

Claudia Schädel, [REDACTED]

Liebe Mitglieder, liebe Freunde!

1. Juni 1987

Das Jahr 1 nach Tschernobyl ist angebrochen. Nachdem der Caesium-137-Gehalt des lebenden Menschen (Raum Karlsruhe) im Mai 87 fast den Wert wie nach den oberirdischen Atombombenversuchen von 1964 erreicht hat, stimmen die ersten Meßwerte von Gemüse ermutigend. Die Belastung im vergangenen Jahr erfolgte im wesentlichen von außen durch Ablagerung auf Blättern, Blüten und Früchten. Dieses Jahr gilt ein anderer Mechanismus: das in den obersten Bodenschichten lagernde Caesium wird über die Wurzel von der Pflanze aufgenommen – ca. 5 % des im Boden enthaltenen Caesiums.

Die Ereignisse von Tschernobyl hätten uns alle wachrütteln müssen – doch was geschieht? Der Heilbronner Gemeinderat hebt einen im vorigen Jahr (unter dem direkten Tschernobyl-Einfluß) gefaßten Beschluß, eine Inbetriebnahme des Atomkraftwerks GKN II in Neckarwestheim abzulehnen, mit dem Abstimmungsergebnis 20 : 19 wieder auf. Der Gemeinderat Heilbronn geht also bewußt das Risiko einer radioaktiven Verseuchung ein.

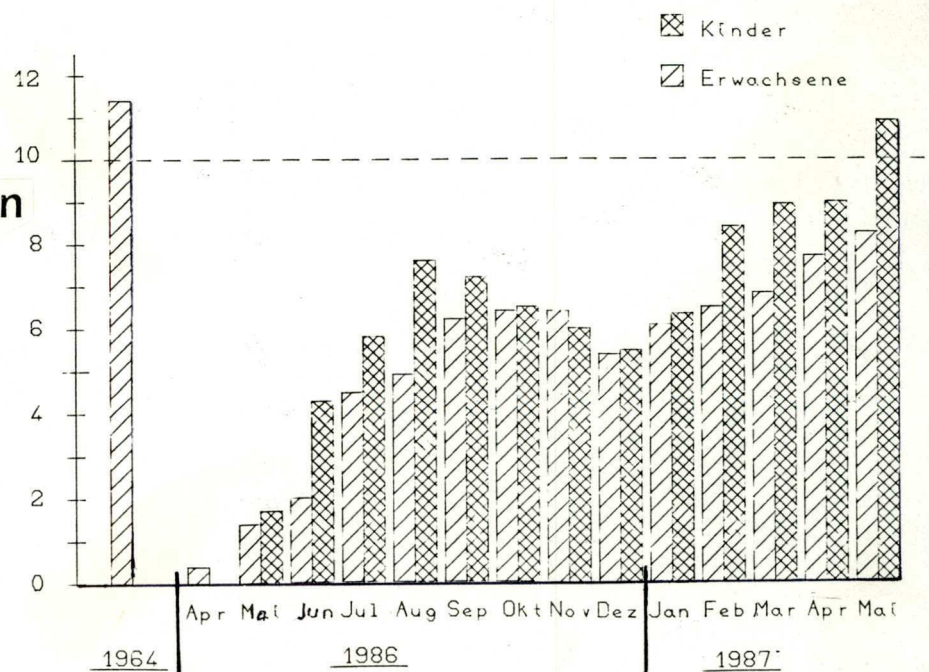
Wir haben an alle Gemeinderatsmitglieder einen offenen Brief (s. S. 3) geschrieben, in dem auf die Gefährdung durch radioaktive Niedrigstrahlung hingewiesen wird, und sie gebeten, ihren Beschluß für GKN II erneut zu überdenken. Über eingehende Antworten werden wir Sie informieren.

Mit freundlichem Gruß

137 Cs-Gehalt im Menschen
in Bq/kg Körpergewicht

MESSUNGEN DES KERNFORSCHUNGSZENTRUMS

KARLSRUHE



1986/87 zusätzlich noch 35% Cs-134; 1964 keine Cs-134 Belastung

Gesellschaft für Strahlenmessung e.V.

Strahlenbelastung in Lebensmitteln

Die angegebenen Meßwerte sind nur ein Auszug aus unserem Meßprogramm.

Mit diesen Meßwerten wollen wir vor stärker verstrahlten Lebensmitteln warnen.

Ortsangaben bezeichnen Ort der Probennahme oder Herkunftsort.

Werte für Caesium-137 und Caesium-134 in Bq/kg oder Bq/l (Bq = Becquerel)

Stand: 21. Mai 1987

MILCH:

Rohmilch: Oberstenfeld, Ingersheim, Murr, Bietigheim, Möglingen, Allfeld, HN-Neckargartach, Ditzingen, Hirschlanden, Offenau, Wäschentb. < 5
Rohmilch: Bittenfeld, Schwaikheim, Reiselfingen, Honhardt/Crailsheim 5 - 11
Rohmilch: Geißelhardt: 15 Grab: 17 Schwärzenbach: 48
Vollmilch: Milchwerke Mainfranken Würzburg: 5
H-Milch: Südmilch, Mannheim MHD: 8.6.87: 7

MILCHPRODUKTE:

Speisequark 40%, Molka, Aldi MHD: 29.5.87 8
Biohurt Ems-Milch, Norma MHD: 15.5.87 24
Milchpulver f. Kälber, Fa. Landgold Künzelsau 357
Milchpulver f. Kälber, Fa. Bergin Kulmbach Bayern 98

GETREIDE, GETREIDEPRODUKTE:

Demetergetreide, Mühle Spielberg: 115 Weizenmehl, Spielberger MHD 3/88: 38
Weizen, Spielberger, Brackenheim: 87 Weizenschrot, Oberstenfeld: 8
Roggen, Oettinger, Ilsfeld: 29 Roggen, Aalen: 143
Roggen, Gemünden/Würzburg: 9 Roggenflocken, Bioland 12
Hirseflocken, Holle, Arlesheim, 7/87: < 5 Kölln-Flocken, MHD: 8/88 < 5
Nudeln, Campioni, Italien, MHD: 12/90: 55 Div. Rapunzel-Pasta, Ital., 12/88: 22 - 62

GEMÜSE:

Rhabarber: Schorndorf, Gemünden/Würzburg., Ludwigsbg., Heilbr., Möglingen < 5
Spinat, Willmann, Ingersheim: 6 Spargel, Bundesrep. < 5
Schnittlauch, Oberstenfeld: < 5 Brennessel, Bärlauch, Heilbr. < 5
Löwenzahn, Ludwigsburg: 14 Gras, Mai '87, Bietigheim, Neckarsteinach < 5

FLEISCH:

Rentierfleisch, Finnland, MHD: 30.6.87: 1 280
Kalbfleisch, Offenau: 47 Heilbronn: 59 Rindfleisch, Widdern: 20
Schweinfleisch, Neuenstein: 10 Hackfleisch, gem., Oberstenfeld: 19
Lammfleisch, Hößlinsülz: < 5

VERSCHIEDENES:

Haselnüsse, Türkei: 1 440 Feigen, Türkei: 37 Aprikosen, Türkei: 41
Haselnüsse, Wi Pack Hamburg, MHD: 5/87: < 5 Rosinen, Türkei: 8
Waldfrucht Marmelade, Schwartau, MHD: 6/88: 11 Nuss-Fit, Schwartau 8
Ovomaltine, Wander GmbH, Osthofen, MHD: 10/88: 26 Modifast "Ulmer Trunk III"
Wander GmbH, MHD: 7/87: < 5
Kompost, Benningen: 213 Kompost, Nordheim: 153
Floratorf TKS 1: 235

Letzte Meldung:

Avocados, Israel, Firma Carmel, Januar 1987	15 Bq/kg Gesamtcäsium	
Tee, Sowjetunion, ähnlich hoch belastet wie türkischer	414 - 10300 Bq/kg Gesamt-Cs	
Schokolade, Baku	26 Bq/kg Gesamtcäsium	
Äpfel, Woronesch/Don	44 Bq/kg	" Quelle:
Hotelessen, Leningrad	7 Bq/kg	" Strahlentelex 9,
Brot, Leningrad	9 Bq/kg	" 21. Mai 87

3

Gesellschaft für Strahlenmessung
im Unterland e.V.

Claudia Schädel, [REDACTED]

O F F E N E R B R I E F

26. Mai 1987

Sehr geehrte

Mit Bestürzung haben wir von der Entscheidung des Gemeinderates der Stadt Heilbronn gehört, der Inbetriebnahme von GKN II zuzustimmen.

Wie Ihnen sicher bekannt ist, gibt ein Atomkraftwerk auch im Normalbetrieb ständig gewisse, wenn auch geringe Mengen an Radioaktivität ab. Diese Mengen erhöhen sich bei Schnellabschaltungen noch beträchtlich. Welche Gefahren für die nähere Umgebung im Umkreis von ca. 100 km um das Atomkraftwerk und selbstverständlich für ganz Europa bestehen, ist seit Tschernobyl uns allen bekannt.

Leider gehen sämtliche Entscheidungsprozesse vom "technisch beherrschten" Normalbetrieb der Anlage aus. Das Risiko dieses behördlicherseits genehmigten Radioaktivitätsausstoßes und die zusätzlich mehr oder minder häufige Abgabe "gesundheitlich unbedenklicher Mengen" von radioaktiven Stoffen bei den kleinen Katastrophen wird allgemein verharmlost.

Ihre Entscheidung, der Inbetriebnahme von GKN II zuzustimmen, kann nur auf dieser seit langem von interessierter Seite bewußt betriebenen Verharmlosungstaktik beruhen. Zu Ihrer Information legen wir Ihnen als Anlage einen Aufsatz aus dem Rundbrief 21, "Ärzte warnen vor dem Atomkrieg", April 1987 bei. Dieser aufschlußreiche Artikel weist Sie auf die Gefahren konstanter niedriger Strahlendosen hin und entlarvt die "Taschenspielertricks" der Befürworter von Atomkraftwerken.

So können Sie jetzt nicht mehr behaupten, Sie hätten von der Gefahr konstanter radioaktiver Niedrigstrahlung nichts gewußt. Bei weiterer Befürwortung von GKN II setzen Sie sich dem Vorwurf bewußten Handelns aus. Kein Mensch, keine Regierung kann dafür die Verantwortung tragen.

Sehr geehrte Frau Gemeinderätin, sehr geehrter Herr Gemeinderat, wir bitten Sie, im Interesse der gesamten Unterländer Bevölkerung Ihre Entscheidung für GKN II erneut zu überdenken. Suchen Sie bitte über Ihre Fraktion hinaus und über vorgegebene Denkschablonen hinweg einen Weg, der uns die Inbetriebnahme von GKN II erspart.

Lassen Sie Ihr Gewissen sprechen und denken Sie auch an Ihre Kinder und Kindeskiner. Jede menschliche Entscheidung läßt sich vor Gott nur rechtfertigen, wenn sie auch im Interesse der nachfolgenden Generationen liegt.

Einer persönlichen Antwort Ihrerseits sehen wir mit Interesse entgegen.

Mit vorzüglicher Hochachtung

[REDACTED]

Gesellschaft für Strahlenmessung e.V.

Strahlenbelastung in Lebensmitteln

Meßwerte des Hessischen Sozialministeriums, Pressemitteilung vom 7./14. Mai 1987
Werte für Caesium-137 und Caesium-134 in Bq/kg oder Bq/l (Bq = Becquerel)

	Durchschnittswert Bq/kg oder Bq/l	Höchstwert Bq/l	unter der Nachweisgrenze
Hessische Erzeugnisse:			
Frischmilch	7	25	39 %
H-Milch	12	24	20 %
Buttermilch	12	18	0 %
Dickmilch, Joghurt		u.N.	100 %
Friskäse (Speisequark)	7	20	50 %
Rindfleisch		11	0 %
Kalbfleisch	46	46	0 %
Schweinefleisch	7	7	0 %
Rehfleisch	93	110	0 %
Nuß-Nougat-Creme	21	28	0 %
Nuß-Nougat-Waffeln		81	0 %
Apfelwein	6	11	20 %

Außerhessische Erzeugnisse:

Frischmilch		8	50 % Baden-Württ.
Frischmilch		u.N.	100 % NRW
Joghurt		16	50 % Bayern
Nußschokolade		112	0 %
Spargel, Spinat, Porree, Kopfsalat, Kohlrabi, Rettich, Radieschen, Rotkohl, Rhabarber		u.N. u.N. u.N. u.N.	100 % Hessen 100 % und andere 100 % Bundes- 100 % länder

Ausländische Erzeugnisse einschließlich DDR:

Blumenk., Fenchel, Äpfel, Karotten, Erdbeeren		u.N.	100 % Italien
Kartoffeln		u.N.	100 % Cypern
Spargel		u.N.	100 % Griechenl.
Sauerkirschen-Konserven		16	0 % Ungarn

STRAHLEN - KOMPASS S P E I S E E I S (Quelle: Strahlentelex 8/1987)

Hersteller/Ort	Produktname	Packungsgr. in ml	Cäsiumgesamt- belastung Bq/kg
A+P, Hamburg	Eiscreme Vanillegeschm.	500	18
Artic Eiskrem, Dortmund	EUCO Schoko Spezial	1000	< 1
Gelati Motta, Wiesb.	Walnuß-Eiskrem	750	11
	Einfach-Eiskrem Vanille	1000	11
Langnese, Hamburg	Schwarzwaldbecher	150	12
	Super Cornetto Walnuß	Waffeltüte	18
	Maxim's Vanille-Eiskrem	750	9
	Gino-Ginelli Erdb./Strac.	1000	6
	Königsrolle	1000	10
	EisMarie Zitron. u. Vanille	500	11
Langnese-Iglo GmbH, Hamburg	Domino, Eiskrem Vanilleg.	Eis am Stiel	33
	Advocaat Royal	500	31
	Viennetta	500	20
	Jamaica Royal	500	10

Gesellschaft für Strahlenmessung e.V.

Strahlenbelastung in Lebensmitteln

Meßwerte des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und

Forsten Baden-Württemberg vom 7. MAI 1987

Angegeben sind für jedes Produkt die in Baden-Württemberg gefundenen

Maximalwerte. Ortsangaben bezeichnen Ort der Probennahme oder Herkunftsort.

Werte für Caesium-137 und Caesium-134 in Bq/kg oder Bq/l (Bq = Becquerel)

Einheit: Bq/kg oder Bq/l (Bq=Becquerel) - radioaktive Zerfälle pro Sekunde

MILCH:	Bei der Belastung der Milch trat im wesentlichen keine Veränderung ein.		
MILCHPRODUKTE:	Fettarmer Joghurt, Schoko-Joghurt	60	Bayern
	Sauerrahm	19	Baden-Württ.
	Schlagsahne	26	Bayern
	Magerquark	16 - 40	Baden-Württ.
FLEISCH:	Kalbfleisch	33 - 53	BRD
	Rindfleisch	9 - 21	Baden-Württ.
	Schweinefleisch	3 - 13	Baden-Württ.
	Schafffleisch	24 - 40	DDR
	Rehfleisch	55 - 1295	Baden-Württ.
FISCHE:	Hecht, Bodensee u. Schreckensee	180 u. 4624	Baden-Württ.
	Aal, Schreckensee	2264	Baden-Württ.
	Barsche, Bodensee u. Schreckensee	127 u. 3431	Baden-Württ.
GEMÜSE:	Frischgemüse wie Spinat, Lauch, Schnittlauch, Frühlingszwiebeln, Radieschen, Rettich und Kopfsalat aus Baden-Württemberg wies durchweg Werte < 5 Bq/kg auf. Eine Ausnahme bilden verschiedene Wildkräuter, z.B. Brennessel, Scharbockskraut, Schlüsselblume, die aus Ochsenhausen, Krs. Biberach stammen, hier traten Werte bis 608 Bq/kg (26.3.87) bzw. 198 (13.4.87) auf.		
VERSCHIEDENES:	Nuss-Nougat-Creme	12 - 27	Nordrhein-West.
	Preiselbeermarmelade	228	Baden-Württ.
	Kinder-Schokolade	< 5	Hamburg
	Schokolade-Nougat	57	Baden-Württ.

STRAHLEN - KOMPASS S P E I S E E I S (Quelle: Strahlentelex 8/1987)

Hersteller/Ort	Produktname	Packungsgröße in ml	Cäsiumgesamtbelastung Bq/kg
Dr.Oetker, Bielefeld	Eiscaf� Venetia	1500	6
	Eiscaf� Venetia, Erdbeer	1500	u.N.
Polarfrost, Bielefeld	Rialto Eiskrem, First-Class	750	8
	Rum-Rosinen		
	Rialto-Eiskrem Vanille-Ge.	2000	13
	Rialto-Eiskrem Schoko-Ge.	2000	2
Schr�r Eis GmbH, Haltern	Fürsten Rolle, F�rst	1000	10
	Pückler Art		
Sch�ller, Nürnberg	Nougat-Schlemmerbombe	1000	16
	Schlemmerb. F�rst-Pückler	1000	9
	Himbeer-Schlemmerbombe	1000	16
	Mövenpick Hazelnut-Chok	1000	22
	Mövenpick Creme Vanille	1000	10
	Mövenpick Maple Walnuts	1000	11
TIVAU, Nürnberg	MUCCI Eiskrem Stracciatella	125	13

Wir suchen ein computererfahrenes (IBM-PC) Mitglied, das in der Lage ist, unsere Meßwerte regelmäßig in ein Datenbanksystem einzugeben und die Ergebnisse auszuwerten.

Nächstes Mitgliedertreffen: 12. Juni 1987, 19.30

Neckargartach, Böllingerstraße 40, VfL-Sportheim

Standort des Meßgerätes in der nächsten Zeit:

26.5. - 14.6.: Bund für Umwelt und Naturschutz (BUND), Heilbronn, Blücherstr. 28/1

15.6. - 25.6.:

26.6. - 1.7.:

Leser - und Info - Ecke

Auf dieser letzten Seite unseres Mitgliederrundbriefes wollen wir zukünftig sowohl die Meinung unserer Mitglieder als auch private Empfehlungen bekanntgeben. Diese Empfehlungen können z.B. Bezugsquellen für radioaktiv niedrig belastete Lebensmittel sein. Der Inhalt dieser Mitteilungen liegt in der Verantwortung des einzelnen Mitgliedes. Lebensmittelempfehlungen können i.a. nur mit einer Becquerel-Angabe veröffentlicht werden. Daß dies problematisch ist (und speziell bei noch nicht geschlachteten Tieren), ist uns bewußt: die Rindfleischempfehlung aus unserem letzten Rundbrief ergab nach Schlachtung den Wert von 20 Bq/kg, das vom gleichen Bauern vorher geschlachtete Rind (als Basis der Empfehlung) hatte nur 9 Bq/kg.

er schlachtet demnächst Kalbfleisch in Öhringen. Die letzten Kälber ergaben einen Meßwert von 8 Bq/kg.

MITTLERER NECKAR E.V.

BUND DER BÜRGERINITIATIVEN

STRAHLENMESSUNGEN der BÜRGERINITIATIVEN

Um was geht es?

Nach Tschernobyl wurde uns klar, daß wir die Radioaktivitätsüberwachung selbst in die Hand nehmen müssen. Der Staat hat versagt und wird wieder versagen.

Daher haben wir uns entschlossen, ein Radioaktivitäts - Meßstellennetz rund um das GKN aufzubauen.

Wie wird gemessen?

Unser Meßgerät ist eine völlige Neuentwicklung speziell für diesen Zweck. Es mißt relativ zuverlässig jeden Anstieg über die "natürliche" Hintergrundstrahlung. Wird eine bestimmte Schwelle überschritten, löst es Alarm aus.

Das ganze Jahr über zeichnet es Tag und Nacht die Strahlenschwankungen auf und druckt sie aus.

Eine Reihe solcher Meßgeräte wird die wichtigsten Windrichtungen abdecken. Standorte sind Wohnunten von Mitgliedern, bei denen in der Regel immer jemand zu Hause ist (bemannte Meßstationen).

Wie wird gewarnt?

Geplant ist folgendes Modell: Warnton bei Pegelüberschreitung, Überprüfung der Anzeige und Vergleich mit anderen Geräten, Entscheidung zum Rundruf über eine Telefonkette

Wer wird erreicht?

Leider zuerst einmal nur diejenigen, die Mitgliedsanteile im Verein erworben und telefonisch erreichbar sind (mehrmalige Wiederholung).

Mitgliedsbeiträge 30.- DM alle ohne regelmäßiges Eink.
(jährlich) 50.- DM und mehr, alle anderen

Bitte auf folgende Konten überweisen:

oder bei mehr als 50.- DM mit Spendenbescheinigung auf BBN

SPENDENKONTO

Wirkung geringer Strahlendosen auf den Menschen

von A. Böcking

Abteilung Pathologie, Medizinische Fakultät der RWTH Aachen

Zur Glaubwürdigkeit von Experten

In der heutigen Diskussion über die Risiken der Atomenergie wird die Bevölkerung mit einer technisch und wissenschaftlich hoch komplexen Materie und einer Flut von Informationen konfrontiert, die ihre Beurteilungsmöglichkeiten meist übersteigt. Daher ist sie gezwungen, dem Urteil von Experten zu vertrauen. Vielfach wird davon ausgegangen, daß man einem Urteil trauen dürfe, wenn sichergestellt sei, daß es von einem wirklichen Experten auf dem betreffenden Gebiet stamme. Fachliches Expertentum sagt aber noch nichts darüber aus, welche Informationen ausgewählt, welche vernachlässigt und wie sie gewertet werden. Die Wissenschaften sind bekanntlich nicht ohne weiteres wertfrei. Die meisten Experten auf dem Gebiet der Atomenergie und der biologischen Wirkung radioaktiver Strahlung scheinen z.B. eher Anwälte, als unabhängige Richter zu sein. Sie befürworten, aber sie beurteilen nicht unabhängig und objektiv. So veröffentlichte Anfang 1975 in den USA eine Gruppe von 32 bekannten Wissenschaftlern, darunter 26 Professoren an großen Universitäten und 11 Nobelpreisträger, ein „wissenschaftliches Bekenntnis“ zur Energiepolitik. Sie plädierten für eine schnelle Expansion der Atomenergie als einzige realistische Lösung für den zukünftigen Energiebedarf. Später stellte sich heraus, daß von diesen Wissenschaftlern 14 Direktoren oder Aufsichtsräte großer amerikanischer Firmen waren, die mit der Energieversorgung verbunden sind [51]. Wenn die Öffentlichkeit gewußt hätte, daß unter diesen Experten Direktoren von Exxon, Nuclear Systems, Iowa Electric Light and Power und Detroit Edison waren, dann hätte sie diese Experten für befähigt erklärt, weil nicht auszuschließen oder gar anzunehmen war, daß sie mit ihren Aussagen eigene Interessen verfolgten.

Wenn man wissen möchte, ob dem Urteil eines einseitigen Experten zu trauen ist, dann reicht es nicht, nach seiner Sachkompetenz zu fragen. Ein Professor für Reaktortechnik oder ein Direktor einer Brennelementefabrik erfüllen wahrscheinlich diese Voraussetzungen im Bereich der Atomenergie, aber sie sind nur bedingt glaubwürdige Informanten, weil sie ein verständliches Interesse an der Befürwortung der Atomenergie haben. Sie haben ein existenzielles Interesse an der gezielten Auswahl derjenigen wissenschaftlichen Daten, welche die biologischen Wirkungen radioaktiver Strahlung als gefahrlos erscheinen lassen. Man sollte sich also darüber informieren, welche Interessen der vermeintliche Experte vertritt und ob es sich für ihn persönlich lohnt, eine gewisse Meinung zu vertreten. Man sollte den Experten weiter fragen, in welchem Bereich er kompetent zu sein glaubt. Fachkompetenz auf einem Gebiet verleitet nämlich oft zu inkompetenten Aussagen in Bereichen anderer Fachgebiete. So sind Physiker und Ingenieure nicht ohne weiteres Experten auf dem Gebiet der Strahlenbiologie. Andererseits ist die Bundesärztekammer nicht fachkompetent, sich zur Sicherheit bundesdeutscher Atomreaktoren zu äußern, wie sie dies kürzlich tat [12].

Die Akademische Freiheit an unseren Universitäten sollte beibehalten werden, damit Wissenschaftler sich um eine objektive und unbefangene Forschung und Lehre bemühen können. Daher erwartet man von ihnen neben Fachwissen als wichtigster Eigenschaft vor allem Objektivität. Trotzdem ist nicht jeder Wissenschaftler unabhängig und objektiv. Auch Wissenschaftler an Universitäten müssen sich häufig starken, sogenannten Sachzwängen fügen. Die einen forschen und lehren über Reaktortechnik, die anderen verwenden radioaktive Substanzen in der medizinischen Diagnostik oder ionisierende Strahlung zur Krebstherapie. Sie haben alle ein verständliches Interesse daran, die Wirkung radioaktiver Strahlen, auch aus Atomkraftwerken, verantwortbar gering erscheinen zu lassen, um den Ablauf wissenschaftlicher Arbeiten in ihren Fachgebieten nicht zu beeinträchtigen. Wenn nämlich in der Bevölkerung die Angst vor Strahlenwirkungen wächst, wird man z.B. Sicherheitsanforderungen an die Reaktortechnik erhöhen, Indikationen für die Strahlenanwendung in der medizinischen Diagnostik und Therapie überprüfen oder Toleranzschwellen für strahlenexponiertes Personal senken. Ein Urteil erscheint deshalb unabhängiger, glaubwürdiger und objektiver, wenn es den Informanten etwas kostet, sei es Geld, Status oder die Arbeitsstelle. Wenn es sich auf der anderen Seite für jemanden lohnt, eine gewisse Meinung zu vertreten, dann sollte man mißtrauisch werden. Schließlich ist davon auszugehen, daß auch heute an deutschen Hochschulen gelegentlich noch versucht wird, politisch unliebsame, wissenschaftliche Meinungsäußerungen zu unterdrücken. Auch an der RWTH Aachen wurde einem Wissenschaftler ein „Maulkorb umgehängt“, um politisch mißliebige wissenschaftliche Darstellungen zur Wirkung radioaktiver Strahlung nicht an die Öffentlichkeit dringen zu lassen.

Allgemeine Bedingungen für die schädigende Wirkung von Strahlung (Allgemeine Strahlenpathologie)

Die allgemeine Pathologie befaßt sich mit grundlegenden Phänomenen und Mechanismen der Entstehung von Krankheit und damit auch mit der biologischen Wirkung hoher und niedriger Strahlendosen. Die spezielle Pathologie befaßt sich mit Ursachen, Entstehungsweisen, natürlichen Verläufen und der mikroskopischen Diagnostik bestimmter Krankheiten, wie z.B. von Krebs, Mißbildungen und Erbkrankheiten. Die Pathologie ist selber keine „strahlende Disziplin“, hat also kein Interesse an verharmlosender Darstellung von Strahlenwirkungen.

Hohe Strahlendosen verursachen akute Schäden und die tödliche Strahlenkrankheit. Sie beruhen auf einer direkten, physikalischen Wirkung auf die Zellen, was eine Abtötung oder Behinderung ihrer weiteren Teilung zur Folge hat. Die Zellteilung ist aber in vielen Organen, deren Zellen nur eine Lebensdauer von wenigen Wochen haben (Knochenmark, Blut, Schleimhäute), Voraussetzung für deren Erhalt. Bei mehr als 600 rem (= Äquivalenzdosis) Ganzkörperdosis sterben

alle Bestrahlten innerhalb von Stunden bis wenigen Tagen. Bei 400–600 rem erleidet die Mehrzahl eine akute Strahlenkrankheit mit Koma, Magen- und Darmentzündungen mit Durchfällen und Schock sowie Blutungen aus allen Körperöffnungen; 50% der Bestrahlten sterben daran. Bei 200–400 rem Ganzkörperdosis sterben noch 20% an der akuten Strahlenkrankheit. Bei 100–200 rem tritt eine leichte akute Strahlenkrankheit mit Fieber auf, ohne direkte Todesfälle, aber mit Benommenheit, punktförmigen Haut- und Schleimhautblutungen und Entzündungen. Bei 20 rem treten noch krankhafte Veränderungen im Blutbild auf [49]. Derartige Strahlendosen treten aber nur bei Atomkraftwerksunfällen oder Atombombenexplosionen auf. Eine Heilung ist hierbei nicht möglich. Hohe örtliche Strahleneinwirkungen verursachen Geschwüre, wie sie früher häufiger nach Strahlentherapie auftraten. Von derartig hohen Strahlendosen ist hier nicht weiter die Rede.

Der Bereich potentiell krankmachender niedriger Strahlendosen beginnt bei jeder meßbaren Erhöhung der sogenannten natürlichen Strahlenbelastung. Diese liegt in der Bundesrepublik bei jährlich 110 mrem (genetisch signifikante Dosis, GSD) [41]. So wird bereits 5 mrem/a als Grenzwert für eine zulässige, zusätzliche Bestrahlung für jedes Organ und den Ganzkörper von der Behörde für Energieforschung und Entwicklung ERDA sowie der Atomenergiebehörde (AEC) in den USA, für Personen in der Nähe eines Kernkraftwerkes vorgeschlagen [35]. Diese geringen Strahlendosen wirken biologisch über indirekte Mechanismen, erzeugen Spätschäden und damit ein gänzlich anderes Schädigungsmuster und andere Erkrankungen als hohe Strahlendosen.

Höhere Strahlendosen erzeugen nicht stochastische Strahlenwirkungen, bei denen die Schwere des Schadens von der Dosis abhängt. Hier gibt es in der Regel auch eine Schwellendosis, oberhalb derer ein akuter Strahlenschaden, wie z.B. ein Strahlenulcus oder eine Darmblutung auftritt. Niedrige Dosen ionisierender Strahlung erzeugen stochastische, d.h. zufallsabhängige Strahlenwirkungen. Bei diesen ist die Wahrscheinlichkeit des Auftretens um so größer, je höher die Dosis ist. Es gibt hier keine Schwellendosis. D.h., daß auch geringe Strahlendosen folgen schwere Erkrankungen verursachen können. Bei niedrigen Dosen tritt die Erkrankung nur seltener auf. Zu den stochastischen Strahlenwirkungen, also den Folgen von niedriger Strahlung, zählen Schäden am Erbgut mit Erbkrankheiten sowie die Induktion von Krebs. Diese Wirkungen werden gegenwärtig als das wichtigste Strahlenrisiko bei kleinen Dosen und damit als das Hauptproblem im Strahlenschutz angesehen [16].

Natürliche Strahlenbelastung

Bei der Beurteilung des Strahlenrisikos und der Festlegung von Dosisgrenzwerten im Strahlenschutz ist die Größe der natürlichen Strahlenexposition eine wichtige Orientierungsmarke. Sie stellt auch die grundlegende Vergleichsgröße bei allen Bemühungen dar, die künstliche Strah-

lenexposition in sinnvollem Maße zu begrenzen. Die genetisch signifikante Strahlenexposition (GSD) betrug in der Bundesrepublik 1977 [41]:
 30 mrem/a durch kosmische Strahlung
 50 mrem/a durch terrestrische Strahlung und
 30 mrem/a durch inkorporierte natürliche radioaktive Stoffe

Die GSD ist die an den Keimdrüsen (Hoden und Eierstöcke) gemessene Strahlendosis. Zu diesen 110 mrem/a kommen weitere 60 mrem/a GSD künstliche Strahlenexposition. Davon stammen 50 mrem/a (83%!) von der medizinischen Anwendung ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe [41]. Durch kerntechnische Anlagen, Fallout von Kernwaffenversuchen und berufliche Exposition kamen bisher circa 10 mrem/a hinzu [41]. Es verwundert also nicht, daß die Bundesärztekammer sich eher solidarisch mit den Kernkraftwerksbetreibern gibt und zusammen mit ihnen großformatige Zeitungsanzeigen zur Befürwortung von Atomkraftwerken veröffentlichten. Wer im Glashaus sitzt, wirft bekanntlich nicht mit Steinen.

Es ist wissenschaftlich falsch, die natürliche Strahlenexposition und erst recht die hinzugekommene künstliche Exposition als ungefährlich, harmlos oder gar gesund hinzustellen. Beide zusammen werden von manchen Autoren für etwa 1% der vererbbaaren Schäden verantwortlich gemacht [41]. Ebenso wird angenommen, daß die Anzahl der Todesfälle durch strahleninduzierte Krebserkrankungen etwa 1% der Spontanrate beträgt. Evans et al. [15] berechneten, daß ca. 1% aller Fälle von Leukämie und ca. 1% aller Fälle von Mammakarzinomen durch die bei Röntgenuntersuchungen erhaltene Strahlendosis verursacht wurden. Wer also leichtfertig die diesjährig radioaktive Belastung der Bevölkerung der Bundesrepublik durch den Fallout nach dem GAU von Tschernobyl, die regional das Ausmaß der natürlichen Strahlenbelastung erreichte [21], als ebenso **niedrig**, wie die natürliche Strahlenbelastung und daher als normal hinstellt, nimmt billigend zusätzlich mehr als 1.500 Krebstote in Kauf.

Einige der grundlegenden Phänomene der biologischen Wirkung niedriger Strahlendosen werden in vielen offiziellen, verharmlosenden Darstellungen geflissentlich übersehen. Diese Phänomene sollen hier anhand einiger, **Taschenspielertricks** ähnelnden, irreführenden Aussagen erläutert werden:

Taschenspielertrick Nr. 1 stellt radioaktive Strahlung im Dosisbereich der natürlichen Strahlung als unbedenklich hin. Dieser Argumentations-trick übersieht bewußt, daß schon die natürliche Strahlung Gesundheitsschäden verursacht [1, 2, 39, 49]. Er übersieht ferner, daß sich ionisierende Strahlen hinsichtlich ihrer Wirkungen addieren. Hinzukommende Strahlung fügt also zu den bisher aufgetretenen Erkrankungen weitere Fälle hinzu [16].

Taschenspielertrick Nr. 2 argumentiert ausschließlich mit der genetisch signifikanten Dosis (GSD), welche lediglich für das Entstehen von Erbkrankheiten entscheidend ist. Sie wird an Eierstöcken und Hoden gemessen. **Für die Entstehung von strahlenbedingtem Krebs kommt es aber auf die Organdosis an [41], d.h. auf die in dem jeweiligen Organ gemessene Strahlenmenge.** Häufig ist z.B. die irreführende Aussage, daß eine Röntgenaufnahme, ein Transatlantikflug oder der Fallout von Tschernobyl nicht gefährlicher sei, als ein mehrwöchiger Aufenthalt im Hochgebirge. Richtig ist zwar, daß bei einer Röntgenthoraxaufnahme die Keimdrüsensdosis (GSD) nur 1 mrem beträgt, die Organdosis für

die Lunge aber 120 mrem [41]. Es ist also falsch, wenn der Bundesminister für Forschung und Technologie in seiner Pressemitteilung vom 9. 6. 1986 [10] die Strahlenbelastung bei einer Röntgenaufnahme der Lunge mit nur 10 mrem angibt. Bei einer Mammographie betrug 1981 die Keimdrüsensdosis nur 1 mrem, die Organdosis für die Brust aber ca. 4.000 mrem [41]. Lunge und Brust sind aber diejenigen Organe, in denen bei Männern und Frauen in der Bundesrepublik Deutschland die meisten bösartigen Tumore vorkommen. Die mittleren Organdosen (Jahresäquivalentdosen) liegen z.B. für das Knochenmark bei 257 mrem/a, für die Schilddrüse bei 707 mrem/a und für die Lunge gar bei 1.110 mrem/a [41]. Über die durch den Fallout von Tschernobyl erhaltenen Organdosen wurde einzig für die Schilddrüse ausführlich berichtet, nicht aber für Lunge, Knochenmark oder Darm, Organe, in denen seit Jahren zunehmend mehr Krebs entsteht. Über Organdosen für die Schilddrüse ließ sich, wegen der kurzen Halbwertszeit von Jod 131, fast ohne Beunruhigung zu erzeugen berichten, da deren Bestrahlung daher nach wenigen Wochen abgeklungen ist. Über Organdosen für die Lungen durch eine Inhalation radioaktiver Gase wie Argon 110 oder Radon sowie radioaktiver Stäube, z.B. mit Plutoniumdioxid, war wenig zu erfahren. Argon 110 führt bei Inhalation zu einer Lungendosis von $2,2 \times 10$ Sv/Bq. Damit liegt pro zugeführter Aktivitätseinheit (Bq) die Organdosis (Sv) für die Lungen um 3–5 Zehnerpotenzen über den Dosen, welche alle anderen Organe erhalten [22, 23, 24]. Bei Zufuhr der durch die „Tschernobyl-Wolke“ niedergegangenen radioaktiven Elemente Ruthenium 103, Strontium 80 oder Tellur 132 [6] mit der Nahrung liegen die vom Dickdarm erhaltenen Strahlendosen pro zugeführter Aktivitätseinheit um 1–3 Zehnerpotenzen über der in anderen Organen [22–24]. Durch die ständige Aufnahme niedrig radioaktiv strahlender Nahrung reichert der Dickdarm daher mit der Zeit relativ hohe Strahlendosen an.

Taschenspielertrick Nr. 3 multipliziert die meßbaren Organdosen mit Wichtungsfaktoren, in welche Häufigkeit und Heilungschancen der einzelnen Tumorerkrankungen eingehen (Effektives Dosismodell). Je höher die Heilungschancen sind, um so kleiner sind die Gewichtungsfaktoren [27]. Geheilte Krebsfälle werden somit gar nicht berücksichtigt. Dies bedeutet, daß z.B. eine Strahlenbelastung der Schilddrüse durch Jod 131 mit dem Wichtungsfaktor 0.03 multipliziert wird, da Schilddrüsenkrebs nicht häufig und z.T. heilbar ist. Rechnerisch werden so aus 1000 mrem 30 mrem. Wenn für Aachen z.B. eine durch Tschernobyl verursachte höhere effektive Dosis von 20 mrem pro Jahr angenommen wird [6], so handelt es sich hier nicht um eine meßbare physikalische Größe, sondern um eine herunterdividierte, „politische Zahl“. Diese wird dann der überwiegend extern einwirkenden, real gemessenen, natürlichen Strahlenbelastung von 110 mrem/a gegenübergestellt und für vernachlässigbar klein deklariert.

Taschenspielertrick Nr. 4 benennt die radioaktive Bestrahlung durch nuklearen Fallout ausschließlich als Ortsdosisleistung in mrem/d, womit nur die externe Bestrahlung gekennzeichnet ist. Die besondere Gefährdung durch radioaktiven Fallout ergibt sich aber aus der Tatsache, daß radioaktive Partikel mit der Atemluft oder der Nahrung aufgenommen und in bestimmten Organen angereichert werden und dort zu einer höheren internen Bestrahlung führen. Die Ortsdosisleistung (externe Bestrahlung) betrug

in Aachen am 5. 5. 1986 maximal 0,35 mrem/d [6]. In Bayern fanden sich bis 10 mal höhere Werte [21]. Bei dieser Darstellung erscheint die zusätzliche Belastung nur halb so groß zu sein, wie die natürliche Strahlenexposition (ca. 0,125 mrem/d) [6]. Es wird dabei geflissentlich übersehen, daß die natürliche Bestrahlung überwiegend von außen erfolgt und wegen der geringen Eindringtiefe von Alpha- und Betastrahlen nur geringe Organdosen bewirkt (Teilchen von 10 MeV haben in Wasser nur eine Reichweite von 0,2 mm, Elektronen von 10 MeV von 5 cm).

Der Unfall von Tschernobyl brachte nicht den ersten erheblichen radioaktiven Fallout in der Bundesrepublik. Ende der 50er und Anfang der 60er Jahre gab es auch hier einen durch Hunderte von oberirdischen Atombombentests der Supermächte herrührenden Fallout mit nachfolgender Radioaktivität in Luft und Nahrung. Strontium 90 aus diesen Bomben kann heute in den Knochen 20–30jähriger erwachsener Bundesbürger nachgewiesen werden. Man hat geschätzt, daß durch diese Tests ein weltweiter Fallout von ca. 1.150 Pfund Plutonium 239 stattgefunden hat. 27,1 Mikrogramm inhaliertes Plutonium 239 stellen aber bereits eine „Lungenkrebsdosis“ dar [18, 19].

Das bekannteste Beispiel für die Organanreicherung aufgenommener radioaktiver Isotope liefert die Schilddrüse. Nicht nur normales, sondern auch radioaktives Jod wird dort extrem angereichert. In die Berechnungen der Organ-Äquivalentdosis gehen ein:

1. wieviel Prozent des betreffenden Isotops aufgenommen werden (Zähler),
2. die effektive Halbwertszeit (HWZ) des betreffenden Isotops, die sich aus biologischer und radiologischer HWZ ergibt (Zähler),
3. das Organgewicht (Nenner).

Daraus ergibt sich, daß bei gleicher Radioaktivitätsaufnahme Kinder wesentlich mehr Strahlung in den betreffenden Organen anreichern als Erwachsene, da ihre Organe weniger wiegen. Aachener Frischmilch war in den Tagen nach dem Unfall von Tschernobyl bis 300 Bq/l mit Jod 131 belastet [6]. Bei einem Kleinkind mit 3 g schwerer Schilddrüse führte die Aufnahme von 10 Litern dieser Milch zu einer Äquivalentdosis von 1,3 rem in der Schilddrüse [22]. Die Inhalation von 1 g Schulfahndust aus Aachen (belastet mit 46.000 Bq/kg Jod 131, Messung Prof. Bonka, Aachen) führte bei einem 10jährigen Kind zu einer Schilddrüsenäquivalentdosis von 5,5 mrem durch Jod 131. Die Ingestion von 1 g Aachener Schulfahndust führte bei demselben Kind zu einer Schilddrüsenäquivalentdosis von 8,7 mrem [22]. Laut Strahlenschutzverordnung von 1976 [9] ist aber lediglich eine Organdosis von 90 mrem pro Jahr für Jod 131 für nicht beruflich strahlenexponierte Personen zulässig. Bei Erwachsenen wird die Organ-Äquivalenzdosis bei derselben Aktivitätsaufnahme wegen des höheren Schilddrüsenengewichtes niedriger liegen. Dafür haben viele radioaktives Jod auch mit Quark, Käse, Salat oder Blattgemüse zu sich genommen. Geht man in einer Risikoschätzung von 0,25 rem Schilddrüsendosis pro erwachsener Person aus [21], so wäre mit zusätzlich ca. 75 Schilddrüsenkrebstoten wegen der nur wenige Tage dauernden internen Jod-131-Bestrahlung bei 60 Millionen Einwohnern zu rechnen [41]. Die Zahl an Schilddrüsenkrebserkrankungen liegt nach Dolphin [14] 20 mal höher. Da Kinder zwischen 0–10 Jahren aber eine Schilddrüsendosis von ca. 1.000 mrem erhalten haben [21] und 10 mal häufiger Krebs entwickeln als Erwachsene [4], werden in der BRD im Laufe der Jahre ca.

300 zusätzliche Schilddrüsenkarzinomtodesfälle auftreten, die dann vor allem junge Erwachsene treffen werden.

Taschenspielertrick Nr. 5 berechnet das Krebsrisiko für Erwachsene und verschweigt, daß es in den ersten 10 Lebensjahren 10 mal größer ist [4, 16], bei Bestrahlung im Mutterleib noch einmal 2 bis 3 mal höher [16]. Zuerst wurde für die Entstehung von Strahlen-Leukämie, dann auch für andere Krebsarten festgestellt, daß das Risiko an Krebs zu erkranken entscheidend vom Alter während der Bestrahlung abhängt. Besonders eindrucksvoll wurde dies an den Atombombenopfern von Hiroshima und Nagasaki festgestellt. So betrug der Risikoanstieg pro rad für im Alter von 0–9 Jahre bestrahlte Kinder im Mittel 2,7% gegenüber nur 0,2% bei 35–49jährigen [4]. Damit sind Embryos und Feten bei gleicher Strahlenexposition 20 bis 30 mal gefährdeter, Krebs zu entwickeln, als Erwachsene, für die das Risiko meist ausschließlich angegeben wird [8].

Taschenspielertrick Nr. 6 übersieht geflissentlich, daß durch Strahlung entstandener Krebs nicht sogleich, sondern mit einer mehrjährigen Latenzzeit auftritt. Diese Latenzzeiten sind sehr unterschiedlich, je nach Krebsart und Alter bei Bestrahlung. Bei Bestrahlung im Mutterleib können alle Krebsarten, incl. Leukämie, sofort nach der Geburt für etwa 10 Jahre lang auftreten. Bei Bestrahlung nach der Geburt dauert die Latenzzeit für das Auftreten von Leukämie nur 2 bis 3 Jahre mit einem dann konstant häufigen Auftreten für 20 bis 30 Jahre. Für alle anderen Tumorarten beträgt die Latenzzeit im Durchschnitt 10 bis 15 Jahre. Das Risiko, an Krebs zu erkranken, bleibt dann bis zum Lebensende etwa gleich hoch [16].

Die wissenschaftliche Seriosität der folgenden Zitate ergibt sich damit von selbst:

1. Rödler, H. D. (1986): „Kinder aus Gebieten mit hohem Fallout nach Kernwaffentests wurden nachuntersucht. Sie erhielten in den 60er Jahren eine mittlere Schilddrüsendosis von 46 rem. Bei einer Beobachtungszeit von 14 Jahren wurde bei diesen Kindern jedoch keine erhöhte Inzidenz von Schilddrüsenkarzinomen nachgewiesen“ [40].

Dolphin [14] schätzte die durchschnittliche Latenzperiode bei Schilddrüsenkrebs aber auf 20 Jahre. Für Kinder besteht danach eine lebenslang anhaltende Gefährdung. Die Latenzzeit wurde in der zitierten Studie also gar nicht abgewartet.

2. Bayerische Gesellschaft für Nuklearmedizin (1986): „Ergebnis von Nachuntersuchungen an 21.174 Patienten bis zu 24 Jahre nach Jod-131-Applikation wegen Schilddrüsenüberfunktion bzw. autonomem Adenom: keine Erhöhung der Karzinomrate gegenüber der übrigen Bevölkerung, auch nicht bei Kindern und Jugendlichen“ (Dobryn, et. al., 1974; 13).

Wahr ist aber, daß bis Ende dieser Studie nicht alle aufgetretenen Schilddrüsenknoten feingeweblich untersucht worden sind, daß die mittlere Beobachtungszeit nach Jod 131 Therapie nur acht Jahre betrug, daß nur 115 Patienten 20 Jahre und länger kontrolliert wurden und daß nur 30 Kinder zwischen 0 und 10 Jahren in dieser Studie untersucht wurden, bei denen allerdings fünf Tumore auftraten (= 6%).

3. Holm (1980): „Ergebnis der Nachuntersuchungen an ca. 10.000 Patienten durchschnittlich 17 Jahre nach Jod 131 Applikation (Radio-Jod-Test): keine Erhöhung der Schilddrüsenkarzinomrate gegenüber einer Kontrollpersonen-Gruppe“ [26]. Diese Studie wurde von der Strah-

lenschutzkommission häufig zitiert. Kontrolliert wurde aber lediglich, ob die Patienten später im schwedischen Krebsregister als Tumorpatienten aufgeführt waren. Viele Tumorfälle entgehen aber dieser Registrierung. Eine Nachuntersuchung auf Schilddrüsenkrebs fand nicht statt. Die durchschnittliche Latenzzeit für Schilddrüsenkrebs von ca. 20 Jahren [14] wurde bei der Mehrzahl der Patienten nicht abgewartet. Über das Krebsrisiko exponierter Kinder sagt die Studie nichts aus, sie bezieht sich nur auf Erwachsene.

Taschenspielertrick Nr. 7 besagt, daß unterhalb einer gewissen Schwellendosis radioaktiver Strahlung keine gesundheitlichen Schäden auftreten, oder, daß es keinerlei wissenschaftliche Beweise für eine meßbare Erhöhung des Krebsrisikos für den Bereich niedriger Strahlendosen gäbe, wie sie im Zusammenhang mit radioaktivem Fallout oder in der Umgebung von Kernkraftwerken auftreten [7, 50] (z.B. plus 100–150 mrem Ganzkörperdosis, oder 300 bis 1.000 mrem Schilddrüsendosis in der BRD) [21]. Es ist in den Wissenschaften aber unumstritten, daß auch geringste Strahlendosen Mutationen verursachen können, auch solche, die zu maligner Entartung der Zellen führen [16]. Die Frage kann daher nicht lauten: „Gibt es ein Risiko bei Bestrahlung mit niedriger Dosis“, sondern nur: „wie groß ist dieses Risiko?“.

Folgende Beispiele für die wissenschaftlich nachgewiesene krebserzeugende Wirkung geringer Strahlendosen seien genannt:

1. Bei Bestrahlung im Mutterleib (wegen röntgenologischer Beckenuntersuchung, Pelvimetrie) im Dosisbereich zwischen 250 und 800 mrad berichtete Steward 1970 und 1971 [47] über eine statistisch signifikante Zunahme von Leukämien und anderen bösartigen Tumoren bei Kindern. Gleichartige Beobachtungen sind von mehreren anderen Autoren veröffentlicht worden [25, 33, 38, 46].

2. Kinder, die wegen Tinea capitis, einer Pilzerkrankung der Kopfhaut, mit 6,5 rad bestrahlt wurden, erkrankten häufiger an Schilddrüsenkrebs [32, 42].

3. In den USA wurden 1.400 Leukämiefälle aus einem Gebiet mit 13 Millionen Einwohnern analysiert. Die Autoren fanden bei erwachsenen Männern einen Zusammenhang zwischen Leukämie und vorangegangener röntgenologischer Bestrahlung, wobei sie Knochenmarksdosen von weniger als 500 mrem schätzten.

4. Die durchschnittliche Bestrahlungsdosis von 442 Arbeitern der atomaren Wiederaufarbeitungswerke von Hanford, USA, die zwischen 1944 und 1972 an Krebs starben, betrug nur 1 rem/a. Vor allem traten Lungenkrebs, malignes Lymphom, Leukämie, Plasmozytom, Pankreas- und Dickdarmkarzinom auf. Schätzungsweise 6 bis 7% dieser Todesfälle wurden durch Strahlung verursacht [28, 31].

5. J. L. Lyon et al. berichteten 1979 [29] über einen Anstieg von „Leukämien bei Kindern in der Folge von nuklearem Fallout nach Atombombentests in Nevada“.

Da kaum Beobachtungen über strahleninduzierten Krebs bei einer zusätzlichen Dosis von ca. 100 mrem pro Jahr vorliegen, ergibt sich die Notwendigkeit der Extrapolation von höheren auf niedrigere Strahlendosen. Die internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) geht von einem linearen Dosis-Wirkungszusammenhang aus, dessen Dosis-Effekt-Kurve durch den Nullpunkt geht [27]. Die 1981 überarbeiteten Daten der Hanford-Studie III [28] deuten aber darauf hin, daß die Dosis-Wirkungsbeziehung bei <10 rem einen

signifikanten Abfall aufweist. Eine soeben in den USA erschienene Untersuchung [52] bestätigt dies mit einem neu entwickelten Mutagenitätstest. Damit wurde bei niedrigen Strahlendosen eine um 200 mal höhere Mutationsrate an einem menschlichen Chromosom in Hybridkulturen als mit bisher gebräuchlichen Tests festgestellt. Die Dosis-Wirkungsbeziehung zeigte bei <100 rad einen signifikanten Abfall.

Das hieße, daß gerade bei niedrigen Strahlendosen der Risikoanstieg für eine Krebsentstehung pro Strahlendosis (rem) größer wäre als bei hohen Dosen. Dies scheint insbesondere für Leukämie zu gelten. Die Streitfrage um den Kurvenverlauf der Dosis-Wirkungsbeziehung muß aber wahrscheinlich je nach Strahlungsart, Alter bei Bestrahlung und Krebstyp unterschiedlich beantwortet werden.

Die von der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung in Eching bei München erwarteten Strahlenexpositionen im ersten Jahr „nach Tschernobyl“ betragen [21]:

	Effektive Ganzkörperdosis	Schilddrüsendosis
Kinder 0-10 Jahre	70–150 mrem	300–1000 mrem
Erwachsene	50–110 mrem	60–250 mrem

Als effektive Lebenszeit-Äquivalentdosis (sie beschreibt die gesamte Belastung in 70 Jahren) werden für Kinder zwischen 0 und 10 Jahren 300–600 mrem, für Erwachsene mit 150–600 mrem angegeben.

Es ist daraus ersichtlich, daß die durch den „Tschernobyl Fallout“ eingestrahelten Äquivalentdosen durchaus an den Bereich grenzen, für den epidemiologisch bereits ein erhöhtes Krebsrisiko nachgewiesen wurde. Für bestimmte hochbelastete Regionen in Bayern trifft dies um so mehr zu, je weniger die Bevölkerung über die radioaktive Belastung aufgeklärt worden ist und sich entsprechend wenig schützen konnte.

Die Gefährdung durch den Fallout von Atomkraftwerksunfällen kann nicht nur daran gemessen werden, was Aachener oder Münchener an Risiken davontragen. In Polen, der DDR, Rumänien oder der Sowjetunion wird man über das Ausmaß unserer Gefährdung wahrscheinlich nur lächeln. In Polen rechnen z.B. selbst die Behörden mit einem Anstieg der Schilddrüsenkarzinomrate um ca. 10%. Die Beurteilung der Gesundheitsgefahren durch Kernkraftwerksunfälle darf nicht nur aufgrund der jetzigen Meßwerte in Westdeutschland erfolgen. Unseren Kindern gegenüber ist es verantwortungslos sich so zu verhalten, als sei der GAU von Tschernobyl der einzige oder gar letzte Atomkraftwerksunfall in Europa gewesen. **Unsere Kinder werden später schwere Vorwürfe gegen uns erheben, weil wir eine erhebliche radioaktive Verseuchung der Welt zugelassen haben, an der vor allem sie und kaum wir heute Erwachsenen erkranken werden. Die heute erzeugte und freigesetzte Radioaktivität langlebiger Isotope werden auch nachfolgende Generationen nicht mehr beseitigen können.**

Wirkung niedriger Strahlendosen (Spezielle Strahlenpathologie)

Prinzipiell lassen sich zwei Arten von Strahlenschäden unterscheiden:

1. Effekte, die Schäden außerhalb des genetischen Materials (DNS) betreffen (Modifikationen) sowie
2. Effekte, die eine Schädigung des genetischen Codes der DNS mit veränderter Information zur Folge haben (Mutationen).

Die Mutationen werden in vererbare Keimzellmutationen (genetische M.) und nicht vererbare Körperzellmutationen (somatische M.) unterschieden. Somatische Schäden, die körperliche Defekte zur Folge haben, sind für das Individuum Mensch bedeutsam, genetische Schäden an Keimzellen aber für die Population Mensch.

Unter den somatischen Effekten nach Bestrahlung von Zellen finden sich: biochemische Änderungen (z.B. Bildung reagibler Radikale oder toxischer Substanzen), Strukturänderungen (z.B. mit Einstrom von Wasser in die Zelle) sowie reversible und irreversible Hemmung der Zellteilung (mit Beeinflussung von Wachstum und Differenzierung).

Am schwerwiegendsten für das Individuum ist die Beeinflussung der Zellteilungsaktivität, die bereits mit kleinsten Strahlendosen erreicht wird, aber ernste Folgen haben kann. Der Ablauf der Mitose läßt sich mit minimalen Strahlendosen verändern, wobei es lediglich zu einer Verlangsamung der Zellteilungsaktivität oder zu einem völligen Stillstand kommen kann. Dies tritt sofort nach Bestrahlung ein. Ein Absinken der Mitoserate wurde z.B. nach in vivo Bestrahlung mit 4 rad bei Neuroblasten der Heuschrecke oder mit 5 rad in der Haut der Maus beobachtet [16]. Das für die Mitosehemmung sensibelste Stadium des Zellzyklus ist die G2-Phase bis zur frühen Prophase [16].

Am wichtigsten für den Menschen ist ein ungestörtes Wachstum samt Differenzierung in seiner Embryonal- und Fetalentwicklung sowie in der Säuglingszeit. Eine Beeinträchtigung der geordneten Zellteilung führt zu teilweise katastrophalen Folgen. Diese sind vor allem abhängig vom Entwicklungsstadium zum Zeitpunkt der Bestrahlung, aber auch von der Dosis [16].

a) Blastogenese (von der Befruchtung bis zur Organogenese, bei Menschen bis zum 18. Tag nach Befruchtung): In dieser Periode führt Bestrahlung meist zum Strahlentod mit Abort (Ausstoßung der toten Frucht). Dies tritt aber nur bei hohen Strahlendosen ein und beruht häufig auf Chromosomenaberrationen.

b) Organogenese (Organbildungsperiode, bei Menschen bis zum 38. Tag): Nach Bestrahlung in dieser Periode treten in hohem Maße Mißbildungen auf, aber auch Tod sofort nach Geburt. Bei der Maus stellen sich nach Bestrahlung der Embryonen in der Organogenese bereits mit 5 rad Skelettanomalien (Polydaktylie) und Entwicklungsstillstand ein. Je nach Zeitpunkt der Bestrahlung kommt es zu verschiedenartigen Mißbildungen, so daß vom Tag der Bestrahlung exakt auf den Typ der Mißbildung geschlossen werden kann und umgekehrt.

c) Fetalperiode (Reifungsperiode, beim Menschen vom 38. Tag bis zur Geburt): Die Mißbildungsrate nimmt deutlich ab, aber das zentrale Nervensystem bleibt sensibel, wobei Hirndefekte wie Mikrozephalien, Mißbildungen des Corpus striatum und des Kleinhirns vorliegen können. Ebenso treten Anomalien an den Augen auf. Auch Tod nach fetaler Bestrahlung tritt meist in den ersten 2 Wochen nach der Geburt ein. Bei überlebenden Feten kann es zu verminderter Fruchtbarkeit kommen.

d) Postnatal (Nach der Geburt): Bestrahlung in dieser Periode mit geringen Strahlendosen von 1,5 bis 2 rad führen z.B. bei Ratten zu audiogenen Krämpfen.

E. J. Sternglass berichtete 1969 [43], unter dem Titel: „Evidence for low-level radiation effects on the human embryo and fetus“, daß die in den ein-

zelnen Bundesstaaten der USA zur Zeit der Atombombentests in Nevada beobachteten erhöhten Werte für vorgeburtliche Sterblichkeit, niedriges Geburtsgewicht, angeborene Mißbildungen und Säuglingssterblichkeit in engem Zusammenhang mit dem atomaren Niederschlag gesehen werden müßten. Diese These wurde von anderen Autoren für einzelne Gebiete in den USA auf statistisch signifikantem Niveau bestätigt. Es wurden zeitliche und geographische Korrelationen zwischen nuklearem Fallout und dem Auftreten dieser Erkrankungen gefunden. Diamond et al. berichteten 1979 über eine erhöhte Mißbildungsrate bei vorgeburtlich bestrahlten Kinder [12].

Welche weitreichenden Folgen eine kurzzeitige Funktionsbeeinträchtigung eines Organs durch niedrige Radioaktivitätsdosen haben kann, demonstriert folgender Sachverhalt: In den ersten Schwangerschaftsmonaten und den ersten Monaten nach der Geburt kann die kindliche Schilddrüse eine bis zu 10 mal höhere Jodkonzentration anreichern als die mütterliche. Dies gilt auch für radioaktives Jod. Tierstudien und Nachuntersuchungen an Kindern, die zur Zeit der frühen Wasserstoffbombenexplosionen im Pazifik dem radioaktiven Fallout ausgesetzt waren, zeigten, daß inkorporiertes Jod 131 eine mit Wachstumsverzögerung einhergehende Schädigung der Schilddrüse mit Überfunktion verursacht [48, 36]. Diese Unterfunktion geht mit verminderter Produktion des Schilddrüsenhormons Thyroxin einher und dies mit allgemeinen Wachstums- und Entwicklungsstörungen. Drastisches Beispiel hierfür ist der Kretinismus mit geistiger Behinderung. Durch das Hormon der Schilddrüse werden auch die Entwicklung der kognitiven Funktionen des Gehirns während der ersten Lebensjahre gesteuert. Die unverminderte Produktion von Schilddrüsenhormon ist aber für eine normale geistige Entwicklung unentbehrlich. Daß radioaktive Strahlung die geistige Entwicklung von Ungeborenen und Säuglingen erheblich beeinträchtigen kann, belegte der amerikanische Physiker E. J. Sternglass 1983 [44, 45]. Diese These wurde durch eine Studie bestätigt, die die Ergebnisse von Eignungstests amerikanischer High-School-Absolventen (Scholar Aptitude Test, SAT) über Jahre mit dem Vorkommen radioaktiver Zerfallsprodukte in Lebensmitteln anlässlich von Atombombentests der 50er und 60er Jahre in den USA verglich. Sternglass zeigte einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem Anstieg von Jod 131 in der Milch aufgrund des Fallouts der beginnenden Atombombentests in Nevada im Jahre 1950 und dem Absinken der Werte auf der Skala für das SAT-Testjahr 1967. Im Jahre 1957 ging infolge der Atombombentests in Nevada der stärkste radioaktive Fallout nieder. 18 Jahre später zeigte dieser Geburtsjahrgang auch die schlechtesten jemals in den USA erzielten Werte im Sprachteil des SAT. Der stärkste Rückgang wurde im äußersten Westen der USA gemessen, in jenen Regionen also, die den Testgebieten in Nevada, im Pazifik und in Sibirien am nächsten liegen und in denen der direkte Fallout am stärksten war.

Keimzellmutationen

Unter die genetischen Effekte geringer Strahlendosen (Keimzellmutationen) fallen zunächst die Chromosomenmutationen. Bekannt sind z.B. die Trisomie des Chromosoms Nr. 21 (= Mongolismus), das Fehlen des männlichen Y Chromosoms (= Ulrich Turner Syndrom) oder die Überzahl eines weiblichen X Chromosoms (= Kline-

felter Syndrom). In vier Studien wurde ein positiver Zusammenhang zwischen Mongoloismus und mütterlicher Bestrahlung belegt, wobei zum Teil minimale Verdoppelungsdosen von 1–2 rad angegeben wurden [16]. 25% aller Aborte gehen auf Chromosomenanomalien zurück. Eine Fülle weiterer Chromosomenaberrationen verursachen angeborene Krankheiten. Eine Korrelation von Aborthäufigkeit mit radioaktivem Fallout wurde schon 1969 von E. J. Sternglass [43] für bestimmte Regionen der USA belegt.

Sämtliche ionisierende Strahlung erzeugt Mutationen in allen Lebewesen. Einmal im Erbgut fixierte Mutationen sind irreversibel [16]. Eine strahleninduzierte Mutation kann von der natürlichen (spontanen) nicht unterschieden werden. Es gibt nur wenige Angaben über den direkten Nachweis strahleninduzierter Mutationen bei Menschen. Eine größere Untersuchung stammt von Macht und Lawrence (1955) [30] über fetale Todesfälle und angeborene Defekte unter Nachkommen von Radiologen und Nichtradiologen. Die Zahl angeborener Defekte unter den Nachkommen strahlenexponierter Väter (6,01%) war statistisch signifikant höher, als bei nicht exponierten Vätern (4,82%). Die akkumulierte Strahlenbelastung der Gonaden der Radiologen dürfte in fünf Jahren etwas mehr als 75 rad betragen haben. Auch die Zahl fetaler Todesfälle lag mit 14,03% bei exponierten Vätern höher als bei nicht exponierten mit 12,22%.

Somatische Mutationen

Somatische Mutationen werden durch bemerkenswert kleine Strahlendosen ausgelöst. Dies geschieht mit solcher Gesetzmäßigkeit, daß ihre Messung als „biologisches Strahlendosisimeter“ verwendet wird [16]. D.h. man schließt von der Anzahl somatischer Mutationen (z.B. an Lymphozyten in Zellkulturen) bei strahlenbelasteten Menschen auf die zuvor erhaltene Strahlenmenge. In Untersuchungen an beruflich strahlenexponierten Personen zeigt sich bereits bei einer über Monate hin akkumulierten Dosis von 1–10 rad eine signifikante Erhöhung der Chromosomenaberrationen in den Körperzellen. Die Dosis-Effektkurve geht wahrscheinlich durch den Nullpunkt, d.h. daß bereits kleinste Strahlendosen schon eine Chromosomenaberration auslösen können [52]. Aus dem Universitätshospital in Oslo wird eine beängstigende Zahl von Chromosomenaberrationen bei medizinisch-technischen Assistentinnen berichtet. Dies ist wahrscheinlich auf den Umgang mit Zytostatika und/oder Strahlung zurückzuführen.

Als bedeutsamste Folge strahlungsbedingter somatischer Mutationen wird die Induktion von Krebs angesehen. In den meisten Fällen von Krebs finden sich aneuploide Chromosomensätze in den Tumorzellen. D.h. es liegen numerische und/oder strukturelle Chromosomenaberrationen vor, die häufig auch die Ursache des bösartigen Wachstums darstellen [37]. Aneuploidie entsteht aber nur in bestimmten Zellzyklusphasen (G2-Phase und Mitose). Je mehr Zellen während einer Bestrahlung die sensiblen Zyklusphasen durchlaufen, um so größer ist die Wahrscheinlichkeit der Induktion einer somatischen Mutation, die Krebs auslöst. Daher sind Kinder, deren Zellen sich noch besonders schnell teilen, 10 mal gefährdeter bei gleicher Strahlendosis Krebs zu entwickeln, als Erwachsene (= Altersabhängigkeit des Risikos einer Krebsinduktion). Bei einer Chromosomenmutation, die mit Krebs einhergeht, aber erst manifest werden kann, wenn sich die Zelle erneut teilt, ergeben sich daher unterschiedlich lange Latenzperioden zwi-

schen Bestrahlung und Krebsentwicklung, je nach Teilungsaktivität des Gewebes. Die sich schnell teilenden Zellen des Knochenmarks weisen daher die geringste Latenzzeit bei der Entstehung von Leukämien auf.

Strahlung induziert vor allem in denjenigen Organen Krebs, die ohnehin spontan häufiger bösartige Tumoren entwickeln. Aus der Tatsache, daß Cs 137 sich vor allem in der Muskulatur anreichert, darf deshalb noch nicht geschlossen werden, daß dort vermehrt Rhabdomyosarkome auftreten. Dort, wo die höchsten Zellteilungs-raten bestehen und die meiste Radioaktivität akkumuliert wird, wird sich am häufigsten Krebs entwickeln.

Schilddrüsenkrebs

In der Schilddrüse wird radioaktives Jod 131 extrem angereichert, das Organ zeigt noch eine Teilungsaktivität. Bei geringer radioaktiver Bestrahlung entsteht dort in absoluten Zahlen ausgedrückt relativ wenig Krebs, weil das Schilddrüsenkarzinom schon normalerweise nicht sehr häufig ist. Mit ca. 375 zusätzlichen Schilddrüsenkarzinom-Toten, muß man, entsprechend o.g. Rechnung, durch den Fallout von Tschernobyl in der BRD rechnen.

Leukämie

Das Knochenmark bildet regelmäßig massenhaft neue rote und weiße Blutzellen. Es weist daher eine sehr hohe Zellteilungsaktivität auf. Leukämie stellt schon normalerweise einen relativ häufigen Krebs dar. 3.600 Leukämiefälle treten zur Zeit jährlich spontan in der BRD auf. Gewisse radioaktive Elemente wie Strontium 90 lagern sich vor allem im Knochengewebe ab. Daher zählen die Leukämien zu den häufigsten, durch Strahlung verursachten bösartigen Erkrankungen. Dies gilt auch bei geringen Strahlendosen als bewiesen. Man rechnet mit 1-20 zusätzlichen Fällen pro Million Einwohner pro Jahr pro rad [16, 41]. Dies wären zusätzlich 6-120 Leukämiefälle in der BRD pro Jahr (bei einer durch den Tschernobyl-Fallout angenommenen zusätzlichen Jahresäquivalentdosis von 100 mrem berücksichtigt man das 10 mal höhere Krebsrisiko bei Kindern, so ist diese Zahl wahrscheinlich zu verdoppeln).

Brustkrebs

Brustkrebs ist der häufigste bösartige Tumor bei Frauen. Zur Zeit treten ca. 22.000 Mammakarzinomfälle in der BRD jährlich spontan neu auf. Brustdrüsengewebe zeigt auch bei erwachsenen Frauen noch eine Teilungsaktivität. Untersuchungen an Atombombenüberlebenden und an Tbc-Kranken, die mehrfach durchleuchtet wurden, zeigten ein erhöhtes Risiko an Mammakarzinomen zu erkranken [16]. Man rechnet mit 1,5 zusätzlichen Fällen von Mammakarzinom-Toten pro rem pro 1 Million Einwohner pro Jahr [4]. Das entspräche einem Zuwachs von 45 Mammakarzinom-Toten pro Jahr in der BRD bei einer angenommenen zusätzlichen Ganzkörperäquivalentdosis von 100 mrem pro Jahr nach dem Tschernobyl-Fallout.

Bronchialkarzinom

Dieses stellt das häufigste aller Karzinome dar. Zur Zeit sterben in der Bundesrepublik ca. 27.000 Menschen daran. Das Bronchialepithel zeigt lebenslänglich eine hohe Teilungsrate. Inhalierete radioaktive Stäube und Edelgase führen zu einer hohen Organbelastung. Ursächlich

kommt neben dem Rauchen die Inhalation von radioaktivem Radon infrage. So führt allein die Radoninhalation in der BRD zu einer Organdosis von ca. 500 mrem/a in der Lunge. Radon wird bei Atombombenexplosionen ebenso freigesetzt wie aus Atomkraftwerken. Viel besorgniserregender ist aber die Wirkung von Plutonium 239 bzw. Pu02-Aerosolen für die Erzeugung von Lungenkrebs. Man hat geschätzt, daß durch die Atombombentests zwischen 1950 und 1960 ein weltweiter Fallout von etwa 1.150 Pfund Pu 239 stattgefunden hat, [18, 19]. Allein in den USA sind davon etwa 900 Pfund niedergegangen. Nach dem Reaktorunglück in Tschernobyl wurden vom Institut für Kernphysik der Universität Münster in Bodenproben eine Erhöhung der Pu 239 Konzentration um den Faktor 10 gegenüber der Zeit vor dem Unfall gemessen. Prof. Grzonka geht davon aus, daß die nachgewiesene Pu 239-Menge von $0,7 \times 10 \text{ g/kg}$ ($= 100 \text{ mBq/kg}$) aus dem Reaktor in der Ukraine stammt [20]. Eine „Lungenkrebsdosis“ Plutonium stellen aber bereits 27,1 Mikrogramm dar. 1 kg oberflächlicher Boden bei uns enthält also bereits 1/4000. derjenigen Plutoniumdosis, die im Durchschnitt einen Lungenkrebs verursacht. Es nimmt im Lichte dieser Zahlen nicht Wunder, daß Lungenkrebs heute der „Killer Nr. 1“ unter den Krebsen mit der stärksten Zunahme in den westlichen Ländern ist.

Zigarettenrauchen verstärkt den Lungenkrebs erzeugenden Effekt von inhaliertem Plutonium um den Faktor 1,8 [19]. Man rechnet mit 20 zusätzlichen Lungenkrebsfällen pro rad pro 1 Million Einwohner pro Jahr [41], also mit jährlich 120 Bronchialkarzinomen mehr in der BRD durch den Fallout von Tschernobyl (bei 100 mrem/a zusätzlicher Organdosis). Auch diese Zahl wird nach oben korrigiert werden müssen, da die Inzidenzraten an Erwachsenen ermittelt wurden und Kinder unberücksichtigt blieben.

Entsprechende Berechnungen lassen sich für Darmkrebs anstellen. Durch Anreicherung radioaktiver Elemente in der Nahrungskette wird es zu einer konstanten, niedrigen Bestrahlung der Darmschleimhaut kommen. Diese durch Zufuhr radioaktiver Isotope mit der Nahrung in Dünn- und Dickdarm eingestrahlenen Dosen liegen für manche Isotope (Ru103, Sr90, Te132) um 1-3 Zehnerpotenzen über den Dosen in den übrigen Organen [22, 23, 24]. Schon in den vergangenen Jahren ist die Zunahme an Dickdarmkrebs in der BRD besorgniserregend.

Nach Risikoschätzungen der International Commission on Radiological Protection, ICRP (1976) [27], ist pro zusätzlichem rem effektiver Dosis mit zusätzlich 100 Krebstodesfällen pro 1 Million Personen pro Jahr zu rechnen. In der Bundesrepublik ist demnach unter Zugrundelegung der durch die GSF bei München ermittelten effektiven zusätzlichen Ganzkörper-Äquivalentdosis von ca. 100 mrem im ersten Jahr nach Tschernobyl [21] mit zusätzlich ca. 600 Krebstoten durch die in diesem einen Jahr zusätzlich eingestrahlte Strahlendosis zu rechnen. Auch diese Risikoberechnung muß wahrscheinlich nach oben hin korrigiert werden, da sie die Radioaktivitätsanreicherung in der Nahrungskette des Menschen ebensowenig berücksichtigt, wie die Tatsache, daß Kinder ein 10 mal höheres Strahlenkrebsrisiko tragen als Erwachsene.

Durch radioaktive Strahlung verursachte Krankheiten unterscheiden sich in nichts von anders aufgelösten Erkrankungen. Niedrige radioaktive Strahlung kann in keinem Krebstodesfall mit Sicherheit als Ursache des Tumors angesehen werden. Keine Mißbildung ist mit Sicherheit auf

radioaktive Strahlung zurückzuführen. Der epidemiologisch-statistische Beweis für die krankmachende und auch tödliche Wirkung radioaktiver Strahlung ist entsprechend schwer zu erbringen, weil Strahlenopfer nicht als solche identifizierbar sind. Da Krebs schon ohne Strahlung die zweithäufigste Todesursache darstellt, verschwinden die zusätzlichen Strahlenkrebstoten statistisch im Meer der anderen Krebstoten. Dieser Sachverhalt einer nicht beweisbaren Kausalität im Einzelfall wird von der Atomkraftwerks-Lobby ausgenutzt: die Bevölkerung läßt sich beruhigen, da niemand ihr zum Gegenbeweis durch radioaktive Strahlung verursachte Krankheitsfälle vorführen kann.

Dennoch wird es Epidemiologen und Statistiker bald gelingen, unter Beachtung der Latenzzeiten und demographischer Störfaktoren (z.B. Geburtenrückgang) einen signifikanten Zusammenhang zwischen erhöhter Radioaktivität in der Umgebung von Atomkraftwerken und der Zunahme kindlicher Leukämien zu sichern. Auf einer Fachkonferenz in London wurde durch eine Studie belegt, daß Leukämien bei Kindern in den an 10 englischen Nuklearanlagen angrenzenden Gebieten zwischen 1969 und 1979 um 35% häufiger als im Landesdurchschnitt auftraten (dpa 26. 11. 1986).

Es bedarf leider immer intellektueller Anstrengung, um aus den vorliegenden Erkenntnissen der Strahlenbiologie die reale Gesundheitsgefährdung der Bevölkerung durch niedrige radioaktive Strahlung abzuleiten. Wer sich dieser Anstrengung nicht unterzieht, erliegt leicht einer oberflächlichen, kurzsichtigen und irreführenden Argumentation, die meist durch politische Interessen geleitet ist. Da radioaktive Strahlung z. T. tausende von Jahren anhält und einmal freigesetzt, nicht zu beseitigen ist, sind wir moralisch verpflichtet, kommende Generationen vor einer schleichenden Radioaktivitäts-Katastrophe zu bewahren.

GLOSSAR UND MASSEINHEITEN:

Äquivalentdosis: Maß für die biologische Wirkung ionisierender Strahlung. Neue Einheit ist das Sievert (Sv), alte Einheit das rem. $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$.

Aktivität: Maß für die „Stärke“ einer radioaktiven Substanz, gibt die Zahl der Zerfälle pro Zeiteinheit an; alte Einheit ist das Curie (Ci), neue Einheit das Becquerel (Bq).

Becquerel: Abkürzung: Bq. Neues Maß für die Aktivität. $1 \text{ Bq} = \text{Atomkernzerfall pro Sekunde}$. $1 \text{ Bq} = 27.03 \text{ p Ci}$.

Dosis: Strahlendosis, die der Volumeneinheit (cm) zugeführt bzw. von ihr absorbiert wird; alte Einheit der Energiedosis ist das rad, neue Einheit Gray (Gy) $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$.

Gray: Abkürzung: Gy. Neues Maß für die absorbierte Strahlendosis (Energiedosis). $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$.

Halbwertszeit: Die HWZ gibt für ein radioaktives Element denjenigen Zeitraum an, in dem seine Teilungsaktivität auf die Hälfte des ursprünglichen Wertes gesunken ist. Die HWZ ist für die einzelnen Isotope sehr unterschiedlich; z.B. Plutonium 239: 24.000 Jahre, Jod 131: 8 Tage.

Ionisierende Strahlung: Jede elektromagnetische oder Korpuskularstrahlung, die bei der Einwirkung auf Materie Energie abgibt und dabei Ionen erzeugt.

Isotope: An gleicher Stelle des Periodensystems der Elemente stehende, also chemisch gleichartige Atome (gleiche Elektronenhülle) von verschiedener Atomkernmasse (verschiedener Neutronenzahl bei gleicher Protonenzahl).

Latenzzeit: Zeit zwischen Strahleneinwirkung und dem Sichtbarwerden von Folgeerscheinungen in Lebewesen.

rad = „roentgen-absorbed dose“: Einheit für die absorbierte Strahlendosis (Energiedosis). Sie ist erforderlich, um die Wirkung verschiedener Strahlenarten miteinander vergleichen zu können. Neue Einheit ist das Gray (Gy). $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$.

Radioaktivität: Ein Prozeß, bei dem Atomkerne unter Freisetzung von Energie spontan zerfallen, bis ein stabiler Endzustand erreicht wird. Diese Energie wird in Form von Kernstrahlung ausgesandt. Neue Einheit ist das Becquerel (Bq), alte Einheit das Curie (Ci). $1 \text{ Bq} = 27,03 \text{ PCI}$.

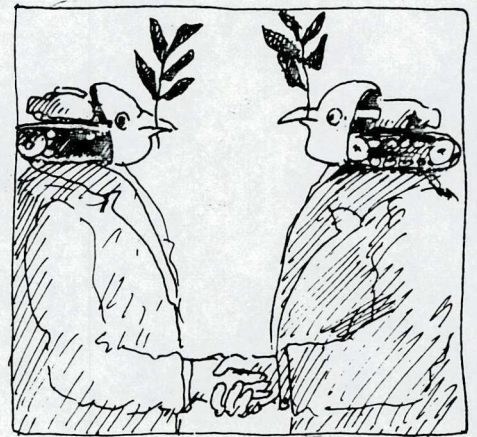
rem = „roentgen-equivalent man“: Dosiseneinheit für die biologische Wirksamkeit einer ionisierenden Strahlung (= Äquivalentdosis). In rem-Einheiten werden Strahlendosen angegeben, die bei Absorption im Gewebe die gleiche biologische Wirkung entfalten. Da qualitativ verschiedene Strahlenarten trotz gleicher Energiedosis (rad) biologisch verschieden stark wirken, wird die Dosis in rad mit einem Wichtungsfaktor f multipliziert, um die Äquivalentdosis in rem zu erhalten. Neue Einheit für die Äquivalentdosis ist das Sievert (Sv). $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$. Für externe Beta-, Gamma- und Röntgenstrahlen gilt: $1 \text{ rem} = 1 \text{ rad}$. **Sievert:** Neue Einheit für die Äquivalentdosis (Abk. Sv); $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$.

LITERATURVERZEICHNIS:

- [1] Archer, V. E., Health Phys. 34, 237 (1978).
- [2] Barcinski, M. A., Am. J. Hum. Genet. 27, 802 (1975)
- [3] Bayerische Gesellschaft für Nuklearmedizin e.V., Informations-Blatt vom 16. 5. 1986, München.
- [4] BEIR-III-Report. The Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. Report of the Advisory Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation. National Academy of Sciences, Washington, D. C. (1972) Typescript Edition.
- [5] BEIR-III-Report. The Effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation. Report of the Advisory Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation. National Academy of Sciences, Washington D. C. (1980), Typescript Edition.
- [6] Bonka, H., Horn, H.-G., Küppers, J., Maqua, M., Radiologische Messungen und Strahlenexposition der Bevölkerung in Aachen nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl. Wissenschaft und Umwelt 1, 39-50 (1986)
- [7] Fragen und Antworten zur Kernenergie. Nach dem Reaktorunfall in der Sowjetunion. Presse- und Informationsamt der Bundesregierung, Bonn 1986.
- [8] Der Bundesminister des Inneren - Strahlenschutzkommission. Das Strahlenrisiko während der pränatalen Entwicklung des Menschen. Dtsch. Ärztebl. 50, 1518-1522 (1985).
- [9] Der Bundesminister des Inneren. Verordnung über den Schutz durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung-Str. SchV). Bundesgesetzblatt Teil I, Nr. 125, 2905-2999 (1975).
- [10] Der Bundesminister für Forschung und Technologie. Die radiologischen Auswirkungen von Tschernobyl in der Bundesrepublik Deutschland. Mitteilungsblatt: Forschungsergebnisse vom 9. 7. 1986, Bonn.
- [11] Burkart, W., Bundesärztekammer erkundete die Sicherheit deutscher Kernkraftwerke. Neutronenfänger und Containment halte die Atomkraft in Schach. Dtsch. Ärztebl. 83, 2276-2281 (1986).
- [12] Diamond, E. L., Am. J. Epidemiol. 97, 283 (1973).
- [13] Dobyns, B. M., Sheline, G. E., Workman, J. B., Tanpkins, E. A., McConahey, W. M., Becker, D. V., Malignant and Benign Neoplasms of the Thyroid in Patients Treated for Hyperthyroidism. A Report of the Cooperative Thyrotoxicosis Therapy Follow up Study. J. Clin. Endokrinol. (1974).
- [14] Dolphin, G. W., Radiation Carcinogenesis. In: Thyroid Cancer, Duncan, W. ed. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (1980) pp. 23-30.
- [15] Evans, J. S., Wennberg, J. E., McNeil, B. J., The influence of diagnostic radiography on the incidence of breast cancer and leukemia. N. Engl. J. Med. Sept. 25, 810-815 (1986).
- [16] Fritz-Niggli, H., Strahlengefährdung/Strahlenschutz. Ein Leitfaden für die Praxis. Verlag Hans Huber, Bern, Stuttgart, Wien (1975).
- [17] Gerstner, H., Hingmann, H., Rohatsch, H., Stadlbauer, E. A., Trien, C., Abschätzung der Strahlenexposition durch radioaktiven Fallout. GIT Fachz. Lab. 8, 759-769 (1986).
- [18] Gofman, J. W., Estimated Production of Human Lung Cancer by Plutonium from Worldwide Fallout. Report of the Committee for Nuclear Responsibility 1975, P.O. Box 2329, Dublin, California 94566 (1976).
- [19] Gofman, J. W., Krebsrisiko durch eingeatmetes Plutonium. In: Strohm, H.: Warum auch geringe Radioaktivität lebensgefährlich ist. Verlag Zweitausendeins, Frankfurt (1986), pp. 95-136.

- [20] Grzonka, D., Becker, H. W., Brummund, N., Sando, R., Wallek, L., Messungen zur Abschätzung der Pu 239-Kontamination als Folge des Reaktorunfalls in Tschernobyl. Institut für Kernphysik der Universität Münster, Arbeitspapier (1986).
- [21] Haaf, G., Wenn das Cäsium wandert. Die Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung zog eine Zwischenbilanz der Strahlenbelastung. Die Zeit Nr. 25, 62 (1986).
- [22] Henrichs, K., Elsasser, U., Schotola, Ch., Kaul, A., Dosisfaktoren für Inhalation oder Ingestion von Radionuklidverbindungen (Altersklasse 1 Jahr). Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes. ISH-Heft 78, Neuberger bei München (1985).
- [23] Henrichs, K., Elsasser, U., Schotola, Ch., Kaul, A., Dosisfaktoren für Inhalation und Ingestion von Radionuklidverbindungen (Altersklasse 10 Jahre). Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes. ISH-Heft 80, Neuberger bei München (1985).
- [24] Henrichs, K., Elsasser, U., Schotola, Ch., Kaul, A., Dosisfaktoren für Inhalation und Ingestion von Radionuklidverbindungen. Institut für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes ISH-Heft 79, Neuberger bei München (1985).
- [25] Holford, R. M., The Relation Between Juvenile Cancer and Obstetric Radiography. Health Phys. 28, 153 (1975).
- [26] Holm, L. E., J. Nat. Canc. Inst. 64, 1055 (1980).
- [27] International Commission on Radiological Protection. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Annals of the ICRP, Publication 26, Pergamon Press Oxford-New York-Frankfurt (1977).
- [28] Kneale, G. W., Manasco, T. F., Stewart, A. M., Hanford Radiation Study III: a Cohort Study of the Cancer Risks from Radiation to Workers at Hanford (1944-77 deaths) by the Method of Regression Models in Life Tables. Brit. J. Indust. Med. 38, 156-166 (1981).
- [29] Lyon, J. L., Klauber, M. R., Gardner, J. W., Udall, K. S., Childhood Leukemias Associated with Fallout from Nuclear Testing. N. Engl. J. Med. 300, 397-402 (1979).
- [30] Macht, S. H., Lawrence, P. S., National survey of congenital malformations resulting from exposure to roentgen radiation. Amer. J. Roentgenol. 73, 442 (1955).
- [31] Manasco, T. F., Stewart, A., Kneale, G., Radiation exposure of Hanford workers dying from cancer and other causes. Health Phys. 33, 369 (1977).
- [32] Modan, B. et al., Radiation Induced Head and Neck Tumors. Lancet 1, 277 (1974).
- [33] Mole, R. H., Ante-natal Irradiation and Childhood Cancer: Causation or coincidence? Brit. J. Cancer 30, 199 (1974).
- [34] Morgan, K. Z., Cancer and low level radiation. Bull. Atom. Sci. 34, 34 (1978).
- [35] Morgan, K. Z., Ionisierende Strahlen im Bereich niedriger Dosis und die Erzeugung von Krebs. In: Strohm, H.: Warum auch geringe Radioaktivität lebensgefährlich ist. Verlag Zweitausendeins, Frankfurt (1986), pp. 139-147.
- [36] Moskalev, J. I. et al., Experimental Study of Radionuclide Transfer Through the Placenta and the Biological Action on the Fetus. In: Sikov, M. R. and Mahlum, ed.: Radiation Biology of the Fetal and Juvenile Mammal, Symposium Series 17, Atomic Energy Commission (1969), pp. 153-160.
- [37] Oshimura, M., Barrett, C., Chemically Induced Aneuploidy in Mammalian cells: Mechanisms and Biological Significance in Cancer. Environ. Mutagen. 8, 129-159 (1986).
- [38] Pochin, E. E., Malignancies Following Low Radiation Exposures in Man. Brit. J. Radiol. 49, 577 (1976).
- [39] Pohl-Rühling, IAEA-SM-202/701, 317 (1976).
- [40] Rödler, H. D., Biokinetik radioaktiver Stoffe. Urban und Schwarzenberg, München (1986).
- [41] Säbel, M., Die natürliche und künstliche Strahlenexposition des Menschen. Dtsch. Ärztebl. 78, 1903-1915 (1981).
- [42] Silverman, C., Hoffmann, D. A., Thyroid Tumor Risk from Radiation During Childhood. Prevent. Med. 4, 100 (1975).
- [43] Sternglass, E. J., Evidence for low-level Radiation Effects on the Human Embryo and Fetus. In: Sikov, M. R., Mahlum, D. D. eds.: Radiation Biology of the Fetal and Juvenile Mammal, Symposium Series 17, Atomic Energy Commission (1969), pp. 153-160.
- [44] Sternglass, E. J., Bell, St., Fallout and SAT scores: evidence for cognitive damage during early infancy. Phi Delta Kappan (1983).

- [45] Sternglass, E. J., Bell, St., Die Kinder des atomaren Fallout. Psychologie Heute 13, 36-42 (1986).
- [46] Stewart, A., Radiation Dose Effects in Relation to Obstetric X-Rays and Childhood Cancer. Lancet 2, 1185 (1970).
- [47] Stewart, A., Low Dose Radiation Cancers in Man. Adv. Cancer Res. 14, 359 (1971).
- [48] Sutow, W. W., Conrad, R. A., Griffith, K. M., Growth Status of Children Exposed to Fallout Radiation on the Marshall-Islands. Pediatrics 36, 721-731 (1965).
- [49] Vogl, Th., Lissner, J., Wirkung ionisierender Strahlung auf den menschlichen Organismus. Dtsch. Ärztebl. 82, 1169-1182 (1985).
- [50] Wachsmann, F., Sind kleine Strahlendosen wirklich so gefährlich? Ein Bericht über Beobachtungen, die in der Fachwelt diskutiert werden. Atomwirtschaft 31, 499-502 (1986).
- [51] Wald, G., Die Gefahren der Atomenergie. Welchen Experten sollen wir glauben? In: Strohm, H.: Warum auch geringe Radioaktivität lebensgefährlich ist. Verlag Zweitausendeins, Frankfurt (1986), pp. 25-34.
- [52] Waldren, Ch., Correll, L., Sognier, M. A., Puck, T. T., Measurement of Low Levels of x-Ray Mutagenesis in Relation to Human Disease. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 83, 4839-4843 (1986). ■



aus der Zeitschrift:
 Ärzte warnen vor dem Atomkrieg,
 Rundbrief 21, April 1987
 mit freundlicher Genehmigung des
 Verlages Dr. Barbara Hövener,
 Berlin