

Strahlentelex

mit ElektromogReport

Unabhängiger Informationsdienst zu Radioaktivität, Strahlung und Gesundheit

ISSN 0931-4288

www.strahlentelex.de • www.abstractnow.com

Nr. 442-443 / 19. Jahrgang, 2. Juni 2005

Strahlenschäden:

Außer in den direkten Anrainerländern Ukraine und Weißrussland wurde nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl auch aus dem Nachbarland Türkei eine Zunahme von Fehlbildungen bei Säuglingen gemeldet. Erstaunlich sind auch die Effekte in weit entfernten europäischen Ländern.

Seite 1

Atomwirtschaft:

Die Freisetzung von circa 83.000 Litern hoch radioaktivem, in konzentrierter Salpetersäure aufgelöstem Kernbrennstoff aus abgebrannten Brennelementen, ist in der britischen Wiederaufarbeitungsanlage Sellafield monatelang unentdeckt geblieben.

Seite 7

Strahlenschäden

Wie verlässlich sind die Grenzwerte?

Neue Erkenntnisse über die Wirkung inkorporierter Radioaktivität

Von Inge Schmitz-Feuerhake

Es werden unvollständige Annahmen über die zu erwartenden Effekte bei niedriger Strahlendosis gemacht. Die japanischen Atombombenüberlebenden sind keine geeignete Referenzbevölkerung zur Beurteilung der Gesundheitsschäden durch Umweltradioaktivität. Das System zur Sicherung der Einhaltung der Grenzwerte ist fehlerhaft. Angesichts der Fülle der zu beobachtenden Effekte

nach Tschernobyl wird klar, dass sich die Dosis mit Hilfe der herkömmlichen und amtlich vorgeschriebenen Methodik nicht bestimmen läßt. Das erklärte Frau Prof. Dr. Inge Schmitz-Feuerhake, Köln, in ihrem Beitrag auf dem 2. Fachgespräch zur Situation im Atommüll-Endlager Asse II in Wolfenbüttel am 23. April 2005. Strahlentelex dokumentiert hier diesen Beitrag.

Im letzten Jahr hat sich – nicht ohne wütende Attacken von Vertretern der Atomlobby – die Fachwelt dazu durchgerungen, eine erhöhte Lungenkrebsrate durch normale Radonkonzentrationen in Häusern als real anzunehmen. Wie Leuten bekannt ist, die sich mit Bergwerken und Strahlenschutz beschäftigen, ist Radon das natürlich vorkommende alphastrahlende Edelgas, Folgeprodukt von Uran bzw. Thorium und Radium, das in der Atmosphäre vorkommt. In Wohnungen staut es sich auf und führt zu einer nicht unwesentlichen Strahlenbelastung, da es mit der Atemluft in den Körper gelangt.

Der Sinneswandel in der offiziellen Einschätzung erfolgte, nachdem in einer Gemeinschaftsanalyse 13 europäische epidemiologische Studien ausgewertet wurden (Darby et al., Brit. Med. J. 330, 2005, 223) und in einer nordamerikani-

schen Verbundauswertung 7 epidemiologische Studien (Krewski et al., Epidemiology 16, 2005, 137-145). Dabei ist seit etwa 80 Jahren bekannt, dass Alphastrahlen mutagen und karzinogen sind. Die Erkenntnis, dass Bergleute Lungenkrebs durch Radon bekommen, ist über 40 Jahre alt. Die erste Veröffentlichung über Lungenkrebs durch Radon in Wohnhäusern durch Axelson und Mitarbeiter liegt 25 Jahre zurück.

Dieses Zeitraster ist leider ein typisches Beispiel dafür, welches eines absurden Aufwandes es bedarf, um notwendige Verbesserungen im Strahlenschutz, die der betroffenen Bevölkerung lange wider besseres Wissen vorenthalten werden, lediglich zu benennen und zu fordern – geschweige denn durchzusetzen.

In den 50er Jahren hatte die englische Epidemiologin Alice Stewart entdeckt, dass diagnostisches Röntgen bei Schwangerschaften (das hat man früher gemacht bei Zwillingverdacht oder Lageanomalien) zu Leukämie bei den später geborenen Kindern führt. Auch dieses ist – nach 50 Jahren – ebenfalls Stand der Wissenschaft geworden,

Strahlentelex, Th. Dersee, Waldstr. 49, 15566 Schöneiche b. Bln.
Postvertriebsstück, DPAG, „Entgelt bezahlt“ A 10161 E

Tabelle 1: Beim Menschen beobachtete Effekte nach vorgeburtlicher Röntgenbestrahlung;
aus Rugh (1962)

1. Mikrozephalie (Unterentwicklung von Gehirn und Schädel)	16. Nystagmus (Augenzittern)
2. Hydrozephalus (Wasserkopf)	17. Totgeburten
3. Porenzephalie (Lückenbildung im Großhirn)	18. Vermindertes Geburtsgewicht
4. Geistige Behinderung	19. Säuglings- und Kindersterblichkeit
5. Downsyndrom	20. Ohranomalien
6. Schwachsinn	21. Spina bifida (Spaltbildung in der Wirbelsäule)
7. Defekte der Schädelknochenentwicklung	22. Gaumenspalte
8. Schädelmissbildung	23. Missbildungen der Arme
9. Mikromelie (Kleinheit der Gliedmaßen)	24. Klumpfuß
10. Microphthalmus (Unterentwicklung des Augapfels)	25. Verminderte Fingerzahl
11. Microcornea (Kleinheit der Netzhaut)	26. Syndaktylie (Verwachsung von Fingern und Zehen)
12. Kolobom (Spaltbildung bei einem Organ)	27. Hypermetropie (Übersichtigkeit, zu kurzes Auge)
13. Strabismus (Schielen)	28. Amelogenesis (Zahnschmelzbildung)
14. Katarakt (Grauer Star)	29. Unvollständige Zahnentwicklung
15. Chorioetinitis (Entzündung der Ader- oder Netzhaut des Auges)	30. Missbildung der Genitalien

nach unzähligen Versuchen, es zu widerlegen mit großen abenteuerlichen Ersatzhypothesen. Auch die Internationale Strahlenschutzkommission ICRP hat das akzeptiert. Die ICRP ist das maß-

gebliche Gutachtergremium, an dessen Empfehlungen sich die Industrienationen in ihrer Gesetzgebung halten. Sie hat den Begriff des „stochastischen“ Schadens eingeführt. Das ist der Schaden, der bei

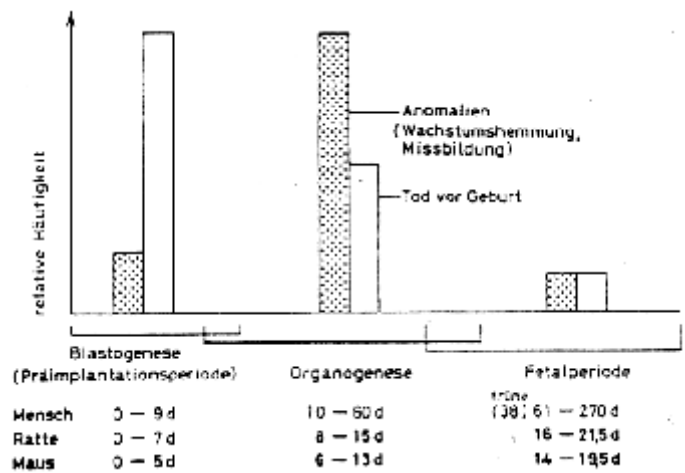


Abbildung 1: Entwicklungsstörungen nach Bestrahlung von Säugetieren in utero (aus Fritz-Niggli 1997); d days (Tage)

niedriger Dosis zu erwarten ist. Wenn eine Bevölkerung mit einer niedrigen Dosis bestrahlt wird, wie zum Beispiel durch diagnostisches Röntgen oder durch Umweltradioaktivität, dann werden Mutationen und Krebserkrankungen erzeugt. Es trifft nicht jeden und man weiss auch nicht, wen es trifft. Aber man kann eine Wahrscheinlichkeit dafür angeben, die mit steigender Dosis größer wird. Mit abnehmender Dosis sinkt die Wahrscheinlichkeit, aber bei der halben Dosis gibt es immer noch den halben Effekt, und das Risiko geht erst auf Null herunter, wenn die Dosis Null

wird.

Ein Dosisgrenzwert für eine zusätzliche Strahlenbelastung von Personen bedeutet somit die Inkaufnahme realer und konkreter Todesfälle. Es wird gern behauptet, dass die Grenzwerte so niedrig sind, dass statistisch erkennbare Strahlenschäden – also solche, die in den ohnehin vorhandenen messbar sein würden – nicht auftreten.

Die Dosisgrenzwerte, die angeblich bei beruflich Strahlenexponierten nie ausgenutzt worden sind, haben aber zu messbaren signifikanten Erhöhungen von Krebserkrankungen geführt. Das war in den 90er Jahren klar, als man zwei sehr umfangreiche Untersuchungen an Beschäftigten in kerntechnischen Anlagen gemacht hatte, eine in den USA im Oak Ridge National Laboratory, und eine britische Verbundstudie aus allen dortigen Anlagen. Beide zeigten erhebliche Unterschätzungen der Strahlenfolgen, wenn man die registrierten Dosiswerte und die Risikowerte der ICRP einsetzt.

Ich will hier nicht das ganze zähe Ringen um die Dosiswirkungsbeziehungen – also wie groß der Schaden bei welcher Dosis ist – betrachten, sondern auf ein zu Unrecht sehr stark vernachlässigtes Problem eingehen: die Schä-

Tabelle 2: Kleinste Dosis, bei der Effekte im Tierversuch nach Bestrahlung in utero gefunden wurden (aus Fritz-Niggli 1997; Zitate s. dort)

	Dosis [mSv]	Tage nach Befruchtung	Effekte	Autoren
Maus	10	8	Gesamtschädigungsrate	Michel, Fritz-Niggli 1977
	50	0,5	Embryontod	Rugh, Grupp 1959
	50	0,5 u. 1,5	Embryontod, Polydaktylie	Ohzu, Makino 1964
	50	7,5	Embryontod, Skelettanomalie	Jacobsen 1965
	100	15	Wachstumshemmung	Michel 1982
	250	17	Zelluläre Defekte	Hayashi, Kameyama 1979
	250	8	Anomalien des ZNS	Murakami, Kamayama 58
	250	0-6	Embryontod	Russell, Russell 1954
	250	7,5 u. 8,5	Skelettanomalien	Russell 1955, 1957
Ratte	10	18	Reflexstörungen	UNSCEAR 1986
	50	9 und 16 h	Fetaltod	Roux u.a. 1983
	125	8	Wachstumshemmung	Wilson 1954
	150	1,5	Verminderte Lernfähigkeit	Kaplan 1962
	200	0-10	Audiogene Krämpfe	Cooke u.a. 1964
	250	8 und 9	Mikrophthalmie	Wilson 1953, Michel 1970
	200-300	16-22	Zelluläre Defekte (Neuronen v. Hirn-Cortex, Zerebellum)	Hicks, d'Amato 1963

den bei vorgeburtlicher Exposition.

Die ICRP nimmt an, dass für Schäden bei vorgeburtlicher Bestrahlung eine Schwellendosis von 100 Millisievert (mSv) existiert, das heißt bei Bestrahlung der Frucht unterhalb einer Dosis von 100 mSv soll gar nichts passieren. Diese Dosis liegt weit oberhalb jedweden Grenzwertes. Diese Auffassung wird von der ICRP in ihrer Publikation 90 aus dem Jahre 2003 vertreten. Danach wäre also das ungeborene Leben gar kein Problem für den Strahlenschutz bei üblichen zivilisatorischen Expositionen.

Diese Auffassung steht im Gegensatz dazu, dass die Entwicklungsphase der Lebewesen in den frühen Zeiten der Strahlenforschung und noch lange danach als die empfindlichste angesehen wurde. Wie man sich vorstellen kann, sind die biologischen Folgen einer Bestrahlung von Embryonen und Feten sehr stark vom Stadium der Entwicklung abhängig. Beobachtet werden zwei Klassen von Schädigungen: a) das vorzeitige Absterben der Frucht, b) Missbildungen von Organen oder des Körperbaus und fehlerhafte Organfunktionen.

Ein Schema der Entwicklungsstörungen in ihrer Häufigkeit in den wesentlichen drei Entwicklungsperioden zeigt Abbildung 1.

In den 60er Jahren wurden durch Rugh und andere Forscher sehr viele Tierversuche gemacht und ein sehr breites Spektrum an Missbildungen gefunden. Eine Aufstellung damals bekannter Effekte beim Menschen zeigt Tabelle 1. Diese wurden teils nach höheren Strahlendosen erhalten (Strahlentherapie), teils auch nach Röntgendiagnostik.

Zur Frage, welche Effekte schon bei wie niedriger Dosis auftreten können, stützte man sich zunächst auf Tierversu-

che, dann auf die Überlebenden der Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki.

Tabelle 2 zeigt minimale Dosen an, bei denen noch Defekte im Tierversuch beobachtet wurden. Sie beginnen bei 10 mSv, liegen also bis zu 10fach niedriger als der ICRP-Schwellenwert. (Sie bedeuten nicht, dass unter diesen Werten keine Effekte auftreten können.)

Erst circa 40 Jahre nach der Atombombenexplosion in Hiroshima und Nagasaki bildete sich die heute bestehende Lehrmeinung über vorgeburtlich erzeugte Entwicklungsstörungen beim Menschen heraus, wonach signifikante Effekte bei mittleren Strahlendosen nur auf Schädelbil-

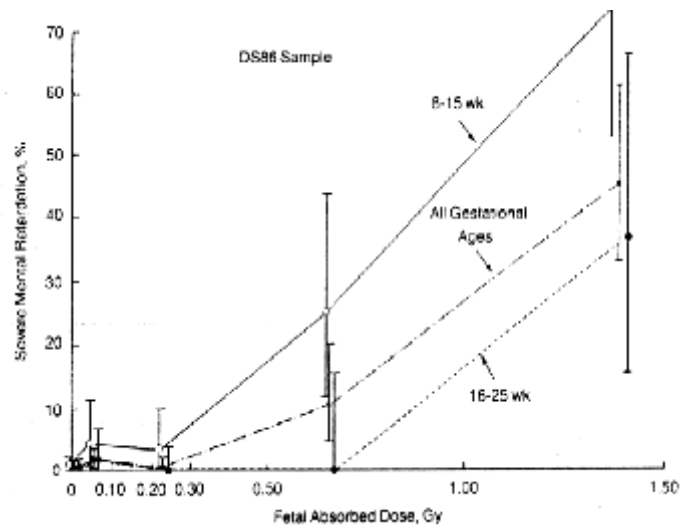


Abbildung 2: Häufigkeit schwerer geistiger Behinderung bei in utero exponierten Überlebenden von Hiroshima und Nagasaki in Abhängigkeit von der Dosis und vom Entwicklungsstadium bei Bestrahlung, (aus Yamasaki 90). Die vertikalen Linien stellen die 90 %-Vertrauensbereiche der Werte dar.

Tabelle 3: Nach dem Tschernobylunfall beobachtete Anstiege teratogener Effekte		
Region	Art der Effekte	Autoren
Weißrussland, Zentralregister	Anenzephalie, offener Rücken, Lippen/Gaumenspalten, Polydaktylie, Verkümmern von Gliedmaßen, Downsyndrom	Lazjuk u.a.1997
Weißrussland, hoch belastetes Gebiet Gomel	Kongenitale Fehlbildungen, Maximum 1994 (6-fach)	Gomeler Gebiets-Gesundheitszentrum 1996
Ukraine, Region Lygyny	Säuglingssterblichkeit, Kongenitale Fehlbildungen	Godlevsky, Nasvit 1998
Weißrussland und Ukraine	Totgeburten, Säuglingssterblichkeit	Körblein 2003
Türkei	Anenzephalie, offener Rücken	Akar u.a.1988/89; Caglayan u.a.1990; Güvenc u.a. 1993; Mocan u.a.1990
Europa außer Deutschland		
Dänemark, Island, Lettland, Norwegen, Polen, Schweden, Ungarn	Totgeburten, Säuglingssterblichkeit, Fehlbildungen	Scherb u.a.1999-2003
Norwegen	Spontane Aborte	Ulstein u.a.1990
England u. Wales	Säuglingssterblichkeit	Bentham 1991
Dänemark, Ungarn, Österreich	Anenzephalie, offener Rücken	Dolk, Lechat 1993; Czeisel 1997; Häusler u.a. 1992
Finnland	Kongenitale Fehlbildungen	Harjuletho u.a.1991
Bulgarien, Region Pleven	Fehlbildungen bei Herz u. ZNS, Mehrfachanomalien	Akar 1994
Deutschland		
Süddeutschland	Säuglingssterblichkeit	Lüning u.a.1989; Körblein, Küchenhoff 1997
Bayern	Säuglingssterblichkeit, Totgeburten, Fehlbildungen	Grosche u.a.1997; Scherb u.a.1999-2003 Körblein 2003
DDR, Zentralregister für Fehlbildungen	Lippen/Gaumenspalten	Ziegłowski, Hemprich 1999
Jena (Fehlbildungsregister)	Isolierte Fehlbildungen	Lotz u.a.1996
West-Berlin	Fehlbildungen bei Totgeborenen	Jahresgesundheitsbericht für Berlin 1987
West-Berlin	Downsyndrom	Sperling u.a.1991/1994

derung und Zentralnervensystem zu erwarten sind. Letztere äußern sich als Minderungen der Intelligenz bis hin zum Schwachsinn, wobei sich als empfindlichste Bestrahlungsperiode die 8. bis 15. Schwangerschaftswoche ergab (Miller 90, Yamasaki 90). Nach Exposition vor der 8. Woche wurden keine Effekte registriert.

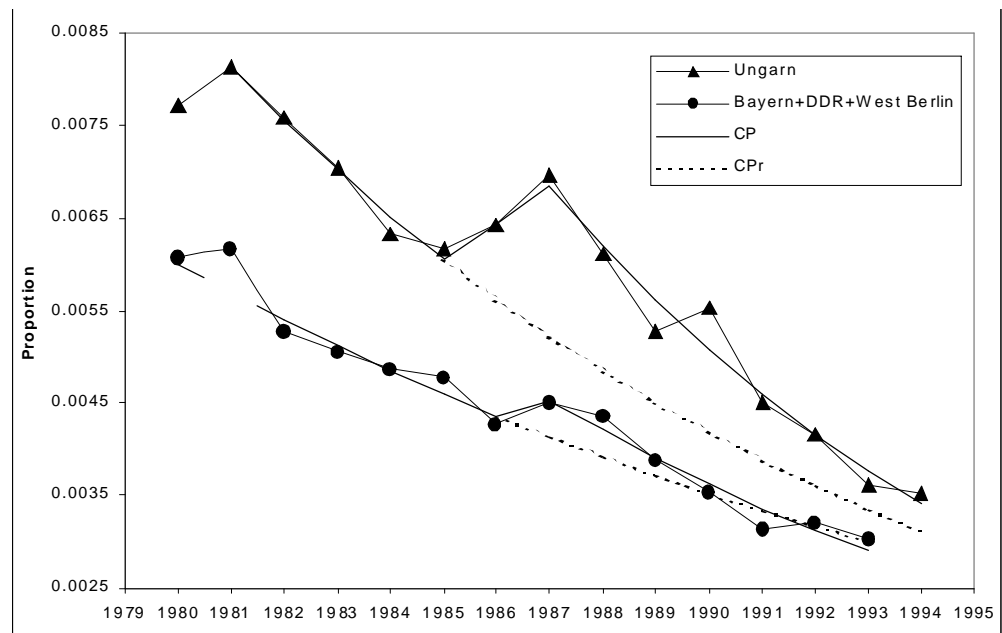
Auch in der niedrigsten Dosisgruppe unterhalb 10 mSv wurden zwei Fälle von Schwachsinn registriert, siehe Abbildung 2. Der Dosiswirkungszusammenhang könnte aus diesen Messwerten nach der 8. bis 15. Schwangerschaftswoche ebenso gut ohne Schwelle als mit Schwelle konstruiert werden. Daher halten die Autoren die Schwellenwertfrage anhand der Daten nicht für entscheidbar.

Die Verminderung des Intelligenzquotienten (IQ) mit der Dosis wird zu 21 bis 29 Punkten pro Sv angegeben (Miller 90). Für diesen Effekt wurde ein dosisproportionaler Zusammenhang gefunden, ohne erkennbare Schwelle.

Es ist daher nicht nachvollziehbar, wie die ICRP anhand dieser Datenlage zu ihrer Schwellenwertfeststellung kommt. Die japanischen Überlebenden stellen ohnehin keine geeignete Vergleichsgruppe zu einer Normalbevölkerung dar, da sie nicht nur unter einer Strahlenbelastung zu leiden hatten, sondern unter Verletzungen, dem Zusammenbruch der gesamten zivilen Ordnung für Wochen und Monate, dem Verlust von Verwandten, Wohnung, Nahrung und einer medizinischen Versorgung.

Man muss daher annehmen, dass bei den Schwangerschaften nach dem Atombombenfall erheblich mehr Todesfälle bei Müttern, Feten und Neugeborenen auftraten als normalerweise, und dass dadurch unter anderem nur eine vergleichsweise geringe An-

Abbildung 3: Totgeburtenrate für Ungarn, Bayern+DDR+West-Berlin (aus Scherb, Weigelt 2003)



zahl von strahleninduzierten Fehlbildungen evident wurde und eine vergleichsweise geringe spätere Kindersterblichkeit. Auch wurden sich die Forscher der Tatsache bewusst, dass die Auskünfte der Überlebenden nur eingeschränkt verlässlich waren, da diese Personen gesellschaftlich diskriminiert wurden und insbesondere Schädigungen ihrer Kinder nicht angeben, um die Heiratschancen der Geschwister nicht zu gefährden (Yamasaki 90).

Besonders gravierend ist aber darüber hinaus, dass die Ex-

position bereits fünf Jahre zurücklag, als die Erfassung der Schwangerschafts- und Geburtsdefekte begann. Das amerikanisch-japanische Forschungsinstitut in Hiroshima, auf dessen langjährige Untersuchungen sich die Angaben der ICRP beziehen, nahm erst 1950 seine Arbeit auf.

Der Schwellenwerthypothese widersprechen eine Reihe von Beobachtungen an anderen menschlichen Kollektiven, die nach diagnostischen Massnahmen oder nach radioaktiven Umweltverseuchungen gemacht wurden. Besonders

auffällige Folgen zeigte der Tschernobylunfall.

Am 29. April 1986 kam es zu einem Super-GAU in einem Block des Kernenergiekomplexes Tschernobyl in der Ukraine, aufgrund dessen radioaktive Wolken bis nach Westeuropa gelangten. Nach Auffassung internationaler Strahlenschutzgremien sind in den kontaminierten Bevölkerungen – außer Schilddrüsenkrebs – keine Strahlenschäden zu beobachten. Teratogene Effekte hält man a priori wegen der Schwellenwerthese für ausgeschlossen, da die geschätzten Uterusdosen im allgemeinen darunter liegen.

Tabelle 3 enthält eine Zusammenstellung publizierter Ergebnisse. Außer in den direkten Anrainerländern Ukraine und Weißrussland wurden im zum Teil hochkontaminierten Nachbarland Türkei Fehlbildungen gemeldet. Erstaunlich sind die Effekte in weit entfernten europäischen Ländern. Es bestätigen sich die besonders hohen Wirkungen auf das Zentralnervensystem, die auch in Hiroshima und Nagasaki auftraten. Darüber hinaus zeigt sich ein breites Spektrum weiterer Fehlbildungen und Defekte.

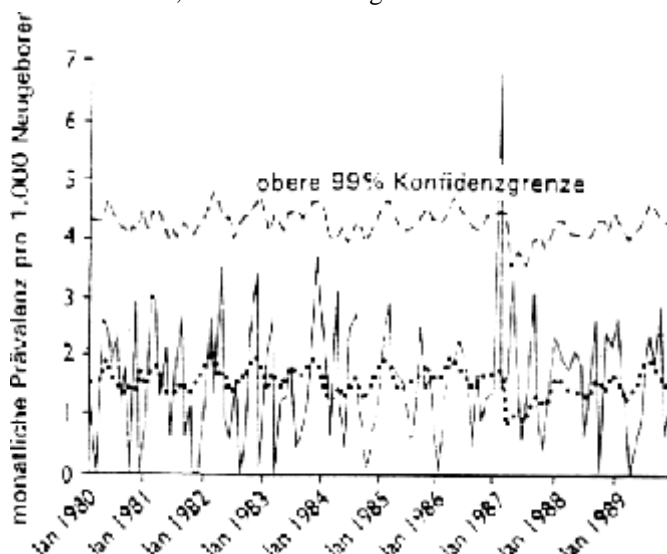


Abbildung 4: Anstieg der Fälle von Downsyndrom in West-Berlin 9 Monate nach Tschernobyl (aus Sperling u.a. 1994)

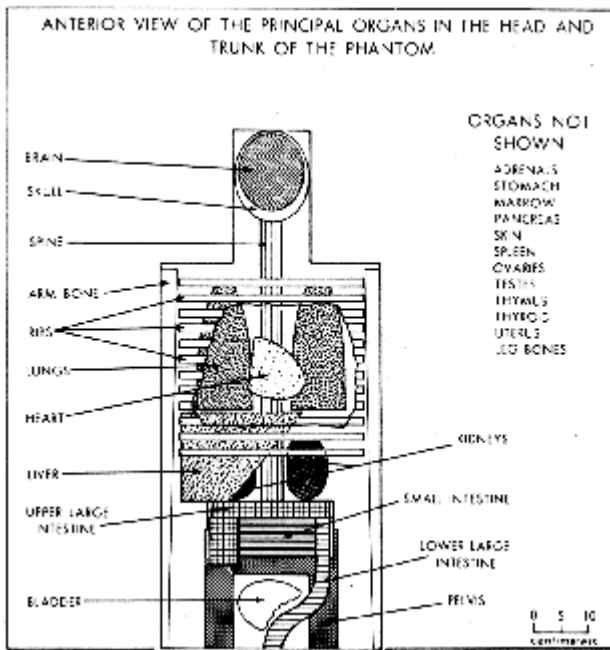


Abbildung 5: Vorderansicht des ICRP-Standardmensch-Modells

Dass die Angaben darüber nicht einem einheitlichen Muster folgen, hat damit zu tun, dass die Registrierung bei den einzelnen Forschern oder Behörden nach unterschiedlicher Auswahl und Klassifizierung erfolgte. Die Effekte wurden im allgemeinen durch Vergleiche der Raten vor und nach dem Unfall festgestellt.

Ein Beispiel aus den Arbeiten von Scherb und Mitarbeitern, GSF, die Sterblichkeitsdaten aus verschiedenen europäischen Ländern ausgewertet, zeigt Abbildung 3. Die Verläufe müssen in diesem Fall aus abfallenden Kurven gewonnen werden, da Totgeburten und Säuglingssterblichkeit keine konstanten Raten aufweisen. Ein pikantes Detail ist, dass die Geschäftsführung der GSF den Autoren die Genehmigung zur Veröffentlichung versagen wollte und diese erst nach öffentlichem Druck erfolgen konnte (Süddeutsche Zeitung 98).

Wütende Schmähungen erfuhr auch der Genetiker Sperling, der nach Tschernobyl über einen auffälligen Anstieg der Fälle von Downsyndrom in West-Berlin berichtete (Abbildung 4), exakt 9 Monate nach dem Unfall. Dabei war

Downsyndrom als Strahlenfolge in der Literatur seit langem bekannt und schon bei sehr niedriger Dosis beobachtet worden. Da West-Berlin zu der Zeit im statistisch-epidemiologischen Sinne sozusagen eine abgeschiedene Insel war – die Erfassung der Fälle war 100%-ig –, gibt es keinen plausiblen Grund, den Zusammenhang mit der radio-

aktiven Wolke abzulehnen. Trotz ihrer erdrückenden Fülle werden aber alle diese Ergebnisse offiziell nicht zur Kenntnis genommen. Das gängige Argument ist, die Dosis sei viel zu klein, um einen erkennbaren Effekt hervorzurufen. Dabei wird immer davon ausgegangen, dass die Dosis hinreichend genau ermittelbar ist. Bei näherem Hinsehen erweist sich dieses jedoch nicht als stichhaltig.

Die Dosis ist physikalisch eine absorbierte Energie pro Kilogramm (kg) Gewebe. Bei einer Belastung durch Umweltradioaktivität muss man wissen, auf welchem Wege die Radionuklide in den Körper gelangen, wohin – das heißt in welche Organe und Gewebe – sie sich dort aufgrund ihres Stoffwechselverhaltens begeben und wie lange sie sich dort aufhalten. Die ICRP hat für jedes Nuklid Dosisfaktoren entwickelt, die angeben, wieviel Dosis in Sv ein Mensch während seines weiteren Lebens erhält, wenn er ein Becquerel (Bq) des radioaktiven Stoffes entweder einatmet oder über den Mund aufnimmt. Dazu hat sie Modell-

rechnungen vorgenommen. Zugrundegelegt wird das Modell eines Standardmenschen (für verschiedene Altersstufen), in dem die Organe und Gewebe geometrisch nachgebildet werden, um sie mathematisch erfassen zu können (Abbildung 5).

Das Stoffwechselverhalten im Körper wird ebenfalls modellmäßig nachgebildet. Man kann sich vorstellen, dass dabei eine große Zahl von Parametern berücksichtigt werden muss, die erheblichen individuellen und umständebedingten Variationen unterliegen.

Die Modelle sind mit der Zeit immer komplizierter geworden. Besonders beim Einatmen radioaktiver Aerosole hat man das Problem, die Ablagerung und den Weitertransport sowie den Lösungsvorgang in den verschiedenen Bereichen der Lunge nachbilden zu wollen. 1994 hat die ICRP ein neues Lungenmodell angegeben, dessen Beschreibung ein Buch von fast 500 Seiten füllt. Seitdem hat in der Literatur eine Diskussion über die Verlässlichkeit der Dosisfaktoren eingesetzt, die ohne Vertrauensbereiche angegeben sind. Es stellt sich heraus, dass die Unsicherheiten einige Zehnerpotenzen betragen können.

Von offizieller Seite wird behauptet, die Dosisfaktoren seien für den Strahlenschutz anwendbar, weil sie „konservativ“ seien, das heißt sie liegen angeblich auf der sicheren Seite. Dafür gibt es jedoch keinerlei Beweis und so sind sie auch nicht gewonnen worden. Was wir aber inzwischen feststellen können, ist, dass die Angaben über die Strahlenbelastung der betroffenen Bevölkerungen, die auf eben diese physikalische Weise gewonnen wurden, viel zu klein sind.

Eine solche Schlussfolgerung ist zwingend, wenn man die Ergebnisse der „Biologischen Dosimetrie“ zur Kenntnis nimmt. Ionisierende Strahlen



Abbildung 6: Chromosomenpräparat eines weißen Blutkörperchens mit 3 dizentrischen Chromosomen (schwarze Pfeile) nach Hochdosisbestrahlung (aus Fritz-Niggli 1997); leere Pfeile: dazugehörige azentrische Fragmente

erzeugen in den Zellen des Menschen sichtbare Chromosomendefekte. Eine bestimmte Sorte davon, „dizentrische“ Chromosomen, die sich in den weißen Blutkörperchen zeigen (Abbildung 6), sind ein besonders empfindlicher und sicherer Indikator für eine Bestrahlung. Dizentrische Chromosomen entstehen durch Zusammensetzen zweier Chromosomen mit abgebrochenen Enden, sie haben daher zwei Knotenpunkte (Zentromere). Die Bruchstücke ohne Zentromere sind ebenfalls im Präparat zu finden (azentrische Fragmente).

Verschiedene Forschergruppen haben solche Untersuchungen nach Tschernobyl durchgeführt. Die physikalisch ermittelten Dosen wurden in den weiter entfernten europäischen Ländern zu kleiner als 1 Millisievert pro Jahr (mSv/Jahr) angegeben (zum Vergleich: etwa 1 mSv/Jahr beträgt die natürliche Strahlenbelastung, wenn man das Radon in Häusern nicht mitzählt). Für die weniger betroffenen Gebiete der Länder Weißrussland, Ukraine und Russland wurden Gesamtdosen von einigen mSv ermittelt. Selbst in der hochkontaminierten Region um Gomel nahe dem Reaktor soll die Dosis im Mittel nur 13 mSv betragen haben. Die Rate dizentrischer Chromosomen in Mitgliedern der Bevölkerung war jedoch auch noch in Deutschland und Österreich signifikant erhöht, und zwar bei Berchtesgaden und Salzburg. Das wäre bei den angegebenen physikalischen Dosen nicht möglich. Man kann daraus schließen, dass die wahren Dosen um 1 bis 2 Größenordnungen höher liegen.

Zusammenfassend lässt sich daher sagen, dass die Grenzwerte aus folgenden Gründen nicht verlässlich sind:

1. Es werden unvollständige Annahmen über die zu erwartenden Effekte bei niedriger

Strahlendosis gemacht. Die japanischen Atombombenüberlebenden sind keine geeignete Referenzbevölkerung zur Beurteilung der Gesundheitsschäden durch Umweltradioaktivität.

2. Das System zur Sicherung der Einhaltung der Grenzwerte ist fehlerhaft. Anhand der Fülle der zu beobachtenden Effekte durch Umweltradioaktivität ist evident, dass man die Dosis mit Hilfe der herkömmlichen und amtlich vorgeschriebenen Methodik nicht bestimmen kann.

Referenzen

- Akar, N., Cavdar, A.O., Arcasoy, A.: High incidence of Neural Tube defects in Bursa, Turkey. *Paediatric and Perinatal Epidemiol.* 2 (1988) 89-92
- Akar, N., Ata, Y., Aytekin, A.F.: Neural Tube defects and Chernobyl? (Letter) *Paediatric and Perinatal Epidemiol.* 3 (1989) 102-103
- Akar, N.: Further notes on neural tube defects and Chernobyl. (Letter). *Paediatric and Perinatal Epidemiol.* 8 (1994) 456-457
- Bentham, G.: Chernobyl fallout and perinatal mortality in England and Wales. *Soc. Sci. Med.* 33 (1991) 429-434
- Caglayan, S., Kayhan, B., Mentesoglu, S., Aksit, S.: Changing incidence of neural tube defects in Aegean Turkey. *Paediatric and Perinatal Epidemiol.* 4 (1990) 264-268
- Czeisel, A.E.: First 25 years of the Hungarian congenital abnormality registry. *Teratology* 55 (1997) 299-305
- Dolk, H., Lechat, M.F.: Health surveillance in Europe: lessons from EUROCAT and Chernobyl. *Int. J. Epidemiol.* 22 (1993) 363-368
- Fritz-Niggli, Hedi: *Strahlengefährdung/Strahlenschutz*. Verlag Hans Huber 4. Aufl. 1997
- Godlevsky, I., Nasvit, O.: Dynamics of health status of residents

in the Lugny district after the accident of the ChNPS: In Imanaka, T. (ed.): *Research activities about the radiological consequences of the Chernobyl NPS accident and social activities to assist the sufferers by the accident*. Research Reactor Institute, Kyoto University, March 1998, KURRI-KR-21, 149-156

Grosche, B., Irl, C., Schoetzau, A., van Santen, E.: Perinatal mortality in Bavaria, Germany, after the Chernobyl reactor accident. *Rad. Environ. Biophys.* 36 (1997) 129-136

Güvenc, H., Uslu, M.A., Güvenc, M., Ozkici, U., Kocabay, K., Bektas, S.: Changing trend of neural tube defects in Eastern Turkey. *J. Epidemiol. Community Health* 47 (1993) 40-41

Harjuletho, T., Rahola, T., Suomela, M., Arvela, H., Saxén, L.: Pregnancy outcome in Finland after the Chernobyl accident. *Biomed. Pharmacother.* 45 (1991) 263-266

Häusler, M.C., Berghold, A., Schoell, W., Hofer, P., Schaffer, M.: The influence of the post Chernobyl fallout on birth defects and abortion rates in Austria. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 167 (1992) 1025-1031

Körblein, A., Küchenhoff, H.: Perinatal mortality in Germany following the Chernobyl accident. *Rad. Environ. Biophys.* 36 (1997) 3-7

Körblein, A.: Säuglingssterblichkeit nach Tschernobyl. *Berichte des Otto Hug Strahleninstituts Nr. 24, 2003, 6-34*

Kruslin, B., Jukic, S., Kos, M., Simic, G., Cviko, A.: Congenital anomalies of the central nervous system at autopsy in Croatia in the period before and after the Chernobyl accident. *Acta Med. Croatica* 52 (1998) 103-107

Lazjuk, G.I., Nikolaev, D.L., Novikova, I.V.: Changes in registered congenital anomalies in the Republic of Belarus after the Chernobyl accident. *Stem Cells* 15, Suppl. 2 (1997) 255-260

Lotz, B., Haerting, J., Schulze, E.: Veränderungen im fetalen und kindlichen Sektionsgut im Raum Jena nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl. Vortrag auf der Int. Konf. Ges. f. Medizinische Dokumentation, Statistik und Epidemiologie in Bonn 1996

Lüning, G., Scheer, J., Schmidt, M., Ziggel, H.: Early infant mor-

tality in West Germany before and after Chernobyl. *Lancet* 1989; II, 1081-1083

Miller, R.W.: Effects of prenatal exposure to ionizing radiation. *Health Physics* 59 (1990) 57-61

Mocan, H., Bozkaya, H., Mocan, Z.M., Furtun, E.M.: Changing incidence of anencephaly in the eastern Black Sea region of Turkey and Chernobyl. *Paediatric and Perinatal Epidemiol.* 4 (1990) 264-268

Rugh, R.: Low levels of X-irradiation and the early mammalian embryo. *Am. J. Roentgenology, Radium Therapy and Nuclear Med.* 87 (1962) 559-566

Scherb, H., Weigelt, E., Brüske-Hohlfeld, I.: European stillbirth proportions before and after the Chernobyl accident. *Int. J. Epidemiol.* 28 (1999) 932-940

Scherb, H., Weigelt, E., Brüske-Hohlfeld, I.: Regression analysis of time trends in perinatal mortality in Germany. *Environ. Health Persp.* 108 (2000) 159-165

Scherb, H., Weigelt, E.: Zunahme der Perinatalsterblichkeit, Totgeburten und Fehlbildungen in Deutschland, Europa und in hochbelasteten deutschen und europäischen Regionen nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl im April 1986. *Berichte des Otto Hug Strahleninstituts Nr. 24, 2003, 35-75*

Sperling, K. et al.: Bewertung eines Trisomie 21 Clusters. *Med. Genetik* 6 (1994) 378-385

Süddeutsche Zeitung 13.7.98: Was einem Münchner Statistik-Wissenschaftler widerfährt, der es gewagt hat, ein paar alarmierende Befunde vorzulegen.

Ulstein, M., Jensen, T.S., Irgens, L.M., Lie, R.T., Sivertsen, E.: Outcome of pregnancy in one Norwegian county 3 years prior to and 3 years subsequent to the Chernobyl accident. *Acta Obstet. Gynecol. Scand.* 69 (1990) 277-280

Ziegłowski, V., Hemprich, A.: Facial cleft birth rate in former East Germany before and after the reactor accident in Chernobyl. *Mund Kiefer Gesichtschir.* 3 (1999) 195-199

Yamasaki, J.N., Schull, W.J.: Perinatal loss and neurological abnormalities among children of the Atomic bomb. Nagasaki and Hiroshima revisited, 1949 to 1989. *JAMA* 264 (1990) 605-609 ●