Strahlentelex

Informationsdienst • Unabhängige Meßstelle Berlin des Strahlentelex

Nr. 90-91 / 4. Jahrgang

4. Oktober 1990

Uranbergbau in Sachsen und Thüringen

Unvollständige Gesundheitsberichte der SDAG Wismut

6.800 Beschäftigte der Uranbergbau-Firma Sowjetisch-Deutsche Aktiengesellschaft (SDAG) Wismut in Südost-Deutschland, haben sich zwischen 1952 und 1989 mit Lungen- oder Bronchialkrebs bei den firmeneigenen Ärzten gemeldet. 5.132 dieser Erkrankungen seien bis zum 31. Dezember 1989 als entschädigungspflichtige Berufskrankheiten anerkannt worden. Das erklärte der Leiter des betriebseigenen Arbeitshygieneinstituts, Obermedizinalrat Dr. Martin Jönsson, am 22. September 1990 auf einem vom Kirchlichen Umweltkreis Ronneburg und der IPPNW-Sektion Gera veranstalteten Kongreß im thüringischen Ronneburg, dem heutigen Zentrum des Uranbergbaus in der ehemaligen DDR.

An der Tagung vom 20. bis 23. September 1990 nahmen rund 150 Wissenschaftler und Vertreter von Umweltgruppen aus Ost- und West-Deutschland sowie hochrangige Vertreter der SDAG Wismut und des im Umbruch befindlichen Staatlichen Amtes für Atomsicherheit und Strahlenschutz (SAAS) der ehemaligen DDR teil.

Die vollständige Zahl der in der Vergangenheit an Krebs erkrankten oder gestorbenen Bergleute und ihrer Angehörigen im Uran-Bergbaugebiet sowie die genaue Zahl der bei der Wismut einstmals Beschäftigten sei Ihnen unbekannt, behaupteten die Wismut-Manager auf wiederholte Nachfrage. Deshalb seien Aussagen über die Erkrankungshäufigkeit nicht möglich.

5.132 als entschädigungspflichtig anerkannte von 6.800 zwischen 1952 und 1989 gemeldeten Bronchial- und Lungenkrebsfällen ergibt eine Anerkennungsquote von rund 75 Prozent oder rund 135 Fälle pro Jahr, rechnete Obermedizinalrat Dr. Martin Jönsson, Leiter des Wismut -

eigenen Arbeitshygieneinstituts und zuständig für die Anerkennungen von Berufskrankheiten bei Wismut-Beschäftigten, auf der Ronneburger Tagung vor.

77 Prozent der als Berufskrankheit anerkannten Lungenkrebse, so Jönsson, sei bei Wismut-Beschäf-

Neuere Erkenntnisse über die Gefährlichkeit niedriger Strahlendosen

Neue amerikanisch-deutsche Studie beweist: Das Krebsrisiko durch Strahlen ist 10 mal größer als in den Strahlenschutzbestimmungen angenommen

Neue Auswertung der Hiroshima-Daten entzieht der Annahme relativ geringerer Strahlenwirkungen bei niedrigen Dosen die wissenschaftliche Grundlage

Eine neue Auswertung der Originaldaten über das Strahlenrisiko der japanischen Atombombenüberlebenden haben jetzt Dr. Wolfgang Köhnlein, Professor am Institut für Strahlenbiologie der Universität Münster in Westfalen/Bundesrepublik Deutschland und Dr. Rudi H. Nussbaum, Professor am Physics Department der Portland State University in Oregon/USA vorgenommen. Das entscheidende an dieser neuen unabhängigen Auswertung ist, daß es jetzt auch im niedrigen Dosisbereich genügend Krebsfälle gibt, die eine gesicherte Aussage über den Verlauf der Dosis-Wirkungs-Beziehung gestatten. Danach gibt es für die heute immer noch von anderer Seite propagierten Reduktionsfaktoren für die Wirkung niedriger Strahlendosen keine wissenschaftliche Basis mehr.

Nach einem Vortrag am 22. September 1990 in Ronneburg stellt Professor Köhnlein seine und Nussbaums Ergebnisse jetzt im Strahlentelex vor.

tigten aufgetreten, die bereits in den ersten Jahren der Firmengründung bis 1950 eingestellt worden waren. Auf die Einstellungsjahrgänge 1951 bis 1955 seien 21 Prozent der Anerkennungen entfallen, auf die Jahrgänge 1956 bis 1960 noch 2 Prozent und auf die Einstellungsjahrgänge 1961 bis 1970 nur noch 1 Fall. Unter den Bergleuten, die nach 1970 mit ihrer Arbeit bei der SDAG Wismut begonnen hätten, sei bisher kein einziger anerkennungsfähiger Lungenkrebs aufgetreten.

Ähnlich sieht nach Jönsson die Verteilung bei der Anerkennung der Staublunge (Silikose, einschließlich Silikose-Tuberkulose) aus: 76 Prozent der Anerkennungen bei den bis 1950 eingestellten Bergleuten, 22 Prozent bei den zwischen 1951 und 1955 Eingestellten, 2 Prozent bei den zwischen 1956 und 1960 Eingestellten, 3 Fälle bei den zwischen 1961 und 1970 Eingestellten und kein Fall mehr bei den nach 1970 Eingestellten.

Nach der noch bis Ende 1991 geltenden Berufskrankheiten-Verordnung der ehemaligen DDR wurden im Jahre 1989 nach Jönssons Angaben insgesamt 634 Erkrankungen in folgender Verteilung neu anerkannt:

bösartige Neubildungen durch
ionisierende Strahlen 271
durch Quarzstaub
bedingte Erkrankungen 174
Teilkörpervibration 119
Haut 15
Fortsetzung Seite 2

Aus dem Inhalt:

Uranbergbau in Sachsen und Thüringen 1-3

W. Köhnlein, R.H. Nussbaum: Neuere Erkenntnisse über die Gefährlichkeit niedriger Strahlendosen

1,3-11

Im Überblick: Obst, Pilze

11,12

Seite 3

Fortsetzung von Seite 1

Unvollständige Gesundheitsberichte der SDAG Wismut

Verschleißkrankheiten 13 der Wirbelsäule andere

Die Zeit bis zum Ausbruch der im Jahre 1989 als Berufskrankheit anerkannten Lungenkrebse (Latenzzeit) betrug laut Jönsson in 246 Fällen mehr als 35 Jahre, in 23 Fällen zwischen 31 und 35 Jahre und in 2 Fällen 26 bis 30 Jahre. 109 der Wismut-Beschäftigten, denen im Jahre 1989 ihr Lungenkrebs als Berufskrankheit anerkannt wurde, waren zum Zeitpunkt der Anerkennung bereits über 65 Jahre alt, 58 zwischen 61 und 65 Jahre, 76 zwischen 56 und 60 Jahre, 27 zwischen 51 und 55 Jahre und 1 zwischen 46 und 50 Jahre alt. Jünger als 45 Jahre war niemand.

Strahlenbelastungen, die der Anerkennung als Berufskrankheit zugrunde gelegt wurden, betrugen nach Jönsson

bis 1955		3	0 bis 300
		WLM	pro Jahr
1956 bis	1960		0 bis 100
		WLM	pro Jahr
1961 bis	1965		5 bis 50
		WLM	pro Jahr
1966 bis	1970		3 bis 25
			pro Jahr
1971 bis	1975		2 bis 10
		WLM	pro Jahr
nach 1975	5		1 bis 4
		WLM	pro Jahr

mit 1 WLM (working level month; vergl. Strahlentelex 88-89/1990, S.5) = 10 MeV/cm³, entsprechend lt. Jönsson = 1 rem = 10 Millisievert. Diese Dosisangaben, relativierte Jönsson deren Glaubwürdigkeit, seien ihm von der Generaldirektion der SDAG Wismut gemacht worden.

Die Anerkennungskriterien der Berufskrankheiten-Verordnung wandelten sich im Laufe der Zeit. Während bis 1974 insgesamt 450 WLM zur Anerkennung eines Lungenkrebses als Berufskrankheit (Berufskrankheit BK-92) bei der SDAG Wismut notwendig waren, sind es laut Jönsson danach insgesamt noch 250 WLM, ab 1976 dann 200 WLM und seit 1990 noch insgesamt 150 WLM gewesen, die ein Lungenkrebskranker erhalten haben mußte, um seine Erkrankung als entschädigungspflichtig anerkannt zu bekommen. Einmal erfolgte Ablehnungen in früherer Zeit bei höheren Anforderungen seien nachträglich nach den erniedrigten Werten jedoch nicht revidiert worden.

Auf Nachfrage des Strahlentelex, wieviel Bergarbeiter denn früher bei der SDAG Wismut beschäftigt gewesen seien, bedauerte Jönsson, darüber keine Angaben zu besitzen. Deshalb sei es auch nicht möglich, Angaben zur Häufigkeit des Auftretens von Lungenkrebs unter den Wismut-Arbeitern zu machen.

Der Hauptstrahlenschutzbeauftragte der SDAG Wismut, Diplom-Ingenieur Siegmar Richter, kritisierte dagegen das beziehungslose Zitieren der von Jönsson gemachten Angaben als Panikmache. Wenn auch nicht bekannt sei, wieviel Menschen in den "wilden" ersten Jahren von den Sowjets zur Arbeit bei der Wismut gepreßt worden seien, so müßten es nach seiner Schätzung etwa 400.000 Menschen gewesen sein, die insgesamt bis heute unter Tage bei seiner Gesellschaft gearbeitet hätten. Damit sei die Lungenkrebshäufigkeit unter Wismut-Arbeitern nur ungefähr halb so groß wie die bei der DDR-Bevölkerung insgesamt. Auf Vorhaltungen, bei dieser Schätzung seien auch alle diejenigen enthalten, die nur 1 oder 2 Monate bei der SDAG Wismut beschäftigt gewesen waren, meinte Richter, auf 100.000 mehr oder weniger käme es ihm dabei nicht an. Und auf die Vorhaltung, er Vergleiche außerdem die Erkrankungshäufigkeit junger gesunder Männer mit der von Frauen und Kinder in der Gesamtbevölkerung, eine Vorgehensweise wie sie im Westen selbst von strammen Kernenergie-Befürwortern nicht mehr gewagt würde, wenn sie noch halbwegs ernst genommen werden wollten, ging Richter überhaupt nicht ein. Insgesamt wollte er wenig Sinn darin erkennen, weiter in dieser Richtung zu forschen.

Professor Walter Röhnsch, Vizepräsident des Staatlichen Amtes für Atomsicherheit und Strahlenschutz (SAAS) der ehemaligen DDR kündigte für "die nahe Zukunft" eine "umfassende radiologische Schadenserhebung" in der rund 10.000 Quadratkilometer umfassenden Bergbauregion in Sachsen und Thüringen an. Unter der Federführung des Bonner Umweltministeriums soll mit einem Langzeitmeßprogramm die radioaktive Belastung der Luft, des Bodens, des Wassers und der Pflanzenwelt ermittelt werden.

Bei der Bewältigung der Hinterlassenschaften des Uranbergbaus ist jedoch ein weitaus größeres Engagement der Bundesrepublik gefordert. Bereits im kommenden Jahr soll mit den Sanierungsarbeiten, dem Abtragen eines Teils der Abraumhalden und der Abdeckung des anderen Teils, der Verfüllung der Tagebaubetriebe und Schlammabsetzbecken, begonnen werden. Die Kosten dafür bezifferten Wismut-Vorständler in Ronneburg für den ersten Fünfjahres-Zeitraum bereits auf "mindestens 15 bis 20 Milliarden Mark".

Aus den künstlich erzeugten Gebirgen von Erzrückständen dringt radioaktives Radongas in die Umgebung, verursacht durch den ständigen Zerfall des bei der Uranabtrennung nicht mit abgetrennten Radium-226 und Thorium-230. Die Rückstände nehmen nur mit der Halbwertzeit von knapp 80.000 Jahren des Thorium-230 ab. Dabei ist von Seiten der SDAG Wismut eine Abdeckung Halden mit Asche aus der Braunkohleverbrennung in den Ostdeutschen Kraftwerken geplant gewesen, ein Verfahren zur Verminderung der Radonausgasung, das bisher kein Beispiel auf der Welt hat und erst seit wenigen Jahren im Kleinversuch geprobt wird. Ob dieses Vorhaben noch so ausführbar ist, ist selbst für den Technischen Direktor Bergbaubetriebes Schmirchau, Dr. Rudolf Daennecke, höchst fraglich. Denn, so Daennecke, die Verwendung von Braunkohle wird künftig wegen deren schlechter Qualität und Umweltverträglichkeit bei Stromerzeugung stark eingeschränkt werden, weshalb nicht mehr genügend Asche zur Verfügung stehen werde.

Überdies geht die SDAG Wismut noch davon aus, daß Abraumhalden "durch Herstellung notwendiger Oberflächenformen, Böschungsprofile und Abdeckung mit geeignetem Material wiederurbar gemacht" werden können. Etwa in den USA ist dies als Illusion längst aufgegeben worden, nachdem sich herausstellte, daß Pflanzen und Bodenorganismen sogar zu einem Anstieg der Radonausgasung beitrugen.

Zur Zeit ist im Raum Ronneburg in der Folge des Uranbergbaus das Grundwasser bis auf eine Tiefe von 1.500 Meter abgesenkt worden. 10 bis 14 Jahre werde es dauern, so Daenneke, bis es wieder auf eine Höhe von 200 bis 300 Meter unter der Erdoberfläche angestiegen sei. Dann müsse es künstlich in dieser Tiefe gehalten werden. Andernfalls sei bei weiterem Anstieg damit zu rechnen, daß Wasser mit hohen Radiumkonzentrationen an die Oberfläche gelange.

Die Radonbelastung in Ronneburger Häusern ist im Mittel mehr als 5 bis 13 mai höher als im Bundesdurchschnitt

Diplom-Physiker Achim Der Kranefeld vom Katalyse-Institut in Köln führte in 18 Wohnungen im Raum Ronneburg Messungen der Radon-Konzentration in der Raumluft durch und ermittelte Belastungen zwischen 67 und 3.630 Becquerel pro Kubikmeter Wohn- bzw. Schlafzimmerluft. Im Mittel lagen die Belastungen bei etwa 265 Becquerel pro Kubikmeter. Das ist mehr als 5 mal über dem Bundesdurchschnitt, der nach einer Untersuchung des Bundesgesundheitsamtes 50 Becquerel pro beträgt. Zimmerluft Kubikmeter

Während im Bundesdurchschnitt etwa 8 Prozent der Wohnungen langfristige Mittelwerte über 100 Becquerel aufweisen, sind dies laut Kranefeld im Raum Ronneburg etwa 45 Prozent. Bei Mittelwerten um 100 Becquerel pro Kubikmeter können einfache Sanierungsmaßnahmen, zum Beispiel Änderungen im Lüftungsverhalten, bereits Abhilfe schaffen (vergl. Strahlentelex 88-89/ 1990). Bei langfristigen Mittelwerten über 250 Becquerel pro Kubikmeter sollten gegebenenfalls auch Eingriffe in die Bauvorgenommen substanz meint Kranefeld in Anlehnung an eine Empfehlung der Bundesdeut-Strahlenschutzkommission. schen Dies ist im Bundesdurchschnitt bei etwa 1 Prozent der Wohnungen der Fall, im Raum Ronneburg laut Kranefeld voraussichtlich bei etwa 15 bis 30 Prozent.

In 9 Kellerräumen in Ronneburg ermittelte Kranefeld außerdem zwischen 80 und 3.380, im Mittel 541 Becquerel Radon pro Kubikmeter Raumluft. Noch höher ist die Belastung an Ronneburger Arbeitsplätzen und in öffentlichen Gebäuden. Hier ermittelte Kranefeld bei 6 Messungen Belastungswerte zwischen 367 und 1.219, im Mittel 645 Becquerel pro Kubikmeter Raumluft. Das ist fast 13 mal mehr als das Bundesmittel von 50 Becquerel pro Kubikmeter in Wohnungen.

In Seelingstädt, südlich von Ronneburg, untersuchte die Unabhängige Meßstelle Berlin des Strahlentelex 15 Häuser, von denen mehr als die Hälfte vor 1930 und die anderen nach 1970 erbaut worden waren. In den Kellern enthielten dort nur 3 und im Erdgeschoß nur 8 Häuser 250 oder weniger Becquerel Radon pro Kubikmeter Raumluft. 47 Prozent der Erdgeschoßräume und 80 Prozent der Keller wiesen höhere Werte auf. Über 1.000 bis 6.000 Becquerel Radon pro Kubikmeter fanden sich in 40 Prozent der dortigen Keller, Der höchste gemessene Wert in einem Erdgeschoßraum betrug 1.100 Becquerel pro Kubikmeter Raumluft.

Höchste Radon-Belastungen In Schneeberger Häusern Im Erzgebirge

Die höchsten Radonbelastungen in Häusern wurden in den schon historischen Bergbaugebieten des Erzgebirges gefunden. Die Unabhängige Meßstelle Berlin des Strahlentelex ermittelte dort in 25 Häusern der Orte Schneeberg, Zschorlau und Niederschlema bis 30.000 Becquerel Radon pro Kubikmeter Zimmerluft im Erdgeschoß eines Schneeberger Hauses.

Insgesamt wiesen dort 87 Prozent der überwiegend zwischen 1800 und 1930 erbauten Häuser im Erdgeschoß und 90 Prozent der Keller Werte über 250 Becquerel pro Ku-

bikmeter auf. 17 Prozent der Erdgeschoßräume und 45 Prozent der Keller enthielten sogar mehr als 1.000 Becquerel Radon pro Kubikmeter Raumluft. Gehäuft traten Werte zwischen 250 und 500 Becquerel pro Kubikmeter Luft auf, nämlich in 43 Prozent der Erdgeschoßräume.

Erneute Bewetterung alter Schächte in Schneeberg vor Individuellen Sanierungsmaßnahmen empfohlen

Die bisher höchste für mitteleuropäische Gebiete bekanntgewordene Radonkonzentration hat die Unabhängige Meßstelle Berlin im Juli 1990 gemessen. Sie lag bei nahezu 800.000 Becquerel Radon pro Kubikmeter Luft im Keller eines Schneeberger Einfamilienhauses, als Durchschnittswert über 3 Tage. Im Gespräch mit dem Strahlentelex wurde dazu aus dem Staatlichen Amt für Atomsicherheit und Strahlenschutz (SAAS) der ehemaligen DDR heraus die Meinung vertreten, derart hohe Werte seien nicht möglich. Man würde sich auch scheuen, wenn solche Werte trotzdem gemessen würden, diese bekanntzugegeben.

Dagegen hielten Experten der SDAG Wismut derartige Belastungen durchaus für denkbar. Speziell könne dies dann möglich sein, wenn – wie auch im vorliegenden Fall gegeben – Häuser in der Nähe von alten, zum Teil zerfallenen und nicht mehr belüfteten Grubenschächten im Schneeberger Raum lägen. Dort unten, in dem wie ein Käse durchlöcherten Berg, könnten sich höchste Radon-Konzentrationen bilden, die

über Bodenspalte und Risse in die Häuser gelangen können. Das wird unter anderem auch bei den Vereinten Nationen bestätigt, deren Wissenschaftliches Komitee für die Wirkung der Atomstrahlen (UNSCEAR) im Anhang seines Berichts aus dem Jahre 1982 Radonkonzentrationen in erzgebirgischen alten Bergwerken bis 600.000 Becquerel pro Kubikmeter als "curiosity" dokumentiert.

Deshalb wurde von einem Experten des Bergbaubetriebes Beerwalde der SDAG Wismut in einem Gespräch mit dem Strahlentelex empfohlen zu prüfen, ob die alten Schächte in Schneeberg nicht wieder bewettert (belüftet) werden könnten. Dabei wäre das Gas in unbewohnte Gebiete zur Verdünnung in freier Luft abzuleiten. Hohe Radonkonzentrationen in den alten Schächten wären dann nicht mehr möglich. Dadurch wären die Radonkonzentrationen in den Häusern des Schneeberger Raumes möglicherweise sogar allgemein zu senken. Erst könnten auch individuelle Sanierungsmaßnahmen für die einzelnen Häuser sinnvoll sein, die bei extrem hohen Radonbelastungen nicht wirkungsvoll genug sind. (Vergl. Strahlentelex 88-89/1990).

Nach bisheriger Kenntnis ist für die Menschen in den hochbelasteten Häusern von staatlichen Stellen bislang nichts unternommen worden, was deren extrem erhöhte Gesundheitsgefährdung verringert. Wie verlautet, hat die Bundesregierung auch nicht die Absicht, finanzielle Hilfen für die Betroffenen zur Sanierung der Häuser bereitzustellen. In Aussicht gestellt wird dagegen die Finanzierung der "Erforschung von Sanierungskonzepten".

Wolfgang Köhnlein, Rudi H. Nussbaum:

Neuere Erkenntnisse über die Gefährlichkeit niedriger Strahlendosen

Einleitung

Seit der Entdeckung der ionisierenden Strahlung vor fast 100 Jahren hat sich die Anwendung dieser energiereichen Strahlung in einem ungeahnten Maß ausgeweitet. Die Nutzung ionisierender Strahlung hat fast alle Bereiche der Forschung, der Technik und natürlich auch der Medizin erreicht. Es stehen heute die empfindlichsten Methoden zum Nachweis ionisierender Strahzur Verfügung. Immer mehr lung Menschen werden während ihres Berufslebens mit der Nutzung ionisierender Strahlung konfrontiert.

Ionisierende Strahlung wird, wie man lange Zeit glaubte, zum Wohle und zum Nutzen des Menschen eingesetzt, in der Therapie, in der Diagnostik, in Bäderkuren; und die Tendenz ist steigend. Ionisierende Strahlung erzeugt aber auch unerwünschte Effekte. Das wurde bereits kurz nach Entdeckung der Röntgenstrahlen festgestellt. Es wurde nämlich beobachtet, daß durch diese – damals neuartige – Strahlung auch Hautkrebs erzeugt werden kann.

Die kanzerogene Wirkung war also schon lange bekannt. Daß mit ionisierender Strahlung auch Mutationen ausgelöst werden können, hatte Mitte der 20iger Jahre der Biologe und spätere Nobelpreisträger H.J. Muller beobachtet. Man kann also sagen, daß die stochastischen Strahlenwirkungen (also Mutationen und Krebsinduktion) schon sehr lange bekannt sind. Stochastische Wirkungen muß man im Gegensatz zu den akuten Strahlenwirkungen sehen: Während bei den nicht-stochastischen

Strahlenwirkungen mit zunehmender Dosis die Schwere der akuten Wirkung zunimmt und die Strahlenkrankheit immer schneller eintritt und weniger gut überstanden werden kann, ist es das Merkmal der stochastischen Strahlenwirkung, daß die Häufigkeit, nicht aber die Stärke der Strahleneffekte mit der Dosis zunimmt.

Jeder Mensch, der mit einer Strahlendosis von 3 Sievert (300 rem) bestrahlt wird (Ganzkörperbestrahlung), wird die Strahlenkrankheit bekommen.

Aber nicht jeder Mensch wird nach einer kleinen Dosis von 0,03 Sievert (3 rem) nach einer Inkubationszeit von 15 bis 20 Jahren an Krebs erkranken.

Die schädlichen Strahlenwirkungen waren also seit langem bekannt, und es war die Pflicht der Wissenschaftler, Ärzte und verantwortlichen Politiker, Menschen, die mit Strahlung umgehen, durch entsprechende Vorschriften so zu schützen, daß aus ihrer beruflichen Tätigkeit für sie kein gesundheitlicher Schaden entsteht oder daß dieser Schaden so klein wie möglich gehalten wird. Natürlich durften durch die Anwendung von Strahlung und die Erzeugung von Radioisotopen auch der unbeteiligten Bevölkerung keine zu hohen zusätzlichen Risiken aufgebürdet bzw. zugemutet werden. Doch was heißt hier "keine zu hohen" Risiken, und wer entscheidet, was noch "zumutbar" ist?

Wir sehen, daß hier bereits der Ausgangspunkt für viele kontroverse Diskussionen liegt (Barnaby, 1980; Marx, 1979; Morgan, 1987, Rotblatt, 1978).

Man kann aber auch zunächst das zusammenfassen, was nicht kontrovers ist. Und da gilt:

Durch die Absorption von Strahlungsenergie in den Zellen eines Organismus werden Veränderungen hervorgerufen. Diese Veränderungen können zum Absterben der betroffenen Zellen führen. Sie können aber auch Mutationen, Mißbildungen und Induktion von Krebs bedeuten. Neben diesen stochastischen Effekten der Strahlenwirkung wird bei höheren Strahlendosen auch die akute Strahlenkrankheit auftreten. (Abbildung 1)

Abbildung 1:

Die verschiedenen Strahleneffekte

- 1. Auslösung von Mutationen
- 2. Induktion von Krebs
- 3. Erzeugung von Mißbildungen
- 4. Auslösung der akuten Strahlenkrankheit
- $1~{
 m bis}~3~{
 m bereits}$ im Bereich kleiner Strahlendosen möglich
- 4 erst bei Dosen über 1 Gray (100 rad) zu beobachten

Verlauf der Dosls-Wirkungskurven

Um sich von der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung zu schützen, muß man die Häufigkeit, mit der diese Effekte induziert werden, kennen. Man muß die Dosis-Wirkungs-Beziehungen ermitteln, analysieren und interpretieren.

Hier gibt es nun kontroverse Auffassungen zwischen Wissenschaftlern verschiedener Schulen. Das wird deutlich an einem einfachen Bild (Abbildung 2). Hier werden die bei hohen Dosen beobachteten Risiken in den Bereich kleiner Strahlendosen extrapoliert unter Inanspruchnahme verschiedener Vorstellungen (Nature, 29.1.1987). Je nach Modellvorstellung kommt man zu ganz unterschiedli-

kennt, daß bis 1960 die zulässigen Dosen drastisch reduziert wurden. Aber danach hat sich nicht mehr viel geändert. Nach wie vor gilt eine Jahresdosis vom 50 Millisievert (5 rem) für die beruflich Exponierten, wobei die Lebenszeitdosis auf 400 Millisievert (40 rem) begrenzt wird. Für die allgemeine Bevölkerung ist eine zusätzliche Strahlenbelastung von 0,60 Millisievert (60 Millirem) durch die Technik zumutbar.

Setzen wir voraus, daß die Strahlenschutzgesetzgebung nach dem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis formuliert wurde, dann muß man annehmen, daß sich in den zurückliegenden 30 Jahren am Stand dieser Erkenntnis nichts geändert hat; denn in den gesetzlichen Regelungen ist eine jeweilige Anpassung an neue Erkenntnisse vorgesehen.

Es soll nun untersucht werden,

Dosis-Wirkungskurven

Zusätzliches Krebsrisiko (willk. Einh.) 140 linear 120 ---- quadratisch supralinear (Exponent: 0,64) 100 verfügbare Daten 80 60 40 20 0 Ó 20 40 60 80 100 120 140 Strahlendosis (willk. Einheiten)

Abbildung 2: Verschiedene Dosis-Wirkungskurven. Unter drei verschiedenen Annahmen werden aus den bei höheren Dosen gewonnenen Ergebnissen die Risikoabschätzungen für den niedrigen Dosisbereich vorgenommen mit recht unterschiedlichen Ergebnissen.

chen Abschätzungen des Risikos bei niedrigen Dosen. Aus dieser Darstellung wird deutlich, wie wichtig es ist, Untersuchungen und Messungen des Strahlenrisikos direkt im Bereich kleiner Dosen durchzuführen.

Mit kleinen Strahlendosen sind hier Dosen gemeint, wie sie beim Umgang mit Strahlung vorkommen können und im Verlauf mehrerer Jahre akkumuliert werden. In diesen Dosisbereich fallen aber auch die Belastungen, die man weiten Bevölkerungskreisen zumutet für Fälle, bei denen die Strahlenquelle nicht mehr unter Kontrolle ist.

Abbildung 3 macht deutlich, wie sehr sich die Auffassung über die Gefährlichkeit ionisierender Strahlung im Laufe der Zeit und anhand neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse geändert hat. Man er-

ob sich in der Tat nichts geändert hat.

Bei strahlenbiologischen Untersuchungen ist der Endpunkt, der untersucht wird, von entscheidender Bedeutung. Bei sehr vielen Experimenten war die Inaktivierung oder Abtötung einer Zelle das Testkriterium. Daneben kann auch die Induktion von Mutationen oder die Zerstörung wichtiger Biomoleküle in der Zelle - etwa der DNS - als Maß der Strahlenschädigung genommen werden. Neben diesen Untersuchungen an Modellsystemen kann man natürlich auch die Induktion von Mutationen und Krebs an Versuchstieren (z.B. an Drosophila, Mäusen, Hunden) benutzen, um etwas über die Gefährlichkeit der Strahlung zu erfahren und den Verlauf der Dosis-Wirkungsbeziehung festzulegen.

Veränderung der zulässigen Dosen im Laufe der Zeit

Im Jahr 1902 hielt man 2500 Röntgen für ungefährlich

1920 wurde die Schwellendosis auf 100 Röntgen/a herabgesetzt

1931 waren noch 50 Röntgen/a erlaubt

1936 Reduktion auf 25 Röntgen/a

1948 erneute Reduktion auf 15 Röntgen/a

1956 Die ICRP setzt für beruflich Exponierte die Dosis auf 5 rem/a fest. Für die Bevölkerung gilt eine Dosis von 500 mrem/a (5 mSv/a) als zulässig.

1959 zulässige Bevölkerungsdosis auf 170 mrem/a gesetzt.

Derzeit noch gültig:

Beruflich Exponierte 5 rem/a (50 mSv/a) Allgemeine Bevölkerung 170 mrem/a

1988 Novellierung der Strahlenschutzgesetze;

Begrenzung der Lebenszeit -Dosis auf 400 mSv (40 rem) für beruflich Exponierte, Jahresdosis nach wie vor 50 mSv

Abbildung 3: Die zulässigen Dosen wurden im Laufe der Zeit dem jeweiligen Kenntnisstand der Wissenschaft angepaßt. Einige wichtige Veränderungen sind hier aufgezählt.

Schlußfolgerungen aus solchen Experimenten müssen dann auf den Menschen übertragen werden; dies ist natürlich immer problematisch.

Außerdem werden oft Strahlendosen benutzt, die verglichen mit den Dosen, die uns im Strahlenschutz beschäftigen, hoch oder sehr hoch sind.

Untersuchungen im niedrigen Dosisbereich an Modellsystemen

Es ist also danach zu fragen, ob es neuere Untersuchungen über die Strahlenwirkung im niedrigen Dosisbereich direkt gibt und ob neuere Erkenntnisse über die Auswirkungen kleinerer Strahlendosen auf den Menschen vorliegen.

Erfreulicherweise liegen aus den letzten Jahren einige Untersuchungen vor, die die Dosis-Wirkungsbeziehung im niedrigen Dosisbereich nicht über Extrapolation, sondern direkt ermitteln und die darüberhinaus Aufschlüsse über die mutagene Wirksamkeit der niedrigen Strahlendosen geben.

Zwei dieser Untersuchungen sollen hier stellvertretend für andere kurz dargestellt werden.

Die Arbeitsgruppe Waldren et al. (1986) verwendet für ihre strahlenbiologischen Untersuchungen ein zellhybrides System. CHO-Zellen (Ovarzellen des chinesischen Hamsters) werden mit dem menschlichen Chromosom Nr.11 fusioniert. Dieses Chromosom trägt die Gene al, a2, a3, die spezifische Zelloberflächen-Antigene (A1, A2, A3) bilden. Diese Antigene machen die Zelle empfindlich gegenüber der Abtötung durch verschiedene spezifische Antiseren in Gegenwart des Komplementsystems

Der methodische Vorteil des Hybrid-Systems liegt darin, daß die Gene, deren Mutation oder Verlust nach Bestrahlung registriert wird, auf einem Chromosom liegen, das für die Zellvermehrung nicht erforderlich ist.

Registriert werden die al-Mutanten dadurch, daß diese in Anwesenheit des Antiserums die Zelle überleben lassen, weil das Antigen nicht auf der Zelloberfläche ausgebildet wurde. Die nicht mutierten Zellen haben dagegen in dem gewählten Milieu keine Überlebenschance.

So gelingt es, unter vielen Zellen die mutierten zu selektieren.

Die erhaltene Dosis-Wirkungsbeziehung ist für den niedrigen und mittleren Dosisbereich eine nach oben konvexe (überlineare) Kurve.

Die beobachtete Mutationsrate ist sehr viel höher als bisher erwartet wurde.

Eine mathematische Analyse der Dosis-Effekt-Kurve ergibt eine Beziehung mit einem Dosisexponenten, der kleiner als 1 ist (überlinear):

Mutations rate = a x $D^{0.64}$ + b, wobei b die spontane Mutations rate ist.

In der Abbildung 4 ist das mit dieser empfindlichen Methode erhaltene Ergebnis dargestellt und wird verglichen mit der dosisabhängigen Mutationsrate, wie sie mit bisher üblichen Techniken beobachtet wurde. Sie beträgt für den Dosisbereich bis 0,1 Gray (10 rad) etwa 3,5 Mutationen pro 100.000 Zellen und pro rad.

Als zweites Beispiel für die Ermittlung der Mutationsrate durch direkte Messungen im Bereich niedriger Strahlendosen sei die Arbeit

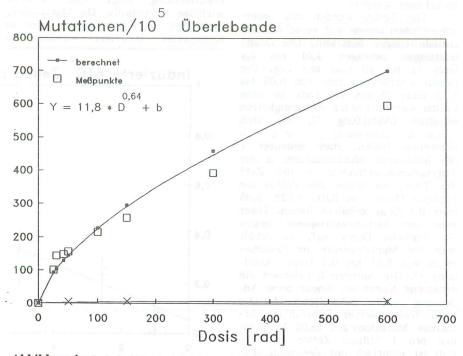


Abbildung 4: Die dosisabhängige Mutationsausbeute (>) wird verglichen mit einer überlinearen Dosis-Effektkurve (•) (Exponent 0,64) und mit den Ergebnissen von Hsie et al. (1978), die mit konventionellen Methoden den Verlust des Hypoxanthin-Phosphoribosyl-Transferase-Gens registrierten (x).

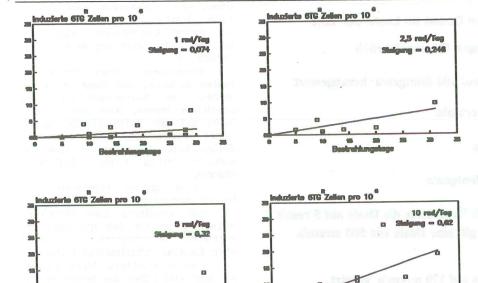


Abbildung 5: Die Anzahl der mutierten 6TG^R- Zellen ist gegen die Anzahl der Tage mit akuten täglichen Dosen von 1 - 10 rad aufgetragen. Die Linien sind die Ergebnisse einer linearen Regressionsanalyse.

von Grosovsky und Little (1985) erwähnt. Diese Autoren haben menschliche Lymphoblasten (TK6-Zellen) für ihre Bestrahlungsexperimente benutzt. Die Bestrahlung verändert durch Punktmutationen und Chromosomenaberrationen auch das Gen, das für die Hypoxanthin-Phosphoribosyl-Transferase-Aktivität (HPRT) verantwortlich ist.

Ist das Gen intakt, dann kann die Zelle das toxische Purinanalog Thioguanin in die DNA einbauen und geht dabei zugrunde. Zellen mit mutiertem HPRT-Gen werden resistent gegenüber Thioguanin und können so erkannt werden.

Die Zellen wurden mit unterschiedlichen Dosen und verschiedenen Dosisleistungen bestrahlt. Die Dosisleistungen betrugen 0,01 bis 0,1 Gray (1 bis 10 rad) pro Tag. Die Dosen erstreckten sich von 0,05 bis 3,10 Gray (5 bis 310 rad). In allen Fällen wurden lineare Abhängigkeiten erhalten (Abbildung 5), die sich durch die Beziehung y = a x + bdarstellen lassen. Hier bedeutet y die induzierte Mutationsrate; a der Regressionskoeffizient; x die Zahl der Tage, an denen die Zellen die tägliche Dosis von 0,01, 0,025, 0,05 oder 0,1 Gray erhalten haben. Trägt man die Mutationsfrequenz gegen die tägliche Dosis auf, so erhält man die Mutationsrate im Dosisbereich von 0,01 bis 0,1 Gray (Abbildung 6). Die Autoren bezeichnen die erhaltene Kurve als linear ohne Andeutung einer Schwellendosis. Die nach fraktionierter Bestrahlung erhaltene Mutationsrate (0,06 Mutationen pro 1 Million Zellen und pro rad) ist identisch mit der nach akuter Bestrahlung. Daraus folgt eine sehr wichtige Konsequenz: Die täglich verabfolgten kleinen Dosen wirken in diesem Versuchssystem addi-

tiv. Für die Mutationsinduktion ist die Art und Weise, wie die Strahlendosis verabreicht wurde (akut oder fraktioniert) unerheblich. Die starke Überlebensraten der Abhängigkeit von der Dosisleistung - weniger Überlebende bei gleicher Dosis nach akuter Bestrahlung - wird oft mit dem sich erschöpfenden Reparatursystem erklärt. Offenbar spielt das bei der Mutationsinduktion aber keine Rolle. Aus der experimentell gesicherten Linearität der Dosis-Wirkungskurve im Bereich unter 0,1 Gray (10 rad) und aus der Unabhängigkeit der Mutationsrate von der weitere Dosisleistung folgt eine wichtige Erkenntnis: Da Mutationen, wenn sie in Körperzellen statt in induziert werden, Keimzellen

Krebs führen können, darf man nicht mehr wie bisher üblich die Krebsinduktionsrate bei den Atombombenüberlebenden, die ja einer akuten Strahlendosis ausgesetzt waren, herunterrechnen für protrahierte bzw. fraktionierte Bestrahlung.

Epidemiologische Untersuchungen an schwachexponierten Populationen

Modellsystemen im Die an niedrigen Dosisbereich gefundenen Ergebnisse über die Mutagenität der ionisierenden Strahlung wird durch neuere epidemiologische Untersuchungen an strahlenexponierten Populationen ergänzt. So fanden Modan et al. (1989) eine Erhöhung des Krebsrisikos bei Personen, die als Kinder wegen einer Hautpilzerkrankung des Haarbalgs (Tinea capitis) mit Strahlen behandelt worden waren. Insgesamt wurden 10.834 bestrahlte Kinder in diese Studie aufgenommen. Die Bestrahlungen wurden zwischen 1949 und 1959 in Israel bei Immigrantenkindern durchgeführt. Da die Bestrahlungstechnik gut dokumentiert, die Röntgenanlagen und die Strahlenqualität genau beschrieben waren, konnte mit Hilfe eines Spezialphantoms retrospektiv die Dosimetrie durchgeführt werden. Es ergab sich für die Schilddrüse eine Dosis vom 90 Milligray (9 rad), während die Hirnanhangdrüse 48 bis 66 Milligray (4,8 bis 6,6 rad) und die Brustdrüse 16 Milligray (1,6 rad) absorbierten. Hinweise auf eine erhöhte Zahl von Tumorerkrankungen unterhalb des Halses gab es zunächst nicht. Aber seit 1982 häufen sich die Fälle von Brustkrebs bei Frauen, die etwa 30 Jahre zuvor als 5 bis 15 Jahre alte Mädchen -

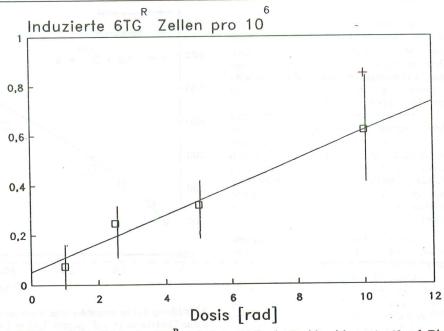


Abbildung 6: Häufigkeit der 6TG^R- induzierten Zellen im Dosisbereich von 1 - 10 rad. Die Steigung der Regressionsgeraden aus Abbildung 5 ist hier gegen die Dosis aufgetragen.

am Kopf bestrahlt worden waren. Bis 1986 registrierte man 13 solcher Erkrankungen, während in der gleichgroßen Kontrollgruppe nur 5 Fälle auftraten. Auch Schilddrüsentumore traten in der bestrahlten Population häufiger auf als in der Kontrolle. Das relative Risiko war hier sogar um den Faktor 4 höher. Am strahlenempfindlichsten für Brustkrebsinduktion waren die 5- bis 9jährigen. Hier betrug das relative Risiko sogar 12 bei einer Strahlendosis von nur 16 Milligray (1,6 rad).

Messing und Mitarbeiter (1989) haben in einer weiteren Studie untersucht, ob bei Röntgenassistentinnen, die hauptsächlich der Co-Gamma-Strahlung ausgesetzt waren, eine erhöhte Mutationsfrequenz in den peripheren T-Lymphozyten zu finden ist. Als Nachweissystem wurden die bereits erwähnten Hypoxanthin-Phosphoribosyl-Transferase- (HPRT) -Mutanten benutzt. Diese Mutanten können im Gegensatz zu nicht mutierenden Zellen in thioguaninhaltigen Medien überleben.

Die beobachtete Mutationsfrequenz wurde mit den Thermoluminiszenz-Dosimeter-Aufzeichnungen der zurückliegenden 6 Monate korreliert.

In die Studie wurden 13 Röntgenassistentinnen einbezogen und als Kontrolle 12 medizinisch-technische Assistentinnen aus dem selben Krankenhaus, die aber keinen beruflichen Umgang mit Strahlen hatten. Es wurde dabei auf gleiche Altersverteilung und identisches Raucherverhalten der beiden Gruppen geachtet. Die sorgfältige statistische Analyse ergab eine Zunahme der Mutationsfrequenz mit der Strahlenexposition. Das Interessante ist, daß die Dosis-Wirkungsbeziehung im Dosisbereich von 0 bis 7 Milligray (0 bis 0,7 rad) verläuft und keine Dosisschwelle gefunden wurde.

Die Autoren geben eine Mutationsfrequenz von 4,5 bis 8 pro 10.000 Zellen und pro Sievert an. In Strahlentherapie-Patienten (Brustkrebs) fanden die selben Autoren nach sehr viel höheren Dosen (4 Gray = 400 rad) eine Mutationsfrequenz von nur 7 pro 1 Million Zellen und pro Gray. Das heißt also, auch der Mutationsinduktion menschlichen Organismus wird eine überproportionale Dosisabhängigkeit gefunden, wie sie auch von Waldren et al. (1986) in Zellkultur beobachtet wurde. Höhere Dosen ergeben unverhältnismäßig geringere Mutationsraten. Bei den hohen Dosen machen sich die Mehrfachschädigungen und damit die Abtötung der Zellen in einem Verlust an Mutationen bemerkbar.

Die Veröffentlichung von Messing et al. (1989) zeigt außerdem, wie wichtig Untersuchungen im niedrigen Dosisbereich sind, denn Extrapolationen von hohen zu niedrigen Dosen hätten zu ganz falschen Ergebnissen geführt. Es muß auch noch einmal auf die extrem kleine Dosis-

leistung hingewiesen werden, der die Röntgenassistentinnen ausgesetzt waren; sie betrug nur 10 Milligray (1 rad) in 3 Monaten (rund 0,3 rad pro Monat).

Bei der Bewertung dieser Arfür Strahlenschutzkonsequenzen muß jedoch berücksichtigt werden, daß das untersuchte Kollektiv klein war. Die Empfehlungen der nationalen und internationalen Strahlenschutzkommissionen beruhen ganz wesentlich auf Untersuchungen an größeren Personenkollektiven (ICRP 26; BEIR III; UNSCEAR). Zu diesen wurden die Erfahrungen mit den wemedizinischer Indikation Gruppen (Bechterew-Pastrahlten tienten, Schilddrüsen-Erkrankte und troversen gegeben, denn aus den Rohdaten haben andere Wisenschaftler recht abweichende Risikobewertungen erhalten (Gofman, 1989; Morgan, 1989; Nussbaum, 1989). Erschwerend war auch, daß mit zunehmender Zeit und verbesserter Kenntnis der Bombendaten die zunächst erhaltenen Dosiswerte neu ermittelt und die einzelnen Überlebenden der LSS-Kohorten neuen Dosis-Gruppen zugeordnet werden mußten (Fry und Sinclair, 1987; Roberts, 1987; Maruyama et al. 1987; Loewe et al. 1987). Darüber hinaus war bis Mitte der siebziger Jahre nur in den hochbestrahlten Dosis-Gruppen Krebstodesrate signifikant höher als normalen Durchschnitt. In im

Risikoberechnung nach T65DR 1950 - 1982

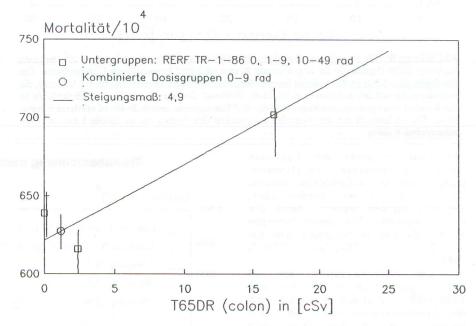


Abbildung 7: Das Krebsrisiko ergibt sich aus der Steigung der Dosiseffektkurve mal der Lebenszeitkorrektur mal dem Faktor für Fehlangabe. Für den vorliegenden Fall: 4,9 x 3,2 x 1,23 = 19,28 pro 10⁴ Personen cSv.

Mastitis-Patienten) und mit den durch den Arbeitsplatz belasteten Kollektiven (Radiologen, Uranbergarbeiter, Ziffernblattmalerinnen etc.) berücksichtigt. Eine Zusammenstellung dieser Arbeiten findet sich bei Shapiro (1981) und bei Mossmann (1984).

Ganz besonders wurden aber die Beobachtungen an den Überlebenden der Atombombenexplosionen bei den Strahlenschutz-Überlegungen gewertet, da es sich hier um ein sehr großes Kollektiv handelt, das in der Lebenszeit-Studie (Life Span Study: LSS) seit 1950 kontinuierlich verfolgt wurde. Die RERF (Radiation Effects Research Foundation), eine Stiftung, japanisch-amerikanische sammelt die Daten und publiziert regelmäßig die Rohdaten und daraus Risikoabschätzungen abgeleitete (Preston et al. 1987; Shimizu et al. 1987; Shimizu et al. 1988; Preston und Pierce 1987).

Um die Japandaten hat es in der Vergangenheit wiederholt Konsehr viel größeren Gruppe (rund 90 Prozent der gesamten Kohorte) der niedrig bestrahlten – also vom Zentrum der Explosion weiter entfernten – Bevölkerung zeigte sich keine signifikant erhöhte Krebsmortalität.

Man war also bisher gezwungen, auch bei den Japandaten von hohen Dosen zu niedrigen Dosen zu extrapolieren, mit all den Komplikationen, die sich aus der Unkenntnis des Verlaufs der Dosis-Wirkungsbeziehung ergeben.

In der neusten Sterbestatistik der Atombombenüberlebenden für die Zeitabschnitte 1950 bis 1982 bzw. 1950 bis 1985 wird zum ersten Mal auch in den mit kleinen Dosen bestrahlten Untergruppen eine Krebsmortalität gefunden, die signifikant erhöht ist. Doch stellt sich eine zusätzliche Komplikation ein:

Die bisher als Kontrollgruppe dienende "0 rad"-Kohorte, sie umfaßt immerhin etwa 40 Prozent der in die LSS aufgenommenen Personen, besteht aus Überlebenden, die

Risikoberechnung nach DS 86 1950 - 1985

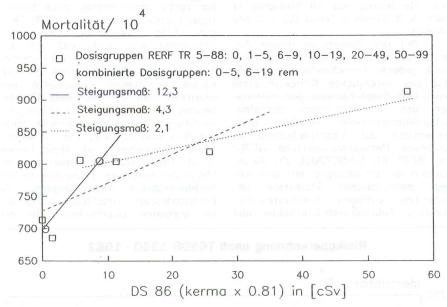


Abbildung 8: Alle Neoplasien. Zwischen 1950-1985 akkumulierte Mortalität pro 10⁴ Personen nach der DS86-Dosimetrie für abgeschirmte Kerma (shielded kerma)-Dosis-Untergruppen. Die durchgezogene Linie ist das Resultat linearer Regression mit den unteren drei (0, 1-5, 6-9 rad), die punktierte das mit den drei oberen (6-19, 20-49, 50-99 rad) Datenpunkten. Die gestrichelte Linie ist das Resultat einer gewichteten Regression der fünf Datenpunkte unterhalb 40 rad mittlerer Kerma-Dosis. Die Steigungen der drei Geraden entsprechen den Werten des in Tabelle I angegebenen zusätzlichen Risikos.

sich zum Zeitpunkt der Explosion 2,8 bis 10 Kilometer vom Hypozentrum entfernt aufgehalten hatten. Teile dieser Gruppe wurden aber, wie seit kurzem bekannt, durch den Fallout belastet. Die Dosen betrugen 12 bis 24 rad in Nagasaki und 0,6 bis 2 rad in Hiroshima (Ellett, 1987).

Die Krebsmortalität der "0 rad"-Gruppe ist in der Untersuchung 1950-1982 statistisch identisch mit der Krebsmortalität der "1-9 rad"-Gruppe, deren mittlere Dosis nach der T65DR-Dosimetrie 3 rad betrug.

Auch für die neuere Untersuchung (1950-1985) mit dem revidierten Dosimetriesystem (DS86) gilt ähnliches: Die Krebsmortalität der "0 rad"-Gruppe und der exponierten "1-5 rad"-Gruppe (mittlere Strahlenbelastung 1,9 rad) sind statistisch identisch.

Diese neue Erkenntnis ist in den offiziellen Risikoabschätzungen bisher noch unberücksichtigt geblieben. Also glaubten sich viele im Recht, die sagen, auch nach offiziellen Schätzungen sei das Risiko der mit wenigen rad Bestrahlten ebenso hoch wie das von Unbestrahlten. Es stimmt; aber die hier als "unbestrahlte" Kontrolle gewählte Bevölkerung hatte bereits die gleiche Strahlenbelastung wie die niedrig bestrahlte Gruppe.

Nussbaum et al. (1990) haben in einer neuen Analyse der Japandaten die Belastung der "0 rad"-Gruppe berücksichtigt und das Krebsrisiko auf die in den Organen absorbierten Strahlendosis bezogen, also auf die Colon-Dosis, die in Centisievert (cSv; 1 cSV = 1 rem) angegeben wird.

auf den japanischen Sterbeurkunden korrigiert. Vermutlich wegen eines sozialen Stigmas werden mitunter andere Todesursachen anstelle von Krebs angegeben. Um die Ergebnisse mit den BEIR- und RERF-Analysen vergleichbar zu machen, haben wir die Mortalitätszahlen mit dem früher geschätzten Faktor 1,23 multipliziert.

Mit den Originaldaten der RERF wurde das auf Lebenszeit zu erwartende strahlenbedingte Krebsrisiko für einen Organdosis-Bereich von circa 1 bis 40 rem ermittelt. Dabei ist das Risiko das Produkt aus Steigungsmaß der Dosis-Effektkurve x Lebenszeitkorrektur x Faktor für Fehlangabe.

Die Originaldaten kommen von verschiedenen sich überlappenden Zusammenstellungen:

*1) Die 0, 1-9, 10-49, 50-99 rad-Gruppen der 1950-1982-Studie mit der T65DR-Dosimetrie (Abbildung 7).
*2) Die 0, 1-5. 6-9, 10-19, 20-49 und 50-99 rad-Gruppen der korrigierten DS-86-Dosimetrie (Abbildung 8).
*3) Die 0, 1-5, 6-9, 10-19, 20-49 und 50-99 rad-Gruppen der bereinigten DS-86-Studie unter Beachtung der Organdosis (colon dose) (Abbil-

Risikoberechnung nach DS 86 1950 - 1985

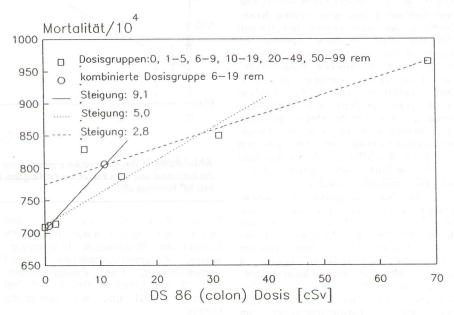


Abbildung 9: Alle Krebsarten ausgenommen Leukämien. Zwischen 1950-1985 akkumulierte Mortalität pro 10⁴ Personen nach der DS86-Dosimetrie für die Colon-Dosis-Untergruppen als Funktion der mittleren DS86-Colon-Dosis. Die Steigungen der drei Geraden entsprechen den Werten des in Tabelle I angegebenen zusätzlichen Risikos.

Weiterhin wurde von ihm berücksichtigt, daß zeitlich begrenzte Untersuchungen (1950-1982; 1950-1985) nur das Mindestrisiko für Strahlenkrebs liefern, während der für den Strahlenschutz wichtige Risikofaktor das auf die gesamte Lebenszeit bezogene strahlenbedingte Krebsrisiko pro Dosiseinheit ist.

Wie bereits in früheren Analysen des strahlenbedingten Lebenszeit-Krebsrisikos sind auch die neueren Krebsmortalitätszahlen für eine häufige Fehlangabe der Todesursache

dung 9).

In der Tabelle 1 ist das erhaltene Ergebnis zusammengestellt.

In den Abbildungen 7 bis 9 ist erläutert, wie aus den Krebsraten in den verschiedenen Dosiskohorten das zusätzliche Mindest-Krebsrisiko aus der Steigung der Kurve erhalten wird.

Für das mittlere Risiko im Dosisbereich von 0 bis 49 rad wird ein Wert von 17,5 \pm 3,5 (zusätzliche Krebstote pro 10.000 Personen rem) erhalten. Er ist nur geringfügig hö-

her als der von der RERF veröffentlichte Wert. Beim BEIR V (1990)- und UNSCEAR-Report (1988) werden die bei höheren Dosen erhaltenen Werte viel stärker gewichtet. Das führt zu einer Unterschätzung des Risikos für den niedrigen Dosisbereich.

Eine Mortalitätsanalyse akut bestrahlten Atombomben-Überlebenden und eine Untersuchung an einer begrenzten Kohorte der Hanford Plutonium-Arbeiter, die kleinen Dosen über viele Jahre ihres Arbeitslebens ausgesetzt waren, ergaben Hinweise für eine überlineare Dosis-Wirkungsrelation speziell im niedrigen Dosisbereich. Auch die Angaben in der Tabelle 1 und den Abbildungen 7 bis 9 zeigen ein beachtlich höheres Risiko bzw. steilere Kurven für den Dosisbereich 0 bis 19 rem als für den Bereich 20 bis 99 rem. Während diese Unterschiede gerade noch statistisch gesichert sind im Rahmen der gegenwärtigen Studie, sind sie eindeutig unvereinbar mit der Existenz von postulierten Risiko-Reduktionsfaktoren, wie sie derzeit noch benutzt werden, um das Gesundheitsrisiko einer niedrig bestrahlten Menschenpopulation abzuschätzen.

Um die neuen von RERF ermittelten Risikowerte an frühere offizielle Analysen anzupassen, wurden Korrekturfaktoren für den Niedrigdosisbereich herangezogen (Preston und Pierce, 1988), die auf den bereits erwähnten und früher notwendigen Extrapolations-Hypothesen Dafür gab es aber keine epidemiologische Basis. Die Hypothesen sind mit den heute vorhandenen Daten der Überlebensstudie unvereinbar. Die Reduktionsfaktoren gehören der Geschichte an, und es gibt für sie heute auch keine wissenschaftliche Basis mehr.

Das aus den epidemiologischen Daten der Atombombenüberlebenden direkt gewonnene strahlenbedingte Krebsrisiko im Niedrigdosisbereich liegt mindestens um den Faktor 10 über den Werten, die von internationalen Strahlenschutzkommissionen unter Annahme verschiedener Extrapolationsmodellen abgeleitet wurden (Tabelle 1).

Auf die Unterschätzung des strahlenbedingten Krebsrisikos durch offizielle Strahlenschutzkommission wird seit einiger Zeit von verschiedenen Seiten hingewiesen (Gofman, 1989; Radford, 1987; Schmitz-Feuerhake, 1989; Nussbaum, 1989). Auch Experten, die den Strahlenschutzkommissionen nahestehen, haben in jüngster Zeit darauf hingewiesen, ,.... daß sich die Risikoschätzungen für die Strahlenkarzinogese ... um einen Faktor zwischen 3 und 10 erhöhen werden" (Kellerer, 1989).

Das BEIR-Committee und die ICRP bereiten zur Zeit eine Neubewertung des Strahlenrisikos vor. Die Veröffentlichungen ihrer Befunde werden jedoch noch einige Zeit auf

Tabelle 1:

Lebenszeit-Strahlenrisiko (ohne Leukämie) pro Kollektivdosis von 10.000 Personen cSv

Ergebnisse der hier vorgestellten Analyse

Untersuchungs- zeitraum, ko Dosimetriesystem	rrektur	Untergruppen Dosimetrie	Dosisbereich [cGy]	Dosisgruppen (±	Lebenszeitrisiko pro 10 P-cSv mittlererFehler)
1950 - 1982 T65DR	3,2 ± 0,1	abgeschirmt Kerma	0 - 49	0, 1-9, 10-19	$19,3 \pm 9,5$
1950 - 1985 DS86	2,9 ± 0,1	abgeschirmt Kerma	0 - 49 0 - 19 6 - 99	0, 1-5, 6-9, 10-19, 20-49 0, 1-5, 6-9 6-19, 20-49,	15,4 ± 6,4 34,0 ± 17,0 7,5 ± 2,5
1950 - 1985	2,9 ± 0,1	Colon-Dosis	0 - 49 0 - 19 6 - 99	0, 1-5, 6-9, 0, 1-5, 6-19 6-19, 20-49, 50-99	17.8 ± 4.7 32.0 ± 5.0 10.0 ± 1.1

Andere Analysen der Atombombenüberlebenden (Mittelwerte)

Autoren Do	simetrie	Dosisbereich [cGy]	Verlauf der DEK	Risiko/10 ⁴ Personen-cSv
Preston, Pierce (198) Preston, Pierce (198) Shimizu et al. (1988)	8) DS86	0 - 400 0 - 400 0 - 200	linear linear linear	17 11 12
Gofman (1989)		0 - 200	supralinear bei 5 cSv bei 40 cSv	14 8
ICRP (1977) BEIR V (1990)	T65DR DS86	0 - 400 0 - 400	linear linear low dose	1,25 7
UNSCEAR (1988)	DS86	0 - 400	linear low dose	7 < 4

Ausgewählte epidemiologische Daten niedrig bestrahlter Populationen

Hanford-Plutonium-Arbeiter (1981)	0 -50	26
OSCC Fötal - Risiko (1987)	<1	20

sich warten lassen. Für die Umsetzung dieser Erkenntnisse in neue Strahlenschutzrichtlinien werden ebenfalls noch einige Jahre vergeben

Auch an anderen größeren Bevölkerungsgruppen, die ausschließlich niedrigen Dosen ausgesetzt waren, Untersuwurden epidemiologische chungen durchgeführt. Die sich ergebenden hohen Risikowerte wurden aber bisher zurückgewiesen, weil sie mit den alten zum allgemeinen Maßstab erhobenen Analysen der japanischen Überlebenden nicht vereinbar waren. Heute stimmen diese Risikowerte mit den neuen Erkenntnissen aus den japanischen Daten innerhalb vorausgesetzten statistischen der Vertrauensgrenzen gut überein.

Die Werte für das Krebsrisiko (einschließlich Leukämie), das bei in utero röntgenbestrahlten Kindern gefunden wurde (Kneale und Stewart, 1986; Knox et al. 1987; Gilman et al. 1988) und das unter den Arbeitern der Kernwaffenproduktionsanlagen in Hanford ermittelt wurde (Stewart et al. 1980; Kneale et al. 1981; Fletcher and Kneale,

1988; Gilbert et al. 1989; Stewart, 1989), dürfen für die Strahlenrisikoabschätzung nicht mehr ignoriert werden. Sie sind aus diesem Grund auch in der Tabelle 1 aufgelistet, obwohl sie wegen der unterschiedlichen Methodik nicht direkt vergleichbar sind.

Bei einer nichtlinearen Regressionsanalyse der Überlebensdaten der Atombombenopfer von 1950-1982 und 1950-1985, unter spezieller Berücksichtigung der Niedrig-Dosis-Gruppen, fand Gofman eine besonders im unteren Dosisbereich sich bemerkbar machende überlineare (konvexe) Dosisabhängigkeit der Krebsmortalität. Hiernach wäre der Anstieg des Krebsrisikos pro Dosiseinheit im Bereich von wenigen Centisievert (rem) erheblich größer als bei Dosen über 20 Centisievert (rem). Wir haben deshalb mit unserer vereinfachten Auswertemethode die Veränderung des Risikos pro Dosiseinheit in Abhängigkeit von der Dosis für die zuverläsigsten Daten (1950-1985, DS86) ermittelt.

Wenn man die Zunahme der Krebsmortalität für die kombinierte

,,50-199 rad"-Dosisgruppe (zur Minimalisierung statistischer Schwankungen) mit der mittleren Organdosis von 92 Centisievert (rem) bestimmt und mit dem entsprechenden Wert der "1-9 rad"-Gruppe (mittlere Organdosis von 2 Centisievert) vergleicht, so findet man für die mittlere Neigung der Dosis-Effekt-Kurve für den Dosisbereich von 2-93 Centisievert den Wert von 10,9 (7,6 -14,3). Das bedeutet im Mittel 10,9 zusätzliche Krebstote pro 10.000 Personen x Centisievert, in guter Übereinstimmung mit den stark zu den hohen Dosen gewichteten Analysen der RERF. Diese überraschende "konvexe" Nichtlinearität nicht mit der von BEIR III angenommenen linear-quadratischen (konkaven) Kurve überein (siehe Abbildung 2) und muß bei zukünftigen Untersuchungen mit erweitertem und damit statistisch verbessertem Datenmaterial und unter Einbeziehung von Korrekturen von Alters- und Geschlechtsverteilung weiter überprüft werden.

Dieser bereits bei den Hanford-Untersuchungen vermuteten Nichtlinearität, die den niedrigen Dosen ein höheres Risiko pro Dosiseinheit zuschreibt, würde eine wichtige Bedeutung bei der Neubewertung des Strahlenschutzes im Bereich kleiner Dosen zukommen.

Schlußfolgerungen

Das strahlenbedingte Krebsrisiko, das den gültigen Strahlenschutzbestimmungen zugrunde liegt, ist als Folge der neusten epidemiologischen Daten etwa 10 mal höher als bisher vermutet.

Diese Tatsache sollte weitreichende Konsequenzen für eine zuverlässige Abschätzung der mögli-Gesundheitsgefährdung durch die Wiederaufarbeitung von Reaktorbrennelementen, die Endlagerung radioaktiven Abfalls und die Freisetzung von Spaltstoffen bei Kernreaktorunfällen haben. Ähnliches gilt natürlich auch für Nutzen-Risiko-Überlegungen bei der technischen und medizinischen Anwendung von Röntgenstrahlen und Radioisotopen.

Ganz wesentlich für die Formulierung der bisher gültigen Strahlenschutzvorschriften war das Bemühen, mit der damals neu entstehenden Nukleartechnologie einen Industriebereich zu schaffen, dessen Risiken vergleichbar sein sollte mit den gesellschaftlich akzeptierten Risiken der als sicher geltenden Industriezweige. Auf keinen Fall sollten Menschen durch die Nuklearindustrie größere Risiken zugemutet werden dürfen. Wenn man an diesem Grundkonzept festhalten will, dann muß angesichts des neuen offiziellen Datenmaterials der Atombombenopfer in Japan eine grundlegende Revision Strahlenschutzgesetzgebung

Literatur

1. Barnaby F: The controversy over low-level radiation. Ambio 9, 74, 1980

Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR III): The Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. Washington, DC: National Academy Press, 1980

3. Biological Effects of Ionizing Radiation (BEIR V): Health Effects of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. Washington, DC: National Academy Press, 1990

4. Ellett WH (ed.), An Assessment of the New Dosimetry for A-bomb Survivors. Washington DC: National Academy Press, 1987: Chapter 6, p. 43.

5. Fletcher T, Kneale GW: Reanalysis of the Hanford Data. Progress Report (1987-1988). Three Mile Island Public Health Fund, Philadelphia, PA. TMI Public Health Fund, 1988: 12-55.

6. Fremlin J H: Health risks from low-level radiation. Ambio 9, 60, 1980

7. Fry RJM, Sinclair WK: New Dosimetry of Atomic Bomb Radiations. The Lancet 1987 Oc.,10, 845-848.

Gilbert ES, Petersen GR, Buchanan JA: Mortality of Workers at the Hanford Site: 1945-1981. Health Phys. 1989, 56, 11-25.

9. Gilman E A, Kneale G W, Knox E G, Stewart A M: Vorgeburtliche Bestrahlung und Kinderkrebs. In: W. Köhnlein, H. Traut, M. Fischer(eds.) Die Wirkung niedriger Strahlendosen - biologische

und medizinische Aspekte, Berlin-Heidelberg: Springer Verlag, 1989

10. Gilman EA, Kneale GW, Knox EG, Stewart AM: Pregnancy X-Rays and Childhood Cancers: Effects of Exposure Age and Radiation Dose. J. Radiol. Pro. (GB) 1988, 8(1), 3-8.

12. Gofman JW: Das Krebsrisiko unter den Überlebenden der Atombombenabwürfe auf Grund der 'alten" und "neuen" Dosimetrieberechnungen. In: Köhnlein W, Traut H, Fischer M (eds.), Die Wirkung niedriger Strahlendosen, biologische und medizinische Aspekte, Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 1989: 57-73.

13. Gofman JW: Warning from the A-bomb Study about Low and Slow Radiation Exposures. Health Phys. 1989, 56, 117-118.

14. Grosovsky A J, Little J B: Evidence for linear response for the induction of mutation in human cells by exposures below 10 rads. Proc. Natl. Acad. Sci. 82, 2092, 1985

15. International Commission on Radiological Protection: Recommendations of the ICRP, Publication 26. Oxford: Pergamon, 1977.

- 16. Kellerer AM: Die neue Bewertung der Strahlenrisiken: Folgerungen aus der Revision der Dosimetrie in Hiroshima und Nagasaki. In: Köhnlein W, Traut H, Fischer M (eds.), Die Wirkung niedriger Strahlendosen, Berlin-Heidelberg. Springer-Verlag, 1989: 37-56.
- 17. Kerr GS: Organ Estimates for Japanese Atomic Bomb Surviviors. Health Phys. 1979, 37, 487-508. 18. Kneale GW, Stewart AM: Prenatal X-Rays and Cancer: Further Tests of OSCC Data. Health Phys.

1986, 51, 369-376 und 1987, 53, 200. 19. Kneale GW, Mancuso TF, Stewart AM: Hanford Radiation Study III: A Cohort Study of the

Cancer Risks from Radiation to Workers at Hanford (1944-1977 Deaths) by the Method of Regression Models in Life-Tables. Brit. J. Industrial Med. 1981, 38, 156-166.

20. Kneale G W and Stewart A M: Age variation in the cancer risks from foetal irradiation, British J. of Cancer, 57, 1009-1014, 1979

21. Kneale G W and Stewart A M: Childhood cancer in the U.K. and their relation to background radiation. Proceedings of the International Conference on Biological Effects of Ionizing Radiation, Hammersmith Hospital, London 1986

22. Knox EG, Kneale GW, Gilman EA: Prenatal Irradiation and Childhood Cancer. J. Soc. Radiol. Prot. (GB) 1987, 7(4), 3-15.

23. Loewe WE, Mendelsohn E, Hamada T, Maruyama T, Okajima S, Pace III JV, Sakanue M, Kondo S, Hashizume T, Marcum J, Woolson WA. Measurements of Neutron Fluences. In: Roesch WC, (ed.) U.S. - Japan Joint Reassessment of Atomic Bomb Radiation Dosimetry in Hiroshima and Nagasaki. Final Report. Hiroshima, Japan: Radiation Effects Research Foundation, 1987:185-

24. Mancuso T F, Stewart A, Kneale GW: Radiation exposure of Hanford workers dying from cancer and other causes. Health Physics 33, 369, 1977

25. Maruyama T, Kumamoto Y, Ichikawa Y, Nagatomo T, Hoshi M, Haskell E, Kaipa P: Thermoluminescence Measurements of Gamma Rays. In. Roesch WC, (ed.) U.S. - Japan Joint Reassessment of Atomic Bomb Radiation Dosimetry in Hiroshima and Nagasaki. Final Report. Hiroshima, Japan: Radiation Effects Research Foundation, 1987: 143-184.

26. Marx J L; Low-level radiation, just how bad is it. Science 204, 160-164, 1979

27. Messing K, Ferraris J, Bradley WEC, Swartz J, Seifert AM: Mutant Frequency of Radiotherapy Technicians Appears to be Associated with Recent Dose of Ionizing Radiation. Health Physics 1989, 57, 537-544.

28. Modan B, Alfandary E, Chetrit A, Katz L: Increased Risk of Breast Cancer after Low-Dose Irradiation. The Lancet 1989, I, 629-631

29. Morgan K Z: Risk of cancer from low-level exposure to ionizing radiation. Bulletin, 1987 30. Morgan KZ: ICRP Risk Estimates - An Alternative View, in: Jones RR, Southwood R (eds.), Radiation and Health: The Biological Effects of Low-level Exposure to Ionizing Radiation. Chichester (GB): John Wiley, 1987, 125-151.

31. Mossman KL: Cancer Investigations 2 1984, (4), 301-310.

- 32. Najarian T, Colton T: Mortality from leukemia and cancer in shipyard nuclear workers, The
- 33. Nussbaum RH: Zunahme des Strahlenrisikos bei niedrigen Dosen: Übereinstimmung zwischen bisher als unvereinbar bezeichneten Studien. In: Köhnlein W, Traut H, Fischer M (eds.), Die Wirkung niedriger Strahlendosen - biologische und medizinische Aspekte, Berlin-Heidelberg. Springer-Verlag, 1989:76-89.

34. Nussbaum RH, Belsey E, Köhnlein W: Recent Mortality Statistics for Distally Exposed A-Bomb Survivors: The Lifetime Cancer Risk for Exposure Under 50 cGy (rad). Medicina Nuclearis 1990.

35. Preston DL, Pierce DA: The Effect of Changes in Dosimetry on Cancer Mortality Risk Estimates in the Atomic Bomb Survivors. RERF Technical Reports TR 9-87, Hiroshima, Japan: Radiation Effects Research Foundation, 1987.

noch: Literatur

- Preston DL, Pierce DA: The Effect of Changes in Dosimetry on Cancer Mortality Risk Estimates in the Atomic Bomb Survivors. Radiat. Research 1988, 114, 437-466.
- Preston DL, Kato H, Kopecky KJ, Fujita S: Cancer Mortality Among A-Bomb Survivors in Hiroshima and Nagasaki, 1950-1982. Life Span Study Report 10, Part 1. RERF Technical Report TR 1-86. Hiroshima, Japan: Radiation Effects Research Foundation, 1986 und Radiat. Research 1987, 111, 151-178.
- 38. Radford EP: Recent Evidence of Radiation-induced Cancer in the Japanese Atomic Bomb Survivors, In: Jones RR, Southwood R (eds.), Radiation and Health: The Biological Effects of Low-level Exposure to Ionizing Radiation. Chichester (GB): John Wiley, 1987, 87-96.

39. Roberts L: Atomic Bomb Doses Reassessed. Science 1987, 238, 1649-1651.

40. Rotblatt J: The Bulletin of the Atomic Scientists, 41, September 1978

- 41. Schmitz-Feuerhake I: Risikofaktoren für strahleninduzierte Krebserkrankungen im Niedrigdosisbereich. In: Köhnlein W, Traut H, Fischer M (eds.), Die Wirkung niedriger Strahlendosen biologische und medizinische Aspekte. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 1989, 91-96.
- Shapiro J: Radiation Protection: A Guide for Scientists and Physicians Cambridge: Harvard University Press, 1981.
- 42. Shimizu Y, Kato H, Schull WJ: Cancer Mortality in the Years 1950-1983 Based on the Recently Revised Doses (DS86). Life Span Study Report 11, Part 2 (RERF TR 5-88). Hiroshima, Japan: Radiation Effects Research Foundation, 1988.
- 43. Shimizu Y, Kato H, Schull WJ, Preston DL, Fujita S, Pierce DA: Comparison of Risk Coefficients for Site-Specific Cancer Mortality Based on the DS86 and T65DR Shielded Kerma and Organ Doses. Life Span Study Report 11, Part 1. RERF TR 12-87. Hiroshima, Japan: Radiation Effects Research Foundation, 1987.
- 44. Stewart AM, Kneale GW, Mancuso TF: The Hanford Data: A Reply to Recent Criticism. Ambio 1980, 9, 66-73.

45. Stewart AM: Mortality of Hanford Workers. Health Phys. 1989, to be published.

- 46. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Sources and Effects of Ionizing Radiation. New York, NY: United Nations, 1977;
- 47. United Nations Scientific Committee on Atomic Radiation. Genetic and Somatic Effects of Ionizing Radiation. New York, NY: United Nations, 1986.
- 48. Waldren C, Correl L, Sognier A, Puck T T; Measurement of low levels of x-ray mutagenesis in relation to human disease. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 83, 4839, 1986

durchgeführt werden. Eine solche Neuorientierung wäre allein schon wegen der Reduzierung der Risiken in den normalerweise sicheren Industriebereichen in den zurückliegenden 30 Jahren seit der ersten Formulierung der Strahlenschutzverordnung dringend geboten.

Wolfgang Köhnlein Rudi H. Nussbaum

Einheiten, Maßzahlen, Begriffe:

Energiedosis, Gray (Gy), rad; 1 Gray = 100 rad, 1 Milligray (mGy) = 0,001 Gray = 0,1 rad.

biologische Wirkdosis, Sievert (Sv), rem; 1 Sievert = 100 rem, 1 Centisievert (cSv) = 0,01 Sievert = 1 rem.

 $10^3 = 1.000$

 $10^4 = 10.000$

 $10^5 = 100.000$

 $10^6 = 1.000.000 = 1$ Million

akkumulieren – anhäufen, sammeln, speichern

BEIR - Komitee für die biologischen Effekte ionisierender Strahlung der Akademie der Wissenschaften der USA

Chromosomen - das Erbgut tragende Gebilde im Zellkern

Chromosomenabberation - Veränderung in der Chromosomenstruktur
Colon - allg. Körperglied, spez.a.

Teil des Dickdarms

DNS, DNA - Desoxyribonukleinsäure od. -acid (engl.), wichtigster Bestandteil der Chromosomen

Epidemiologie - Forschungsrichtung, die sich mit dem Krankheitsgeschehens in einer Bevölkerung befaßt exponiert - "belichtet", hier spez. der Strahlung ausgesetzt sein

Extrapolation - näherungsweise Bestimmung von Werten außerhalb eines bekannten Funktionsbereichs
Fraktionierung - Zerlegung in mehrere Teilabschnitte oder Teilschritte
Gen - auf den Chromosomen angeordnete Erbeinheiten

Hypothese - unbewiesene Annahme Hypozentrum - Herd, von dem ein Ereignis (hier: Atombombenexplosion) ausgeht

ICRP - International Commission on Radiological Protection, Internationale Strahlenschutzkommission

induzieren - hier i.S. von verursachen, einen Schaden auslösen

in utero – in der Gebärmutter, im Mutterleib

kanzerogen, karzinogen - krebserzeugend

Kerma - kinetic energy released in matter, eine 1962 auf der Internationalen Konferenz über Radiologische Einheiten definierte Hilfsgröße der Dosimetrie: die in Form von kinetischer Energie auf Materie übertragene Energie von Gamma-Strahlen oder Neutronen je Einheitsmasse

Kohorte - in der Statistik eine Gruppe von Personen, die dieselben zeitlichen Merkmale tragen

Mortalität - Sterblichkeit

Mutation - Veränderung im Erbgefüge

mutagen - Mutationen auslösend Neoplasie - (bösartige) Geschwulst Population - Bevölkerung, Gesamtheit der Individuen einer Art oder Rasse in einem eng begrenzten Be-

reich postulieren - eine Bedingung aufstellen

protrahiert – verzögert, über eine längere Zeit hinweg

Reduktion - Verringerung, Herabsetzung

Regressionsgerade - in der Statistik eine Gerade, die den Verlauf der (bedingten) Mittelwerte wiedergibt

RERF - Radiation Effects Research Foundation, eine japanisch-amerikanische Stiftung zur Untersuchung der Atombombenwirkungen von Hiroshima und Nagasaki

resistent - widerstandsfähig

retrospektiv - rückschauend, zurückverfolgend

signifikant - in der Statistik "überzufällig"; typisch

toxisch - giftig

UNSCEAR - United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Wissenschaftliches Komitee der Vereinten Nationen zur Bestimmung der Wirkung von Atomstrahlung

Im Überblick

Folgende radioaktiven Cäsium-belastungen wurden in den vergangenen Wochen gemessen (in Becquerel Cäsium-Gesamtaktivität pro Kilogramm):

Obst

Äpfel aus Berlin, 21.8./2.9.90 0,1 bis 0,3 Äpfel aus Kiew/Ukraine, 23.8.90 2 Proben 0,5 und 1 Birnen aus Kiew/Ukraine, 23.8.90 0,6 Birnen aus Berlin-Lichterfelde, 31.8.90 0.3 bis 0.5Birnen, Berlin-Teufelssee, 21.8.90 0,3 Brombeergelee, Eigenprod. aus 4470 Meppen, Ernte 9.89 kl. 3 Heidelbeeren (Blau-, Bickbeeren) aus Irschen/Kärnten, 13.9.90 150 aus Schladming/Steiermark, 288 13.9.90 aus Landkreis 2900 Oldenburg, 107 Kauf 19.7.90 aus 2909 Boesel, Kauf 24.7.90 65 aus 2906 Wardenburg, Kauf 24.7.90 105

> aus Wörme, Büsenbachtal/Nordheide, 09.90 aus Buchholz-Holm-Seppensen/

Nordheide, 09.90 70 Heidelbeer-Konfitüre, Titz Paderborn

Hd. 12.92 26,5 Heidelbeermarmelade, Eigenprod. aus Setesdal/Norwegen, 08.90 10

Heidelbeermarmelade, Eigenprod. aus schwed. Lappland, 07.90 14

Waldheidelbeeren, Rheinstern, 540g-Glas, Ernte 88, Hd. Ende 94 1

Holunderbeeren aus 2130 Rotenburg/ Wümme, 9.9.90 3,3

Schwarzer Johannisbeersaft, Eigenprod. 1986 aus 7240 Horb

am Neckar 24 Pflaumen, Berlin-Teufelssee, 21.8.90

Pflaumen, Berlin-Teufelssee, 21.8.90 1,2 bis 1,3 Pflaumen aus Rumänien, 4.8.90

0,4 bis 0,5 Quittengelee aus der Türkei, 16.8.90

1,2 bis 1,6 Rosengelee aus der Türkei, 16.8.90

2.9 bis 3.4

84

Im Überblick

Pilze

Pilze aus der Umgebung von Rathenow (ca. 70 Kilometer nordwestlich von Berlin):
Fundort 1: Briesen an der Autostraße B5/B188
Ziegenlippe 50
Fundort 2: Landin an der B188
Maronenröhrlinge 1.050
Butterpilze 1.020

Fundort 3: westlich von Stechow, an der B188

Maronenröhrlinge
Butterpilze

1.100
1.800

Ziegenlippen 360 Fundort 4: Wald zwischen Stechow und Rathenow

Maronenröhrlinge, 2 Proben 260 und 515

Steinpilz(stiele) 227
Fundort 5: westlich von Rathenow
an der Kreuzung B188 Richtung
Großwudicke

Maronenröhrlinge

540 Birkenpilze Rötender Schirmling 15 Fundort 6: westlich von Rathenow, Nähe Trittsee Maronenröhrlinge 1.745 Ziegenlippe 338 Fundort 7: nordwestlich von Rathenow, nördlich von Schollene Rötender Schirmling Fundort 8: nordwestlich von Rathenow, zwischen Grütz und Göttlin Maronenröhrlinge 2.322

Fundort 9: Rhinow, nördlich von Rathenow
Riesenbovist 5

Pilze aus der Umgebung von Berlin:

Forst Hakenfelde/Spandau
Steinpilz 7
Hexenpilz 6
Mischpilze 5
Großköris, südöstl. Berlin

Maronenröhrling 546 Märkisch Buchholz, südöstl. Berlin Butterpilz 220

Mühlenbecker See, nördl. Berlin Maronenröhrling

Richtwertempfehlungen: In den Ländern der Europäischen Gemeinschaft (EG) gilt ein Grenzwert für die Cäsium-Gesamtaktivität von 600 Becquerel pro Kilogramm für Nahrungsmittel, die aus Drittländern eingeführt werden, und von 370 Becquerel pro Kilogramm für Milch und Säuglingsnahrung. Unabhängige Experten rieten auf der Grundlage der Bestimmungen der geltenden Strahlenschutzverordnung von 1976 zu Nahrung mit höchstens 30 bis 50 Becquerel pro Kilogramm Cäsium-Gesamtaktivität für Erwachsene und mit höchstens 10 bis 20 Becquerel pro Kilogramm für Kinder, stillende und schwangere Frauen. Dabei wurde von einem Anteil von 1 Prozent Strontium-90 bezogen auf den Aktivitätsgehalt an Cäsium-137 in Nahrungsmitteln ausgegangen. Der tatsächliche Strontium-Gehalt in der Nahrung liegt jedoch höher, wie Untersuchungsergebnisse zeigen. Deshalb und wegen Unsicherheiten bei den Bewertungsgrundlagen wird jetzt meist nur noch bis zu 5 Becquerel pro Kilogramm Cäsium-Gesamtaktivität als Höchstwert für Kindernahrung empfohlen.

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

Strahlentelex-Abonnement

Ort/Datum, Unterschrift:

O Ich/Wir bestelle/n zum fortlaufenden Bezug ein Jahresabonnement des Strahlentelex ab der Ausgabe Nr. zum Preis von DM 74,- 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.

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

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

Bankleitzahl:
Ort/Datum, Unterschrift:

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

Biesenthal, Kreis Bernau, nördl.Bln.
Butterpilz 597
Ziegenlippe 206
Schorfheide, nördl. Berlin
Ziegenlippe 262
Auerbach/Rodewisch im Vogtland/
Thüringen
Mischpilze 420

Vorstehende Werte, soweit nichts anderes angegeben, in Becquerel Cäsium-Gesamtaktivität pro Kilogramm Frischgewicht.

Nicht nur Maronenröhrlinge, auch andere Pilzarten wie Butterpilze können hoch radioaktiv belastet sein, wie die hier dokumentierten Werte zeigen. Um das weiter überprüfen zu können, bittet die Unabhängige Meßstelle Berlin des Strahlentelex um Pilzproben, speziell von verschiedenen Röhrlingen, die aus einem eng umschriebenen Fundgebiet stammen. Die Pilze werden kostenlos gemessen, wenn Sie das Gebiet genau bezeichnen können. Unsere Adresse: Unabhängige Meßstelle Berlin / Strahlentelex, Turmstraße 13, 1000 Berlin 21.

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 (verantw.), Dipl.-Ing. Bernd Lehmann.
Wissenschaftlicher Beirat: Prof.Dr. Klaus Bätjer Claassen, Bremen, Dr.med. Helmut Becker, Berlin, Dr. Thomas Bigalke, Berlin, Prof. Dr.med. Karl Bonhoeffer, Dachau, Prof.Dr. Friedhelm Diel, Fulda, Priv.Doz. Dr. Andreas Faensen-Thiebes, Berlin, Dr.med. Joachim Großhennig, Berlin, Dr.med. Ellis Huber, Berlin, Dr.med. Klaus Lischka, Berlin, Prof. Dr. E. Randolph Lochmann, Berlin, Dipl.-Ing. Heiner Matthies, 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 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 74,-für 24 Ausgaben = 12 Doppelnummern frei Haus. Einzelexemplare DM 7,-

frei Haus. Einzelexemplare DM 7,-.
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, E.Feige, H.Slesiona, Badensche Str.29, 1000 Berlin 31.

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

© Copyright 1990 bei GbR Thomas Dersee, Bernd Lehmann Strahlentelex. Alle Rechte vorbehalten.

ISSN 0931-4288