

Strahlentelex

mit ElektromogReport

Unabhängiger Informationsdienst zu Radioaktivität, Strahlung und Gesundheit

ISSN 0931-4288

www.strahlentelex.de

Nr. 644-645 / 27. Jahrgang, 7. November 2013

Uran im Trinkwasser: Kritik an der WHO wegen der Erhöhung ihres Richtwertes für Uran im Trinkwasser üben US-amerikanische Wissenschaftler.

Seite 5

Folgen von Fukushima: „Chiisaki Hana“ kämpft in der nördlich an Fukushima angrenzenden Präfektur Miyagi gegen die radioaktive Verseuchung.

Seite 6

Folgen von Fukushima: Die japanische Regierung hat ein Zensurgesetz auf den Weg gebracht und will die Weitergabe von „bestimmten Geheimnissen“ stärker bestrafen.

Seite 7

Energiewirtschaft: Die höchsten Subventionen erhält in Europa der Atomstrom. Deshalb wollen Frankreich und China in Großbritannien neue Atomkraftwerke bauen.

Seite 10

Strahlenfolgen

Genetisch strahleninduzierte Fehlbildungen

Von Inge Schmitz-Feuerhake*

Erbkrankheiten bei den Nachkommen von Eltern, deren Keimzellen ionisierender Strahlung ausgesetzt waren, gehören zu den stochastischen Strahlenschäden, das heißt sie können nach beliebig kleiner Dosis in den Gonaden entstehen. Strahlenexponierte Arbeitnehmer oder Radarsoldaten werden jedoch abschlägig beschieden, wenn sie Entwicklungsstörungen bei ihren Neugeborenen oder einschlägige Krankheiten ihrer Kinder als berufsbedingt geltend machen, da das genetische Strahlenrisiko von den internationalen Komitees als sehr gering eingestuft wird. Im Gegensatz dazu stehen zahlreiche Befunde aus bestrahlten Bevölkerungen – insbesondere durch den Tschernobylunfall – und aus beruflich exponierten Kollektiven.

Zu den Erscheinungsformen der strahleninduzierten Erbschäden gehören unter anderem Fehlbildungen der Organe und

der Gliedmaßen, wie aus Experimenten mit Säugetieren bekannt ist (UNSCEAR 1986).

Die Internationale Strahlenschutzkommission ICRP beziffert das genetische Strahlenrisiko mit 0,2 Prozent pro Sievert (0,2%/Sv; ICRP 2007). Dieser Wert bedeutet, dass bei Bestrahlung einer Bevölkerung mit einer Gonadendosis von 1 Sievert bei 0,2 Prozent der Neugeborenen ein genetischer Defekt auftritt. Die Risikoschätzung bezieht sich ausschließlich auf dominant vererbte Schädigungen in der 1. Folgegeneration und wurde von Experimenten an Mäusen abgeleitet. Sie entspricht einer Verdopplungsdosis von etwa 2 Sievert¹ (UNSCEAR 2001).

Die ICRP behauptet, es gebe keinen direkten wissenschaftlichen Nachweis dafür, dass Kinder von bestrahlten Eltern Erbkrankheiten hätten. Sie stützt sich dabei auf die Unter-

suchungen japanischer Atombombenüberlebender, bei denen keine signifikant erhöhten Erbschäden bei den Kindern gefunden wurden (Neel 1990; Fujiwara 2008).

Kritiker haben stets darauf hingewiesen, dass in dem japanisch-amerikanischen Forschungsinstitut in Hiroshima nur eine begrenzte Auswahl an genetischen Merkmalen untersucht werden konnte, da bis heute das gesamte Spektrum mutationsbedingter Schädigungen nicht bekannt ist.

Außerdem war die Datenerhebung in Bezug auf die Nachkommen der Bestrahlten besonders unzuverlässig, weil letztere eine gesellschaftlich ausgestoßene und geächtete Population darstellten. Um die Heiratschancen ihrer Kinder nicht zu gefährden, wurde ihre Herkunft möglichst verschwiegen und die potentiellen Schädigungen wurden von den Eltern nicht angegeben (Yamasaki 1990).

Die japanischen Überlebenden sind auch deshalb kein adäquates Referenzkollektiv für berufliche Strahlenexposition, weil bei der Entstehung von

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

* Prof. Dr. Inge Schmitz-Feuerhake, ingesf@uni-bremen.de

¹ Die Verdopplungsdosis ist die Dosis, die einen Effekt erzeugt, der genau so groß ist wie die Spontanrate.

Strahlenschäden die Dosisleistung, das heißt die Dosis pro Zeiteinheit, eine Rolle spielt. Man hat früher angenommen, dass eine hohe Dosisleistung wie bei der Bombenstrahlung, die eine „Blitzbestrahlung“ war, wesentlich schädlicher wirkt als eine über längeren Zeitraum gegebene Exposition von gleicher Gesamtdosis. Dies trifft aber für strahlenbedingte Zellmutationen nicht zu.

Um das Strahlenrisiko bei geringer Dosisleistung beurteilen zu können, sind daher Untersuchungen nach Kontaminationen der Umwelt oder aus dem Berufsmilieu vorzuziehen.

Ein weiterer Grund für die mangelnde Aussagefähigkeit der japanischen Befunde kann darin liegen, dass die Keimzellen des Mannes in den verschiedenen Teilungsstadien bis zur Konzeption unterschiedliche Strahlenempfindlichkeit aufweisen (Fritz-Niggli 1997). Aus Tierversuchen lässt sich schließen, dass Fehlbildungen in der kurzen Zeitspanne von etwa 90 Tagen vor Konzeption besonders häufig induzierbar sind. Das Zeitargument und eine hohe Sterblichkeit von Kindern und Embryonen mit schweren Fehlbildungen könnten daher ebenfalls ein Grund sein, dass bei den Nachkommen der japanischen Atombombenüberlebenden keine statistisch erkennbare Erhöhung gefunden wurde. Denn das Forschungsinstitut in Hiroshima nahm erst 1950 – 5 Jahre nach den Bombenexplosionen – seine Arbeit auf.

Die meisten in der wissenschaftlichen Literatur niedergelegten Befunde über strahleninduzierte kongenitale (angeborene) Fehlbildungen sind von verschiedenen Forschergruppen nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl 1986 erhoben worden, siehe Tabelle 1.

Da durch den radioaktiven Fallout Männer und Frauen

Tabelle 1:

Beobachtete Anstiege von Fehlbildungen bei Neugeborenen nach dem Tschernobylunfall

Region	Art der Effekte Untersuchungsdauer	Referenzen
Weißrussland Verschiedene Regionen	Kongenitale Entwicklungsstörungen bis 1994	Sevtschenko 1997; Lazjuk u.a.1997; Feshchenko 2002
hoch belastete Region Gomel	Kongenitale Fehlbildungen bis 1994	Bogdanovich 1997; Savchenko 1995; Petrova u.a.1997
Chechersky-Distrikt bei Gomel	Kongenitale Fehlbildungen	Kulakov u.a. 1993
Region Mogilev	Kongenitale Fehlbildungen bis 1990	Petrova u.a. 1997
Region Brest	Kongenitale Fehlbildungen	Shidlovskii 1992
Ukraine Polessky-Distrikt bei Kiev	Kongenitale Fehlbildungen bis 1990	Kulakov u.a. 1993
Region Lygyny	Kongenitale Fehlbildungen	Godlevsky, Nasvit 1998
Provinz Rivne	Kongenitale Fehlbildungen bei Geburten 2000-2006	Wertelecki 2010
Türkei	Anenzephalie, spina bifida bis 1989	Akar u.a.1988/89; Caglayan u.a.1990; Güvenc u.a. 1993; Mocan u.a. 1990
Bulgarien , Region Pleven	Fehlbildungen bei Herz u. ZNS, Mehrfachanomalien	Moumdjiev u.a. 1992
Kroatien	Fehlbildungen in Autopsien von Aborten und nach frühem Tod des Neugeborenen/vor und nach dem Unfall	Kruslin u.a. 1998
Deutschland DDR, Zentralregister für Fehlbildungen	Lippen/Gaumenspalten	Zieglowski, Hemprich 1999
Bayern	Lippen/Gaumenspalten Kongenitale Fehlbildungen	Scherb, Weigelt 2004 Körblein 2003, 2004; Scherb, Weigelt 2003
Jahresgesundheitsbericht für West-Berlin 1987	Fehlbildungen bei Totgeborenen	Strahlentelex 1989
Jena (Fehlbildungsregister)	Isolierte Fehlbildungen	Lotz u.a. 1996

anhaltend exponiert waren, sind die genetischen Effekte nicht klar von solchen zu unterscheiden, die durch Bestrahlung von Embryonen und Föten im Mutterleib entstehen können. Der zeitliche Verlauf der Fehlbildungsraten nach Tschernobyl zeigt jedoch – im Gegensatz zu anderen Effekten bei Schwangerschaft oder Geburt wie Früh- und Totgeburten sowie Säuglingssterblichkeit – Anstiege über Jahre hinaus.

In Weissrussland existiert ein Zentralregister für angeborene Entwicklungsstörungen seit 1979, geführt beim Gesund-

Tabelle 2:

Erhöhung der Rate angeborener Fehlbildungen in den 17 höchstbelasteten Gebieten von Weissrussland 1987 bis 1994 in Prozent (Lazjuk 1997)

Art der Fehlbildung	Erhöhung um
Anenzephalie (<i>Froschkopf</i>)	39 %
Spina bifida (<i>offener Rücken</i>)	29 %
Lippen/Gaumenspalten	60 %
Polydaktylie (<i>zusätzliche Finger oder Zehen</i>)	910 %*
Verkümmerung von Gliedmaßen	40 %*
Atresie (<i>Verschluss</i>) der Speiseröhre	13 %
Atresie des Rektums (<i>Darmverschluss</i>)	80 %*
Mehrfachfehlbildungen	128 %*

* signifikant ($p < 0,05$)

Tabelle 3:

Angeborene Anomalien, insbesondere Fehlbildungen bei den Nachkommen (1. Generation) beruflich strahlenexponierter Männer

Nr.	Kohorte der Väter	Art der Geburtsfehler	Dosis	Referenzen
1	Radiologen in den USA 1951	Kongenitale Fehlbildungen Erhöhung um 20 %		Macht 1955
2	Beschäftigte der Nuklearwaffenfabrik Hanford USA	Neuralrohrdefekte (offener Rücken, Gehirnmisbildungen u.a.) signifikant verdoppelt	im allg. < 100 mSv	Sever 1988
3	Beschäftigte Wiederaufarbeitungsanlage für Kernbrennstoff Sellafield U.K.	Totgeburten mit Neuralrohrdefekten pro 100 mSv signifikant um 69 % erhöht	Mittelwert 30 mSv	Parker 1999
4	Röntgentechniker in Jordanien	Erhöhung kongenitaler Anomalien 10-fach signifikant		Shakhatreh 2001
5	Liquidatoren aus Obninsk (Russ.) mit 300 Kindern	Erhöhung kongenitaler Anomalien zwischen 1994-2002	überwiegend 10-250 mSv	Tsyb 2004
6	Liquidatoren aus Russland, Provinz Bryansk	Erhöhung kongenitaler Anomalien ca. 4-fach		Matveenko 2005
7	Liquidatoren aus Russland 2379 Neugeborene bis 1 Jahr	Signifikante Erhöhung ca. um: Anenzephalie 310 % Spina bifida 316 % Lippen/Gaumenspalten 170 % Gliedmaßenverkümmern 155 % Mehrfachfehlbildungen 19 % Fehlbildungen gesamt 120 %	5-250 mSv	Lyaginskaja 2009

heitsministerium. Daraus wurden die Raten angeborener Entwicklungsstörungen zwischen 1981 und 1989 veröffentlicht (Shevtschenko 1997). Diese erhöhten sich nach dem Unfall in den 17 höchstbelasteten Regionen² auf etwa das Doppelte, wobei die höchsten Werte am Ende des Untersuchungszeitraums auftraten.

Lazjuk u.a. (1997) nahmen aus der gleichen Datenquelle Auswertungen für spezifische Formen der Entwicklungsstörungen bis 1994 vor. Für angeborene Fehlbildungen erhielten sie in sämtlichen der 17 Gebiete ständige Anstiege, sowie auch in den schwächer belasteten Gebieten. Die Erhöhungen in den 17 Gebieten für einzelne Fehlbildungen sind in Tabelle 2 eingetragen. Die Rate im Zeitraum 1987

bis 1994 wurde verglichen mit der Rate 1982 bis 1985.

Die Autoren halten diese Effekte für genetisch induziert. Denn in der Tat ist nicht anzunehmen, dass es bei abklingender Umgebungskontamination und abklingender Kontamination der Nahrungsmittel in den Folgezeiten nach dem Unfall zu steigenden Uterusdosen bei den Frauen für die relativ kurze Zeit neuer Schwangerschaften kommen kann.

Dies bestätigt sich bei solchen Entwicklungsstörungen, die mit einer erkennbaren Genmutation einhergehen, die bei den Eltern nicht vorliegt. Dabei kann es sich nur um eine Mutation zwischen den Generationen handeln. Auch für diese werden in Weissrussland erhöhte Raten beobachtet (Lazjuk 1999).

Erhöhte Fehlbildungsraten noch bei Geburten im Zeitraum von 2000 bis 2006 –

also über 14 Jahre nach dem Unfall – fand Wertelecki (2010) in der ukrainischen Provinz Rivne, circa 250 Kilometer westlich von Tschernobyl. Insbesondere im hochverstrahlten nördlichen Teil ergeben sich signifikante Erhöhungen im Vergleich zum südlichen Teil: um 52 Prozent für alle Fehlbildungen, 46 Prozent für Neuralrohrdefekte, 180 Prozent für Mikrozephalie und 389 Prozent für Mikrophthalmie (abnorme Kleinäugigkeit).

Auch im ehemaligen Atomtestgebiet der Sowjetunion bei Semipalatinsk (Kasachstan) registriert man in jüngerer Zeit erhöhte Fehlbildungsraten in der Bevölkerung (Sviatova 2001). Insbesondere treten auch Mehrfachfehlbildungen erhöht auf.

Bei der Exposition einer Bevölkerung können genetische Effekte natürlich sowohl über die Keimbahn der Väter als

auch die der Mütter induziert werden. In Deutschland ergab eine Untersuchung an beruflich strahlenexponierten Frauen, die im Auftrag des Bundesamts für Strahlenschutz erfolgte, eine 3,2-fach erhöhte Rate an kongenitalen Defekten, darunter auch Fehlbildungen (Wiesel 2011). Die Autoren interpretieren diesen Befund als Effekt durch Exposition in utero. Woher sie das allerdings wissen wollen, bleibt unklar.

Von Interesse sind daher insbesondere solche Ergebnisse, bei denen das Geschlecht des exponierten Elternteils einheitlich ist. In Tabelle 3 sind Untersuchungen aufgeführt, die die Nachkommen beruflich exponierter Männer betreffen.

Im Zeitraum vor dem Tschernobylunfall 1986 gab es nur wenige Untersuchungen über Strahlenschäden bei beruflich exponierten Kollektiven, daher auch kaum solche an deren Nachkommen. Man hielt die Exposition innerhalb der zulässigen Grenzwerte für hinreichend gering, um statistisch erkennbare Schädigungen auszuschließen. Krebs- und andere Erkrankungen als Folge der Arbeit im erlaubten Dosisbereich sind inzwischen ein anerkanntes Risiko.

Die angegebenen Dosen bei den Beschäftigten in Nuklearanlagen (Nr. 2 und 3 in Tabelle 3) sind sehr gering. Es handelt sich um die extern gemessene Gammabestrahlung, während die Beiträge möglicher Inkorporationen von Radioaktivität nicht bekannt sind. Die Befunde führten nicht zu großangelegten Folgeuntersuchungen.

Als „Liquidatoren“ bei Tschernobyl wurden etwa 800.000 vorwiegend junge Männer der Armee und anderer staatlicher Einrichtungen sowie Reservisten eingesetzt, um Strahlenschutzmaßnahmen am Unfallreaktor und Aufräumarbeiten vorzunehmen. Sie bilden eine

² eingeteilt nach der Bodenkontamination mit Cs-137 > 555 kBq/m²

sehr große Gruppe, an der die Gesundheit der Nachkommen studiert werden kann (Nr. 5, 6, 7 in Tabelle 3). Die Dosisangaben beziehen sich wieder auf die extern gemessenen Gammadosen.

Die Dosis für die Bevölkerung in den durch den Tschernobylfall kontaminierten Regionen wird vom Strahlenkomitee der Vereinten Nationen als sehr gering eingeschätzt (UNSCEAR 1988). Selbst in den hochverstrahlten Gegenden der Anrainerländer mit mehr als 37 Kilobecquerel pro Quadratmeter (37 kBq/m²) Bodenbelastung mit Cäsium-137 soll sie im Mittel nicht mehr als etwa 10 Millisievert (mSv) betragen (effektive Lebenszeitdosis). Für die Türkei und die weiter entfernten Länder Zentraleuropas soll sie unterhalb von 1,2 mSv liegen.

Danach wären die Effekte pro Dosis nach den Tabellen 1 und 2 enorm groß anzusetzen. Zahlreiche Studien über Chromosomenaberrationen in den weißen Blutkörperchen der Bewohner solcher Gegenden, die man als „Biologische Dosimetrie“ auffassen kann, zeigen jedoch, dass die Dosen um den Faktor 10 bis 100 höher liegen müssen (Yablokov 2009). Die biologische Dosimetrie erfasst dabei auch Beiträge der inkorporierten radioaktiven Stoffe.

So entsprachen zum Beispiel kurz nach dem Unfall gemessene Werte für dizentrische Chromosomen in Salzburg etwa 60 mSv Ganzkörperdosis, im benachbarten Berchtesgaden etwa 30 mSv (Schmitz-Feuerhake 2011).

In der größten Gruppe an untersuchten Personen aus den höchstbelasteten Gebieten von Weissrussland (Tabelle 2) – 330 gesunde Erwachsene – wurde eine Aberrationsrate gemessen, die etwa 150 mSv entspricht (Domracheva 2000, Schmitz-Feuerhake 2011).

Bei der größten Gruppe untersuchter Kinder von Liquidato-

ren (Nr.7 in Tabelle 3) lag die mittlere Dosis der Väter unterhalb von 83 mSv. Der Beitrag inkorporierter Radioaktivität dazu wird für gering gehalten. Aus 83 mSv würde für verkümmerte Gliedmaßen eine Verdopplungsdosis von 54 mSv folgen, für den Effekt der Mehrfachfehlbildungen ergäbe sich 439 mSv.

Mehrfachfehlbildungen sind normalerweise sehr selten. In Deutschland gibt es allerdings kein zentrales Register für Fehlbildungen. Ein zentrales europäisches Register EUROCAT wurde 2004 durch EU-Förderung neu aufgelegt. Danach traten im Zeitraum 2006 bis 2010 Fehlbildungen an einzelnen Gliedmaßen bei 3,6 Fällen auf 1000 Geburten auf. Angaben über die Häufigkeit von Mehrfachfehlbildungen bei Neugeborenen fehlen.

Schlussfolgerungen

1. Genetisch induzierte Fehlbildungen bei den Nachkommen von Männern, die einer chronischen Niederdosisexposition der Keimdrüsen durch ionisierende Strahlung ausgesetzt waren, sind in zahlreichen wissenschaftlichen Untersuchungen nachgewiesen worden.

2. Der Dosiswirkungszusammenhang lässt sich derzeit nur sehr grob abschätzen. Die Verdopplungsdosis für Fehlbildungen liegt etwa bei 100 mSv Gonadendosis des Vaters, auf jeden Fall sehr viel niedriger als nach ICRP anzunehmen.

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
 Bogdanovich, I.P.: Comparative analysis of the death rate of children, aged 0-5, in 1994 in radiocontaminated and conventionally clean areas of Belarus. In: *Medicobiological effects and the ways of overcoming the Chernobyl accident consequences. Collected book of scientific pa-*

pers dedicated to the 10th anniversary of the Chernobyl accident. Minsk-Vitebsk, 1997, p. 4
 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

Feshchenko, S.P., Schröder, H.C., Müller, W.E.G., Lazjuk, G.I.: Congenital malformations among new-borns and developmental abnormalities among human embryos in Belarus after Chernobyl accident. *Cell. Mol. Biol.* 48 (2002) 423-426

Fritz-Niggli, Hedi: *Strahlengefährdung/Strahlenschutz. Ein Leitfaden für die Praxis.* Verlag Hans Huber, Bern 1997

Fujiwara, S., Suyama, A., Cologne, J.B., Akajoshi, M., Yamada, M., Suzuki, G., Koyama, K. et al.: Prevalence of adult-onset multifactorial disease among offspring of atomic bomb survivors. *Radiat. Res.* 170 (2008) 451-457

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, KURRI-KR-21, 1998, 149-156

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

ICRP, International Commission on Radiological Protection: *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.* ICRP-Publication 103, Ann. ICRP 37 (2007) Nos. 2-4

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

Körblein, A.: Fehlbildungen in Bayern nach Tschernobyl, *Strahlentelex* Nr. 416-417 v. 2.5.2004, 4-6

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

Kulakov, V.I., Sokur, T.N., Volobuev, A.I., Tzibulskaya, I.S., Malisheva, V.A., Zikin, B.I., Ezova, L.C., Belyaeva, L.A., Bonartzev, P.D., Speranskaya, N.V., Tchesnokova, J.M., Matveeva, N.K., Kaliznuk, E.S., Mitu-rova, L.B., Orlova, N.S.: Female reproduction function in areas affected by radiation after the Chernobyl power station accident, *Environ Health Persp.* 101 (1993) Suppl. 2: 117-123

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 (1997), Suppl. 2: 255-260

Lazjuk, G., Satow, Y., Nikolaev, D., Novikova, I.: Genetic consequences of the Chernobyl accident for Belarus Republic. In: Imanaka, T. (Ed.), *Recent Research Activities on the Chernobyl NPP Accident in Belarus, Ukraine and Russia, 1999, KURRI-KR-7* (Kyoto University, Kyoto), 174-177

Lotz, B., Haerting, J., Schulze, E. (1996): *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

Lyaginskaja, A.M., Tukov, A.R., Osipov, V.A., Ermalitskiy, A.P., Prohorova, O.N.: Congenital malformations at posterity of the liquidators of the consequences from Chernobyl accident. *Radiacionnaya Biologiya Radioekologiya* 49 (2009) 694-702 (Russ.)

Macht, S., Lawrence, P.: National Survey of congenital malformations resulting from exposure to Roentgen radiation. *Am. J. Roentgenol.* 73 (1955) 442-466

Matveenko, E.G., Borovykova, M.P., Davydow, G.A.: Physical characteristics and primary morbidity in liquidator's children. In *Konferenzproceedings „Chernobyl 20 Years After“*, 2005, zitiert nach Yablokov 2009, S. 148

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

Moundjiev, N., Nedkova, V., Christova, V., Kostova, Sv. (1994): Influence of the Chernobyl reactor accident on the child health in the region of Pleven,

Bulgaria. 20th Int. Congr. Pediatrics Sept. 6-10, 1992 in Brasil, 1992, p.57. Cited by Akar, N.: Further notes on neural tube defects and Chernobyl. (Letter). Paediatric and Perinatal Epidemiol. 8: 456-457

Neel, J.V., Schull, W.J., Awa, A.A., Satoh, C., Kato, H., Otake, M., Yoshimoto, Y.: The children of parents exposed to atomic bombs: estimates of the genetic doubling dose of radiation for humans. Am. J. Hum. Genet. 46 (1990) 1053-1072

Parker, L., Pearce, M.S., Dickinson, H.O., Aitkin, M., Craft, A.W.: Stillbirths among offspring of male radiation workers at Sellafield nuclear reprocessing plant. Lancet 354 (1999) 1407-1414

Petrova, A., Gnedko, T., Maistrova, I., Zafranskaya, M., Dainiak, N.: Morbidity in a large cohort study of children born to mothers exposed to radiation from Chernobyl, Stem Cells 16 (1997) Suppl. 2, 141-150

Savchenko, V.K.: The Ecology of the Chernobyl Catastrophe. Scientific outlines of an international programme of collaborative research. Man and the Biosphere Series Vol. 17 (1995) UNESCO Paris, p.83

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

Scherb, H., Weigelt, E.: Cleft lip and cleft palate birth rate in Bavaria before and after the Chernobyl nuclear power plant accident. Mund Kiefer Gesichtschir. 8 (2004) 106-110

Schmitz-Feuerhake, I.: How reliable are the dose estimates of UNSCEAR for populations contaminated by Chernobyl fallout? A comparison of results by physical reconstruction and biological dosimetry. ECRR Int. Conference „Criticisms and Developments in the Assessment of Radiation Risks“ in Molyvos, Lesbos, Greece, May 5-6, 2009. Proceedings 2011, 70-85

Sever, L.E., Gilbert, E.S., Hessel, N.A., McIntyre, J.M.: A case-control study of congenital malformations and occupational exposure to low-level ionizing ra-

diation. Am. J. Epidemiol. 127 (1988) 226-242

Shakhatreh, F.M.: Reproductive health of male radiographers. Saudi Med. J. 22 (2001) 150-152

Shevtchenko, V.A., Platonov, E.S., Snigiryova, G.P.: Genetic consequences of disaster at Chernobyl nuclear plant on April 26, 1986. In: Int. Association for Restoration of the Environment and for Safe Living of People “Senmurv” (Minsk-Moscow-Kiev): Chernobyl Accident. Reasons and Consequences. Ed. V.B. Nesterenko, Minsk 1997, P. 213-245

Shidlovskii, P.R.: General morbidity of the population in districts of the Brest region, Zdravoohranenie Belorussii (Minsk) 1 (1992) 8-11 (Russ.)

Strahlentelex 55 (1989): Säuglinge starben vermehrt oder wurden tot geboren. S. 6

Sviatova, G.S., Abil'dinova, GZh., Berezina, G.M.: Frequency, dynamics, and structure of congenital malformations in populations under long-term exposure to ionizing radiation. Genetika 37 (2001) 1696-1704 (Russ.)

Tsyb, A.F., Souchkevitch, G.N., Lyasko, L.I., Artamonova, Yu.Z., Navolokin, V.V., Raykina, L.G.: General characterization of health in first-generation offspring born to liquidators of the Chernobyl NPP accident consequences. Int. J. Radiation Medicine (Kiev) 6 (1-4) 2004, 116-121

UNSCEAR United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Genetic and somatic effects of ionizing radiation. Report to the General Assembly, United Nations, New York 1986

UNSCEAR United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Sources, effects and risks of ionizing radiation. Report to the General Assembly, United Nations, New York 1988

UNSCEAR United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Hereditary effects of radiation. Report to the General Assembly, United Nations, New York 2001; www.unscear.org

Wertelecki, W.: Malformations in a Chernobyl-impacted region. Pediatrics 125 (2010) 836-843

Wiesel, A., Spix, C., Mergenthaler, A., Queißer-Luft, A.: Ma-

ternal occupational exposure to ionizing radiation and birth defects. Radiat. Environ. Biophys. 50 (2011) 325-328

Yablokov, A.V., Nesterenko, V.B., Nesterenko, A.V.: Chernobyl – Consequences of the catastrophe for people and the environment. Ann. New York Academy of Sciences Vol.1181, Boston 2009

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

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 ●

Kuba

Berichtigung

In dem Beitrag „Gestörtes Geschlechterverhältnis in Kuba – ein Erklärungsversuch“ von Dr. Alfred Körblein in der vorigen Ausgabe des Strahlentelex (Nr. 642-643 v. 3.10.2013) sind zwei Quellenbezeichnungen verwechselt worden. Dafür bitten wir um Entschuldigung. Auf Seite 10, 4. Spalte muß es in der 2. Zeile des 2. Absatzes anstatt [4] richtig [6] heißen und auf Seite 11 am Ende des 1. Absatzes anstatt [5] richtig [4]. ●

Uran im Trinkwasser

Kritik an der WHO wegen der Erhöhung ihres Richtwertes für Uran im Trinkwasser

Im Juli 2011 hatte die Weltgesundheitsorganisation (WHO) die 4. Auflage ihrer Richtlinien zur Trinkwasserqualität veröffentlicht. In dieser Auflage wurde der Richtwert für Uran (U) auf 30 Mikrogramm pro Liter ($\mu\text{g/l}$) heraufgesetzt, obgleich man zu dem Urteil kam, daß „die Ableitung eines Richtwertes für Uran im Trinkwasser komplex ist, da die Daten [zur Exposition beim Menschen] keine klare auswirkungslose (no-effect) Konzentration liefern“ und daß „zwar über einige geringfügige biochemische Veränderungen im Zusammenhang mit der Nierenfunktion bei Konzentrationen unter $30 \mu\text{g/l}$ berichtet wird, diese Befunde aber zwischen den Studien nicht konsistent sind“ (WHO. Uranium in drinking water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking Water Quality. Zugriff 13.10.2011; Strahlentelex hatte berichtet.).

S. H. Frisbie und Kollegen

von der Abteilung Chemie und Biochemie der Norwich University in Northfield, Vermont (USA) kritisieren das jetzt in einer im September 2013 veröffentlichten Arbeit. Sie geben einen Überblick über die Richtwerte der WHO für Uran im Trinkwasser von der Einführung eines gesundheitsorientierten Richtwertes von $2 \mu\text{g/l}$ im Jahr 1998 bis zur Erhöhung auf $30 \mu\text{g/l}$ im Jahr 2011. Der jetzt gültige Richtwert für Uran im Trinkwasser wurde mittels einer „Gruppe ohne Auswirkungen“ (no-effect group) errechnet, in der „[bei Menschen] anhand von 10 Nierentoxizitätsindikatoren kein Nachweis von Nierenschädigungen“ gefunden wurde. Allerdings war diese nur dem Namen nach „auswirkungslose“ Gruppe tatsächlich mit erhöhtem diastolischem und systolischem Blutdruck und erhöhter Glukoseausscheidung im Urin assoziiert. Hinzu komme, so Frisbie et al., daß der gültige Richtwert von $30 \mu\text{g/l}$ Kinder,