

Strahlentelex

mit ElektromogReport

Unabhängiger Informationsdienst zu Radioaktivität, Strahlung und Gesundheit

ISSN 0931-4288

www.strahlentelex.de

Nr. 580-581 / 25. Jahrgang, 3. März 2011

Medizinische Strahlenbelastung:

Die Röntgen-Computertomographie (CT) muß zur Ausnahme werden, denn sonst schreitet auch ohne nuklearen Müll und Atomkraftwerke die Verstrahlung der Menschheit voran. Eine Analyse von Prof. Inge Schmitz-Feuerhake.

Seite 8

Atommüll-Lagerung:

In der Schachanlage Asse sind mit dem Atommüll große Mengen chemischer Schadstoffe eingelagert worden. Das multiplikative Zusammenwirken beider Sorten wird bei Risikobetrachtungen jedoch ausgeblendet. Das rügt Prof. Rolf Bertram.

Seite 13

Nahrungsmittelbelastungen:

Die EU-Kommission hat einen Vorschlag zur Neufassung der Verordnungen zur Festlegung von Höchstwerten an Radioaktivität in Nahrungs- und Futtermitteln nach einem nächsten nuklearen Unfall „oder einer anderen radiologischen Notstandssituation“ vorgelegt.

Seite 16

25 Jahre nach Tschernobyl

Erhöhte Sterblichkeit von Neugeborenen nach Tschernobyl

Von Alfred Körblein*

Trendanalysen der Monatsdaten der Perinatalsterblichkeit aus Westdeutschland und der Säuglingssterblichkeit aus Polen zeigen im Jahr 1987, dem Jahr nach Tschernobyl, jeweils statistisch signifikante Zusammenhänge mit der Cäsiumbelastung der Mütter über Milchverzehr. In beiden Datensätzen treten Maxima der Sterblichkeit sieben Monate

nach den Maxima der Cäsiumbelastung auf. Die Dosis-Wirkungsbeziehung (DWB) ist stark nach oben gekrümmt, der Schätzwert für den Dosisexponenten beträgt 3,7. Die Abweichung der Dosis-Wirkungsbeziehung von einem linearen Verlauf ist deutlich signifikant. Statistische Überlegungen lassen für die analytische Form der Dosis-Wir-

kungsbeziehung eine kumulative Lognormalverteilung erwarten.

In den höchstbelasteten Regionen der Ukraine (Oblast Zhitomir) und Weißrusslands (Oblast Gomel) zeigt sich nach Tschernobyl außer einer Erhöhung im Jahr 1987 ein deutlich größerer Anstieg in den 1990er Jahren, welcher mit der verzögerten Wirkung von Strontium erklärt werden kann. Mit etwa 1.000 zusätzlich gestorbenen Neugeborenen in den Jahren 1990 bis 1997 ist der Strontiumeffekt mehr als 10-mal so groß wie der Cäsiumeffekt im Jahr 1987.

Immer noch geht die internationale Strahlenschutzkommission von der Existenz einer Schwellendosis für teratogene Schäden in Höhe von 100 Millisievert (mSv) aus. Nach offiziellen Angaben betrug die mittlere Dosis im ersten Folgejahr nach Tschernobyl in Deutschland aber nur 0,2 mSv. Die obigen Ergebnisse widersprechen damit dem

Konzept einer unschädlichen Dosis für teratogene Schäden.

Vorgeschichte

Meine Beschäftigung mit den Tschernobylfolgen begann mit einem Artikel in der Berliner tageszeitung (taz) vom 26. April 1989. Darin wurde eine Untersuchung aus Bremen vorgestellt, die einen Anstieg der frühen Säuglingssterblichkeit in Westdeutschland nach dem Tschernobylunfall fand. Ich schrieb daraufhin einen Leserbrief an die taz, in dem ich Kritik an der Methodik der Studie äußerte (taz vom 8. Mai 1989). Insbesondere fand ich es problematisch, den erwarteten Verlauf der Daten nach Tschernobyl durch Extrapolation des zeitlichen Trends der Daten vor 1986 zu ermitteln. Die Arbeit der Bremer Gruppe wurde Ende 1989 in der renommierten Fachzeitschrift Lancet veröffentlicht [1].

Weil mich aber die Fragestellung der Studie interessierte, machte ich mich 1991 selbst an die Auswertung der

Daten. Inzwischen lagen diese bis 1990 vor, so dass ich den Erwartungswert der Sterblichkeit im Jahr 1987, dem Jahr nach Tschernobyl, durch Interpolation aus den Daten vor und nach 1987 bestimmen konnte. Eine Abschätzung der Größe eines Effekts im Jahr 1987 war damit zuverlässiger möglich als durch Extrapolation aus dem Verlauf der Daten vor 1986. Auch untersuchte ich, anders als die Bremer, die Perinatalsterblichkeit, die sich aus der Summe der Totgeburtenrate und der frühen neonatalen Sterblichkeit (innerhalb von 7 Lebenstagen Gestorbene) zusammensetzt. Im Oktober 1994 reichte ich mein Manuskript bei der in München erscheinenden englischsprachigen Zeitschrift *Radiation and Environmental Biophysics* zur Veröffentlichung ein. Nach Überarbeitung in Zusammenarbeit mit dem Statistiker Helmut Küchenhoff, den ich als Mitautor hinzuzog, wurde die Arbeit im April 1997 veröffentlicht [2].

Monatsdaten der Perinatalsterblichkeit

In unserer Studie [2] fanden wir eine kleine, aber signifikante Erhöhung der Perinatalsterblichkeit um 5 Prozent im Jahr 1987 in Gesamtdeutschland (Westdeutschland und der damaligen DDR). Sie entspricht einer Zahl von 316 zusätzlich gestorbenen Neugeborenen. Dieses Ergebnis wurde drei Jahre später durch Scherb und Mitarbeiter bestätigt [3].

Die Monatsdaten der Perinatalsterblichkeit zeigen einen gleichmäßig fallenden Trend mit halbjährlichen periodischen Schwankungen (Abbildung 1). Bei den Abweichungen der Monatsdaten vom langjährigen Verlauf (Residuen) finden sich Maxima am Anfang und am Ende des Jahres 1987 (Abbildung 2). Um zu prüfen, ob der Verlauf der Perinatalsterblichkeit mit der Belastung der werdenden Mütter mit radioaktivem Cäsium

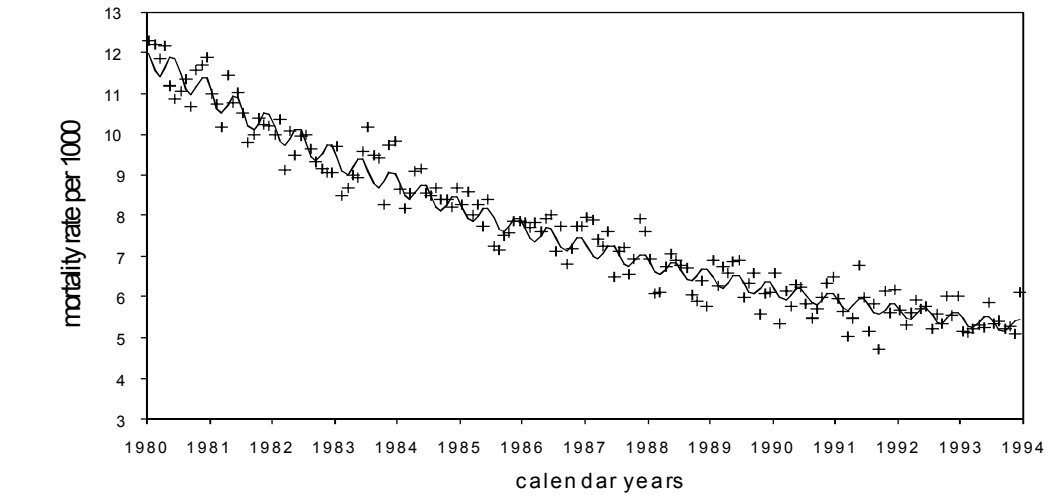


Abbildung 1: Perinatalsterblichkeit in Westdeutschland (alte Bundesländer) und Trendlinie.

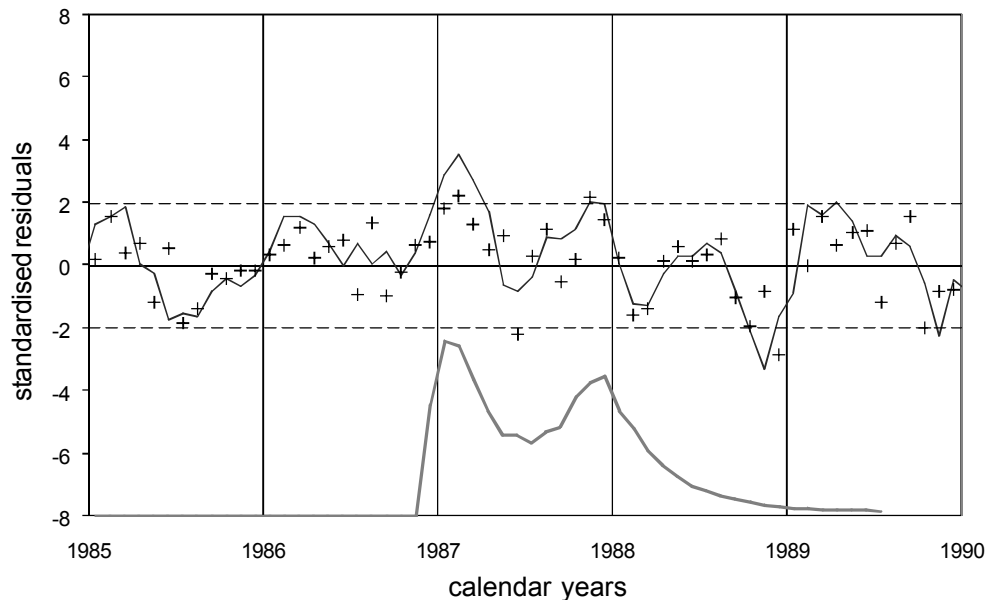


Abbildung 2: Abweichungen der Perinatalsterblichkeit vom langjährigen Verlauf, in Einheiten von Standardabweichungen (standardisierte Residuen) und gleitender Dreimonats-Mittelwert. Die untere Linie kennzeichnet den Verlauf der um 7 Monate verzögerten Monatswerte der Cäsiumbelastung von Schwangeren.

korreliert, musste diese zunächst berechnet werden. Dafür wurden Messwerte der Cäsiumbelastung der Kuhmilch herangezogen, die von Mai 1986 bis Ende 1988 von der GSF – dem heutigen Helmholtz-Zentrum – in München durchgeführt wurden. Unter Annahme eines konstanten täglichen Konsums von Milch bzw. Milchprodukten und einer biologischen Halbwertszeit von 70 Tagen für Cäsium ergab sich der in Abbildung 3 dargestellte zeitliche Verlauf der Cäsiumbelastung. Er weist

Maxima im Juni 1986 und im April 1987 auf. Der Anstieg der Cäsiumbelastung im Winter 1986/87 ist die Folge der Verfütterung von radioaktivem Gras vom Sommer 1986.

Bei der Modellierung des Cäsiumeffekts auf die Perinatalsterblichkeit ließ ich einerseits eine zeitliche Verschiebung zwischen Cäsiumbelastung und Geburt zu, und andererseits einen nichtlinearen Zusammenhang zwischen Cäsiumbelastung und Perinatalsterblichkeit. Als Ergebnis der

Analyse fand ich eine zeitliche Verschiebung von 7 Monaten zwischen Cäsiumbelastung und Geburt. Dies zeigt die Abbildung 4, in der die Summe der Fehlerquadrate (SSE) in Abhängigkeit von der Zeitverschiebung aufgetragen ist. Ein ausgeprägtes Minimum von SSE tritt bei einer Zeitverschiebung von 7 Monaten auf; die Verbesserung der Anpassung des Regressionsmodells an die Daten gegenüber dem Modell ohne den Cäsiumterm ist dort deutlich signifikant ($p=0,003$). Das

bedeutet, dass der Schaden am Ende des zweiten Schwangerschaftsmonats gesetzt wird, während der Organbildungsphase, dem empfindlichsten Stadium der Embryonalentwicklung.

Der Zusammenhang der Perinatalsterblichkeit mit der um 7 Monate verzögerten Cäsiumbelastung ist hochsignifikant ($p=0,0005$, Chiquadrattest).

Abbildung 5 zeigt die Residuen der deutschen Perinatalsterblichkeit in Abhängigkeit von der Cäsiumbelastung der Schwangeren. Der Zusammenhang ist nicht linear, sondern stark nach oben gekrümmt.

Den Verlauf der Monatsdaten der Säuglingssterblichkeit aus Polen und der frühen neonatalen Sterblichkeit aus Deutschland zeigt Abbildung 6. Die Residuen weisen wiederum Maxima am Anfang und am Ende des Jahres 1987 auf (Abbildung 7); der Zusammenhang mit der um 7 Monate verzögerten Cäsiumbelastung der Schwangeren ist auch hier signifikant ($p=0,013$).

Eine gemeinsame Analyse der beiden Datensätze ergibt einen hochsignifikanten Effekt der Cäsiumbelastung ($p=0,0001$) und erlaubt eine genauere Bestimmung der Form der Dosis-Wirkungsbeziehung (DWB) als Einzelanalysen. Die DWB ist stark nach oben gekrümmt; der Schätzwert für den Dosisexponenten beträgt 3,7. Die Abweichung der DWB vom linearen Verlauf ist deutlich signifikant ($p=0,0024$). Abbildung 8 zeigt die Dosis-Wirkungskurven für die beiden Datensätze.

Strahlenbiologen gehen bei teratogenen Strahlenwirkungen von einer gekrümmten Form der DWB mit Schwellendosis aus (siehe Abbildung 9 aus [4]). Auch statistische Überlegungen zur Form der DWB bei teratogenen Strahlenwirkungen sprechen für eine gekrümmte Form der DWB [5]. Eine Modellrechnung, welche

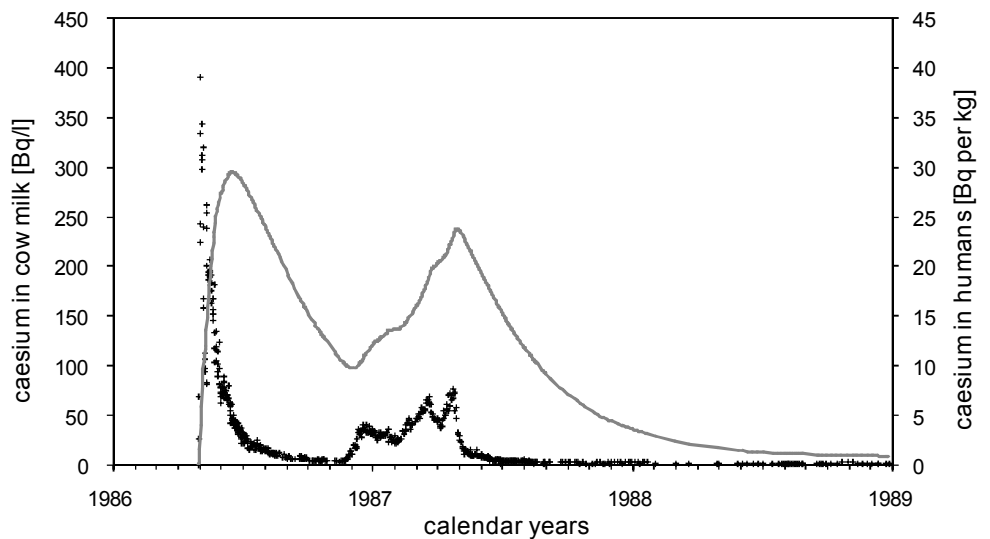


Abbildung 3: Messwerte der Cäsium-137-Konzentration in Kuhmilch (linke Skala) und berechnete Cäsiumbelastung in schwangeren Frauen (durchgezogene Linie, rechte Skala).

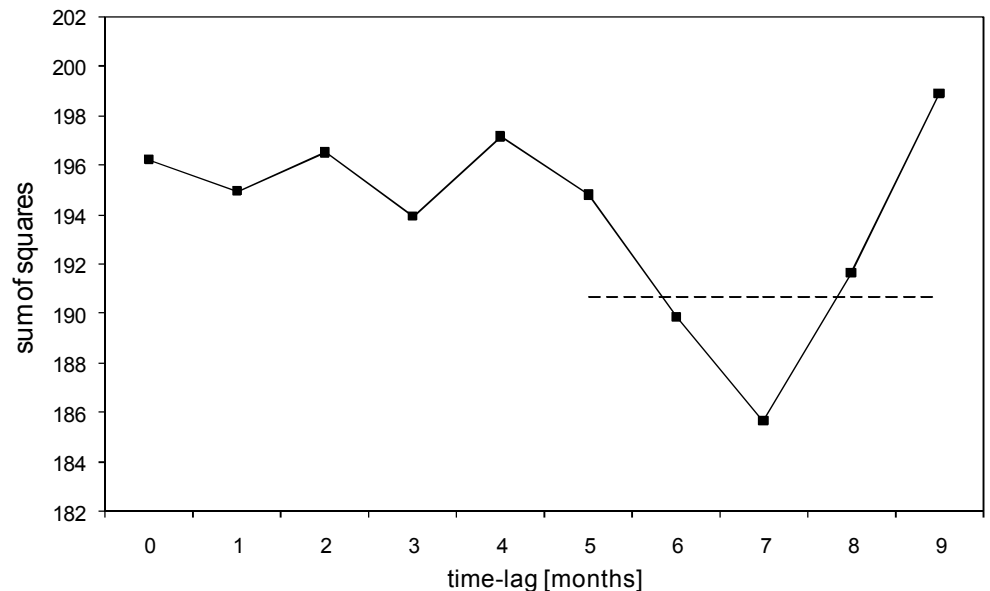


Abbildung 4: Ergebnisse für die Summe der Fehlerquadrate bei der Analyse der Monatsdaten der Perinatalsterblichkeit in Westdeutschland, in Abhängigkeit von der Zeitverschiebung zwischen der Cäsiumbelastung und der Perinatalsterblichkeit.

auf der Annahme basiert, dass sowohl die individuellen Strahlenempfindlichkeiten als auch die Strahlendosen Zufallsverteilungen genügen und durch Lognormalverteilungen beschrieben werden können, ergibt für die analytische Form der DWB eine kumulative Lognormalverteilung, welche bei kleinen Dosen eine stark positive Krümmung aufweist (siehe Abbildung 10).

Eine im wesentlichen lineare Form der DWB findet sich

dagegen bei der Perinatalsterblichkeit im Oblast Zhitomir, dem höchstbelasteten Gebiet der Ukraine. Abbildung 11 zeigt die Residuen der Perinatalsterblichkeit nach Tschernobyl; auch hier ist der Zusammenhang mit der Cäsiumbelastung der Schwangeren hochsignifikant ($p=0,0007$). Die Dosis-Wirkungsbeziehung ist bei den Daten aus Zhitomir nahezu linear (Abbildung 12). Zum Vergleich enthält Abbildung 12 auch die Daten für Deutschland. Der

Effekt ist in Zhitomir circa 10-mal größer als in Deutschland.

Ukraine und Weißrussland

In den beiden höchstbelasteten Regionen der Ukraine (Oblast Zhitomir) und Weißrusslands (Oblast Gomel) gab es außer der Kontamination mit den Cäsiumisotopen Cs-137 und Cs-134 auch eine nennenswerte Strontiumbelastung (Sr-90). Sie überschritt auch noch außerhalb der 30km-Zone die

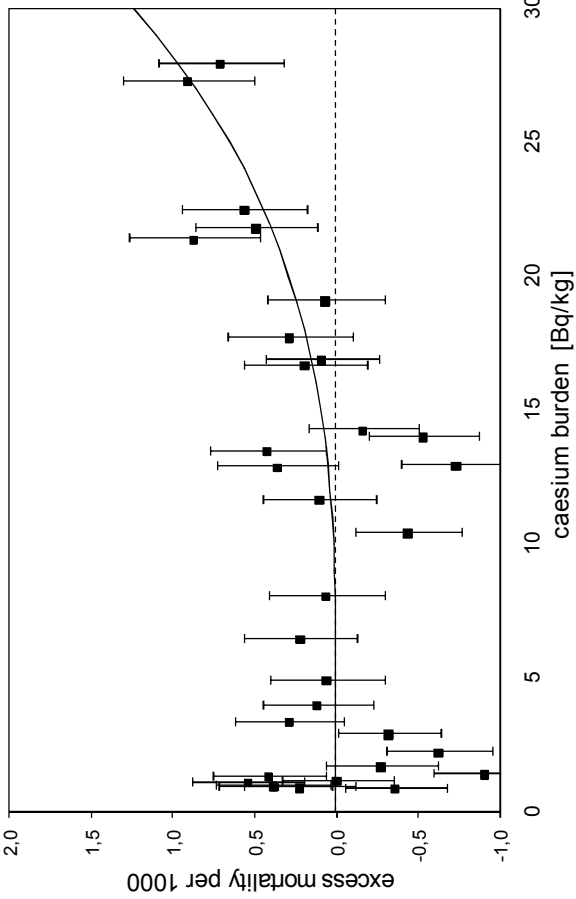


Abbildung 5: Residuen der Perinatalsterblichkeit in Westdeutschland in Abhängigkeit von der Cäsiumbelastung der Schwangeren (Dosis-Wirkungsbeziehung).

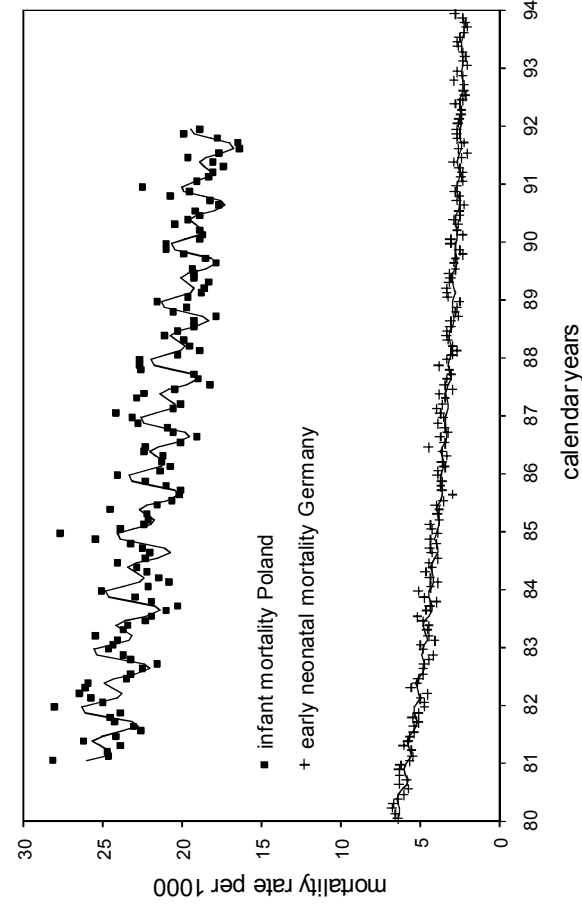


Abbildung 6: Monatswerte der Säuglingssterblichkeit in Polen (oben) und der frühen neonatalen Sterblichkeit in Westdeutschland (unten).

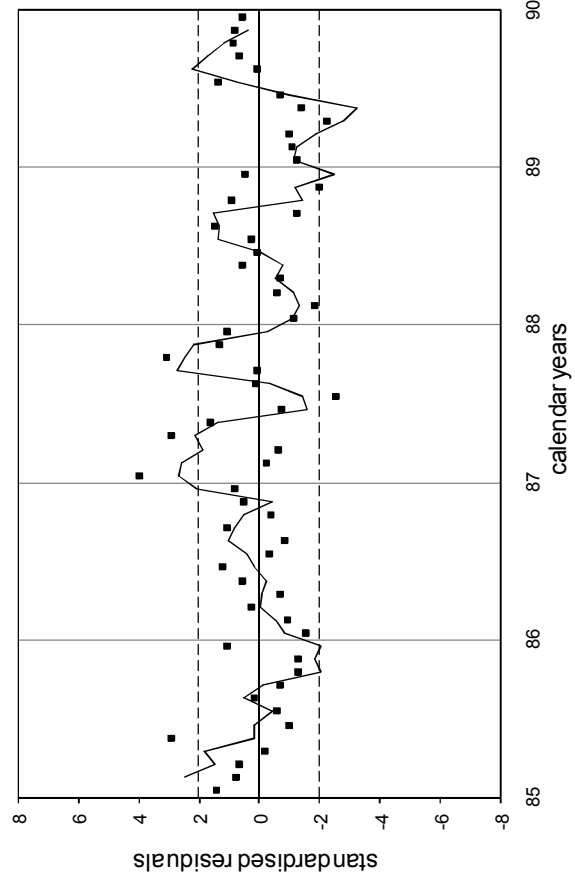


Abbildung 7: Standardisierte Residuen der Säuglingssterblichkeit in Polen (Punkte) und gleitender Dreimonats-Mittelwert (durchgezogene Linie).

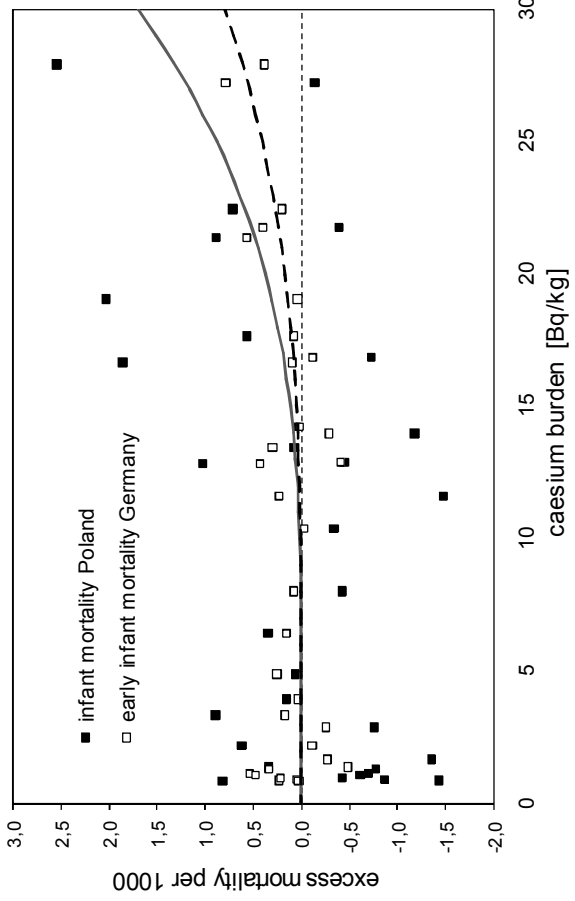


Abbildung 8: Dosis-Wirkungskurven für die Säuglingssterblichkeit in Polen (durchgezogene Linie) und die frühe neonatale Sterblichkeit in Westdeutschland (gestrichelte Linie).



Abbildung 9: Dosis-Wirkungskurven für stochastische und teratogene Strahlenwirkungen (aus [4]).

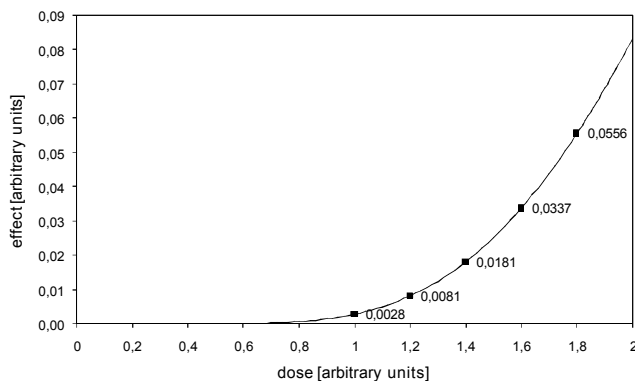


Abbildung 10: Ergebnisse einer Modellrechnung zur Bestimmung der Form der Dosis-Wirkungsbeziehung bei teratogenen Strahlenwirkungen (Punkte), und Regression mit Lognormalverteilung (Berechnung durch den Verfasser).

Marke von 3 Curie pro Quadratkilometer (Ci/km^2) (111.000 Becquerel pro Quadratmeter (Bq/m^2)) (siehe Abbildung 12). In München lag die Strontium-Bodenbelastung durch den Tschernobylfallout dagegen bei nur $210 Bq/m^2$.

Den zeitlichen Trend der Perinatalsterblichkeit in den sieben Oblasts von Weißrussland und – zum Vergleich – die Daten aus Deutschland zeigt Abbildung 14. Alle Daten weisen nach 1993 einen deutlichen Anstieg auf. Er ist bedingt durch die Änderung der Definition von Totgeburten: Ab 1994 wurden Totgeburten schon ab einem Geburtsgewicht von 500 Gramm registriert, bis 1993 lag die Grenze bei 1.000 Gramm. Unge-

wöhnlich ist der Verlauf der Perinatalsterblichkeit in der Hauptstadt Minsk. Die Daten liegen im Zeitraum 1985 bis 1996 um etwa 20 Prozent höher als im Mittel der restlichen Oblasts, fallen danach aber steil ab auf das Niveau der anderen Oblasts. Für einen Vergleich der Sterblichkeit in Gomel mit der im Rest von Weißrussland blieb deshalb die Hauptstadt Minsk unberücksichtigt.

Abbildung 15 zeigt die Jahresdaten der Perinatalsterblichkeit im Oblast Gomel (Weißrussland) und im Oblast Zhitomir (Ukraine) im Vergleich zu Weißrussland ohne Gomel und Minsk (Vergleichsgebiet). Bei den ukrainischen Daten muss berück-



Abbildung 13: Strontiumbelastung des Bodens im Nahbereich des Kernkraftwerks Tschernobyl. Der Kreis zeigt die evakuierte 30-Kilometer-Zone (aus: UNSCEAR 2000, Annex J).

sichtigt werden, dass es in der Ukraine keine Änderung der Definition der Totgeburten nach 1993 gab. Die Totgeburtenzahlen aus Zhitomir wurden deshalb mit einem Faktor korrigiert, der sich aus dem Verhältnis der Totgeburtenraten in Belarus vor und nach der Definitionsänderung errechnet.

Im Folgenden wird das Verhältnis der Perinatalsterblichkeit p_1 in Gomel zur Sterblichkeit p_0 im Vergleichsgebiet berechnet. Damit wird auf mögliche andere Einflüsse, insbesondere sozioökonomische Veränderungen nach dem Zerfall der Sowjetunion 1991, Rücksicht genommen, die sich ja im Studiengebiet ebenso ausgewirkt haben sollten wie

im Vergleichsgebiet. Aus statistischen Gründen wird anstatt des Verhältnisses der Raten p das Verhältnis der odds gebildet, wobei gilt: $odds = p/(1-p)$. Für kleine p nähert sich das Verhältnis der odds (odds ratio, OR) dem Verhältnis der Raten (rate ratio, RR) an. Abbildung 16 zeigt den Verlauf der odds ratios für Gomel und Zhitomir, also das Verhältnis der Perinatalsterblichkeit in Gomel und Zhitomir zur Perinatalsterblichkeit im Vergleichsgebiet (Weißrussland ohne Gomel und Minsk). In den Jahren vor 1990 liegen die odds ratios bei 1, abgesehen von einer Erhöhung um 11 Prozent im Jahr 1987. Ein deutlicher Anstieg der odds ratios zeigt sich jedoch sowohl in Gomel

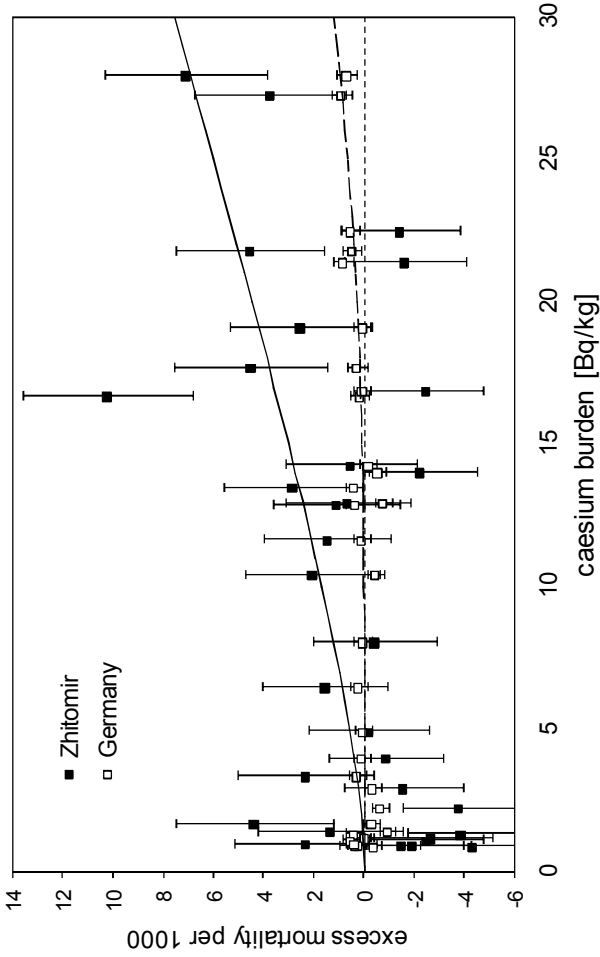


Abbildung 12: Dosis-Wirkungskurven für die Perinatalsterblichkeit in Zhitomir (schwarze Punkte) und in Westdeutschland (weisse Punkte) und Regressionslinien.

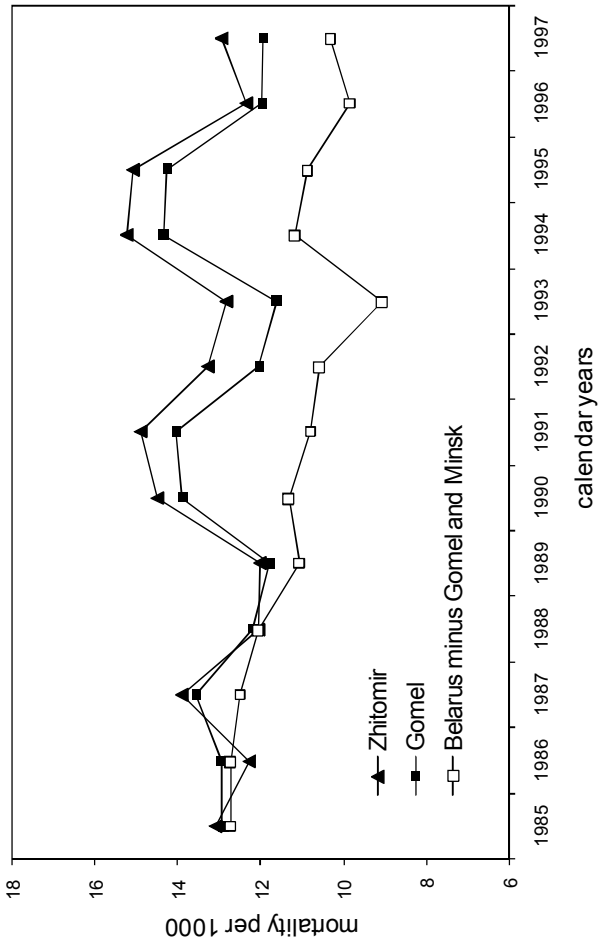


Abbildung 15: Trend der Perinatalsterblichkeit in Gornel (Weißrussland) und in Zhitomir (Ukraine), im Vergleich zu Belarus ohne Gornel und Minsk (Vergleichsgebiet).

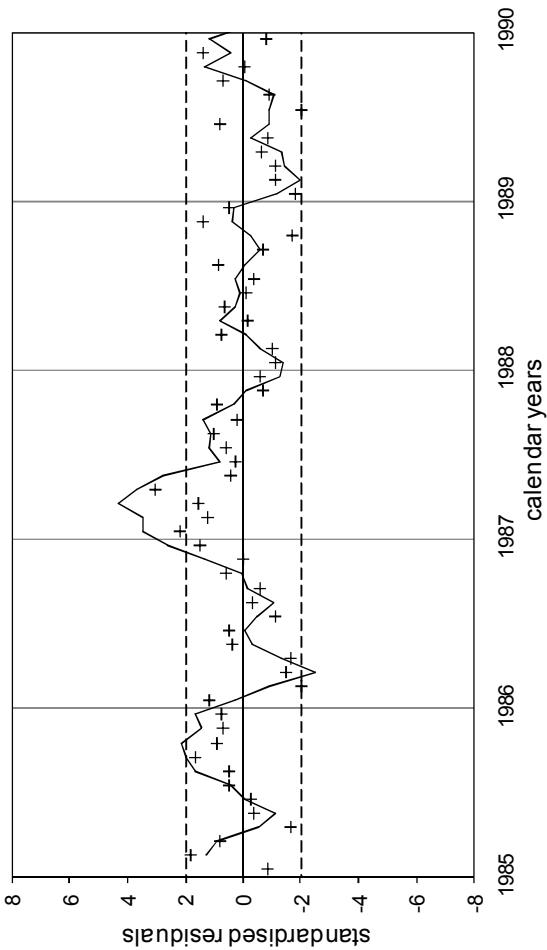


Abbildung 11: Standardisierte Residuen der Perinatalsterblichkeit im Gebiet Zhitomir (Ukraine) und gleitender Dreimonats-Mittelwert (durchgezogene Linie).

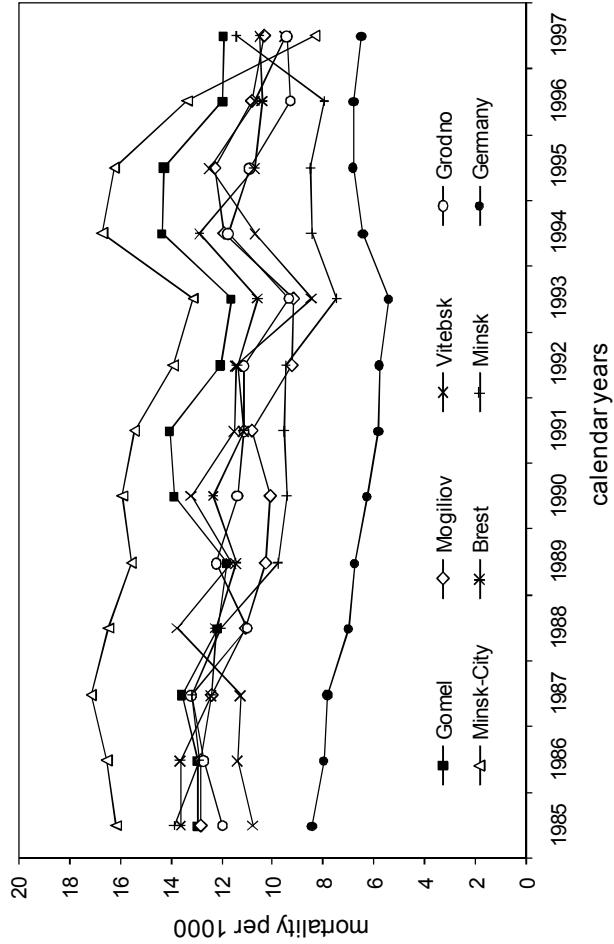


Abbildung 14: Verlauf der Perinatalsterblichkeit in den 7 Gebieten (Oblasts) von Weißrussland und in Deutschland.

als auch in Zhitomir in den 1990er Jahren. Im Maximum um das Jahr 1993 beträgt die Erhöhung circa 50 Prozent in Zhitomir und 30 Prozent in Gomel.

Eine mögliche Erklärung für diesen Effekt könnte die Belastung der Schwangeren mit radioaktivem Strontium (Sr-90) sein. Strontium wird vorzugsweise in der Zeit des größten Längenwachstums, in der Zeit der Pubertät, in die Knochen eingebaut. Mädchen, die zum Zeitpunkt der Tschernobylkatastrophe 14 Jahre alt waren, und im ersten Folgejahr viel Strontium aufgenommen haben, könnten infolge eines geschwächten Immunsystems in späteren Jahren ein höheres Risiko für einen ungünstigen Schwangerschaftsausgang haben.

Bei der Berechnung der mittleren Strontiumkonzentration im Kollektiv der Schwangeren wird vereinfachend angenommen, dass die Strontiumkonzentration proportional ist zum Anteil der Frauen des Geburtsjahrgangs 1972, welche also 1986 gerade 14 Jahre alt waren. Deren Anteil geht aus der Altersverteilung der Schwangeren hervor (siehe Abbildung 17). Außerdem muss die Strontiumausscheidung aus dem Körper, also die effektive Halbwertszeit von Strontium, berücksichtigt werden. Näheres ist in [6] ausgeführt.

Die durchgezogenen Linien in Abbildung 16 sind Ergebnisse von Regressionen der odds ratios mit nur zwei Parametern, einem für den Cäsiumeffekt im Jahr 1987, einem zweiten für die Größe des Strontiumeffekts, dessen Berechnung oben skizziert wurde. In beiden Datensätzen ist der Strontiumeffekt hochsignifikant ($p < 0,0001$); in Zhitomir ist er circa 1,6 mal größer als in Gomel. Der Cäsiumeffekt im Jahr 1987 ist nur in Zhitomir grenzwertig signifikant. Die zusammengefassten (gepoolten) Daten aus

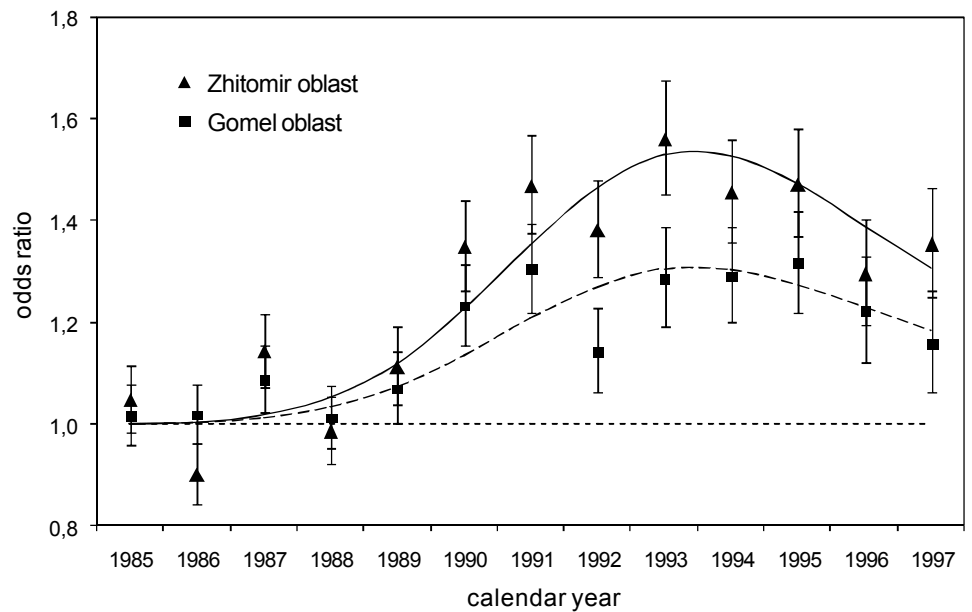


Abbildung 16: Verhältnis der Perinatalsterblichkeit in den Oblasts Zhitomir bzw. Gomel zur Perinatalsterblichkeit in Belarus ohne Gomel und Minsk-City, und Regressionslinien.

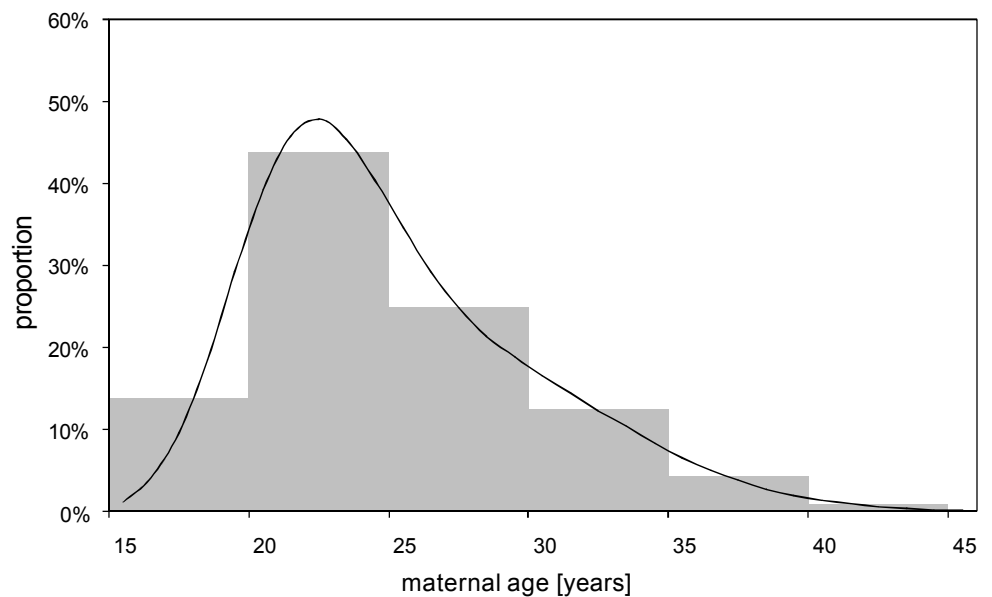


Abbildung 17: Altersverteilung von weißrussischen Frauen bei der Entbindung (Mittelwerte der Jahre 1992-1996), in 5-Jahres-Strata, und Ergebnis einer Regression mit zwei Lognormalverteilungen.

Gomel und Zhitomir ergeben im Jahr 1993 eine hochsignifikante Erhöhung der Perinatalsterblichkeit um etwa 40 Prozent gegenüber der Rate im Vergleichsgebiet.

Diskussion

Trendanalysen der Monatsdaten aus Deutschland, Polen und Zhitomir (Ukraine) ergeben einen hochsignifikanten Zusammenhang der Perinatalsterblichkeit mit der Cäsium-

belastung der Schwangeren über Milchverzehr. Die Dosis-Wirkungsbeziehung kann mit einer Lognormalverteilung angepasst werden, die im niedrigen Dosisbereich stark nach oben gekrümmt ist. Der Effekt ist im Wesentlichen auf das Jahr 1987 beschränkt. Dies geht auch aus einer Trendanalyse der zusammengefassten Daten aus 6 Ländern (Ukraine, Weißrussland, Polen, Schweden, Ungarn und

Griechenland) hervor, die im Jahr 1987 eine hochsignifikante Erhöhung der Totgeburtensrate und eine Anzahl von 615 zusätzlichen Totgeburten ergab [7].

Die Analyse der Jahresdaten der Perinatalsterblichkeit in den vom Tschernobyl-Fallout am stärksten betroffenen Gebieten Gomel in Weißrussland und Zhitomir in der Ukraine ergibt einen hochsignifikanten

Zusammenhang mit der berechneten mittleren Strontiumbelastung der Schwangeren. Das Maximum des Effekts zeigt sich etwa sieben Jahre nach Tschernobyl. Eine Zeitverschiebung von sieben Jahren wurde auch zwischen der Perinatalsterblichkeit in Westdeutschland nach den atmosphärischen Atomwaffentests und dem Maximum des Fallouts im Jahr 1963 beobachtet [8].

Aus der Differenz zwischen den beobachteten Sterblichkeitsraten im Studiengebiet (Gomel und Zhitomir) und den Raten im Vergleichsgebiet (Belarus ohne Gomel und Minsk) errechnet sich für 1987 bis 1997 eine Zahl von 1.104 zusätzlich perinatal gestorbenen Neugeborenen im Studiengebiet (680 in Zhitomir und 424 in Gomel), davon 65 Fälle im Jahr 1987 (38 in Zhitomir und 27 in Gomel).

Das widerspricht der Aussage, dass Strontium auch in den höher belasteten Gegenden Weißrusslands, Russlands und der Ukraine zu weniger als 5 Prozent zur internen Dosis beiträgt [9, Seite 15]. Außerdem ist das Ergebnis unvereinbar mit der von der ICRP angenommenen Schwellendosis von 100 mSv [10] für teratogene Schäden, denn die Dosis für Einwohner des Studiengebietes wird auch in den ersten Jahren nach Tschernobyl nur mit einigen mSv pro Jahr angegeben [11]. In Deutschland betrug die mittlere Dosis im ersten Folgejahr nach Tschernobyl nach Aussage der Strahlenschutzkommission sogar nur 0,2 mSv. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung widersprechen damit dem Konzept einer unschädlichen Dosis (safe dose) für teratogene Schäden.

Medizinische Strahlenbelastung

Auch ohne nuklearen Müll und Atomkraftwerke: Die Verstrahlung der Menschheit schreitet voran

Von Inge Schmitz-Feuerhake*

Einem neuen Buch aus dem Springer-Verlag zufolge – „Clinical PET-CT in Radiology 2011“ – gibt es zur Zeit bereits über 5.000 PET/CT-Scanner. Das sind Systeme, die gleichzeitig eine (Röntgen-) Computertomographie (CT) und eine Positronenemissionstomographie (PET) vom ganzen Menschen anfertigen können. Letzteres ist eine nuklearmedizinische dreidimensionale Methode, bei der Positronenstrahler – meistens Fluor-18 mit einer Halbwertszeit von 1,8 Stunden – eingesetzt werden. Für eine einzige Ganzkörperuntersuchung klettert dabei die effektive Dosis von 10 Millisievert

(mSv) für eine alleinige CT auf 25 mSv [Brix 2005]. Die Organdosen sind entsprechend: Knochenmark 29 mSv, Lunge 27 mSv, Eierstöcke 33 mSv, Darm 36 mSv, Magen 29 mSv.

Zum Vergleich: Der Grenzwert für die Bevölkerung bei einem Atomkraftwerk beträgt 0,3 mSv (effektiv) pro Jahr, für beruflich Strahlenexponierte 20 mSv pro Jahr.

Auch andere „Hybridsysteme“ sind im Kommen, nämlich SPECT¹/CT, bei dem normale gammastrahlende Nuklide

¹ Single Photon Emission Computed Tomography

1. Lüning G, Scheer J, Schmidt M, Ziggel H. Early infant mortality in West Germany before and after Chernobyl. *Lancet*. 1989 Nov 4;2(8671):1081-3.
2. Körblein A, Küchenhoff H. Perinatal mortality in Germany following the Chernobyl accident. *Radiat Environ Biophys*. 1997 Feb;36(1):3-7.
3. Scherb H, Weigelt E, Brüske-Hohfeld I. Regression analysis of time trends in perinatal mortality in Germany 1980-1993. *Environ Health Perspect*. 2000 Feb;108(2):159-65.
4. http://gd1.med.uni-giessen.de/ugm_2/deu/ugi_nuk/PDF/Rad_V2_Strahlentherapie.pdf
5. Körblein A. Einfluss der Form der Dosis-Wirkungsbeziehung auf das Leukämierisiko. *Strahlentelex* (2008) 524-525:8-10. http://www.strahlentelex.de/Stx_08_524_S08-10.pdf
6. Körblein A. Strontium fallout from Chernobyl and perinatal mortality in Ukraine and Belarus. *Radiat Biol Radioecol*. 2003 Mar-Apr;43(2).
7. Körblein A. European stillbirth proportion and Chernobyl.

Int J Epidemiol. 2000 Jun;29(3):599. Erratum in: *Int J Epidemiol* 2000 Oct;29(5):962.

8. Körblein A. Perinatal mortality in West Germany following atmospheric nuclear weapons tests. *Arch Environ Health*. 2004 Nov;59(11):604-9.
9. Environmental Consequences of the Chernobyl Accident and Their Remediation: Twenty Years of Experience. Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group "Environment" (EGE), August 2005.
10. International Commission on Radiological Protection (2003). Biological effects after prenatal irradiation (Embryo and Fetus). ICRP Publication 90, Annals of the ICRP 33, Nos. 1-2. Pergamon Press, Oxford.
11. World Health Organization. Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmes. Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group "Health" (EGH), August 2005.

* Dr. Alfred Körblein,
www.alfred-koerblein.de

verwendet werden, und CT/MRT, bei dem die Magnetresonanztomographie (MRT) zwar keine ionisierende Strahlung aussendet, womöglich aber die Hochfrequenzstrahlung einen synergistischen Effekt mit der Röntgenstrahlung des CTs erzeugt.

Gerechtfertigt wird die hohe Dosis mit einer strengen Indikation, da sie nur bei Patienten eingesetzt werden soll, die schon Krebs haben. Da dient die Methode zur präzisen Darstellung des zu therapierenden Tumors und zur laufenden Metastasen-Nachkontrolle. In der Medizin gibt es aber bekanntlich keine Dosisgrenzwerte für Patienten. Die Hybridsysteme werden außerdem, wie bereits seit längerer Zeit die „Darmspiegelung“ per CT, für Vorsorge- und Früherkennungsmaßnahmen angeboten.

Die Ärzte sagen gern, sie seien für die weitgehende Vermeidung solcher Expositionen, aber viele Patienten würden diese Diagnoseverfahren

verlangen und die Ärzte regresspflichtig machen, wenn sie nicht alle Möglichkeiten ausschöpften.

Die stetig ansteigende Strahlenbelastung

Einschlägigen Standesorganisationen und Strahlenschutzgremien dämmert es inzwischen, dass es mit der diagnostischen Strahlenbelastung nicht so weitergehen kann. Besonders in den USA, in Japan, Deutschland und einigen westeuropäischen Ländern ist sie wegen der stetig zunehmenden CT-Aufnahmen auf nie erreichte Höhen geklettert.

Auslöser der längst überfälligen Diskussion war ein Artikel von Brenner u.a. aus dem Jahre 2001, in dem geschätzt wurde, dass jährlich in den USA bei Kindern, die eine CT erhalten, dadurch bei 500 von ihnen ein späterer Krebs induziert wird. Die deutsche Strahlenschutzkommission hat 2006 eine äußerst restriktive Anwendung von CT-Untersuchungen bei Kindern emp-