von Tritium

Tritium gilt als ein Radionuklid mit geringer Radiotoxizität. Wegen der guten Abschirmbarkeit seiner weichen beta-Strahlung, wofür schon die oberste Hornhautschicht ausreicht, besteht keine Gefährdung durch äußere Bestrahlung. Eine Strahlenbelastung ist nur möglich durch Inkorporation, entweder in Form von Wasser (Trinkwasser, Nahrungswasser, eingeatmete Luftfeuchtigkeit und Wasser, das über die Haut in den Körper gelangt) oder als organisch gebundenes Tritium in der Nahrung.

Die Strahlenbelastung eines Menschen durch inkorporierte Radionuklide ist nicht meßbar; sie wird durch Berechnung grob geschätzt, wobei die Parameter unter anderem die biologische Halbwertszeit und die Zerfallsenergie sind. Nach den offiziellen Dosisfaktoren wird die Ganzkörperbelastung mit Jod-129 100-fach, mit Cäsium-137 300-fach, mit Strontium-90 7.000-fach höher eingestuft als die Belastung mit gleicher Tritium-Aktivität.

Allerdings wird damit die Strahlenbelastung durch Tritium unterschätzt; denn bei der Ableitung

der Dosisfaktoren wurde die biologische Halbwertszeit zu niedrig angesetzt und nur die maximale Zerfallsenergie, jedoch nicht die im Mikrovolumen des Körpers deponierte Energie berücksichtigt. Ebenfalls nicht berücksichtigt werden Isotopen- und Transmutationseffekte.

Inzwischen wird aber selbst von Vertretern des Bundesgesundheitsamtes (Institut für Strahlenhygiene auf dem Gelände der GSF in Neuherberg) dem in Nukleinsäuren eingebauten Tritium eine höhere Radiotoxizität zugestanden. „Nach Aufnahme von mit Tritium markiertem Thymidin ist die von der gleichen Menge Tritium verursachte Wirkung um den Faktor 50 stärker als nach Aufnahme von Tritium-Wasser“ heißt es in einem Bericht aus dem Jahre 1986.

Wissenschaftler, die mit Tritium arbeiten, haben schon lange großen Respekt vor diesem gewiß nicht harmlosen Radionuklid; sie sind sich des persönlichen Risikos bewußt, daß sie berufsbedingt eingehen. Allein die theoretisch mögliche hohe Mutagenität hat uns bereits zu einer Zeit, als Radioaktivität in niedriger Dosierung nach als ungefährlich eingeschätzt wurde, veranlaßt, beim Umgang mit Tritium alle denkbaren Schutzmaßnahmen zu ergreifen, um eine Inkorporation selbst minimaler Aktivitäten zu vermeiden.

Die Strahlenbelastung des menschlichen Körpers durch „natürliches“ Tritium beträgt weit unter 1 Millirem pro Jahr. Zum Höhepunkt der oberirdischen Atombombenversuche wurde die Tritiumbelastung auf 5 Millirem pro Jahr geschätzt; sie hätte damit etwa 10 Prozent der damaligen Gesamtbelastung durch innere Strahlung ausgemacht.

Das Strontium-Problem

Radioaktivität in Zähnen: Ein Indikator für die Dauerbelastung des roten Knochenmarks durch inkorporierte knochensuchende Radionuklide

Die knochensuchenden Radionuklide sind eine noch weitgehend unbekannte Gefahr. Strontium-90 lagert sich in die Knochengrundsubstanz ein. Auch Spuren, zugeführt mit Nahrung und Trinkwasser, reichern sich im Laufe von Jahren in den Knochen an und belasten von dort aus das rote Knochenmark. Ihre Gefährlichkeit ist kaum durch die Momentaufnahme der Emissionen oder durch Bodenproben zu erfassen. Die nachfolgenden Ausführungen von Professor Dr.med. Roland Scholz sind eine Ergänzung zu seinem Beitrag über den neuesten Stand der Strahlenforschung in der vorigen Strahlentelex-Ausgabe.

Strahlenphysik und Strahlenchemie von Strontium-90

Der labile Atomkern des Strontium-90 zerfällt unter Aussendung eines beta-Teilchens mit maximaler Energie von 550 keV. Die Halbwertszeit beträgt 28,1 Jahre. Es entsteht Yttrium-90, dessen Atom-

Zusammenfassende Beurteilung

Erstens, Tritium fällt bei der Kernspaltung in gewaltigen Aktivitäten an. Bei einem Unfall muß in weitem Umkreis um einen Freisetzungsort (Atomkraftwerk, Wiederaufbereitungsanlage, Endlagerung, Transportunfall) mit erheblichen radioaktiven Kontaminationen und Strahlenfolgen gerechnet werden.

Zweitens, Tritium ist ein Radionuklid mit zwar relativ geringer Radiotoxizität; seine Gefährlichkeit wird aber bei der offiziellen Bewertung unterschätzt, weil nicht berücksichtigt wird ...

- die Aufnahme tritierter Nahrungsmittel,
- der Einbau von Tritium in körpereigene Substanzen,
- die lange biologische Halbwertszeit des organisch gebundenen Tritiums,
- die Anreicherung von Tritium in den Böden und in der Nahrungskette, bedingt durch den Isotopen-Effekt,
- der Transmutationseffekt,
- die hohe Mutagenität des in Nukleinsäuren eingebauten Tritiums, insbesondere in teilungsaktiven Geweben, (bedingt durch enge Nachbarschaftsbeziehungen und durch Transmutation von H-3 zu He-3).

Drittens, Ungeborene, Säuglinge und Kleinkinder sind wesentlich strahlenempfindlicher als ältere Erwachsene (hohe Teilungsraten des wachsenden Organismus mit einer dadurch „eingeschränkten“ Fähigkeit zur Reparatur von Mutationen). Bei einer Tritium-Inkorporation sind sie zusätzlich strahlengefährdet.

Roland Scholz

kern ebenfalls labil ist und unter Aussendung eines beta-Teilchens mit 2.300 keV rasch (Halbwertszeit 2,7 Tage) zerfällt. Das stabile Nuklid ist Zirkonium-90. Im radioaktiven Gleichgewicht entstehen somit beim Zerfall eines Strontium-90 zwei beta-Teilchen, deren Strahlungen im Körpergewebe 0,5 bis 1 Millimeter bzw. 1 bis 2 Millimeter weit reichen.

Durch Kollision mit Materie, vorwiegend mit Wasser, entstehen
Fortsetzung nächste Seite

Das Strontium-Problem

Fortsetzung von Seite 4

Radikale (Moleküle mit ungepaartem Elektron), die anderen Molekülen Bindungselektronen entreißen und damit zu Molekülbrüchen oder Anlagerungen führen. Besonders aggressiv sind die radikalischen Radiolyseprodukte des Wassers. Infolge sekundärer und tertiärer Radikale ist die „Schneise“, in der chemische Reaktionen stattfinden, wesentlich breiter als die Bahnspur des beta-Teilchens. Die Radikaldichte nimmt zu, je mehr es sich dem Ende seiner Wegstrecke nähert; sie ist am größten in der Zelle, in der es versiegt.

Strahlenbiologie und Strahlenpathologie von Strontium-90

Strontium, ein chemisch dem Calcium ähnliches Element, wird bei der Mineralisation des wachsenden Knochens in die Knochengrundsubstanz eingebaut und bleibt dort mit einer biologischen Halbwertszeit von mehreren Jahren liegen. Von jedem Ort in der Knochenpongiosa aus erreicht seine Strahlung die „Stammzellen“, die Ursprungszellen des roten Knochenmarks, die der inneren Knochenhaut angeheftet sind. Auch bei noch so geringem Einbau stehen die Vorläuferzellen für die roten Blutkörperchen (Sauerstofftransport), die Blutplättchen (Blutgerinnung) und die weißen Blutkörperchen (Immunsystem) unter Dauerbeschuß. Bei anhaltender Inkorporation (zum Beispiel durch Nahrung, die auf kontaminierten Böden wächst und Spuren von Strontium enthält) akkumuliert sich die Radioaktivität im Knochen.

Die Folgen eines solchen Dauerbeschusses sind ...

... erstens, **Funktionsstörungen der Stammzellen** mit Verlust der Fähigkeit zu wachsen und sich zu teilen. Diese Zellen sterben ohne Nachkommen ab; ein möglicherweise ebenfalls gesetzter Informationsschaden, der zur Transformation einer späteren Einzelzelle zur Krebszelle hätte führen können, wird nicht weitergegeben. Der Schaden für den Organismus (Schweregrad der Erkrankung) hängt ab von der Zahl der funktionsgestörten Zellen (**deterministischer Strahlenfrühschaden**).

Da die beta-Teilchen, die beim Zerfall des eingebauten Strontiums ausgesandt werden, die Stammzellen meist erst dann treffen, wenn sie sich dem Ende ihrer Wegstrecke nähern, - also bereits energiearm sind, nur noch langsam fliegen, pro Wegstreckeneinheit eine hohe Radikaldichte in den getroffenen Zellen er-

zeugen, - ist die Wahrscheinlichkeit solcher Schäden hoch.

Die abgetöteten Stammzellen werden ersetzt, indem die nicht-getroffenen Nachbarzellen sich rascher teilen. Mit zunehmender Akkumulation von Strontium über viele Monate bzw. Jahre hinweg wird aber irgendwann die Grenze der Kompensationsfähigkeit erreicht. Von nun an werden die reifen Blutzellen in verminderter Zahl in das fließende Blut übertreten.

Es entwickelt sich das klinische Bild der chronischen Knochenmarksdepression mit den Symptomen: **aplastische Anämie** (verminderter Zahl roter Blutkörperchen), **Hämorrhagie** (Blutungsneigung bei verminderter Zahl der Blutplättchen), **Immunschwäche** (verminderte Abwehrleistung infolge Verminderung der weißen Blutkörperchen, Neigung zu Infektionskrankheiten, schlechter Wundheilung etc.). Die Störung des Immunsystems kann sich auch äußern in abnormen Abwehrreaktionen (**Allergie**) und im Erkranken an Krebs; denn die letzte Barriere vor dem Ausbrechen einer **Krebskrankheit** (Erkennen und Abtöten von Krebszellen) könnte zusammenbrechen, so daß ein im Entstehen begriffener Krebs, der sonst vom Immunsystem unter Kontrolle gehalten worden wäre, vorzeitig auftritt.

... zweitens, **Informationsschäden im Erbgut von Stammzellen** (DNS-Mutationen im Bereich der Kontrollgene für Zellwachstum und Teilung). Ein derartiger Schaden ruft bei der getroffenen Zelle keinerlei Funktionsstörungen hervor; in einer Einzelzelle kann er jedoch die Transformation zur Krebszelle auslösen. Ein einziger minimaler Strahlentreffer kann somit das Vollbild einer tödlichen Krankheit verursachen (**stochastischer Strahlenspättschaden**).

Die meisten DNS-Mutationen werden von der Zelle aktiv repariert. Bei Säugetierzellen beansprucht der komplexe Vorgang unter Beteiligung mehrerer kooperierender Enzyme viel Zeit (Stunden bis Tage). Nach der nächsten bzw. übernächsten Zellteilung ist die Mutation im Erbgut fixiert. Die Wahrscheinlichkeit von nicht-reparierten Informationsschäden nimmt zu, je kürzer die Lebenszeit einer Zelle ist, das heißt je häufiger sich die Zellen in einem Gewebe teilen, je rascher ein Gewebe wächst. Infolge ihrer hohen Teilungsrate sind die Stammzellen dazu prädestiniert, DNS-Mutationen nur unvollkommen zu reparieren. Diese Tatsache macht das Knochenmark zu einem besonders strahlensensiblen Organ.

Das primäre Ereignis für einen stochastischen Spättschaden - **Krebs, Leukämie** - wird in einer einzigen Zelle gesetzt, und zwar als Mutation eines Gens, das Wachstum und Zellteilung kontrolliert (Protooncogen). Der Primärschaden erfolgt nach dem

Gesetz des Zufalls. Falls er nicht oder falsch repariert wird, ist das mutierte Gen (Oncogen) im Erbgut der Einzelzelle fixiert. Werden später in einer dieser Zellen zusätzliche Schäden gesetzt, so kann sie die Kontrolle über Wachstum und Zellteilung verlieren. Sie wird zur Krebszelle. Allerdings werden die meisten Krebszellen vom Immunsystem erkannt und abgetötet. Das jedoch arbeitet nicht perfekt; es unterliegt in seiner Effizienz endogen und exogen bedingten Schwankungen. Krebszellen können somit unentdeckt bleiben. Von ihnen kann eine Krebserkrankung ihren Ausgang nehmen.

Inkorporation von Strontium-90: die große Unbekannte bei der Beurteilung der inneren Strahlenbelastung

Die Inkorporation von Strontium-90, als reiner beta-Strahler mit kurzer Reichweite im Gewebe, kann nicht mit Ganzkörperzählern erfaßt werden. Außerdem sind die Nahrungsmittel in der Regel mit Spuren an Strontium-90 kontaminiert, die nur mit großem Laboraufwand von den übrigen Radionukliden abgetrennt und gemessen werden können. Aber selbst Spuren können im Laufe von Monaten und Jahren zu einer erheblichen Akkumulation in den Knochen führen. Strontium ist somit die große Unbekannte bei der Strahlenbelastung des Organismus durch inkorporierte Radioaktivität aus Atombombenversuchen und Kernkraftwerken, im Normalbetrieb und nach Katastrophen.

Strontium-90 in den Zähnen: ein Indikator

Es gibt einen einfachen Weg, etwas über den Strontium-Einbau bei Kindern zu erfahren. Der Chemie-Nobelpreisträger Professor Linus Pauling hatte vor 30 Jahren den Ärzten der Harvard-University in Boston vorgeschlagen, Zähne zu sammeln, um zu prüfen, ob und wie stark Kinder in ihren Knochen den Bomben-Fallout speichern. Mehrere Zehntausend Zähne wurden damals gesammelt, ausgefallene Milchzähne und extrahierte Zähne der Erwachsenen. Nur die Milchzähne enthielten Radioaktivität. Der Sturm der Empörung, der daraufhin ausbrach, hat den Boden für ein Teststoppabkommen entscheidend vorbereitet.

Der Zahn, solange er sich noch in der Zahnleiste befindet und nicht voll durchgebrochen ist, ist ein Indikator für den wachsenden Knochen. Die Radioaktivität, die später in ihm gefunden wird, zeigt an, ob und wieviel in die Knochen eingebaut

Fortsetzung nächste Seite

Das Strontium-Problem

Fortsetzung von Seite 5

wurde zu der Zeit, als der Zahn sich bildete.

Mit der Analyse möglichst vieler Zähne im weiten Umkreis von kerntechnischen Anlagen und in Kontrollgebieten könnte es gelingen, der „großen Unbekannten“ bei der inneren Strahlenbelastung näher zu kommen.

Zum analytischen Vorgehen

Der einzelne Zahn wird gefriergetrocknet, gewogen, zerkleinert und in Salzsäure aufgelöst. Der gelöste Überstand wird zentrifugiert; ein Aliquot wird neutralisiert und mit Szintillationsflüssigkeit versetzt. Die Radioaktivität wird durch Langzeit-Liquidscintillationsspektroskopie bestimmt. Dabei werden erfaßt Kalium-40 und die Knochen-suchenden Radionuklide Strontium-90 sowie Yttrium-90, Barium-140 u.a.. Ihre

Akkumulation im Knochen erleichtert den Nachweis der „Knochensucher“.

Aufruf zum Sammeln von Zähnen

1. Ausgefallene Milchzähne oder gezogene Zähne mit Wasser, Seife und Bürste säubern; anschließend trocknen.
2. Die Zähne einzeln in kleine Plastiktüten mit Klemmverschluß stecken.
3. Der Tüte einen Zettel begeben, auf dem vermerkt ist:
 - (a) Geburtsdatum (Monat/Jahr)
 - (b) Geburtsort (Postleitzahl)
 - (c) Wo bisher gelebt? (Postleitzahl) z.B.: bis 8/1987 in 8035, ab 9/1987 in 8291, etc.
 - (d) wann fiel der Zahn aus bzw. wurde gezogen? (Monat/Jahr)
4. Verschicken als Brief, ausreichend frankiert, an:
Otto-Hug-Strahleninstitut e.V.
z.Hd. Prof.Dr. Edmund Lengfelder
Jagdhornstraße 52
8000 München 82.

Roland Scholz

Im Überblick

Strontiummessungen

Ergebnisse der Strahlenmeßstelle des Berliner Senats (Sr-90 = Strontium-90, Cs-137 = Cäsium-137, Cs-134 = Cäsium-134; jeweils in Becquerel pro Kilogramm):

Rohmilch aus Berlin, 2.8.91	
Sr-90	0,03
Cs-137	0,22
Cs-134	kleiner 0,083
Rohmilch aus Berlin, 11.9.91	
Sr-90	0,03
Cs-137	0,26
Cs-134	kleiner 0,061
Rohmilch aus Berlin, 25.9.91	
Sr-90	0,07
Cs-137	0,15
Cs-134	kleiner 0,042
Rohmilch aus Berlin, 17.10.91	
Sr-90	0,18
Cs-137	kleiner 0,12
Cs-134	0,04
Trockenmilch aus Brandenburg, 28.5.91, 2 Proben	
Sr-90	0,67 und 0,49
Cs-137	1,9 und 1,5
Cs-134	kl. 0,5 und kl. 0,55
Blumenkohl aus Oranienburg, 18.6.91	
Sr-90	0,05
Cs-137	kleiner 0,067
Cs-134	kleiner 0,071
Kopfsalat aus Berlin, 2 Proben vom 26.6.91 und 2.8.91	
Sr-90	0,21 und 0,16
Cs-137	0,28 und kl. 0,039
Cs-134	kl. 0,032 und kl. 0,041
Radieschen aus Berlin, 26.6.91	
Sr-90	0,09
Cs-137	kleiner 0,079
Cs-134	kleiner 0,071

Schluppen aus Güterfelde, 1.7.91	
Sr-90	0,27
Cs-137	kleiner 0,19
Cs-134	kleiner 0,18
Stachelbeeren aus Berlin, 26.7.91	
Sr-90	0,08
Cs-137	0,27
Cs-134	kleiner 0,086
Schnittlauch aus Berlin, 30.5.91	
Sr-90	0,1
Cs-137	kleiner 0,096
Cs-134	kleiner 0,097
Liebstöckel aus Berlin, 11.6.91	
Sr-90	1,13
Cs-137	0,16
Cs-134	kleiner 0,034
Möhren aus Berlin, 2.8.91	
Sr-90	0,17
Cs-137	0,096
Cs-134	kleiner 0,029
Möhren aus Berlin, 19.8.91	
Sr-90	0,24
Cs-137	kleiner 0,06
Cs-134	kleiner 0,068
Kartoffeln aus Berlin, 2.8.91	
Sr-90	0,04
Cs-137	0,19
Cs-134	kleiner 0,082
Zucchini aus Berlin, 5.8.91	
Sr-90	0,09
Cs-137	0,29
Cs-134	kleiner 0,083
Broccoli aus Berlin, 25.10.91	
Sr-90	0,28
Cs-137	kleiner 0,057
Cs-134	kleiner 0,058
Spinat aus Berlin, 25.10.91	
Sr-90	0,21
Cs-137	0,10
Cs-134	kleiner 0,067

Wirsingkohl aus Berlin, 25.10.91	
Sr-90	0,09
Cs-137	kleiner 0,10
Cs-134	kleiner 0,10
Pflaumen aus Rumänien, 19.8.91	
Sr-90	0,24
Cs-137	0,79
Cs-134	kleiner 0,15
Pflaumen aus Berlin, 16.9.91	
Sr-90	0,17
Cs-137	0,12
Cs-134	kleiner 0,062
Weideboden, Berlin, 0-10cm, 23.4.91	
Sr-90	2,35
Cs-137	18
Cs-134	1,1
Weidegras, Berlin, 30.7.91	
Sr-90	4,2
Cs-137	0,96
Cs-134	kleiner 0,46
Futtermais aus Berlin, 20.8.91	
Sr-90	0,06
Cs-137	kleiner 0,042
Cs-134	kleiner 0,039
Karpfen aus Berlin, 18.9.91	
Sr-90	0,09
Cs-137	2,1
Cs-134	kleiner 0,16

Die Landesmeßstelle für Radioaktivität an der Universität Bremen gab jetzt außerdem folgende Meßergebnisse bekannt (jeweils in Becquerel pro Kilogramm):

Klärschlamm, Kläranlage ZKA Bremerhaven, 27.11.90	
Sr-90	0,37
Plutonium-239/240	0,0285
Kläranlage Seehausen, 21.3.91	
Sr-90	7,37
Plutonium-239/240	0,067
ZKA Bremerhaven, 22.5.91	
Plutonium-239/240	0,0237
Grünkohl vom 18.12.90	
Sr-90	1,17
Rohmilch/Vorzugsmilch vom 3.12.90, Sr-90	0,064
21.1.91, Sr-90	0,03
11.2.91, Sr-90	0,037
4.3.91, Sr-90	0,071
8.4.91, Sr-90	0,033
6.5.91, Sr-90	0,033

(Nach den Tabellenwerken des Instituts für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes ist die Strahlenbelastung durch 1 Becquerel Strontium-90 (Sr-90) für Erwachsene bis zu 30 mal gefährlicher (bezogen auf die Knochenoberfläche) als Cäsium-137 (Cs-137). Für die Knochen von Kleinkindern bis 1 Jahr ergibt sich für Strontium-90 (Sr-90) nach den Berechnungen dieses Instituts eine bis zu 111 mal größere Strahlenbelastung im Vergleich zu Cäsium-137 (Cs-137). Das bedeutet, daß zum Beispiel 0,24 Becquerel Strontium-90 (Sr-90) in Möhren oder Pflaumen für die Knochenoberfläche eines Säuglings die gleiche Strahlenbelastung bedeutet, wie etwa 27 Becquerel Cäsium-137 (Cs-137).)

Siehe hierzu auch den vorstehenden Beitrag von Prof. Dr. Roland Scholz zum Strontium-Problem! ●

Buchmarkt**Einsichten aus Tschernobyl**

Mythos 1: Der Tschernobyl-Reaktor RBMK-1000 hatte keine Konstruktionsfehler. Es war einzig das Bedienungspersonal, daß die Explosion verursachte.

Mythos 2: Die vom zerstörten Reaktor an die Umwelt abgegebenen Radionuklide machten nur drei Prozent des radioaktiven Gesamtinventars von 192 Tonnen aus.

Mythos 3: Die an den 15 noch in Betrieb befindlichen Reaktoren vom Tschernobyl-Typ nach der Katastrophe vorgenommenen Veränderungen haben die Gefahr einer zweiten Katastrophe gebannt.

Das sind drei von 21 erdichteten Legenden um die Katastrophe von Tschernobyl vor bald sechs Jahren, mit denen der ukrainische Atomphysiker Wladimir Michailowitsch Tschernosenko in seinem jetzt vom Springer-Verlag herausgebrachten Buch aufräumt.

Bis 1991 war Tschernosenko Leiter des Labors für nichtlineare Physik und Ökologie am Institut für Theoretische Physik der ukrainischen Akademie der Wissenschaften in Kiew. Nach der Katastrophe Ende April 1986 wurde er von der sowjetischen Regierung zum wissenschaftlichen Direktor der Eingreiftruppe zur Eindämmung der Katastrophe ernannt. Gemeinsam mit einem militärischen und einem technischen Direktor sollte er die „Liquidation“ der Unglücksfolgen leiten. Von Mai 1986 bis Januar 1987 hielt er sich im Bereich der heißen Zone des Unglücksreaktors auf, bis der erste Sarkophag fertiggestellt war.

Tschernosenko ist strahlenkrank; Mediziner geben ihm noch ein bis vier Jahre. Ende 1990 kam er zur Behandlung nach Paris, dann auch nach London, brachte sein wissenschaftliches Archiv mit und begann im Frühjahr 1991 mit der Niederschrift seines Buches, um „dem Westen die Wahrheit über Tschernobyl zu vermitteln“.

Gegen die von östlicher und westlicher Atomindustrie, Regierungen und Internationaler Atomenergieagentur (IAEA) in Wien gemeinsam in die Welt gesetzten Legenden stellt Tschernosenko seine originären Erkenntnisse und Einsichten und die von Kollegen. So zitiert er unter anderem aus dem bislang unveröffentlichten Bericht des sowjetischen Atomsicherheitsexperten Jadrichinski (A. Yadrikhinski): Es wurde soviet Strahlung freigesetzt, wie bei einer Verstrahlung von etwa 80 Prozent des Reaktor-Brennstoffs entsteht, also 160 von insgesamt 192 Tonnen. Das sind etwa 6,4 Milliarden Curie, was etwa einem Curie pro Kopf der Weltbevölkerung entspricht. (1 Curie = 37 Milliarden Becquerel.)

Deshalb ist Tschernosenko heute überzeugt, daß seine Versuche,

die Tschernobyl-Folgen einzudämmen, nicht nur von Anfang an unlösbar, sondern auch weitgehend sinnlos waren.

Weil das radioaktive Inventar bereits so weitgehend in der Umwelt verteilt worden sei, könne auch von dem jetzt schon brüchigen Sarkophag in Tschernobyl keine mit den Zuständen von 1986 vergleichbare Gefahr mehr ausgehen.

Auch der Westen brachte keine Hilfe, berichtet Tschernosenko: Roboter-Geräte und ferngesteuerte Fahrzeuge aus Deutschland, Japan und der Sowjetunion versagten gleichermaßen; die Elektronik hielt dem Strahlenbombardement nicht stand. Statt dessen wurden 650.000 bis 1 Million Menschen eingesetzt, meist junge Soldaten, 19- bis 20jährige. 5000 bis 7000 seien bereits gestorben.

Insgesamt, so das sowjetische Ministerium für Kernenergie in offizieller Lesart, hätten sich 650.000 Menschen in der Gefahrenzone um Tschernobyl aufgehalten, von denen in den ersten 5 Jahren etwa 5000 gestorben seien und das entspräche dem statistischen Durchschnitt in der Sowjetunion. Für die Annahme von Strahlenschäden bestehe kein Anlaß. Diese Rechnung, so erklärt Tschernosenko, arbeitet mit dem Trick, nur die Sterblichkeit in der Normalbevölkerung zum Vergleich

heranzuziehen. Es hätten jedoch überwiegend junge Menschen in den verstrahlten Gebieten und am Reaktor-Sarkophag gearbeitet. Wenn unter ihnen die Sterblichkeit so hoch sei wie in einer Normalbevölkerung mit alten Menschen, dann sei das ein Alarmzeichen.

Tschernosenko ist Wissenschaftler, hat jedoch nicht einfach nur ein wissenschaftliches Buch geschrieben. Er läßt auch andere Strahlenarbeiter direkt zu Wort kommen und von ihren Erlebnissen und Eindrücken berichten. Seine anfängliche Begeisterung über die ihm gestellte „faszinierende Aufgabe“ erlitt offensichtlich bald unter dem Eindruck der Realität einen starken Einbruch. Das ist seinem Buch anzumerken. Sollte tatsächlich beabsichtigt sein, die Einsichten Tschernosenkos einem breiteren Publikum in Europa näher zu bringen, so müßten zumindest noch eine französische und eine deutschsprachige Fassung in Taschenbuchform erstellt werden. Die bisher einzig vorliegende englische Fassung reicht nicht aus.

Chernousenko, Vladimir M.: Chernobyl - Insight from the Inside. 367 Seiten, 124 Abbildungen, 47 Tabellen. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1991, ISBN 3-540-53698-1, DM 68,-. **Th.D.**

An das Strahlentelex, Turmstraße 13, D-1000 Berlin 21

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

Kiel

Neue Bewertung des Strahlenrisikos

Am Ende dieses Monats, vom 28. Februar bis 1. März 1992, veranstaltet - wie bereits früher angekündigt - die Gesellschaft für Strahlenschutz ihre 1. Internationale Konferenz unter dem Titel „Neue Bewertung des Strahlenrisikos“. Das Programmheft liegt jetzt vor. Ort: Audimax der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Ohlshausenstraße 40, Ecke Westring, 2300 Kiel. Anmeldung und Information: Prof. Dr. Inge Schmitz-Feuerhake, Universität Bremen, Fachbereich 1, Postfach 330400, 2800 Bremen 33, Tel. 0421-2182414. ●

Wolfen

1. Bitterfelder Umweltkonferenz

Vom 26. bis 29. Februar 1992 veranstaltet das Landratsamt Bitterfeld unter der Schirmherrschaft der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie für Forschung und Technologie und des Ministers für Umwelt und Naturschutz des Landes Sachsen-Anhalt im Städtischen Kulturhaus Wolfen eine 1. Bitterfelder Umweltkonferenz. Der Landkreis Bitterfeld in Sachsen-Anhalt ist als Chemiestandort der ehemaligen DRR neben den radioaktiven Verseuchungen durch den Uranbergbau in Sachsen und Thüringen synonym mit Vorstellungen von großräumigen Schäden an der Umwelt und von Gesundheitsschädigungen infolge einer verfehlten Wirtschafts- und Strukturpolitik. Anmeldung und Information: Ralf Trabitzsch, Landratsamt Bitterfeld, Amt für Umweltschutz, Damaschkestraße 8, O-4440 Wolfen, Tel. Wolfen-636556. ●

Tschernobyl-Folgen

Vermeht Neuroblastome bei Säuglingen in Süddeutschland

Für Deutschland zeige sich in der Krebsstatistik im Jahre 1988 ein gehäuftes Auftreten von Neuroblastomen, einer bösartigen Erkrankung des Nervensystems, überwiegend bei Säuglingen und Kleinkindern. Diese Kinder stammten, wie sich bei nachträglichen Untersuchungen herausstellte, aus Gebieten Süddeutschlands, die nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl einer erhöhten Strahlenbelastung ausgesetzt waren. Darauf wies Professor Dr. Günter Henze von der Kinderklinik der Freien Universität Berlin in einem Vortrag am 30. Oktober 1991 im

Rahmen der Vorlesungsreihe Energie-Umwelt-Abrüstung in Berlin hin. Henze gehört zu den führenden Kinderärzten Deutschlands auf dem Gebiet der Leukämiebehandlung. Hier könne ein direkter Zusammenhang zwischen Neuroblastomen und dem Reaktorunfall nicht ausgeschlossen werden, der sich in diesen Fällen über die Nahrungskette hergestellt hätte, sagte Henze. ●

Bundesamt für Strahlenschutz

Messungen im Ganzkörperzähler an Kindern aus der Sowjetunion

An 138 Personen aus der Sowjetunion, überwiegend Kinder, die über den Verein „Kinder von Tschernobyl“ zu einem Ferienaufenthalt nach Deutschland gekommen waren, hat die Außenstelle Berlin des Bundesamtes für Strahlenschutz, ehemals Staatliches Amt für Atom-sicherheit und Strahlenschutz (SAAS) der DDR, in den Jahren 1990 und 1991 Messungen im Ganzkörperzähler durchgeführt. Das teilt das Bundesamt für Strahlenschutz in einer Information 9/91 vom 4.12.1991 mit.

Danach hatten die unter 15 Jahre alten Kinder aus verschiedenen Gegenden der Sowjetunion im Jahre 1990 bei ihrem Deutschland-Aufenthalt folgende mittleren Cäsium-Aktivitäten pro Kilogramm Körpergewicht (Bq/kg):

Chojniki	15 Bq/kg
Krasnopolie	12 Bq/kg
Gomel	11,5 Bq/kg
Stolin	10,5 Bq/kg
Mogilev	8 Bq/kg
Pinsk	6 Bq/kg
Minsk	3 Bq/kg

Dabei betrogen laut Angaben des Bundesamtes die mittleren Cäsium-Belastungen der Böden in Becquerel pro Quadratmeter Bodenfläche (Bq/m²) in:

Chojniki	185.000 bis 555.000 Bq/m ²
Krasnopolie	37.000 bis 185.000 Bq/m ²
Gomel und Stolin	185.000 Bq/m ²
Mogilev, Pinsk und Minsk	bis 37.000 Bq/m ²

Messungen im Juli 1991 bei 6- bis 15-jährigen Kindern aus Wolodarka, 250 Kilometer südlich von Tschernobyl, hätten nach drei bis vier Wochen Aufenthalt in Deutschland Ganzkörperbelastungen von im Mittel 3,5 Becquerel Cäsium pro Kilogramm Körpergewicht ergeben. In Wolodarka herrscht im Mittel eine Bodenbelastung von etwa 37.000 Becquerel Cäsium pro Quadratmeter, was der mittleren Belastung etwa im Raum München entspricht.

Die Messungen im Ganzkörperzähler gestatten jedoch keine Aussagen über die tatsächlichen Strahlenbelastungen der Kinder. Ganzkörperzähler messen nur die Gamma-Strahlung der über den Verzehr verseuchter Nahrungsmittel und Trinkwasser

im Körper angesammelten Radionuklide. Die wichtigeren Beta-Strahler, wie der Knochensucher Strontium, oder Alpha-Strahler wie Plutonium können so nicht erfaßt werden. ●

Atomwirtschaft

Russische Staatskasse soll durch vermehrte Uranexporte aufgefüllt werden

Rußland plant eine gewaltige Steigerung seiner Uranexporte, um die leere Staatskasse mit Devisen zu füllen. Das haben Vertreter des russischen Atomenergieministeriums mitgeteilt, meldete Radio Moskau nach einer Meldung der Nachrichtenagentur Reuter am 18. Januar 1992. In dem Bericht sei eine Verdreifachung der russischen Uranausfuhr angedeutet worden, die im vergangenen Jahr ein Volumen von 500 Millionen Dollar umfaßte. Kasachstan habe ähnliche Exportpläne angekündigt. In Rußland, Kasachstan und Tadschikistan befinden sich jeweils etwa 30 Prozent der Uranvorräte der ehemaligen Sowjetunion. Über die restlichen zehn Prozent verfügt die Ukraine. ●

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 Matthias, 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.Do. Dr. Hilde Schramm, Berlin, Jannes Kazuomi 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