

Atomkatastrophe in Japan

Gesundheitliche Folgen von Fukushima

Von Henrik Paulitz, Winfrid Eisenberg, Reinhold Thiel

2. Auflage, 3. März 2015

Inhalt

Vorwort zur 2. Auflage.....	2
Zusammenfassung.....	3
Abschätzung der gesundheitlichen Folgen von Fukushima	6
Zu erwartende Krebserkrankungen gemäß UNSCEAR-Daten.....	6
Abschätzung der Krebsfälle durch externe Strahlenbelastung	8
Krebserkrankungen aufgrund der Strahlenbelastung von Nahrungsmitteln	18
Ausgewählte Informationen zur Kontamination von Lebensmitteln	22
Exkurs: Schilddrüsenkrebs als frühe Katastrophenfolge	24
Geburten-Rückgang im Dezember 2011	26
Erhöhte Säuglingssterblichkeit	27
Erkrankungen und Mortalität von Beschäftigten der Atomanlage Fukushima	28
Erkrankungen von US-Soldaten.....	30
Anhang: Gesundheitliche Folgen von Tschernobyl	31

Vorwort zur 2. Auflage

Zwei Jahre nach der Katastrophe von Fukushima, im März 2013, hatten wir in der ersten Auflage unter Verwendung frei zugänglicher Daten die schon eingetretenen Folgen für die Gesundheit dargestellt und die langfristig zu erwartenden berechnet.

Inzwischen sind zwei weitere Jahre vergangen. Fukushima füllt nicht mehr die Schlagzeilen; aber der Super-GAU ist keineswegs unter Kontrolle. Die Kernschmelzen in den Reaktoren 1 – 3 können nicht beeinflusst werden. Die Schmelzmassen haben Kontakt zum Grundwasser. Große Mengen radioaktiv hoch belasteten Wassers fließen weiterhin Tag für Tag in den Pazifik.

Wir sind von vielen Seiten aufgefordert worden, ein „Update“ der Gesundheitsfolgen zu veröffentlichen. Daraus ist nun diese 2. Auflage geworden.

Bei den Abschätzungen der Krebserkrankungen haben wir in dieser Neuauflage die Risikofaktoren gemäß BEIR VII verwendet, allerdings ohne den nicht mehr zeitgemäßen Reduktionsfaktor (d.h. DDREF = 1 – dose and dose rate effectiveness factor). Darüber hinaus haben wir wie schon in der 1. Auflage alternativ auch mit Faktoren gerechnet, die aktuellen Studien zufolge das tatsächliche Risiko besser abbilden. Auf dem im Oktober 2013 von der IPPNW initiierten „Ulmer Expertentreffen zur Wirkung ionisierender Strahlen“ wurden diese Risikofaktoren ausdrücklich empfohlen.

Zu folgenden Kapiteln gibt es neue Informationen oder Forschungsergebnisse, die wir in diese 2. Auflage eingearbeitet haben: Schilddrüsenkrebs, Geburtenrückgang, Säuglingssterblichkeit und „Fukushima-Arbeiter“.

Völlig neu ist das Kapitel „Zu erwartende Krebserkrankungen gemäß UNSCEAR-Daten“, nachdem diese UN-Organisation im Jahr 2013 Schätzungen der Kollektivdosen publiziert hat. Die IPPNW sieht darin einen Fortschritt in der öffentlichen Aufarbeitung der Atomkatastrophe, obwohl es sich bei den UNSCEAR-Zahlen um eine deutliche Unterschätzung des Risikos handeln dürfte.

Schließlich erwähnen wir auch das Schicksal tausender US-Soldaten, die sich im Frühjahr 2011 monatelang auf Kriegsschiffen vor der ostjapanischen Küste befanden, nicht weit von den explodierten Reaktoren.

Wir danken Dr. Alfred Körblein für seine Begleitung, seinen Rat, ja für seine nimmermüde Präsenz im Zusammenhang mit dieser Veröffentlichung. Die Hauptarbeit des Recherchierens, der Berechnungen und des Schreibens lag auf den Schultern von Henrik Paulitz. Auch ihm danken wir.

Winfried Eisenberg für die Redaktionsgruppe

Zusammenfassung

Im japanischen Atomkraftwerk Fukushima Dai-ichi kam es am 11. März 2011 zu einer Atomkatastrophe mit massiver und anhaltender Freisetzung radioaktiver Spalt- und Zerfallsprodukte.

Der Bericht des Wissenschaftlichen Ausschusses der Vereinten Nationen zur Untersuchung der Auswirkungen atomarer Strahlung (UNSCEAR) von 2013 machte erstmals Abschätzungen der Kollektivdosis der japanischen Bevölkerung öffentlich. Es geht dabei sowohl um die externe als auch um die interne Strahlenbelastung durch Inhalation sowie durch die Nahrungsmittelaufnahme (Ingestion) von Radionukliden. Insgesamt ergibt sich laut UNSCEAR für die rund 127 Millionen Japaner eine kollektive Lebenszeitdosis von 48.000 Personen-Sievert (PSv).

Bei Verwendung der Risikofaktoren gemäß BEIR VII (Inzidenz 0,18/PSv, Mortalität 0,09/PSv; DDREF = 1) ist mit 8.600 Krebserkrankungen zu rechnen, von denen 4.300 tödlich verlaufen.

Neuere Studien deuten auf ein etwa doppelt so großes Risiko hin (Inzidenz 0,4/PSv, Mortalität 0,2/PSv; DDREF = 1). Mit diesen Risikofaktoren wäre mit 19.200 Krebserkrankungen und 9.600 Krebstodesfällen zu rechnen.

Tabelle 1.1: Mögliche Krebserkrankungen als Folge der Atomkatastrophe in Fukushima

Berechnungsgrundlage	Krebs- erkrankungen	Krebs- todesfälle
Kollektivdosis von UNSCEAR für die externe Strahlenbelastung, Ingestion und Inhalation -Risikofaktoren gem. BEIR VII (korr. DDREF = 1) -Risikofaktoren gem. „Ulmer Expertentreffen“ ¹	8.600 19.200	4.300 9.600
Kollektivdosen der IPPNW für die externe Strahlenbelastung, basierend auf Yasunari et. al. 2011, Stohl et. al. 2012, Hack/Dersee 2012 -Risikofaktoren gem. BEIR VII (korr. DDREF = 1) -Risikofaktoren gem. „Ulmer Expertentreffen“	17.000 – 37.200 37.900 – 82.600	8.500 – 18.600 19.000 – 41.300
Kollektivdosen der IPPNW für die Strahlenbelastung durch Ingestion (Nahrungsmittelaufnahme), basierend auf Daten des japanischen Gesundheitsministeriums -Risikofaktoren gem. BEIR VII (korr. DDREF = 1) -Risikofaktoren gem. „Ulmer Expertentreffen“	16.800 37.300	8.400 18.600

Da UNSCEAR seine Schätzungen jedoch auf Grundlage von Zahlen der Atomindustrie errechnete, statt Daten von unabhängigen Forschungseinrichtungen zu berücksichtigen, dürften die tatsächlichen Kollektivdosen deutlich höher liegen als von UNSCEAR angegeben. Die UN-Institution selbst räumt in ihrem Bericht gravierende „Unsicherheiten“ ein – nicht jedoch in ihren vor Zuversicht strotzenden Pressemitteilungen und Zusammenfassungen.

Um zu demonstrieren, zu welchem unterschiedlichen Ergebnissen man mit unabhängigen wissenschaftlichen Daten kommen kann, wurden in dieser Arbeit mit ver-

¹ IPPNW: Gefahren ionisierender Strahlung. Ergebnisse des Ulmer Expertentreffens vom 19. Oktober 2013. IPPNW-Informationen. Januar 2014. S. 3.
http://www.ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/Ulmer_Expertentreffen_-_Gefahren_ionisierender_Strahlung.pdf.

schiedenen Methoden ebenfalls Kollektivdosen und die zu erwartenden Krebsfälle errechnet.

Als erstes wurde ausschließlich die externe Strahlung berücksichtigt und mittels dreier unterschiedlicher Methoden die Kollektivdosis der japanischen Bevölkerung ermittelt:

- Die erste Methode stützt sich auf die Veröffentlichung eines internationalen Forscherteams über die Bodenkontamination mit Cäsium in den 47 Präfekturen Japans
- Die zweite Methode basiert auf Abschätzungen eines internationalen Forscherteams über die in Japan abgelagerte Cäsium-Gesamtmenge
- Die dritte Methode nutzt als Berechnungsgrundlage Messungen der Ortsdosisleistungen im Herbst 2012

Unter Berücksichtigung der abschirmenden Wirkung von Gebäuden ergeben die drei Alternativ-Rechnungen kollektive Lebenszeitdosen von 94.749 Personen-Sievert (PSv), 206.516 PSv bzw. 142.089 PSv.

Unter Verwendung der Risikofaktoren gemäß BEIR VII (Inzidenz 0,18/PSv, Mortalität 0,09/PSv; kein DDREF) errechnen sich zwischen 17.000 und 37.200 zu erwartende Krebserkrankungen, von denen 8.500 bzw. 18.600 tödlich verlaufen.

Auf der Basis aktueller Risikofaktoren (Inzidenz 0,4/PSv, Mortalität 0,2/PSv; DDREF = 1) ergeben sich zwischen 37.900 und 82.600 Krebserkrankungen mit 19.000 bis 41.300 Krebstodesfällen.

Für die Abschätzung der zu erwartenden Krebserkrankungen aufgrund von kontaminierten Nahrungsmitteln wurden 17.000 vom japanischen Gesundheitsministerium veröffentlichte Messergebnisse herangezogen. Insgesamt ergaben die Berechnungen eine kollektive Lebenszeitdosis von 93.166 PSv.

Bei Verwendung der Risikofaktoren gemäß BEIR VII (Inzidenz 0,18/PSv, Mortalität 0,09/PSv; DDREF = 1) ist mit rund 16.800 Krebserkrankungen zu rechnen, von denen 8.400 tödlich verlaufen.

Bei Verwendung aktueller Risikofaktoren (Inzidenz 0,4/PSv, Mortalität 0,2/PSv; DDREF = 1) ergeben sich für diesen Belastungspfad 37.300 Krebserkrankungen und 18.600 Krebstodesfälle.

Tabelle 1.2: Eventuelle weitere Folgen der Atomkatastrophe von Fukushima

	Anzahl	Quelle
Fehlende Lebendgeburten in der Fukushima-Region	912	Körblein 2015
Erhöhte Säuglingssterblichkeit 2012	64	Körblein 2014
Bisherige Erkrankungen von US-Soldaten	71	Medienberichte
Erwartete Schilddrüsenkrebs-Erkrankungen gemäß Kollektiv-Dosis laut UNSCEAR 2013	1016	IPPNW 2015

Es gibt bereits jetzt Hinweise auf erste gesundheitliche Folgen.

Vier Jahre nach dem Reaktorunglück ist zwar noch nicht mit einem starken Anstieg von Krebserkrankungen zu rechnen. Das in der Präfektur Fukushima durchgeführte Screening-Programm identifizierte aber bereits eine unerwartet große Zahl von Schilddrüsenkrebsfällen, die womöglich bereits den Beginn einer Erkrankungswelle darstellen. Der Wissenschaftliche Ausschuss der Vereinten Nationen zur Untersu-

chung der Auswirkungen atomarer Strahlung (UNSCEAR) hat in seinem Jahresbericht von 2013 Schätzungen veröffentlicht, wie viele Schilddrüsenkrebsfälle in den kommenden Jahrzehnten durch den radioaktiven Niederschlag von Fukushima verursacht werden könnten: Legt man die von UNSCEAR angegebene kollektive Lebenszeit-Schilddrüsendosis von 112.000 Personen-Gray zugrunde, so wäre in Japan insgesamt mit über 1.000 zusätzlichen Schilddrüsenkrebs-Fällen zu rechnen. Die Daten von UNSCEAR stellen dabei vermutlich noch eine starke Unterschätzung der Dosisbelastung dar.

Neun Monate nach dem Beginn der Atomkatastrophe war ein deutlicher Geburten-Rückgang festzustellen. In der Fukushima-Region (7 Präfekturen) „fehlten“ im Dezember 2011 912 Neugeborene, davon 145 in der Präfektur Fukushima. Es gibt Anhaltspunkte dafür, dass es sich um einen Fukushima-Effekt handeln könnte. Auch gab es in Japan eine erhöhte Säuglingssterblichkeit: Über die statistische Erwartung hinaus starben 64 Kinder im ersten Lebensjahr.

Medienberichten zufolge sollen bislang 71 US-Soldaten schwer erkrankt sein, die im Frühjahr 2011 vor der japanischen Küste auf Kriegsschiffen im Einsatz waren, 51 davon an verschiedenen Krebsarten.

Für die Arbeiter, die laut Betreibergesellschaft Tepco in den Jahren 2011 und 2012 in der havarierten Atomanlage tätig waren, rechnet die IPPNW auf der Grundlage der Erfahrungen von Tschernobyl mit vielen tausend schweren Erkrankungsfällen.

Teile der quantitativen Ergebnisse dieser Arbeit sind mit Unsicherheiten behaftet, weil manche Ausgangsdaten nur unpräzise veröffentlicht wurden und bei den Berechnungen teilweise weitere Annahmen getroffen werden mussten. Der IPPNW erschien es aber notwendig, mit dieser quantitativen Abschätzung die Dimension der Fukushima-Atomkatastrophe deutlich zu machen.

Weltweit kann es in jedem Atomkraftwerk jederzeit erneut zu einem Super-GAU kommen: Durch menschliches Versagen, technische Defekte, Naturgewalten, Sabotage oder durch militärische Einwirkung. Angesichts der derzeitigen Lage der Welt erscheint es dringend notwendig, überall schnellstmöglich aus der Atomenergie auszusteigen.

Abschätzung der gesundheitlichen Folgen von Fukushima

Wie schon nach Tschernobyl versucht die internationale Atomlobby auch nach Fukushima, die Bevölkerung über die gesundheitlichen Folgen der Atomkatastrophe im Unklaren zu lassen. Es ist daher notwendig, von unabhängiger Seite zu versuchen, vorhandene Daten und Erkenntnisse auszuwerten und öffentlich zugänglich zu machen.

Die in der vorliegenden Untersuchung vorgenommenen quantitativen Abschätzungen basieren überwiegend auf den aus dem Atomkraftwerk freigesetzten radioaktiven Cäsiumisotopen Cs-134 und Cs-137.

Aber nicht nur radioaktives Cäsium ist eine potenzielle Gefahr. Dem japanischen Regierungsbericht an die IAEA vom Juni 2011 zufolge wurde die Bevölkerung allein über die Luft mit zahlreichen Strahlenpartikeln belastet. Ein gefährlicher Radioaktivitäts-Cocktail:² Xenon-133, Cäsium-134 und -137, Strontium-89 und -90, Barium-140, Tellur-127m, -129m, -131m und -132, Ruthenium-103 und -106, Zirkonium-95, Cerium-141 und -144, Neptunium-239, Plutonium-238, -239, -240 und -241, Yttrium-91, Praseodym-143, Neodym-147, Curium-242, Jod-131, -132, -133 und 135, Antimon-127 und -129 sowie Molybdän-99.

Zu erwartende Krebserkrankungen gemäß UNSCEAR-Daten

Der „UNSCEAR 2013 Report“ machte erstmals Abschätzungen der Kollektivdosis der japanischen Bevölkerung öffentlich (vgl. Tabelle 3.1).³

Demzufolge ist die externe Strahlenbelastung aufgrund von abgelagerten Radionukliden mit geschätzten 25.000 PSv in 10 Jahren und 36.000 PSv in 80 Jahren der dominierende Belastungspfad für die japanische Bevölkerung.

² Government of Japan: Report of Japanese Government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety. The Accident at TEPCO's Fukushima Nuclear Power Stations. Nuclear Emergency Response Headquarters. June 2011.
www.kantei.go.jp/foreign/kan/topics/201106/iaea_houkokusho_e.html.

³ United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSCEAR 2013 Report. Volume I. REPORT TO THE GENERAL ASSEMBLY SCIENTIFIC ANNEX A: Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami. New York. 2014. p. 198 ff.

Tabelle 3.1: Effektive Kollektivdosen und Schilddrüsendosen der Bevölkerung Japans (128 Millionen in 2010)

Exposure pathway	Exposure duration		
	First year	10 years	Up to age 80 years
Collective effective dose (thousand man-sieverts)			
Inhalation	1.2	1.2	1.2
External	10	25	36
Ingestion	6.5	10	11
Total	18	36	48
Collective absorbed doses to thyroid (thousand man-grays)			
Inhalation	22	22	22
External	10	25	36
Ingestion	50	53	54
Total	82	100	110

Der zweitwichtigste Belastungspfad ist die Ingestion von Radionukliden durch die Nahrungsaufnahme. Dies trägt nach Angaben von UNSCEAR mit 10.000 PSv in 10 Jahren und unwesentlich mehr mit 11.000 PSv in 80 Jahren zur Belastung bei.

Hinzu kommt die Inhalation mit 1.200 PSv im Frühjahr 2011.

Insgesamt ergibt sich laut UNSCEAR eine Kollektivdosis von 18.000 PSv im 1. Folgejahr von Fukushima, von 36.000 PSv in 10 Jahren und von 48.000 PSv in 80 Jahren (Lebenszeitdosis).

Bei Verwendung der Risikofaktoren (lifetime attributable risk, LAR) gemäß BEIR VII (Inzidenz 0,18/PSv, Mortalität 0,09/PSv; DDREF = 1) ist mit 8.600 Krebserkrankungen zu rechnen, von denen 4.300 tödlich verlaufen.

Neuere Studien deuten auf ein etwa doppelt so großes Risiko hin (Inzidenz 0,4/PSv, Mortalität 0,2/PSv; DDREF = 1).⁴ Mit diesen Risikofaktoren wäre mit 19.200 Krebserkrankungen und 9.600 Krebstodesfällen zu rechnen.

Tabelle 3.2: Effektive Kollektivdosen der Bevölkerung Japans (128 Millionen in 2010)

	1. Folgejahr	in 10 Jahren	in 80 Jahren
Kollektivdosis [PSv]	18.000	36.000	48.000
Erwartete Krebsfälle (Inzidenz) EAR/Sv=0,18/Sv (DDREF=1)	3.200	6.500	8.600
Erwartete Krebsfälle (Inzidenz) EAR/Sv=0,4/Sv (DDREF=1)	7.200	14.400	19.200
Kollektivdosis gemäß UNSCEAR 2013, Berechnungen von Henrik Paulitz/IPPNW, Beratung durch Dr. Alfred Körblein			

UNSCEAR räumt offen ein, dass die Angaben zu den Kollektivdosen mit außerordentlich großen Unsicherheiten behaftet sind.⁵

⁴ IPPNW: Gefahren ionisierender Strahlung. Ergebnisse des Ulmer Expertentreffens vom 19. Oktober 2013. IPPNW-Informationen. Januar 2014. S. 3.

⁵ United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSCEAR 2013 Report. Volume I. REPORT TO THE GENERAL ASSEMBLY SCIENTIFIC ANNEX A: Levels and effects of

In einer kritischen Analyse des UNSCEAR-Berichts weist die IPPNW auf zahllose Unstimmigkeiten hin. Zu den Kernpunkten der Kritik zählen die von UNSCEAR unterstellten Freisetzungsmengen. So wird, basierend auf Daten der Japanese Atomic Energy Agency (JAEA), lediglich angenommen, dass 120 PBq Jod-131 freigesetzt worden seien, obwohl selbst die Betreibergesellschaft Tepco 500 PBq angegeben hatte. Ebenso übernahm UNSCEAR von der JAEA einen Freisetzungswert für Cäsium-137 von nur 9 PBq, obwohl das Norwegian Institute for Air Research (NILU) zuvor eine Freisetzungsmenge von 37 PBq ermittelt hatte. Strontium-90,⁶ Plutonium und andere freigesetzte Radionuklide wurden fast vollständig ausgeklammert.⁷

Hinsichtlich der internen Strahlenbelastung durch Nahrungsmittel stützt sich UNSCEAR auf eine unveröffentlichte Datenbank von IAEA und FAO. Da die IAEA satzungsgemäß der Förderung der Atomenergie verpflichtet ist, handelt es sich nicht um eine zweckmäßige oder gar vertrauenswürdige Datenquelle. Exemplarische Vergleiche selbst mit Daten des japanischen Wissenschaftsministeriums MEXT deuten darauf hin, dass die Kontaminationswerte der IAEA sehr niedrig angesetzt erscheinen.⁸

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass die UNSCEAR-Daten zu erheblichen Unterschätzungen der Unfallfolgen führen.

Abschätzung der Krebsfälle durch externe Strahlenbelastung

Alternativ-Rechnung 1:

Einem internationalen Forscherteam zufolge wurden die Böden der westlichen Landesregionen Japans mit bis zu 25 Bq/kg Cäsium-137 kontaminiert, während es in östlichen Landesteilen meist mehr als 100 Becquerel sind. In den Präfekturen Fukushima, Miyagi, Tochigi und Ibaraki wurden Cäsiumbelastungen in der Größenordnung von 5.000 Bq/kg ermittelt (mit noch weitaus höheren Werten in der Nähe des havarierten Atomkraftwerks).⁹

Die Veröffentlichung in den „Proceedings of the National Academy of Sciences“ vom November 2011 enthält eine Grafik (Fig. 3, S. 19532), der die durchschnittliche Cs-137-Bodenkontamination in den 47 japanischen Präfekturen (in Bq/kg) Boden näherungsweise entnommen werden konnte (vgl. Abb. 1).

radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami. New York. 2014. p. 199 ff.

⁶ Vgl. Henrik Paulitz: Strontium-Freisetzungen aus Fukushima. IPPNW-Informationen. Februar 2015. http://www.ippnw.de/commonFiles/pdfs/Info/Strontium-Freisetzungen_aus_Fukushima.pdf

⁷ IPPNW: Critical Analysis of the UNSCEAR Report “Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 Great East-Japan Earthquake and tsunami”. IPPNW-Informationen. Alex Rosen, Yuri Hiranuma, Alfred Meyer, John Rachow. Berlin. June 5th, 2014. p. 7 f.

⁸ IPPNW: Critical Analysis of the UNSCEAR Report “Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 Great East-Japan Earthquake and tsunami”. IPPNW-Informationen. Alex Rosen, Yuri Hiranuma, Alfred Meyer, John Rachow. Berlin. June 5th, 2014. p. 8 f.

⁹ Yasunari TY et. al: Cesium-137 deposition and contamination of Japanese soils due to the Fukushima nuclear accident. By Teppei J. Yasunari, Andreas Stohl, Ryugo S. Hayano, John F. Burkhart, Sabine Eckhardt and Tetsuzo Yasunarie. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS). December 6, 2011. vol. 108. no. 49. p. 19530–19534. Abstract: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1112058108. Letzter Zugriff 21.02.2013.

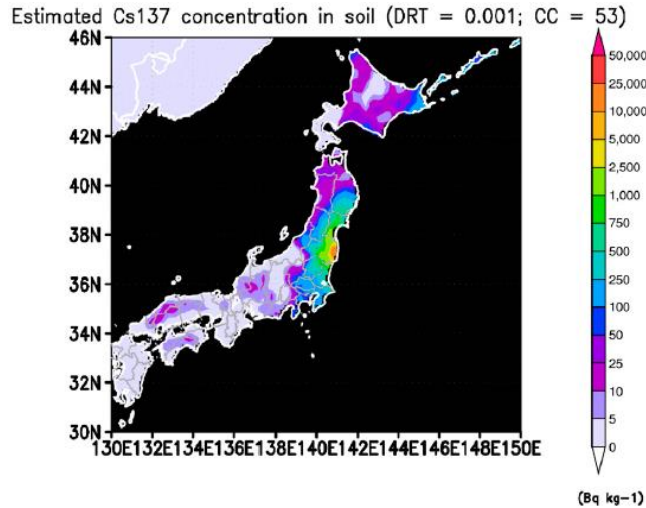


Abb. 1: Konzentration von Cäsium-137 in den Böden Japans (Bq/kg) infolge der Atomkatastrophe von Fukushima¹⁰

Ein Vergleich der Summe der so ermittelten Cs-137-Gesamtaktivität in den Böden Japans ($3,47 \cdot 10^{15}$ Bq) mit der von Stohl et. al. 2012 bestimmten, deutlich höheren Bodenkontamination ($6,40 \cdot 10^{15}$ Bq) zeigt, dass die Abschätzung auf der Basis von Abb. 1 insgesamt konservativ ist und eher zu einer Unterschätzung der Belastung führt.

Auf Grundlage dieser Daten wurde für jede Präfektur die durchschnittliche Cs-137-Bodenkontamination pro Quadratmeter ermittelt (Bq/m^2).¹¹ Für die Bestimmung der durchschnittlichen Ortsdosisleistung war neben der Cäsium-137 auch die Kontamination mit Cäsium-134 zu berücksichtigen. Nach Angaben der japanischen Atomaufsichtsbehörde NISA wurde aus dem Atomkraftwerk Fukushima 1,2 mal so viel Cs-134 wie Cs-137 freigesetzt.^{12,13} Unter Berücksichtigung der kürzeren Halbwertszeit von Cs-134 (2 Jahre) wurde für das gesamte erste Folgejahr für Cs-134 und für Cs-137 eine durchschnittliche Bodenkontamination in vergleichbarer Höhe angenommen (Verhältnis 1:1).¹⁴

Der Dosiskoeffizient für Gamma-Bodenstrahlung beträgt $1,5 \times 10^{-15}$ (Sv/s)/(Bq/m²) für Cs-134 und $5,3 \times 10^{-16}$ (Sv/s)/(Bq/m²) für Cs-137. Die Umrechnungsfaktoren zur Ermittlung der durch Fukushima durchschnittlich erhöhten Ortsdosisleistung (mSv/a) betragen für Cs-134 47,3 (mSv/a)/(MBq/m²), für Cs-137 16,7

¹⁰ Yasunari TY et. al: Cesium-137 deposition and contamination of Japanese soils due to the Fukushima nuclear accident. By Teppei J. Yasunari, Andreas Stohl, Ryugo S. Hayano, John F. Burkhart, Sabine Eckhardt and Tetsuzo Yasunarie. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS). December 6, 2011. vol. 108. no. 49. p. 19530–19534. Abstract: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1112058108. Letzter Zugriff 21.02.2013.

¹¹ Für die Umrechnung der spezifischen Aktivität pro kg Boden (Bq/kg) in die Aktivität pro Fläche (Bq/m^2) wurde eine 5 cm dicke, kontaminierte Erdschicht mit einem spezifischen Gewicht von 1 g/cm³ angenommen.

¹² "A preliminary estimate made by the Nuclear and Industrial Safety Agency of Japan (NISA) indicated that 160 PBq of 131I, 18 PBq of 134Cs and 15 PBq of 137Cs were spewed into the atmosphere between 11 and 16 March 2011." Vgl. Nobuyuki Hamada, Haruyuki Ogino, Yuki Fujimichi: Safety regulations of food and water implemented in the first year following the Fukushima nuclear accident. Journal of Radiation Research (2012) 53 (5): 641-671. doi: 10.1093/jrr/rrs032 First published online: July 22, 2012. <http://jrr.oxfordjournals.org/content/53/5/641.full.pdf+html>. Letzter Zugriff 22.02.2013.

¹³ Vgl. auch Vgl. auch Tokyo Electric Power Company: Estimation of the released amount of radioactive materials into the atmosphere as a result of the accident in the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (Estimation made as of May 2012). May 24, 2012. http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/betu12_e/images/120524e0201.pdf. Letzter Zugriff 22.02.2013.

¹⁴ $\int_0^1 \exp(-\tau \cdot t) dt$ von $t=0$ bis $t=1$ (Jahr), mit $\tau = \ln(2)/\text{HWZ}$. Ergebnis: $\text{HWZ}/\ln(2) \cdot (1 - \exp(-\ln(2) \cdot 1/\text{HWZ}))$ bzw. mit $\text{HWZ}=2$ (Jahre): Faktor 0,845. $1,2 \cdot 0,845$ ergibt in etwa 1.

(mSv/a)/(MBq/m²).¹⁵ Unter Berücksichtigung der Einwohnerzahl wurde für jede Präfektur die Kollektivdosis im ersten Folgejahr bestimmt. Für ganz Japan ergaben sich so 63.166 Personen-Sievert (PSv) für das erste Folgejahr (vgl. Tabelle 4).

¹⁵ Umrechnung in mSv/a: $8760 \text{ h/a} \cdot 3600 \text{ s/h} = 31.5 \text{ Mio s/a}$. Dosisfaktor Cs-137: $DF = 5,3E-16 \text{ Sv/s} \cdot \text{Bq/m}^2 = 5,3E-16 \cdot 31.5E6 \cdot 1000 \text{ mSv/Sv} \cdot 1000 \text{ Bq/kBq} = 5,3 \cdot 31,5E-4 = 0,0167 \text{ (mSv/a)/(kBq/m}^2) = 16,7 \text{ (mSv/a) / (MBq/m}^2)$. Entsprechend für Cs-134: $DF = 16,7 \cdot 15/5,3 = 47,3 \text{ (mSv/a) / (MBq/m}^2)$.

Tabelle 4: Bestimmung der Kollektivdosen in den japanischen Präfekturen aufgrund der äußeren Strahlenbelastung infolge der Freisetzung von Radio-cäsium

	Fläche [qkm]	Einwohner [Anz.]	Cs-137* [Bq/kg]	Durchschn. Ortsdosis- leistung [mSv/a]	Kollektiv- dosis [PSv]
A) Präfekturen Fukushima, Miyagi, Tochigi und Ibaraki					
Präfektur Fukushima	13.782	1.960.523	2500	8,000	15.684
Präfektur Miyagi	6.862	2.326.957	1200	3,840	8.936
Präfektur Tochigi	6.408	1.993.479	400	1,280	2.552
Präfektur Ibaraki	6.096	2.946.020	500	1,600	4.714
Zwischensumme	33.148	9.226.979			
B) Ostjapan ohne Fukushima, Miyagi, Tochigi und Ibaraki					
Region Hokkaidō					
Präfektur Hokkaidō	83.456	5.475.783	50	0,160	876
Region Tōhoku (ohne Fukushima u. Miyagi)					
Präfektur Akita	11.612	1.061.773	50	0,160	170
Präfektur Aomori	9.606	1.349.294	50	0,160	216
Präfektur Iwate	15.279	1.302.645	500	1,600	2.084
Präfektur Yamagata	9.323	1.151.685	250	0,800	921
Region Kantō (ohne Ibaraki u. Tochigi)					
Präfektur Chiba	5.157	6.195.643	250	0,800	4.957
Präfektur Gunma	6.363	1.992.143	50	0,160	319
Präfektur Kanagawa	2.416	9.075.075	100	0,320	2.904
Präfektur Saitama	3.797	7.211.316	250	0,800	5.769
Präfektur Tokio	2.187	13.228.912	250	0,800	10.583
Region Chūbu (nur 5 Präf.)					
Präfektur Shizuoka	7.780	3.731.717	25	0,080	299
Präfektur Aichi	5.163	7.428.769	10	0,032	238
Präfektur Gifu	1.598	2.064.888	20	0,064	132
Präfektur Nagano	13.562	2.130.448	5	0,016	34
Präfektur Yamanashi	4.465	851.345	20	0,064	54
Zwischensumme	181.764	64.251.436			
C) West-Japan					
Region Kyūshū (Süd- japan)					
Präfektur Fukuoka	4.976	5.088.063	5	0,016	81
Präfektur Saga	2.440	843.302	5	0,016	13
Präfektur Nagasaki	4.095	1.406.959	5	0,016	23
Präfektur Komamoto	7.405	1.807.798	5	0,016	29

Präfektur Ōita	6.339	1.185.179	5	0,016	19
Präfektur Miyazaki	7.735	1.125.902	5	0,016	18
Präfektur Kagoshima	9.188	1.689.291	5	0,016	27
Präfektur Okinawa	2.276	1.412.753	5	0,016	23
Region Shikoku					
Präfektur Ehime	5.678	1.414.316	10	0,032	45
Präfektur Kagawa	1.876	989.320	5	0,016	16
Präfektur Kōchi	7.105	751.142	10	0,032	24
Präfektur Tokushima	4.146	775.421	5	0,016	12
Region Chūgoku					
Präfektur Hiroshima	8.479	2.849.619	10	0,032	91
Präfektur Okayama	7.113	1.936.593	5	0,016	31
Präfektur Shimane	6.708	706.848	10	0,032	23
Präfektur Tottori	3.507	581.597	5	0,016	9
Präfektur Yamaguchi	6.112	1.430.338	5	0,016	23
Region Kinki					
Präfektur Shiga	4.017	1.417.291	5	0,016	23
Präfektur Mie	5.777	1.838.629	5	0,016	29
Präfektur Kyōto	4.613	2.627.571	10	0,032	84
Präfektur Nara	3.691	1.389.066	5	0,016	22
Präfektur Ōsaka	1.897	8.865.882	5	0,016	142
Präfektur Wakayama	4.726	986.604	5	0,016	16
Präfektur Hyōgo	8.393	5.571.822	5	0,016	89
Region Chūbu (nur 4 Präf.)					
Präfektur Niigata	12.583	2.345.660	100	0,320	751
Präfektur Toyama	4.248	1.082.248	5	0,016	17
Präfektur Ishikawa	4.185	1.163.071	5	0,016	19
Präfektur Fukui	4.189	799.104	10	0,032	26
Zwischensumme	153.497	54.081.389			
Summe					63.166
Kontaminationsdaten von Yasunari et. al. 2011, Berechnungen von Henrik Paulitz/IPPNW, Beratung durch Dr. Alfred Körblein					

Da sich die Menschen nur teilweise im Freien aufhalten und in Gebäuden eine gewissen Abschirmung herrscht, wurde angenommen, dass die Bevölkerung nur 50% der Freilanddosis und somit 31.583 PSv ausgesetzt war. Es wurde, der deutschen Strahlenschutzkommission SSK (nach Tschernobyl) folgend, die Annahme getroffen, dass die Lebenszeitdosis der dreifachen Dosis des 1. Folgejahres entspricht. So ergab sich für die Japaner eine Lebenszeitdosis von 94.749 PSv (vgl. Tabelle 5).

Unter Verwendung der Risikofaktoren gemäß BEIR VII (Inzidenz 0,18/PSv, Mortalität 0,09/PSv; DDREF = 1) errechnen sich 17.055 zu erwartende Krebserkrankungen, von denen 8.527 tödlich verlaufen.

Auf der Basis aktueller Risikofaktoren (Inzidenz 0,4/PSv, Mortalität 0,2/PSv; DDREF = 1) ergeben sich 37.900 Krebserkrankungen und 18.950 Krebstodesfälle.

Tabelle 5: Zu erwartende Krebserkrankungen in Japan aufgrund der äußeren Strahlenbelastung infolge der Freisetzung von Radiocäsium (Var. 1)

Externe Kollektiv-Dosis 1. Folgejahr Freiland [PSv]	63.166
Effektive Dosis (50% infolge shielding) [PSv]	31.583
Lebenszeitdosis (3 x 1. Folgejahr) [PSv]	94.749
Erwartete Krebsfälle (Inzidenz), mit EAR/Sv=0,18/Sv (DDREF=1)	17.055
Erwartete Krebstodesfälle (Mortalität), mit EAR/Sv=0,09/Sv (DDREF=1)	8.527
Erwartete Krebsfälle (Inzidenz), mit EAR/Sv=0,4/Sv (DDREF=1)	37.900
Erwartete Krebstodesfälle (Mortalität), mit EAR/Sv=0,2/Sv (DDREF=1)	18.950
Kontaminationsdaten von Yasunari et. al. 2011, Berechnungen von Henrik Paulitz/IPPNW, Beratung durch Dr. Alfred Körblein	

Alternativ-Rechnung 2:

Eine zweite Abschätzung der zu erwartenden Krebserkrankungen durch äußere Strahlenbelastung wurde auf der Grundlage von Daten eines Forscherteams um Dr. Andreas Stohl vom Norwegian Institute for Air Research vorgenommen. Demnach wurden bis zum 20. April 2011 rund 36,6 Petabecquerel¹⁶ (PBq) Cäsium-137 aus dem Atomkraftwerk Fukushima freigesetzt, wovon 6,4 PBq (rund 18%) auf der japanischen Landfläche abgelagert wurden (vgl. Abb. 2).¹⁷

Japan wurde demnach mit durchschnittlich 16.939 Bq/ m² Cs-137 kontaminiert. Unter Berücksichtigung der Kontamination durch Cs-134 errechnet sich eine durch Fukushima durchschnittlich erhöhte Ortsdosisleistung von 1,084 mSv/a. Multipliziert mit der japanischen Einwohnerzahl (127 Mio.) ergibt sich eine Kollektiv-Dosis für das erste Folgejahr in Höhe von 137.677 PSv im Freiland und von 68.839 PSv unter Berücksichtigung der abschirmenden Wirkung von Gebäuden (vgl. Tabelle 6).

¹⁶ Peta steht für Billiarde, 10 hoch 15: 1.000.000.000.000.000.

¹⁷ Stohl A et. al.: Xenon-133 and caesium-137 releases into the atmosphere from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant: determination of the source term, atmospheric dispersion, and deposition. By A. Stohl, P. Seibert, G. Wotawa, D. Arnold, J. F. Burkhart, S. Eckhardt, C. Tapia, A. Vargas, and T. J. Yasunari. In: Atmos. Chem. Phys., 12, p. 2313–2343. 2012. <http://www.atmos-chem-phys.net/12/2313/2012/acp-12-2313-2012.pdf>. Letzter Zugriff 21.02.2013.

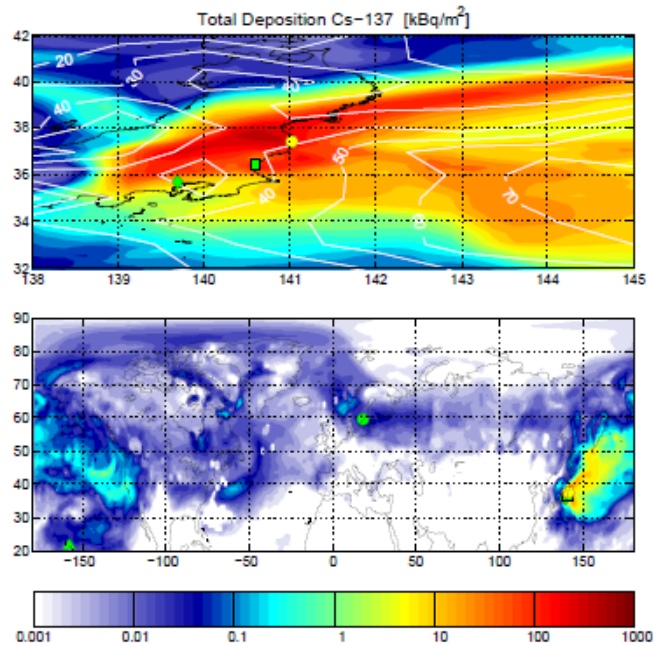


Abb. 2: Ablagerung von Cäsium-137 infolge der Atomkatastrophe von Fukushima bis zum 20. April 2011. Die obige Grafik zeigt Japan (gelber Kreis: Atomkraftwerk Fukushima, grüne Raute: Tokio), die untere die weltweite Verbreitung der radioaktiven Partikel (grüner Kreis: Stockholm)¹⁸

Tabelle 6: Zu erwartende Krebserkrankungen in Japan aufgrund der äußeren Strahlenbelastung infolge der Freisetzung von Radiocäsium (Var. 2)

Einwohner Japans [Anz.]	127.000.000
Landesfläche Japan [qkm]	377835
Cäsium-137-Freisetzung gesamt [PBq]	36,6
Cäsium-137-Kontamination Japan [PBq]	6,4
Cäsium-137-Kontamination Japan [Bq]	6,40E+15
Cs-137 [Bq/m ²]	16.939
Durchschnittlich erhöhte Ortsdosisleistung durch Cs-134/Cs-137 [mSv/a]	1,08
Externe Kollektiv-Dosis 1. Folgejahr Freiland [PSv]	137.677
Effektive Dosis (50% infolge shielding) [PSv]	68.839
Lebenszeitdosis (3 x 1. Folgejahr) [PSv]	206.516
Erwartete Krebsfälle (Inzidenz), mit EAR/Sv=0,18/Sv (DDREF=1)	37.173
Erwartete Krebstodesfälle (Mortalität), mit EAR/Sv=0,09/Sv (DDREF=1)	18.586
Erwartete Krebsfälle (Inzidenz), mit EAR/Sv=0,4/Sv (DDREF=1)	82.606
Erwartete Krebstodesfälle (Mortalität), mit EAR/Sv=0,2/Sv (DDREF=1)	41.303
Kontaminationsdaten von Stohl et. al. 2012, Berechnungen von Henrik Paulitz/IPPNW, Beratung durch Dr. Alfred Körblein	

¹⁸ Stohl A et. al.: Xenon-133 and caesium-137 releases into the atmosphere from the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant: determination of the source term, atmospheric dispersion, and deposition. By A. Stohl, P. Seibert, G. Wotawa, D. Arnold, J. F. Burkhart, S. Eckhardt, C. Tapia, A. Vargas, and T. J. Yasunari. In: Atmos. Chem. Phys., 12. p. 2313–2343. 2012. <http://www.atmos-chem-phys.net/12/2313/2012/acp-12-2313-2012.pdf>. Letzter Zugriff 21.02.2013.

Die ermittelte Lebenszeitdosis (die dreifache Dosis des 1. Folgejahrs, siehe oben) in Höhe von 206.516 PSv resultiert auf der Grundlage der Risikofaktoren gemäß BEIR VII (Inzidenz 0,18/PSv, Mortalität 0,09/PSv; DDREF = 1) in 37.173 zu erwartenden Krebsfällen (Inzidenz), von denen 18.586 tödlich enden.

Auf der Basis aktueller Risikofaktoren (Inzidenz 0,4/PSv, Mortalität 0,2/PSv; DDREF = 1) ergeben sich 82.606 Krebserkrankungen mit 41.303 Krebstodesfällen (vgl. Tabelle 6).

Alternativ-Rechnung 3:

Für eine alternative dritte Abschätzung der zu erwartenden Krebserkrankungen durch äußere Strahlenbelastung wurden die von Annette Hack und Thomas Dersee¹⁹ 1,5 Jahre nach Beginn der Atomkatastrophe im Herbst 2012 durchgeführten Messungen der Ortsdosisleistung zugrunde gelegt.²⁰

Auf der Basis von insgesamt 37 24-Stunden-Tagesmittelwerten, also von kontinuierlichen Messungen im Fünf-Minuten-Abstand über 37 Tage hinweg, wurden für die Fukushima-Region, für das sonstige Ost-Japan und für West-Japan die in Tabelle 7 dargestellten durchschnittlichen Ortsdosisleistungen im 2. Folgejahr ermittelt.

Tabelle 7: Durchschnittliche Ortsdosisleistung (ODL) in verschiedenen Landesteilen Japans 1,5 Jahre nach Beginn der Atomkatastrophe im Herbst 2012

	Hintergrundstrahlung vor Fukushima (ODL)* [µSv/h]	Im Herbst 2012 gemessene durchschnittliche ODL [µSv/h]	Durch Fukushima erhöhte durchschnittliche ODL im Herbst 2012 [µSv/h]
Fukushima-Region	0,072	0,192	0,120
Sonstiges Ost-Japan	0,069	0,126	0,057
West-Japan	0,082	0,153	0,071

Messdaten von Hack/Dersee 2012, Berechnungen von Henrik Paulitz/IPPNW, Beratung durch Dr. Alfred Körblein
 *Daten von MEXT für die terrestrische Strahlung zzgl. einer angenommenen durchschnittlichen kosmischen Strahlung von 0,034 µSv/h (0,3 mSv/a)

Nach Angaben des japanischen Wissenschaftsministeriums (MEXT) lag die terrestrische Hintergrundstrahlung in Tokio vor der Atomkatastrophe von Fukushima bei 0,036 µSv/h.²¹ Die für die einzelnen Präfekturen angegebenen Werte wurden jeweils für die Fukushima-Region (0,038 µSv/h), für das sonstige Ost-Japan (0,035 µSv/h) und für West-Japan (0,047 µSv/h) gemittelt.

¹⁹ Dersee ist Herausgeber des deutschsprachigen Informationsdienstes „Strahlentelex“.

²⁰ Annette Hack, Thomas Dersee: Folgen von Fukushima. Durchhalteparolen und falsche Strahlungsmessungen. Tabelle 1. Messungen der Ortsdosisleistungen in Japan im Herbst 2012. Strahlentelex Nr. 622-623. 2012. S. 4. http://www.strahlentelex.de/Stx_12_622-623_S01-09.pdf. Letzter Zugriff 22.02.2013.

²¹ Iori Mochizuki: Radiation back ground level was 0.036 µSv/h in Tokyo before 311. Fukushima Diary. December 24th, 2012. <http://fukushima-diary.com/2012/12/radiation-back-ground-level-was-0-036-%CE%BCsvh-in-tokyo-before-311>. Letzter Zugriff 22.02.2013.

Diesen Werten war noch die Strahlenbelastung durch kosmische Strahlung von $0,034 \mu\text{Sv/h}$ ($0,3 \text{ mSv/a}$) hinzuzufügen.²² Die über die MEXT-Daten ermittelten durchschnittlichen Werte der terrestrischen Strahlung für die drei Landesregionen wurden entsprechend um diesen Wert erhöht. So ergaben sich die in Tabelle 7 dargestellten Ortsdosisleistungen vor Fukushima in Höhe von $0,072 \mu\text{Sv/h}$, $0,069 \mu\text{Sv/h}$ bzw. $0,082 \mu\text{Sv/h}$.

Durch Fukushima waren auch im zweiten Folgejahr nach der Atomkatastrophe die Werte deutlich erhöht: Um $0,120 \mu\text{Sv/h}$ in der Fukushima-Region, um $0,057 \mu\text{Sv/h}$ im sonstigen Ost-Japan und um $0,071 \mu\text{Sv/h}$ in West-Japan. Bemerkenswert dabei ist, dass diesen Werten zufolge die erhöhte Ortsdosisleistung in West-Japan immerhin rund 60% der Erhöhung der Ortsdosisleistung in der Fukushima-Region betrug.

Wie in Tabelle 8 dargestellt, wurden die durch Fukushima verursachten durchschnittlichen Ortsdosisleistungen im ersten Folgejahr durch die vermutlich konservative Annahme ermittelt, dass diese ca. 25% höher gewesen sein werden als die Ortsdosisleistungen des zweiten Folgejahres. Multipliziert mit den Einwohnerzahlen ergeben sich Kollektiv-Dosen in den drei betrachteten Regionen im Freiland, die aufgrund der abschirmenden Wirkung von Gebäuden wiederum deutlich zu vermindern sind (Annahme: Faktor 2).

Dieses Vorgehen ist konservativ, da die Messungen der Ortsdosisleistungen zweitweise relativ gut abgeschirmt in oberen Stockwerken von Hotels erfolgte.²³

„Bei der Bewertung dieser Belastungen ist zu beachten, dass Hotels im heute überwiegend westlichen Stil typischerweise Hochhäuser sind. Der Aufenthalt nachts in den oberen Stockwerken bedeutet für Touristen eine beträchtliche Verringerung der Strahlenbelastung auf Werte um $0,1 \mu\text{Sv/h}$ (etwa im 6. Stock des Richmond-Hotels in Fukushima-Stadt). Das senkt den Tagesdurchschnitt deutlich. Die Belastungen in freier Natur, in den vielfach ein- und zwei - stöckigen traditionellen Gebäuden und während der Fahrten durch die Landschaft sind zum Teil beträchtlich höher (siehe die Tabellen 2 und 3) und entsprechen denen der einheimischen Bevölkerung.“

Es ergeben sich Lebenszeit-Kollektivdosen von 18.237 PSv für die Fukushima-Region, 60.456 PSv für das sonstige Ost-Japan und 63.395 PSv für West-Japan. Die Summe für Japan insgesamt beträgt 142.089 PSv.

Bei Verwendung der Risikofaktoren gemäß BEIR VII (Inzidenz $0,18/\text{PSv}$, Mortalität $0,09/\text{PSv}$; DDREF = 1) ist mit rund 25.576 Krebserkrankungen zu rechnen, von denen 12.788 tödlich verlaufen.

Bei Verwendung aktueller Risikofaktoren (Inzidenz $0,4/\text{PSv}$, Mortalität $0,2/\text{PSv}$; DDREF = 1) ergeben sich 56.836 Krebserkrankungen und 28.418 Krebstodesfälle (vgl. Tabelle 8).

²² Wikipedia: Background radiation. http://en.wikipedia.org/wiki/Background_radiation. Letzter Zugriff 27.02.2013.

²³ Annette Hack, Thomas Dersee: Folgen von Fukushima. Durchhalteparolen und falsche Strahlungsmessungen. Tabelle 1. Messungen der Ortsdosisleistungen in Japan im Herbst 2012. Strahlentelex Nr. 622-623. 2012. S. 4. http://www.strahlentelex.de/Stx_12_622-623_S01-09.pdf. Letzter Zugriff 22.02.2013.

Tabelle 8: Zu erwartende Krebserkrankungen in Japan aufgrund der äußeren Strahlenbelastung auf Basis von gemessenen erhöhten Ortsdosisleistungen (Var. 3)

	Fukushima-Region	Sonstiges Ostjapan	Sonstiges Westjapan	Japan gesamt
Einwohner	9.226.979	64.251.436	54.081.389	127.559.804
Gemessene Ortsdosisleistung 2. Folgejahr [$\mu\text{Sv/h}$]	0,192	0,126	0,153	
Errechneter Effekt durch Fukushima auf die Ortsdosisleistung 2. Folgejahr [$\mu\text{Sv/h}$]	0,120	0,057	0,071	
Geschätzter Effekt durch Fukushima auf die Ortsdosisleistung im 1. Folgejahr (25% höher als im 2. Folgejahr) [$\mu\text{Sv/h}$]	0,150	0,072	0,089	
Geschätzte Erhöhung der Ortsdosisleistung im 1. Folgejahr durch Fukushima [mSv/a]	1,318	0,627	0,781	
Errechnete externe Kollektivdosis 1. Folgejahr Freiland [PSv]	12.158	40.304	42.263	
Errechnete effektive Dosis (50% infolge von Abschirmung) [PSv]	6.079	20.152	21.132	
Errechnete Lebenszeitdosis (3 x 1. Folgejahr) [PSv]	18.237	60.456	63.395	142.089
Erwartete Krebsfälle (Inzidenz) , mit $\text{EAR/Sv}=0,18/\text{Sv}$ (DDREF=1)	3.283	10.882	11.411	25.576
Erwartete Krebstodesfälle (Mortalität), mit $\text{EAR/Sv}=0,09/\text{Sv}$ (DDREF=1)	1.641	5.441	5.706	12.788
Erwartete Krebsfälle (Inzidenz) , mit $\text{EAR/Sv}=0,4/\text{Sv}$ (DDREF=1)	7.295	24.183	25.358	56.836
Erwartete Krebstodesfälle (Mortalität), mit $\text{EAR/Sv}=0,2/\text{Sv}$ (DDREF=1)	3.647	12.091	12.679	28.418
Messdaten von Hack/Dersee 2012, Berechnungen von Henrik Paulitz/IPPNW, Beratung durch Dr. Alfred Körblein				

Vergleich der Alternativ-Rechnungen:

Tabelle 9 zeigt die Ergebnisse der drei methodischen Ansätze unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Risikofaktoren zur Abschätzung der Erkrankungszahlen aufgrund äußerer Strahlung im Überblick. Es zeigt sich, dass mit einer Größenordnung zwischen 17.000 bis 82.000 Krebserkrankungen aufgrund der externen Strahlenbelastung gerechnet werden muss.

Tabelle 9: Erwartete Krebserkrankungen aufgrund ext. Strahlenbelastung

Datengrundlage	Krebserkrankungsfälle gemäß BEIR VII (korrigiert DDREF = 1)	Krebserkrankungsfälle gemäß „Ulmer Expertentreffen“
Yasunari et. al. 2011	17.055	37.900
Stohl et. al. 2012	37.173	82.606
Hack/Dersee 2012	25.576	56.836
Berechnungen von Henrik Paulitz/IPPNW, Beratung durch Dr. Alfred Körblein		

Krebserkrankungen aufgrund der Strahlenbelastung von Nahrungsmitteln

Dem Statistik-Handbuch 2012 des japanischen Innenministeriums konnte die Landwirtschaftsproduktion inklusive Fischerei und Aquakultur für das Jahr 2010 entnommen werden.²⁴ Angesichts der extrem hohen Importabhängigkeit Japans bei Landwirtschaftsprodukten²⁵ und einem nur geringen Produktionsrückgang nach Fukushima wurde für diese Untersuchung angenommen, dass pro Jahr 80% der Nahrungsmittelerzeugung des Jahres 2010 von den Japanern verzehrt werden (30.753.745 t).

Um die durchschnittliche Kontamination von Nahrungsmitteln nach Fukushima zu ermitteln, wurden die vom japanischen Gesundheitsministerium veröffentlichten „korrigierten“ Messergebnisse von Radionukliden in Nahrungsmittelproben vom 19. März 2011 bis zum 31. März 2012 herangezogen.²⁶

Diese Messergebnisse von 133.832 Nahrungsmittelproben aus ganz Japan sind allerdings überwiegend nicht auswertbar, weil in der überwiegenden Zahl der Fälle nicht die ermittelten Messwerte, sondern lediglich unterschrittene Höchstwerte angegeben wurden.

Von gut 17.000 Messwerten, die japanischen Präfekturen zugeordnet werden konnten, ergaben sich für die „Fukushima-Region“ (Präfekturen Fukushima, Miyagi, Tochigi und Ibaraki) eine mittlere Kontamination der Nahrungsmittel mit Gesamt-Cäsium von 180,8 Bq/kg. Für das sonstige Ost-Japan errechneten sich 108,1 Bq/kg und für West-Japan 71,8 Bq/kg Gesamt-Cäsium (vgl. Tabelle 10).

Da aufgrund der Datenbasis unklar ist, ob diese zugrundeliegenden Werte repräsentativ sind, wurde konservativ angenommen, dass die Nahrungsmittel im ersten Folgejahr im Mittel mit lediglich der Hälfte dieser Cäsium-Mengen kontaminiert waren. So ergaben sich 90,4 Bq/kg Gesamt-Cäsium für die Fukushima-Region, 54,0 Bq/kg für das sonstige Ost-Japan und 35,9 Bq/kg für West-Japan (vgl. Tabelle 12).

²⁴ Für die Berechnung wurden 80% der japanischen Produktionsmengen von 2010 zugrunde gelegt. Quelle: Ministry of Internal Affairs and Communications. Statistics Bureau, Director-General for Policy Planning (Statistical Standards) and Statistical Research and Training Institute: Statistical Handbook of Japan 2012. Chapter 5 Agriculture, Forestry and Fisheries. Table 5.2 Agricultural Production. Table 5.3 Production Volumes of Meat, Milk and Eggs. Table 5.6 Production by Fishery Type and Species <http://www.stat.go.jp/english/data/handbook/c05cont.htm>. Letzter Zugriff 17.02.2013.

²⁵ Hanns Günther Hilpert: Japans Agrarimport - Ein Überblick. http://www.dijtokyo.org/doc/dij-jb_12-hilpert.pdf. Letzter Zugriff 21.02.2013.

²⁶ Ministry of Health, Labour and Welfare: Corrected Test results of radionuclide in foods sampled since 19 March 2011 to 31 March 2012 (PDF:10,034KB) (Excel 2007:14,479KB) http://www.mhlw.go.jp/english/topics/2011eq/xls/20110319_20120331.xlsx. Letzter Zugriff 20.02.2013.

Tabelle 10: Mittelwerte der Kontamination von Nahrungsmitteln in den japanischen Präfekturen aus den verfügbaren absoluten Messwerten des Gesundheitsministeriums (19. März 2011 - 31. März 2012)

Region bzw. Präfektur	Fläche [qkm]	Einwohner [Anz]	Gesamt-Cäsium [Bq/kg]	Standardabweichung (Zahl der Messwerte)
A) Präfekturen Fukushima, Miyagi, Tochigi und Ibaraki				
Präfektur Fukushima	13.782	1.960.523	322,8	1698,1 (6249)
Präfektur Miyagi	6.862	2.326.957	118,7	180,3 (1506)
Präfektur Tochigi	6.408	1.993.479	200,5	426,9 (757)
Präfektur Ibaraki	6.096	2.946.020	81,3	236,3 (2287)
Summe "Fukushima-Region"	33.148	9.226.979		
Mittelwert "Fukushima-Region"			180,8	106,9
B) Ost-Japan ohne Fukushima, Miyagi, Tochigi und Ibaraki				
Region Hokkaidō				
Präfektur Hokkaidō	83.456	5.475.783	13,5	37,7 (123)
Region Tōhoku (ohne Fukushima u. Miyagi)				
Präfektur Akita	11.612	1.061.773	59,3	118,7 (106)
Präfektur Aomori	9.606	1.349.294	8,3	13,2 (68)
Präfektur Iwate	15.279	1.302.645	123,2	243,3 (760)
Präfektur Yamagata	9.323	1.151.685	26,9	51,1 (1618)
Region Kantō (ohne Ibaraki u. Tochigi)				
Präfektur Chiba	5.157	6.195.643	76,4	216,2 (720)
Präfektur Gunma	6.363	1.992.143	140,1	224,3 (462)
Präfektur Kanagawa	2.416	9.075.075	164,9	343,3 (235)
Präfektur Saitama	3.797	7.211.316	253,9	289,9 (1692)
Präfektur Tokio	2.187	13.228.912	213,1	336,0 (96)
Region Chūbu (nur 5 Präf.)				
Präfektur Shizuoka	7.780	3.731.717	75,2	115,5 (708)
Präfektur Aichi	5.163	7.428.769	102,9	122,3 (8)
Präfektur Gifu	1.598	2.064.888	89,8	79,3 (70)
Präfektur Nagano	13.562	2.130.448	155,3	276,6 (22)
Präfektur Yamanashi	4.465	851.345	118,4	114,9 (28)
Summe sonstiges Ost-Japan	181.764	64.251.436		
Mittelwert sonstiges Ost-Japan			108,1	70,4

C) West-Japan				
Region Kyūshū (Sūdja-pan)				
Präfektur Fukuoka	4.976	5.088.063	keine Werte*	
Präfektur Saga	2.440	843.302	keine Werte	
Präfektur Nagasaki	4.095	1.406.959	keine Werte	
Präfektur Komamoto	7.405	1.807.798	keine Werte	
Präfektur Ōita	6.339	1.185.179	keine Werte	
Präfektur Miyazaki	7.735	1.125.902	keine Werte	
Präfektur Kagoshima	9.188	1.689.291	keine Werte	
Präfektur Okinawa	2.276	1.412.753	keine Werte	
Region Shikoku				
Präfektur Ehime	5.678	1.414.316	keine Werte	
Präfektur Kagawa	1.876	989.320	keine Werte	
Präfektur Kōchi	7.105	751.142	keine Werte	
Präfektur Tokushima	4.146	775.421	keine Werte	
Region Chūgoku				
Präfektur Hiroshima	8.479	2.849.619	keine Werte	
Präfektur Okayama	7.113	1.936.593	keine Werte	
Präfektur Shimane	6.708	706.848	50,9	33,6 (72)
Präfektur Tottori	3.507	581.597	keine Werte	
Präfektur Yamaguchi	6.112	1.430.338	keine Werte	
Region Kinki				
Präfektur Shiga	4.017	1.417.291	keine Werte	
Präfektur Mie	5.777	1.838.629	66,8	43,2 (24)
Präfektur Kyōto	4.613	2.627.571	keine Werte	
Präfektur Nara	3.691	1.389.066	keine Werte	
Präfektur Ōsaka	1.897	8.865.882	keine Werte	
Präfektur Wakayama	4.726	986.604	keine Werte	
Präfektur Hyōgo	8.393	5.571.822	keine Werte	
Region Chūbu (nur 4 Präf.)				
Präfektur Niigata	12.583	2.345.660	97,7	100,2 (90)
Präfektur Toyama	4.248	1.082.248	keine Werte	
Präfektur Ishikawa	4.185	1.163.071	keine Werte	
Präfektur Fukui	4.189	799.104	keine Werte	
Summe West-Japan	153.497	54.081.389		
Mittelwert West-Japan			71,8	23,8
Mittelwert der Präfekturmittelwerte			120,2	
Daten des japanischen Gesundheitsministeriums, Berechnungen von Henrik Paulitz/IPPNW, Beratung durch Dr. Alfred Körblein **"keine Werte" bedeutet, dass für diese Präfekturen lediglich unterschrittene Höchstwerte anstelle der tatsächlichen Messwerte veröffentlicht wurden, die nicht auswertbar waren.				

Die ökologischen Halbwertszeiten für pflanzliche und tierische Produkte liegen für Cäsium-137 im Bereich von 4 bis 6 Jahren. Nach der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl wurden dabei etwas längere ökologische Halbwertszeiten festgestellt als für die Zeit zuvor (1965 bis 1985). Die Variabilität für das Zeitverhalten von Fischen ist sehr ausgeprägt und ohne Kenntnis der jeweils ortsspezifischen Bedingungen nicht ermittelbar. Im Bereich der oberen Bodenschicht (0-10 cm) wurden für Cäsium-137 ökologische Halbwertszeiten zwischen 30 und 300 Jahren abgeschätzt, d.h. die Aktivitätsabnahme wird hier hauptsächlich durch den radioaktiven Zerfall (die physikalische Halbwertszeit) bestimmt.²⁷

Auf dieser Grundlage wurde in dieser Untersuchung eine ökologische Halbwertszeit für Cs-134 und Cs-137 in Nahrungsmitteln von 5 Jahren angenommen. Für Cs-134 ergibt sich eine effektive Halbwertszeit von 1,43 Jahren und für Cs-137 von 4,3 Jahren (vgl. Tabelle 11).

Tabelle 11: Ingestionsfaktoren und Effektive Halbwertszeiten

Ingestionsfaktor Cs-134 [Sv/Bq]	$1,9 \times 10^{-8}$
Ingestionsfaktor Cs-137 [Sv/Bq]	$1,3 \times 10^{-8}$
Phys. Halbwertszeit Cs-134 [a]	2
Angenommene ökol. Halbwertszeit Cs-134 [a]	5
Effektive Halbwertszeit Cs-134 [a]	1,43
Phys. Halbwertszeit Cs-137 [a]	30
Angenommene ökol. Halbwertszeit Cs-137 [a]	5
Effektive Halbwertszeit Cs-137 [a]	4,3
Berechnungen von Henrik Paulitz/IPPNW, Beratung durch Dr. Alfred Körblein Anmerkung: Effektive HWZ: $1/T(\text{eff}) = 1/T(\text{phys}) + 1/T(\text{ökol})$	

Die angenommene Verzehrmenge aus japanischer Produktion von jährlich 30.753.745 Tonnen wurde auf Basis der Bevölkerungsanteile prozentual den drei definierten japanischen Regionen zugeordnet. (vgl. Tabelle 12).

Unter diesen Annahmen ergab sich insgesamt für Japan eine kollektive Lebenszeitdosis von 93.166 Personen-Sievert. Daraus errechnen sich mit den BEIR VII Risikofaktoren (Inzidenz 0,18/PSv, Mortalität 0,09/PSv; DDREF = 1) knapp 16.800 zu erwartende Krebsfälle (Inzidenz) und knapp 8.400 Krebstodesfälle (Mortalität).

Bei Verwendung aktueller Risikofaktoren (Inzidenz 0,4/PSv, Mortalität 0,2/PSv; DDREF = 1) ist mit rund 37.000 zu erwartenden Krebsfällen (Inzidenz) und mit rund 18.000 zu erwartenden Krebstodesfällen (Mortalität) zu rechnen.

Diese Abschätzung zu den gesundheitlichen Folgen aufgrund kontaminierter Nahrungsmittel ist mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. So stellt sich die Frage, inwieweit die vom japanischen Gesundheitsministerium veröffentlichten und auswertbaren Daten tatsächlich repräsentativ für die mittleren Kontaminationen in den verschiedenen Präfekturen im ersten Folgejahr sind.

²⁷ Pröhl G, Fiedler I, Klemt E, Zibold G, Ehlken S: Erfassung ökologischer Halbwertszeiten von Sr-90 und Cs-137 in terrestrischen und aquatischen Ökosystemen. Herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz. BMU-2004-640. 2004. http://www.bmu.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/schriftenreihe_rs640.pdf. Letzter Zugriff 27.02.2013.

Tabelle 12: Mögliche Krebserkrankungen auf Grundlage der auswertbaren Messergebnisse von Nahrungsmitteln des japanischen Gesundheitsministeriums

	"Fukushima-Region"	Sonstiges Ost-Japan	West-Japan	Japan gesamt
Einwohner [Anz]	9.226.979	64.251.436	54.081.389	127.559.804
Einwohner [%]	7,2	50,4	42,4	
Angenommene Verzehrmenge [t/a]	2.224.558	15.490.556	13.038.631	30.753.745
Mittelwert Gesamt-Cäsium [Bq/kg]	180,8	108,1	71,8	
Angenommener Mittelwert Gesamt-Cäsium (50%) [Bq/kg]	90,4	54,0	35,9	
Cs-134 [Bq/kg]	45,2	27,0	18,0	
Cs-137 [Bq/kg]	45,2	27,0	18,0	
Kollektivdosis 1. Folgejahr Cs-134 [PSv]	1.911	7.952	4.447	
Kollektivdosis 1. Folgejahr Cs-137 [PSv]	1.307	5.441	3.043	
Kollektivdosis Cs-134 [PSv] (Lebenszeit)	3.938	16.388	9.166	
Kollektivdosis Cs-137 [PSv] (Lebenszeit)	8.084	33.639	21.950	
Summe Kollektivdosis [PSv]	12.022	50.028	31.116	93.166
Summe Krebstote (Mortalität) mit EAR/Sv=0,09/Sv (DDREF=1)	1082	4503	2800	8385
Summe Krebserkrankungen (Inzidenz) mit EAR/Sv=0,18/Sv	2164	10.006	5601	16770
Summe Krebstote (Mortalität) mit EAR/Sv=0,2/Sv (DDREF=1)	2.404	10.006	6.223	18.633
Summe Krebserkrankungen (Inzidenz) mit EAR/Sv=0,4/Sv	4.809	20.011	12.446	37.266
Daten des japanischen Gesundheitsministeriums, Berechnungen von Henrik Paulitz/IPPNW, Beratung durch Dr. Alfred Körblein				

Ausgewählte Informationen zur Kontamination von Lebensmitteln

Um die im vorherigen Abschnitt vorgenommenen Annahmen zur Kontamination von Nahrungsmitteln einordnen zu können, werden nachfolgend noch Veröffentlichungen zu Messprogrammen wiedergegeben.

Das japanische Wissenschaftsministerium MEXT veröffentlichte am 18. April 2011 Daten über die Jod- und Cäsium-Kontamination von Gemüse aus der Präfektur Fukushima außerhalb der Evakuierungszone. Die Daten weisen erhebliche Spannen auf mit Werten weit oberhalb von 10.000 Bq/kg, oberhalb von 100.000 Bq/kg als auch oberhalb von 1.000.000 Bq/kg Cs-137. Die Spitzenwerte liegen bei 2.650.000 und 2.870.000 Bq/kg Cs-137.²⁸

²⁸ MEXT: Readings of dust sampling. Readings of environmental monitoring samples (Weed) . April 18, 2011. http://eq.wide.ad.jp/files_en/110418dust_1000_en.pdf. Letzter Zugriff 20.02.2013.

Rund 100 Kilometer südlich des havarierten Atomkraftwerks fand die Präfekturverwaltung Ibaraki Spinat, der mit bis zu 1.931 Bq/kg Radiocäsium kontaminiert war. Die meisten anderen Gemüseproben waren ebenfalls kontaminiert, teilweise weniger und teilweise stärker. In Petersilie wurden 2.110 Bq/kg Cs-137 gefunden, in den in Japan in großen Mengen verzehrten Shiitake-Pilzen wurden 8.000 Bq/kg Cs-137 nachgewiesen. Geringer war die Radioaktivität in Salat, Zwiebeln, Tomaten, Erdbeeren, Weizen und Gerste.²⁹

Nach Angaben des Japanese Atomic Information Forum gab die Präfektur Fukushima im November 2011 bekannt, dass Reis aus der mehr als 50 km vom Atomkraftwerk entfernt gelegenen Stadt Date (unweit der Präfektur-Hauptstadt Fukushima) den Grenzwert von 500 Becquerel Radiocäsium pro Kilogramm (Bq/kg) überschritt. Es wurden bis zu 1.050 Bq/kg Reis gemessen.³⁰

Einem Bericht der Internationalen Atomenergieorganisation IAEA vom 19. März 2011 zufolge wurde von japanischen Behörden radioaktives Jod in Milch in der Präfektur Fukushima gemessen. Demnach wurden am 16. März bis zu 1.510 Bq/kg festgestellt, was einer fünffachen Überschreitung des japanischen Höchstwertes für das Inverkehrbringen entsprach. Angaben zur Cäsiumkontamination wurden nicht gemacht.

Nach den provisorischen Vorschriften des japanischen Gesundheitsministeriums durfte Fleisch aus den Präfektoren Fukushima, Tochigi, Miyagi und Iwate wegen der radioaktiven Belastung auch im Januar 2012 noch immer nicht in Verkehr gebracht werden.³¹

Das Agrarministerium MAFF teilte im Dezember 2012 mit, dass der seit April 2012 allgemein geltende Grenzwert für Nahrungsmittel in Höhe von 100 Bq/kg für Fleisch erst ab dem 30. September 2012 verbindlich wurde. Bis dahin hatte man ganz offensichtlich wegen der noch hohen Kontamination für Rindfleisch den Grenzwert von 500 Bq/kg zunächst beibehalten.³²

„While the new regulation setting out the maximum limit of 100 Bq/kg for general foods came into force on April 1st, 2012, as the transitional measure, the maximum limit of 500 Bq/kg still had applied to beef until September 30.“

Das japanische Umweltministerium MOE machte am 2. Juli 2012 Angaben über die Kontamination von Binnen- und Meeresfischen in der Winterperiode 2011/2012. Die höchste Cäsium-Kontamination wurde demnach in Süßwasserfi-

²⁹ "Ibaraki Prefecture Agricultural Products Test Results", Ibaraki Prefectural Government, August 8th, 2011. Zitiert nach: Alex Rosen: Effects of the Fukushima nuclear meltdowns on environment and health. February 16th, 2012. University Clinic Düsseldorf, Department of General Paediatrics. <http://www.ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/FukushimaBackgroundPaper.pdf>. Letzter Zugriff 20.02.2013.

³⁰ Japanese Atomic Information Forum: Cesium detected from more Fukushima rice. Earthquake Report No. 276. November 29th, 2011. http://www.jaif.or.jp/english/news_images/pdf/ENGNEWS01_1322541949P.pdf. Letzter Zugriff: 18.02.2013.

³¹ TEPCO: Current Status of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. January 27, 2012. www.tepco.co.jp/en/nu/fukushima-np/f1/images/f12np-gaiyou_e_3.pdf. Zitiert nach: Alex Rosen: Effects of the Fukushima nuclear meltdowns on environment and health. February 16th, 2012. University Clinic Düsseldorf, Department of General Paediatrics. <http://www.ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/FukushimaBackgroundPaper.pdf>. Letzter Zugriff 20.02.2013.

³² Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (MAFF): Questoins and answers on rice, meat and eggs, milk, dairy products, mushrooms, and edible wild plants. December 19, 2012. http://www.maff.go.jp/e/quake/press_120613-faq-yasai.html. Letzter Zugriff 20.02.2013.

schen (Goby-Fisch, Mano-Fluss) in der Präfektur Fukushima mit 2.600 Bq/kg gefunden.³³

Das Umweltministerium überprüft seit 2011 auch regelmäßig die Kontamination der Flüsse in Fukushima. Nach Angaben vom 18. Februar 2012 zeigten Analysen dieser Flüsse einen deutlichen Trend der Zunahme von Radiocäsium im Sand und in den Sedimenten.³⁴ Die Belastung der Binnenfische könnte demnach noch weiter zunehmen.

Auch das japanische Agrar- und Fischereiministerium MAFF verwies im Juni 2011 auf hohe Radiocäsiumwerte bei Süßwasserfischen in Flüssen der Präfektur Fukushima. So beispielsweise 2.100 Bq/kg (Biwa-Lachs *Oncorhynchus masou*, Mano-Fluss), 2500 Bq/kg (*Tribolodon hakonensis*, Mano-Fluss) bzw. 620-1.310 Bq/kg (*Ayu*, *Plecoglossus altivelis*, Abukuma-Fluss).³⁵

Das japanische Wissenschaftsministerium MEXT veröffentlichte am 22. Mai 2012 das Ergebnis einer eigenen Studie, wonach das Meerwasser in der Bucht von Tokio 6-fach stärker mit Radiocäsium kontaminiert war wie vor der Atomkatastrophe in Fukushima.³⁶

Das japanische Agrar- und Fischereiministerium MAFF stellte im Juni 2011 fest, dass der Radiocäsiumgehalt bei Plattfischen vor der japanischen Ostküste trotz sinkender Kontamination des Meerwassers weiter anstieg. Das habe mit deren Lebensweise am Meeresboden zu tun. So seien bei Proben vom 13. Juni 2011 Kontaminationen von 360 Bq/kg Radiocäsium (*Microstomus achne*), 680 Bq/kg (*Kareius bicoloratus*) und 340 Bq/kg (*Verasper variegatus*) gemessen worden. Beim Grünling *Hexagrammos otakii*, einem räuberischen Grundfisch, seien 1.780 Bq/kg Radiocäsium ermittelt worden, bei Tiefsee-Dorschen (*Physiculus maximowiczii*) 890 Bq/kg.³⁷

Exkurs: Schilddrüsenkrebs als frühe Katastrophenfolge

Schilddrüsenkrebs stellt nur einen kleinen Teil der zu erwartenden Krebserkrankungen dar, der mit vergleichsweise kurzer Latenzzeit relativ frühzeitig auftritt.

Aus den Erfahrungen von Tschernobyl weiß man, dass Schilddrüsenkrebs zu den ersten gesundheitlichen Langzeitfolgen einer Atomkatastrophe zählt. Demzufolge ist auch in Japan mit einer mehrere Jahre andauernden Zunahme von Schilddrüsenkrebs zu rechnen.³⁸

³³ GRS: Environmental impact caused by the nuclear power accident at Fukushima Daiichi nuclear power station. November 26, 2012. http://fukushima.grs.de/sites/default/files/Environmental_effect_20121126.pdf. Letzter Zugriff 20.02.2013.

³⁴ GRS: Environmental impact caused by the nuclear power accident at Fukushima Daiichi nuclear power station. November 26, 2012. http://fukushima.grs.de/sites/default/files/Environmental_effect_20121126.pdf. Letzter Zugriff 20.02.2013.

³⁵ Physikblog. Juni 2011. <http://fukushima.physikblog.eu/discussion/19/radioaktivitaet-in-der-nahrung-gefaehrliche-verharmlosung-eines-ernsten-problems/p4>. Letzter Zugriff 20.02.2013. Unter Verweis auf: MAFF: <http://www.jfa.maff.go.jp/j/kakou/kensa/index.html>

³⁶ GRS: Environmental impact caused by the nuclear power accident at Fukushima Daiichi nuclear power station. November 26, 2012. http://fukushima.grs.de/sites/default/files/Environmental_effect_20121126.pdf. Letzter Zugriff 20.02.2013.

³⁷ Physikblog. Juni 2011. <http://fukushima.physikblog.eu/discussion/19/radioaktivitaet-in-der-nahrung-gefaehrliche-verharmlosung-eines-ernsten-problems/p4>. Letzter Zugriff 20.02.2013. Unter Verweis auf: MAFF: <http://www.jfa.maff.go.jp/j/kakou/kensa/index.html>

³⁸ Es ist aber allerdings mit einer anderen Entwicklung als in der Tschernobyl-Region zu rechnen, weil Belarus und die Ukraine ausgewiesene Jodmangelgebiete sind, während die Schilddrüsen der japani-

Angesichts dieses Problems werden Reihenuntersuchungen (Screenings) durchgeführt, um auftretenden Schilddrüsenkrebs frühzeitig zu erkennen - allerdings nur in der Präfektur Fukushima.

Die bisherigen Erkenntnisse des Schilddrüsen-Screening-Programms mit Auswertungen von Untersuchungsergebnissen bis zum 31. Dezember 2014, also für einen Zeitraum von knapp vier Jahren seit der Atomkatastrophe, lassen sich wie folgt skizzieren:^{39,40}

Seit Beginn der ersten Screening-Runde im Oktober 2011 wurden in der Präfektur Fukushima 298.577 Kinder unter 18 Jahren untersucht und 110 Krebsverdachtsfälle identifiziert. 87 dieser Kinder mussten auf Grund von Metastasen oder gefährlich starkem Wachstum des Tumors operiert werden. Ein Fall stellte sich nach der Operation als gutartiger Tumor heraus, bei 86 der operierten Kinder bestätigte sich die Krebsdiagnose.

In der zweiten Screening-Runde wurden seit April 2014 bislang 106.068 Kinder nachuntersucht. Validierte Ergebnisse liegen bislang nur von 75.311 Kindern vor (34,5%). Die mikroskopische Aufarbeitung ergab insgesamt 8 neue Krebsverdachtsfälle. Eines dieser Kinder musste auf Grund von Metastasen oder gefährlich starkem Wachstum des Tumors operiert werden, die Krebsdiagnose wurde bestätigt. Sollte sich bei den anderen 7 neuen Krebsverdachtsfällen die Diagnose ebenfalls bestätigen, ließe sich das nicht mehr mit einem „Screening-Effekt“ begründen, denn es würde sich um Neuerkrankungen handeln, die sich im Zeitraum seit dem Erstscreening entwickelt hätten.

Es fällt zudem auf, dass im Zweitscreening bei 57,8% Knoten oder Zysten gefunden wurden. Im Erstscreening lag diese Rate noch bei 48,5%. Das bedeutet, dass bei 15.509 Kindern, bei denen im ersten Screening noch gar keine Schilddrüsenanomalien gefunden wurden, nun Zysten oder Knoten festgestellt wurden – bei 160 von ihnen sogar so große, dass eine weitere Abklärung dringend notwendig wurde.

Bei 281 Kindern mit kleinen Zysten oder Knoten im Erst-Screening wurde in der Nachuntersuchung ein so rasches Wachstum festgestellt, dass weitergehende Diagnostik eingeleitet werden musste.

Auch fällt auf, dass die Rate an Feinnadelbiopsien seit 2011 kontinuierlich sinkt: von 64,5% in 2011 über 43,7% in 2012, 28,9% in 2013 bis auf 13,1% in 2014. Die Studienleitung gibt vor, dies sei der "anfänglichen Übervorsicht" geschuldet – man habe die diagnostischen Leitlinien nun angepasst, um „Überdiagnostik“ zu vermeiden, heißt es.

Diese relativ intensiven Screenings sind auf die Präfektur Fukushima beschränkt. Im übrigen Japan und selbst in den hochbelasteten Nachbarpräfekturen von Fukushima werden leider keine vergleichbaren Reihenuntersuchungen durchgeführt, obwohl es auch im übrigen Japan in der Summe zu zahlreichen Schilddrüsenkrebserkrankungen kommen wird.

schen Bevölkerung durch den ausgiebigen Fischverzehr besser mit nicht-radioaktivem Jod versorgt sind. Auch unterscheiden sich die Freisetzungsraten von radioaktivem Jod.

³⁹ 県民健康調査「甲状腺検査（本格検査）」実施状況.

<https://www.pref.fukushima.lg.jp/uploaded/attachment/101600.pdf>. Letzter Zugriff Feb. 2015.

⁴⁰ Fukushima Prefecture/Fukushima Medical University: Thyroid Ultrasound Examination (Full-scale Thyroid Screening Program). Proceedings of the 18th Prefectural Oversight Committee Meeting for Fukushima Health Management Survey. Full-scale Thyroid Screening Program. February 12, 2015. http://www.fmu.ac.jp/radiationhealth/results/20150212_Thyroid_Ultrasound_Examination.html. Letzter Zugriff Feb. 2015.

Im UNSCEAR-Bericht von 2013 wird die kollektive Lebenszeit-Schilddrüsenedosis der japanischen Bevölkerung durch den Atomunfall von Fukushima auf 112.000 Personen-Gray geschätzt.⁴¹

Der BEIR VII-Bericht gibt unter Berücksichtigung aktueller Risikofaktoren⁴² die Wahrscheinlichkeit, nach Strahleneinwirkung an Schilddrüsenkrebs zu erkranken, mit 90,75 Fällen pro 10.000 Personen-Gray an ($\sim 0,009/\text{PGy}$).⁴³

Aus der von UNSCEAR berechneten Kollektivdosis von 112.000 Personen-Gray ergibt sich rechnerisch somit die Erwartung von 1.016 Schilddrüsenkrebs-Fällen.

Da es sich bei der von UNSEAR angegebenen Kollektivdosis um eine systematische Unterschätzung handeln dürfte, muss mit sehr viel mehr als 1.000 Schilddrüsenkrebs-Fällen als Folge der Atomkatastrophe von Fukushima gerechnet werden, wobei vornehmlich Kinder betroffen sein werden.

Geburten-Rückgang im Dezember 2011

Nach Berechnungen des Nürnberger Wissenschaftlers Dr. Alfred Körblein kam es neun Monate nach der Katastrophe vom März 2011 zu einem Einbruch bei den Geburten (Tabelle 2.1):⁴⁴

- In der Präfektur Fukushima kam es gegenüber dem seit 2002 beobachteten Trend zu einem hochsignifikanten Geburtenrückgang im Dezember 2011 um 13,7 % ($P=0,0004$). Es errechnen sich 145 fehlende Geburten.
- Auch wenn die sechs benachbarten Präfekturen Iwate, Miyagi, Gunma, Tochigi, Ibaraki und Chiba hinzugenommen werden, ergibt sich für die Fukushima-Region ein hochsignifikanter Geburtenrückgang von 8,2 % ($P=0,0002$). Das entspricht 912 fehlenden Geburten in der gesamten Region um das havarierte Atomkraftwerk.
- Im restlichen Japan – außerhalb der sieben genannten Präfekturen – zeigt sich ein Geburtenrückgang von 2,2%, der allerdings nicht signifikant ist.

Tabelle 2.1: Geburtendefizit im Dezember 2011 in Japan nach Fukushima

Gebiet	Relative Abnahme	Geburten-Defizit	P-Wert
Präfektur Fukushima	13,7%	145	0,0004
Fukushima-Region (Fukushima, Iwate, Miyagi, Gunma, Tochigi, Ibaraki und Chiba)	8,2%	912	0,0002
Restliches Japan	2,2%	1.606	0,263
Amtliche Statistiken, Berechnungen von Dr. Alfred Körblein			

⁴¹ United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSCEAR 2013 Report. Volume I. REPORT TO THE GENERAL ASSEMBLY SCIENTIFIC ANNEX A: Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami. New York. 2014. p. 198.

⁴² Ohne Reduktionsfaktor DDREF.

⁴³ BEIR VII report, phase 2: Health risks from exposure to low levels of ionizing radiation." National Academies Press, Washington, 2006, p. 279, table 12.5. www.nap.edu/openbook.php?record_id=11340&page=8

⁴⁴ Persönliche Kommunikation von Dr. Alfred Körblein mit Henrik Paulitz am 24.02.2015.

Es wird immer wieder argumentiert, das Erdbeben, der Tsunami und die Evakuierungen seien maßgeblich für den Geburtenrückgang verantwortlich.

Eine frühere Abschätzung von Körblein auf der Basis vorläufiger Zahlen zeigt aber, dass ein signifikanter Rückgang der Geburten nur im Dezember 2011 feststellbar war, jedoch nicht im Monat davor (November 2011) und danach (Januar 2012).⁴⁵

Der Rückgang der Zahl der Lebendgeburten im Dezember 2011 ist hoch signifikant. Auch zeigt sich laut Körblein ein Zusammenhang der Stärke des Effekts mit der Cäsiumbelastung. Die Beschränkung des Effekts auf einen Monat stützt die Annahme, dass der Geburtenrückgang eine Folge vermehrter spontaner Abgänge von befruchteten Eizellen zum Zeitpunkt der höchsten Strahlenbelastung nach dem Reaktorunfall im März 2011 ist. Die Annahme, der Geburtenrückgang sei allein durch Zurückhaltung bei der Zeugung von Nachwuchs zu erklären, erscheint deshalb unwahrscheinlich.⁴⁶

Auch die zahlreichen Untersuchungen nach Tschernobyl zeigen, dass ein Geburtenrückgang aufgrund der Strahlenbelastung eine plausible Hypothese ist (vgl. Tabelle 2.2).

Tabelle 2.2: Zum Vergleich: Geburtendefizit nach Tschernobyl im Februar 1987 in verschiedenen Ländern/Regionen⁴⁷

Land / Region	Relative Abnahme	Geburten-Defizit	P-Wert
Bayern	8,6%	839	0,0091
Südbayern	11,5%	647	0,0009
Nordbayern	5,2%	212	0,1595
Westdeutschland	5,0%	2539	0,0711
Österreich	4,3%	299	0,0643
Italien	6,8%	2723	0,0170
Kroatien	8,2%	385	0,0073
Ungarn	4,2%	417	0,1000
Polen (Feb1987)	4,6%	2295	0,0500
Polen (Jan-März)	4,9%	7803	0,0004
Finnland	5,2%	245	0,0848
Kiew (Feb1987)	28,7%	817	<0,0001
Kiew (Jan-März)	27,3%	2484	<0,0001
Amtliche Statistiken, Berechnungen von Dr. Alfred Körblein			

Erhöhte Säuglingssterblichkeit

Ebenso wie nach Tschernobyl kam es auch nach der Atomkatastrophe in Fukushima zu einer erhöhten Säuglingssterblichkeit.

In einer Studie verglich Körblein die Säuglingssterblichkeit in der Präfektur Fukushima sowie in sechs benachbarten Präfekturen (Iwate, Miyagi, Gunma, Tochigi, Ibaraki und Chiba) mit dem Trend im restlichen Japan. Im Jahr 2012 zeig-

⁴⁵ Körblein, Alfred: Folgen von Fukushima. Erhöhte Säuglingssterblichkeit und Rückgang der Geburtenrate in Japan nach Fukushima. Strahlentelex Nr. 650-651/2014. S. 9.

⁴⁶ Körblein, Alfred: Folgen von Fukushima. Erhöhte Säuglingssterblichkeit und Rückgang der Geburtenrate in Japan nach Fukushima. Strahlentelex Nr. 650-651/2014. S. 9.

⁴⁷ Körblein, Alfred: Folgen von Fukushima. Rückgang der Geburten in Japan 9 Monate nach Fukushima. Strahlentelex 628/629. 2013.

te sich ein deutlicher Anstieg der Säuglingssterblichkeit in den sieben Präfekturen um 20 % ($P=0,0014$) und ein Rückgang um 2 % im übrigen Japan ($P=0,480$). Der Anstieg im Jahr 2012 bedeutet 64 zusätzlich gestorbene Säuglinge in diesem Jahr in den sieben Präfekturen.⁴⁸

Ein Maximum ergibt sich im Mai 2012 mit einer Erhöhung der Säuglingssterblichkeit in diesem Monat um 43 %. Das Säuglingssterblichkeits-Maximum im Mai 2012, über ein Jahr nach dem Unfall in Fukushima, deutet nach Auffassung von Körblein darauf hin, dass die Zunahme eine Folge der internen und nicht der externen Strahlenexposition ist.⁴⁹

„In Deutschland folgten [nach Tschernobyl, d. Verf.] die Maxima der Perinatalsterblichkeit den Maxima der Cäsiumbelastung von schwangeren Frauen mit einer Zeitverzögerung von sieben Monaten [3]. Geht man vom Mai 2012 sieben Monate zurück, so kommt man zum Oktober 2011, dem Ende der Erntezeit. Damit könnte die erhöhte Säuglingssterblichkeit in der Region Fukushima durch den Verzehr von kontaminierten Lebensmitteln im Herbst 2011 verursacht sein.“

Erkrankungen und Mortalität von Beschäftigten der Atomanlage Fukushima

Nach Angaben des Atomkraftwerksbetreibers Tepco haben nach der Atomkatastrophe im Atomkraftwerk Fukushima zwischen März und November 2011 18.846 Menschen gearbeitet.⁵⁰ Bis Ende Oktober 2012 waren laut Tepco 24.832 Menschen auf dem Kraftwerksgelände beschäftigt.⁵¹

Tepco machte lediglich Angaben zur Belastung von Arbeitern, für die eine sehr hohe Strahlenbelastung von mehr als 100 mSv offiziell registriert wurde. Demnach sollen 171 von ihnen dabei mehr als 100 mSv (z.T. mehr als 250 mSv) erhalten haben. Später wurde die Zahl auf rund 2.000 Arbeiter korrigiert, die mit dieser massiven Strahlung belastet worden waren.⁵²

Seit Mai 2011 erhielten die Beschäftigten auf dem Gelände des havarierten Atomkraftwerks Dosen von bis zu 50 mSv in (nur) einem Monat. Im November 2012 publizierte Tepco Daten, wonach 34% der Arbeiter kumulierte Dosen von mehr als 10 mSv erhalten haben (vgl. Abb.).⁵³ Wie die Abbildung zeigt, beträgt die offiziell

⁴⁸ Körblein, Alfred: Update: Säuglingssterblichkeit in Japan nach Fukushima. Folgen von Fukushima. Strahlentelex 668-669/2014. S. 5 f. http://www.strahlentelex.de/Stx_14_668-669_S05-07.pdf. Letzter Zugriff 24.02.2015.

⁴⁹ Körblein, Alfred: Update: Säuglingssterblichkeit in Japan nach Fukushima. Folgen von Fukushima. Strahlentelex 668-669/2014. S. 6 f. http://www.strahlentelex.de/Stx_14_668-669_S05-07.pdf. Letzter Zugriff 24.02.2015.

⁵⁰ Wiedergegeben nach: Strahlenschutzkommission (SSK): Zusammenfassung und Bewertung der Jahrestagung 2012. der Strahlenschutzkommission: Ein Jahr nach Fukushima - eine erste Bilanz aus der Sicht der Strahlenschutzkommission. Stellungnahme der Strahlenschutzkommission. Verabschiedet in der 257. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 05./06. Juli 2012. S. 6. http://www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse_PDF/2012/Klausurtagung2012.pdf?__blob=publicationFile. Letzter Zugriff 22.02.2013.

⁵¹ United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSCEAR 2013 Report. Volume I. REPORT TO THE GENERAL ASSEMBLY SCIENTIFIC ANNEX A: Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami. New York. 2014. p. 66.

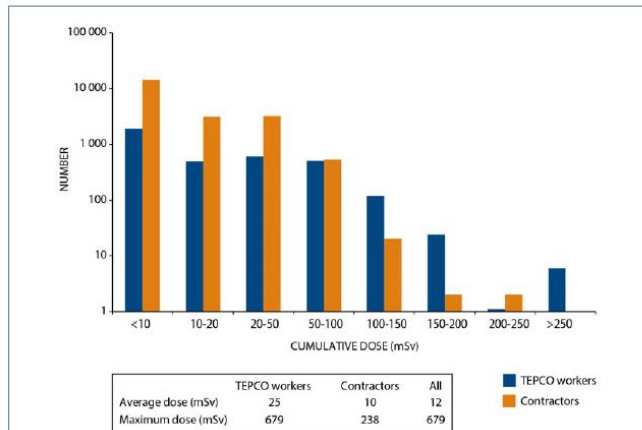
⁵² Spiegel Online: Fukushima. Krebsrisiko von fast 2000 Arbeitern erhöht. 19.07.2013. <http://www.spiegel.de/wissenschaft/medizin/fukushima-2000-arbeiter-haben-erhoehtes-risiko-fuerschildruesenkrebs-a-912114.html>. Letzter Zugriff 27.02.2015.

⁵³ United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSCEAR 2013 Report. Volume I. REPORT TO THE GENERAL ASSEMBLY SCIENTIFIC ANNEX A: Levels and effects of

eingerräumte Strahlenbelastung der Arbeiter größtenteils zwischen 10 und 100 mSv.

Figure VIIIa. Numbers of occupationally exposed FDNPS workers with effective doses in each cumulative dose band for the periods in which they worked between 11 March 2011 and 31 October 2012

The effective doses include contributions from external and internal exposure



Die veröffentlichten Daten zeigen, dass fast alle Arbeiter in Fukushima erhöhten Strahlendosen ausgesetzt werden.

Für die vorliegende Abschätzung wurden die Erfahrungen nach der Atomkatastrophe in Tschernobyl 1986 mit den so genannten Liquidatoren („Aufräumarbeiter“) herangezogen.⁵⁴

Nach Angaben eines Opferverbandes der Tschernobyl-Liquidatoren waren bis 1992 70.000 der rund 800.000 Liquidatoren Invaliden (8,75%) und 13.000 gestorben (1,6%).⁵⁵ Zum 19. Jahrestag der Katastrophe verkündete die ukrainische Botschaft in Paris, dass 94% der Liquidatoren krank seien.⁵⁶ Yablokov schätzte aufgrund verschiedener Studien, dass bis 2005 (19 Jahre nach Tschernobyl) rund 112.000 bis 125.000 Liquidatoren gestorben waren (14,8%).⁵⁷

Das gesamte Zahlenverhältnis der nach Tschernobyl eingesetzten Aufräumarbeiter (geschätzte 800.000) und der für Fukushima bis Oktober 2012 genannten 24.832 Arbeiter lässt vermuten, dass auch in Japan weitaus mehr Menschen mit Aufräumarbeiten in hochkontaminierten Gebieten beschäftigt waren und sind, wenn man auch die erforderlichen Tätigkeiten außerhalb des Atomkraftwerks berücksichtigt, so dass es sich bei den genannten Zahlen um eine untere Abschätzung handeln dürfte.

radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami. New York. 2014. p. 66.

⁵⁴ Liquidatoren waren meist junge Soldaten, die während und nach der Katastrophe zur Eindämmung des Unglücks gezwungen wurden.

⁵⁵ Vgl. Strahlentelex 138-139/1992, S. 8, GUS: Bereits 13.000 tote Liquidatoren.

⁵⁶ IPPNW/GFS: Gesundheitliche Folgen von Tschernobyl. 25 Jahre nach der Reaktorkatastrophe. April 2011. S. 25. http://www.ippnw.de/commonFiles/pdfs/Tschernobyl_Studie_2011_web.pdf. Letzter Zugriff 26.02.2013.

⁵⁷ Yablokov, Alexej: Mortality after the Chernobyl Accident. In: Ann N Y Acad Sci, 2009 Nov;1181:192-216.

Erkrankungen von US-Soldaten

Während aus dem Atomkraftwerk Fukushima im Frühjahr 2011 große Mengen Radioaktivität freigesetzt wurden, befanden sich zwei US-Kriegsschiffe, u.a. der Flugzeugträger „USS Ronald Reagan“, vor der japanischen Küste. Zweieinhalb Monate lang taten offenbar mindestens 5.000 Soldaten auf Befehl der US-Armee Dienst im radioaktiv verseuchten Meer. Medienberichten zufolge waren sie nicht nur der radioaktiven Wolke ausgesetzt. Angeblich verwendeten die Soldaten entsalztes, kontaminiertes Meerwasser auch zum Waschen und Trinken.⁵⁸

Ende 2013 / Anfang 2014 waren offenbar 71 Besatzungsmitglieder schwer erkrankt, 51 davon an verschiedenen Krebsarten (u.a. Hodenkrebs, Hirntumore, Leukämie). Untersuchungen hätten ergeben, dass die Strahlenbelastung damals 300 Mal höher war, als das Level, das als unbedenklich gelte.⁵⁹

⁵⁸ Focus Online: 51 US-Soldaten erkrankten nach Fukushima-Einsatz an Krebs. 06.01.2014. http://www.focus.de/panorama/welt/tsunami-in-japan/radioaktive-strahlung-krebs-tepco-klage-uss-ronald-reagan-japan-drei-jahre-nach-fukushima-erkranken-51-us-soldaten-an-krebs-2_id_3520465.html. Unter Berufung auf einen Bericht der "New York Post". - Bild: 51 US-Matrosen an Krebs erkrankt. 27.02.2015. <http://www.bild.de/news/ausland/fukushima/us-matrosen-bei-hilfseinsatz-fukushima-radioaktiv-verseucht-krebserkrankungen-34095238.bild.html>. Letzte Zugriffe 27.02.2015.

⁵⁹ Focus Online: 51 US-Soldaten erkrankten nach Fukushima-Einsatz an Krebs. 06.01.2014. http://www.focus.de/panorama/welt/tsunami-in-japan/radioaktive-strahlung-krebs-tepco-klage-uss-ronald-reagan-japan-drei-jahre-nach-fukushima-erkranken-51-us-soldaten-an-krebs-2_id_3520465.html. - Heise Online: Radioaktiv kontaminierte US-Soldaten verklagen Fukushima-Betreiber. 09.01.2014. <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Radioaktiv-kontaminierte-US-Soldaten-verklagen-Fukushima-Betreiber-2080554.html>. Letzte Zugriffe 27.02.2015.

Anhang: Gesundheitliche Folgen von Tschernobyl

Um eine Vorstellung von den möglicherweise in Japan zu erwartenden Erkrankungen und Todesfällen zu bekommen, ist es sinnvoll, sich die Folgen der Atomkatastrophe im ukrainischen Tschernobyl 1986 in Grundzügen vor Augen zu führen:

In mehreren europäischen Ländern hat nach Tschernobyl die frühe Säuglingssterblichkeit bzw. die Perinatalsterblichkeit zugenommen. Die vorliegenden Studien ergeben für Europa mehrere Tausend Tschernobyl-bedingte Todesfälle unter Säuglingen.^{60,61}

Auch genetische und teratogene Schäden (Fehlbildungen) haben in mehreren Ländern Europas signifikant zugenommen. Das ganze Ausmaß der genetischen Schäden lässt sich nur vage abschätzen. Unter Bezug auf UNSCEAR kommt man auf 12.000 bis 83.000 mit genetischen Schäden geborene Kinder in der Region rund um Tschernobyl und etwa 30.000 bis 200.000 genetisch geschädigte Kinder weltweit.⁶²

Schilddrüsenkrebs ist seit dem vierten Jahr nach der Katastrophe bei Kindern und Erwachsenen allgegenwärtig. Einer WHO-Prognose zufolge sollten allein in der weißrussischen Region Gomel mehr als 50.000 Menschen Schilddrüsenkrebs bekommen, die zum Zeitpunkt der Katastrophe 0-4 Jahre alt waren. Erweitert man diese Prognose auf alle Altersgruppen (auch Jugendliche und alle Gruppen der Erwachsenen) der in der Region Gomel zum Zeitpunkt der Reaktorkatastrophe lebenden Personen, dann sind alleine dort weit über 100.000 Schilddrüsenkrebsfälle zu erwarten.⁶³ Malko kommt für ganz Europa auf rund 240.000 zusätzliche Krebserkrankungen einschließlich Leukämien.⁶⁴

Auch Nicht-Krebserkrankungen nahmen nach Angaben des Tschernobyl-Ministeriums der Ukraine drastisch zu. Dazu zählen hormonelle Erkrankungen des Endokrinen Systems einschließlich Diabetes mellitus Typ I, des Nervensystems, des Kreislaufsystems, der Verdauungsorgane, des Haut- und Unterhautgewebes sowie des Skeletts und der Muskulatur.⁶⁵

Wie oben schon erwähnt, waren bis 2005 schätzungsweise 112.000 bis 125.000 Liquidatoren gestorben.⁶⁶

Die Weltgesundheitsorganisation WHO hingegen versucht die Zahlen herunterzuspielen. Knapp 20 Jahre nach der Reaktorkatastrophe teilte die WHO im Septem-

⁶⁰ IPPNW/GfS: Gesundheitliche Folgen von Tschernobyl. 20 Jahre nach der Reaktorkatastrophe. April 2006. S. 5.
http://www.ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/Gesundheitliche_Folgen_Tschernobyl.pdf. Letzter Zugriff 12.02.2013.

⁶¹ Vgl. Körblein A, Küchenhoff H. Perinatal mortality in Germany following the Chernobyl accident. *Radiat Environ Biophys.* 1997 Feb; 36(1):3-7. Diverse unveröffentlichte Berechnungen von A. Körblein für Polen, Italien, Finnland, Schweden und Norwegen.

⁶² IPPNW/GfS: Gesundheitliche Folgen von Tschernobyl. 20 Jahre nach der Reaktorkatastrophe. April 2006. Tabelle auf S. 5.
http://www.ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/Gesundheitliche_Folgen_Tschernobyl.pdf. Letzter Zugriff 12.02.2013.

⁶³ Edmund Lengfelder, Christine Frenzel: 20 Jahre nach Tschernobyl. Erfahrungen und Lehren aus der Reaktorkatastrophe. Otto Hug Strahleninstitut MHM. Informationen. Februar 2006.

⁶⁴ Malko, M.V: Assessment of Chernobyl malignant Neoplasms in European Countries. 2007.
<http://www.physiciansofchernobyl.org.ua/eng/Docs/Malko.pdf>. Letzter Zugriff 12.02.2013.

⁶⁵ IPPNW/GfS: Gesundheitliche Folgen von Tschernobyl. 20 Jahre nach der Reaktorkatastrophe. April 2006. Tabelle auf S. 6.
http://www.ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/Gesundheitliche_Folgen_Tschernobyl.pdf. Letzter Zugriff 12.02.2013.

⁶⁶ Yablokov, Alexej: Mortality after the Chernobyl Accident. In: *Ann N Y Acad Sci*, 2009 Nov;1181:192-216.

ber 2005 mit, es sei lediglich mit 4.000 Todesopfern zu rechnen.⁶⁷ Die WHO stütze sich dabei u.a. auf eine fast zehn Jahre ältere Arbeit von E. Cardis et. al. aus dem Jahr 1996.⁶⁸ Dieser Originalarbeit ist allerdings zu entnehmen, dass für die Tschernobyl-Region tatsächlich fast 9.000 Krebs- und Leukämietote geschätzt wurden.⁶⁹ Unter Berücksichtigung der von E. Cardis et. al. angegebenen Spannen der Dosisbelastung und einer langfristigen Belastung der betrachteten Population in der Tschernobyl-Region ergeben sich bis zu 22.000 Todesopfer.⁷⁰ Bei dieser Betrachtung ist zu berücksichtigen, dass die so genannte Tschernobyl-Region, also die besonders stark kontaminierten Teilgebiete der Ukraine, Weißrusslands (Belarus) und Russlands, relativ dünn besiedelt sind.

Die aus Tschernobyl freigesetzten Radionuklide verbreiteten sich aber über ganz Europa und in der gesamten nördlichen Hemisphäre. So kommt der so genannte TORCH-Report („The Other Report on Chernobyl“) von 2006 zu dem Ergebnis, dass insgesamt mit etwa 30.000 bis 60.000 zusätzlichen Todesfällen durch Krebs zu rechnen ist.⁷¹ Auch wenn die Atomkatastrophen von Tschernobyl und Fukushima auf Grund von vielerlei Faktoren nicht direkt mit einander zu vergleichen sind, ist es dennoch wichtig, bei der Auswertung der gesundheitlichen Folgen in Japan die Lektionen von Tschernobyl nicht aus den Augen zu verlieren.

⁶⁷ ÄrzteZeitung: WHO rechnet mit 4000 Toten als Folge von Tschernobyl. 6. September 2005. http://www.aerztezeitung.de/medizin/fachbereiche/sonstige_fachbereiche/umweltmedizin/article/370597/who-rechnet-4000-toten-folge-tschernobyl.html. Letzter Zugriff 12.02.2013.

⁶⁸ E. Cardis, L. Anspaugh, V.K. Ivanov; I.A. Likhtariov, K. Mabuchi, A.E. Okeanov, A.E. Prsyazhniuk: Estimated long term health effects of the Chernobyl accident. In: One Decade After Chernobyl. Summing up the Consequences of the Accident. Proceedings of an International Conference, Vienna, 1996. STI/PUB/1001, IAEA, Vienna, 1996, Vienna.

⁶⁹ IPPNW/GfS: Gesundheitliche Folgen von Tschernobyl. 20 Jahre nach der Reaktorkatastrophe. April 2006. Tabelle auf S. 74. http://www.ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/Gesundheitliche_Folgen_Tschernobyl.pdf. Letzter Zugriff 12.02.2013.

⁷⁰ IPPNW/GfS: Gesundheitliche Folgen von Tschernobyl. 20 Jahre nach der Reaktorkatastrophe. April 2006. Tabelle auf S. 75. http://www.ippnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/Gesundheitliche_Folgen_Tschernobyl.pdf. Letzter Zugriff 12.02.2013.

⁷¹ Fairlie, Ian; Sumner, David: Der andere Bericht über Tschernobyl (TORCH: The Other Report on Chernobyl). Berlin, Brüssel, Kiew, April 2006. Im Auftrag von Rebecca Harms, MEP. Greens/EFA in the European Parliament. <http://www.chernobylreport.org/summary-de.pdf>. Letzter Zugriff 12.02.2013.