

Atomkatastrophe in Japan

Gesundheitliche Folgen von Fukushima

Von Henrik Paulitz, Winfrid Eisenberg und Reinhold Thiel, 6. März 2013



Die Nahrungskette in Japan ist seit 2011 durch Fukushima vielfach belastet mit Radionukliden
Bild: IPPNW

Zusammenfassung

Im japanischen Atomkraftwerk Fukushima Dai-ichi kam es aufgrund eines Erdbebens und wegen gravierender Sicherheitsmängel am 11. März 2011 zu einer Atomkatastrophe mit massiver und anhaltender Freisetzung radioaktiver Spalt- und Zerfallsprodukte. Rund 20% der in die Atmosphäre freigesetzten radioaktiven Substanzen kontaminierten die Landfläche Japans unter anderem mit rund 17.000 Becquerel pro Quadratmeter Cäsium-137 und einer vergleichbaren Menge Cäsium-134.

Erste gesundheitliche Folgen der Atomkatastrophe sind jetzt schon, nach nur zwei Jahren, wissenschaftlich nachweisbar. So war – ganz ähnlich wie nach Tschernobyl – neun Monate nach dem Beginn der Atomkatastrophe ein Geburten-Rückgang festzustellen. In ganz Japan „fehlten“ im Dezember 2011 4362 Neugeborene, davon 209 in der Präfektur Fukushima. Auch gab es in Japan eine erhöhte Säuglingssterblichkeit: Über die statistische Erwartung hinaus starben 75 Kinder im ersten Lebensjahr.

Allein in der Präfektur Fukushima wurden bei rund 55.592 Kindern Schilddrüsenzysten bzw. -knoten festgestellt. Im Gegensatz zu Zysten und Knoten bei Erwachsenen müssen diese bei Kindern als Krebsvorstufen gelten. Das zeigen auch erste in Fukushima dokumentierte Fälle von Schilddrüsenkrebs bei Kindern.

Tabelle 1.1: Überblick über bereits eingetretene und zu erwartende gesundheitliche Folgen der Atomkatastrophe Fukushima

	Anzahl	Quelle
Fehlende Lebendgeburten 2011	4.362	Körblein 2013
Erhöhte Säuglingssterblichkeit 2011	75	Körblein 2013
Schilddrüsenzysten und -knoten bei Kindern allein in der Präfektur Fukushima	55.592	Präfektur Fukushima 2013
Erwartete Krebserkrankungen aufgrund externer Strahlenbelastung	18.950 - 41.303	IPPNW 2013
Erwartete Krebserkrankungen durch Nahrungsaufnahme	18.633	IPPNW 2013
Erwartete schwere Erkrankungen der von Tepco in der Atomanlage eingesetzten Arbeiter im Jahr 2011	17.715	IPPNW 2013

In der vorliegenden Arbeit wurden drei Abschätzungen zu den zu erwartenden Krebserkrankungen durch die externe Strahlenbelastung vorgenommen. Sie stützen sich auf Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Fachzeitschriften über die Bodenkontamination in den 47 Präfekturen Japans, auf die durchschnittliche Gesamt-Bodenkontamination sowie im dritten Fall auf Messungen der Ortsdosisleistungen im Herbst 2012. Unter Berücksichtigung der abschirmenden Wirkung von Gebäuden ergeben die Berechnungen der Ärzteorganisation IPPNW kollektive Lebenszeitdosen von 94.749 Personen-Sievert (PSv), 206.516 PSv bzw. 118.171 PSv.

Mit dem Risikofaktor des European Committee on Radiation Risk (ECRR) für die Krebssterblichkeit (0,1/Sv) bzw. für die Krebsinzidenz (0,2/Sv) errechnen sich daraus 18.950, 41.303 bzw. 28.418 erwartete Krebsfälle aufgrund der äußeren Strahlenbelastung in Japan.

Für die Abschätzung der zu erwartenden Krebserkrankungen aufgrund von kontaminierten Nahrungsmitteln wurden 133.832 vom japanischen Gesundheitsministe-

rium veröffentlichte Messergebnisse herangezogen. Ein Großteil der Daten konnte nicht verwendet werden, weil nur unterschrittene Höchstwerte anstelle der tatsächlichen Messwerte veröffentlicht wurden.

Von gut 17.000 Messwerten, die japanischen Präfekturen zugeordnet werden konnten, ergab 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. Da aufgrund der Datenbasis unklar ist, ob diese zugrundeliegenden Werte repräsentativ sind, wurde konservativ angenommen, dass die Nahrungsmittel im ersten Folgejahr im Mittel lediglich mit der Hälfte dieser Cäsium-Mengen kontaminiert waren.

Die angenommene Verzehrmenge aus japanischer Produktion von jährlich 30.753.745 Tonnen wurde auf Basis der Bevölkerungsanteile prozentual den drei definierten japanischen Regionen zugeordnet. Ferner wurde eine ökologische Halbwertszeit von 5 Jahren angenommen.

Insgesamt ergaben die Berechnungen der Ärzteorganisation IPPNW eine kollektive Lebenszeitdosis von 93.166 Personen-Sievert. Entsprechend sind aufgrund von kontaminierten Nahrungsmitteln 18.633 Krebserkrankungen zu erwarten.

Der verwendete Risikofaktor von 0,1/Sv, den auch die Weltgesundheitsorganisation WHO neuerdings annimmt, stellt wahrscheinlich eine Unterschätzung des Risikos dar. Neuere Studien weisen auf ein etwa um den Faktor 2 höheres Risiko hin, so dass die ermittelten Erkrankungszahlen noch verdoppelt werden müssten. Geht man von einem Risiko von 0,2/Sv aus, dann ist aufgrund der erhöhten externen Strahlenbelastung mit 37.899 bis 82.606 Krebserkrankungen und aufgrund der kontaminierten Nahrung mit 37.266 Krebserkrankungen zu rechnen.

Tabelle 1.2: Zu erwartende Krebserkrankungen (Inzidenz) durch äußere und innere Bestrahlung unter der Annahme eines Risikofaktors nach neueren Erkenntnissen

	Anzahl	Quelle
Erwartete Krebserkrankungen aufgrund externer Strahlenbelastung	37.899 – 82.606	IPPNW 2013
Erwartete Krebserkrankungen durch Nahrungsaufnahme	37.266	IPPNW 2013

Für die Arbeiter, die laut Betreibergesellschaft Tepco im Jahr 2011 in der havarierten Atomanlage tätig waren, rechnet die IPPNW auf der Grundlage der Erfahrungen von Tschernobyl mit mehr als 17.000 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 stehen zahllose Atomkraftwerke an Erdbeben-gefährdeten Standorten. Sie sind meist sehr viel schlechter gegen Erdbeben geschützt als japanische Atomkraftwerke. Überall kann es daher auch schon bei weitaus schwächeren Erdbeben jederzeit zu einer weiteren Atomkatastrophe kommen. In Asien, in Amerika wie auch in Europa.

Der Atomunfall

Ein schweres Erdbeben löste am 11. März 2011 um 14:46 Uhr den katastrophalen Unfall im japanischen Atomkraftwerk Fukushima Dai-ichi aus. Dem Hauptbeben folgten um 15.08 Uhr, 15.15 Uhr und 15.25 Uhr drei schwere Nachbeben.

Die atomkritische Ärzteorganisation IPPNW veröffentlichte am 6. März 2012 eine [detaillierte Unfall-Analyse](#) mit dem Ergebnis, dass das Erdbeben in Kombination mit schwerwiegenden Sicherheitsmängeln für den Atomunfall verantwortlich war. Wichtige Hochdruck-Einspeisesysteme waren in allen drei havarierten Atomkraftwerksblöcken unabhängig vom Tsunami ausgefallen. Insbesondere für Block 1 gibt es starke Hinweise für einen erdbebenbedingten Kühlmittelverlust (Leck).¹

Der offizielle Bericht einer Untersuchungskommission des japanischen Parlaments bestätigte wenige Monate später, dass der Tsunami wohl nicht der alles überragende Faktor der Atomkatastrophe war, wie von der Atomindustrie und von staatlichen Stellen weltweit bis heute behauptet wird. Der Parlamentsbericht betont die Wahrscheinlichkeit eines erdbebenbedingten Kühlmittelverlusts in Block 1 sowie andere von der IPPNW diskutierte Probleme wie beispielsweise den Ausfall eines Sicherheitsventils und die nicht hinlänglich diversitäre Auslegung der Sicherheitssysteme des Atomkraftwerks.²

Im IPPNW-Bericht wurde hervorgehoben, dass es am 11. März 2011 zwischen 15.08 Uhr und 15.10 Uhr am Hochdruckeinspeisesystem HPCI eine deutliche Auffälligkeit gab und dass diese Auffälligkeit zeitlich mit einem schweren Nachbeben der Magnitude 7,4 korrelierte, welches um 15.08 Uhr registriert wurde.³ Im japanischen Parlamentsbericht wird entsprechend hervorgehoben, dass die stärkste Erschütterung durch ein Nachbeben nach der Reaktorschnellabschaltung (d.h. nach 14.46 Uhr) erfolgte und dies als ein Beleg dafür zu werten ist, dass in Block 1 ein erdbebenbedingter Kühlmittelverlust zum Super-GAU führte.⁴

Von der Fachwelt weltweit beharrlich ignoriert wird auch die These des US-amerikanischen Nuklearingenieurs Arnie Gundersen, wonach es sich bei der Explosion in Block 3 höchstwahrscheinlich nicht um eine Wasserstoff- oder Dampf-, sondern um eine Nuklearexplosion handelte.⁵

Das zeigt, dass weltweit die offiziellen Darstellungen über die Ursachen und den Verlauf der Atomkatastrophe in Fukushima aufklärungs- und korrekturbedürftig sind.

¹ Paulitz, Henrik: Der Super-GAU von Fukushima. The Fukushima Disaster. Teil 1. Der Unfallablauf bis zum Eintritt der Kernschmelzen und sicherheitstechnische Schlussfolgerungen. Part 1 The course of events during the accident up until the reactor core meltdowns and conclusions relating to safety. Analyse vom 6. März 2012. Stand: 12. März 2012. Herausgegeben von der Deutschen Sektion der Internationalen Ärzte für die Verhütung des Atomkrieges, Ärzte in sozialer Verantwortung e.V. (IPPNW). Berlin. http://www.fukushima-disaster.de/fukushima_supergau_studie.pdf.

² The National Diet of Japan: The official report of The Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission. Executive summary. 2012. S. 17. http://www.nirs.org/fukushima/naaic_report.pdf. Letzter Zugriff 26.02.2013.

³ Paulitz, Henrik: ebd. S. 26. http://www.fukushima-disaster.de/fukushima_supergau_studie.pdf.

⁴ The National Diet of Japan: The official report of The Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission. Executive summary. 2012. S. 17. http://www.nirs.org/fukushima/naaic_report.pdf. Letzter Zugriff 26.02.2013.

⁵ Gundersen, Arnie: Gundersen Postulates Unit 3 Explosion May Have Been Prompt Criticality in Fuel Pool. April 26 th, 2011. Fairewinds Associate Inc. <http://www.youtube.com/watch?v=vlqbsZCKFPw> . Letzter Zugriff 26.02.2013.

Abschätzung der gesundheitlichen Folgen von Fukushima

Ganz ähnlich wie beim Unfallablauf wird auch hinsichtlich der gesundheitlichen Folgen der Atomkatastrophe versucht, die Bevölkerung im Unklaren zu lassen. Es ist daher notwendig, 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 wirksam. 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:⁶ 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.

Geburten-Rückgang 9 Monate nach der Reaktorkatastrophe

Ganz ähnlich wie nach Tschernobyl (Tabelle 3) gab es nach Berechnungen des Nürnberger Wissenschaftlers Alfred Körblein auch nach der Atomkatastrophe in Fukushima einen Einbruch bei den Geburten (Tabelle 2). Im Dezember 2011, 9 Monate nach Fukushima, zeigte sich in Japan ein signifikanter Rückgang der Geburten um 4,7% gegenüber dem Trend der Jahre 2006 bis 2011 ($P=0,007$) und um 15% ($P=0,0001$) in der Präfektur Fukushima.⁷

In absoluten Zahlen kam es in Japan zu 4362 „fehlenden Lebendgeburten“. Davon entfielen „nur“ 209 Fälle auf die Präfektur Fukushima, was zeigt, dass sich die Folgen von Fukushima auf ganz Japan auswirken.⁸

Tabelle 2: Geburtendefizit im Dezember 2011 in Japan und der Präfektur Fukushima⁹

Land / Region	Relative Abnahme	Geburten-Defizit	P-Wert
Japan	4,7%	4362	0,0072
Präfektur Fukushima	15,1%	209	0,0001
Amtliche Statistiken, Berechnungen von Dr. Alfred Körblein			

⁶ 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.

⁷ Körblein, Alfred: Folgen von Fukushima. Rückgang der Geburten in Japan 9 Monate nach Fukushima. Strahlentelex 628/629. 2013.

⁸ Körblein, Alfred: Email an Henrik Paulitz vom 12. Februar 2013.

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

Tabelle 3: Geburtendefizit im Februar 1987 in verschiedenen Ländern/Regionen¹⁰

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. Laut Körblein um 4 %. Die japanischen Daten der Säuglingssterblichkeit zeigen ausgeprägte Peaks in den Monaten Mai und Dezember 2011, 2 bzw. 9 Monate nach Fukushima.¹¹ Körblein zufolge starben in diesen beiden Monaten in Japan 75 Säuglinge zusätzlich.¹²

Nach Tschernobyl ergab eine Auswertung von Daten der frühen Säuglingssterblichkeit aus Westdeutschland Maxima im Juni 1986 und im Februar 1987, also mit ähnlichem zeitlichem Abstand von der Reaktorkatastrophe am 26. April 1986 (unter früher Säuglingssterblichkeit sind Todesfälle in der ersten Lebenswoche zu verstehen).

Schilddrüsenveränderungen

In der Präfektur Fukushima wurden seitens der Gesundheitsbehörde die Schilddrüsen von 38.114 Kindern im Alter von 0-18 Jahren untersucht. Der Ende April 2012 veröffentlichten Untersuchung zufolge wurden bei 35 % der untersuchten Kinder Schilddrüsenzysten und bei einem Prozent Schilddrüsenknoten gefunden.¹³ Demnach hatten ein Jahr nach Fukushima rund 13.340 Kinder in der Präfektur Fukushima Schilddrüsenzysten, rund 381 Kinder hatten Schilddrüsenknoten.

Dr. Matsuzaki Hiromichi, Leiter der Abteilung für Innere Medizin im Allgemeinen Städtischen Klinikum der Stadt Fukagawa, verglich die Befunde mit einer Studie aus dem Jahr 2000 an 250 sieben- bis vierzehnjährigen Kindern aus der Präfektur

¹⁰ Körblein, Alfred: Folgen von Fukushima. Rückgang der Geburten in Japan 9 Monate nach Fukushima. Strahlentelex 628/629. 2013.

¹¹ Körblein, Alfred: Säuglingssterblichkeit in Japan nach Fukushima. Strahlentelex 622-623, 26, Dez. 2012. http://www.strahlentelex.de/Stx_12_622-623_S12-14.pdf. Letzter Zugriff 12.02.2013.

¹² Körblein, Alfred: Email an Henrik Paulitz vom 12. Februar 2013.

¹³ Resident Health Management Survey of Fukushima Prefecture, 26. April 2012. <http://www.pref.fukushima.jp/imu/kenkoukanri/240125shiryou.pdf>. Letzter Zugriff 12.02.2013.

Nagasaki, von denen lediglich 0,8 Prozent Schilddrüsenzysten hatten. Außerdem beruft er sich auf eine Arbeit von Mazzaferri et. al. aus dem Jahr 1993, in der festgestellt wurde, dass US-amerikanische Kleinkinder praktisch keine Schilddrüsendeformationen aufwiesen, Knoten und Verhärtungen jedoch mit dem Lebensalter zunahm. Bei US-Amerikanern hat einer von zehn 20-Jährigen Knoten und/oder Zysten.¹⁴

Die mit 35% extrem hohe Quote an Schilddrüsenveränderungen nach der Atomkatastrophe von Fukushima in der gleichnamigen Präfektur war daher für Matsuzaki ein Hinweis darauf, dass sich in der Schilddrüse "etwas Außerordentliches abspielt".

Am 13. Februar 2013 gab die Präfektur Fukushima bekannt, dass von inzwischen rund 133.000 untersuchten Kindern, bereits 55.592 Kinder (41.8%) Schilddrüsenveränderungen aufwiesen.¹⁵

Im Gegensatz zu Schilddrüsenzysten und -knoten bei Erwachsenen müssen diese bei Kindern als Krebsvorstufen gelten. Davon sind allein in der Präfektur Fukushima 55.592 Kinder betroffen.

Am 13. Februar 2013 teilte die Präfekturverwaltung von Fukushima zudem mit, dass es drei Fälle von Schilddrüsenkrebs und sieben weitere Verdachtsfälle gäbe.¹⁶

Vor diesem Hintergrund und mit den Erfahrungen nach Tschernobyl ist in Japan ab 2015 mit einer massiven Zunahme von Schilddrüsenkrebs bei Kindern zu rechnen.

Abschätzung der Krebsfälle durch externe Strahlenbelastung

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).¹⁷

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 Präfektoren (in Bq/kg) Boden näherungsweise entnommen werden konnte (vgl. Abb. 1).

¹⁴ Matsuzaki, Hiroyuki: [http://1am.sakura.ne.jp/Nuclear/kou131 Matsuzaki-opinion.pdf](http://1am.sakura.ne.jp/Nuclear/kou131/Matsuzaki-opinion.pdf). 19.5.2012. Zitiert nach http://www.strahlentelex.de/Stx_12_612_S01-02.pdf.

¹⁵ Fukushima Prefecture Health Management Survey Planning Committee: 10. Bericht vom 13. Februar 2013. <http://fukushimavoiced-eng.blogspot.jp/2013/02/fukushima-thyroid-examination-part-4.html>. Letzter Zugriff 03.03.2013. Vgl. (japanisch): <http://www.pref.fukushima.jp/imu/kenkoukanri/250213siryou2.pdf>.

¹⁶ Hiroyuki Yamamoto: Call for Endorsement to March 11 Fukushima Action. Rundmail vom 20. Februar 2013. Vgl. auch: Ian Thomas Ash: Fukushima. Email vom 13. Februar 2013 an Alex Rosen. Unter Verweis auf: <http://www.fnn-news.com/news/headlines/articles/CONN00240449.html>. Letzter Zugriff 21.02.2013. Vgl. auch: <http://fukushimavoiced-eng.blogspot.jp/2013/02/fukushima-thyroid-examination-part-4.html>. Letzter Zugriff 03.03.2013.

¹⁷ 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.

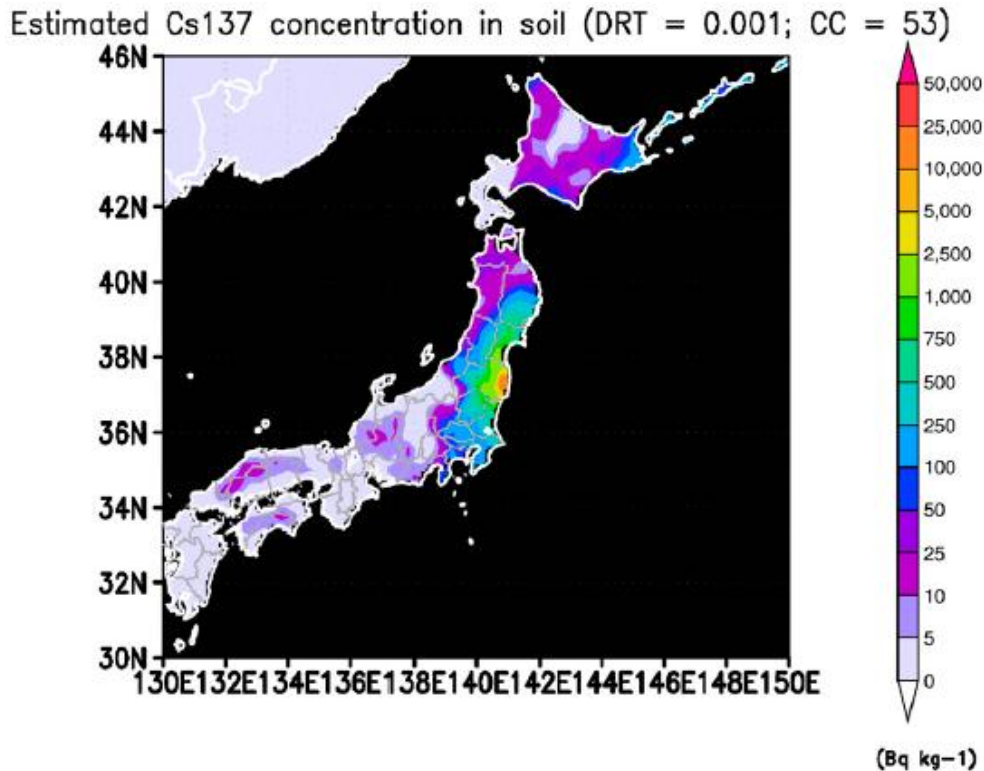


Abb. 1: Konzentration von Cäsium-137 in den Böden Japans (Bq/kg) infolge der Atomkatastrophe von Fukushima¹⁸

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/m²).¹⁹ 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.^{20,21} Unter Berücksichtigung der kürzeren Halb-

¹⁸ 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.

¹⁹ Für die Umrechnung der spezifischen Aktivität pro kg Boden (Bq/kg) in die Aktivität pro Fläche (Bq/m²) wurde eine 5 cm dicke, kontaminierte Erdschicht mit einem spezifischen Gewicht von 1 g/cm³ angenommen.

²⁰ "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.

²¹ 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 Sta-

wertszeit 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).²²

Der Dosiskoeffizient für Gamma-Bodenstrahlung beträgt $1,5E-15$ (Sv/s)/(Bq/m²) für Cs-134 und $5,3E-16$ (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 $16,7$ (mSv/a)/(MBq/m²).²³ 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).

tion (Estimation made as of May 2012). May 24, 2012. http://www.tepco.co.jp/en/press/corpcom/release/betu12_e/images/120524e0201.pdf. Letzter Zugriff 22.02.2013.

²² Integral($\exp(-\tau t)$) von $t=0$ bis $t=1$ (Jahr), mit $\tau=\ln(2)/\text{HWZ}$. Ergebnis: $\text{HWZ}/\ln(2) \cdot (1 - \exp(-\ln(2)))$ bzw. mit $\text{HWZ}=2$ (Jahre): Faktor 0,845. $1,2 \cdot 0,845$ ergibt in etwa 1.

²³ Umrechnung in mSv/a: $8760 \text{ h/a} \cdot 3600 \text{ s/h} = 31,5 \text{ Mio s/a}$. Dosisfaktor Cs-137: $\text{DF} = 5,3E-16 \text{ Sv/s} \cdot \text{Bq/m}^2 = 5,3E-16 \cdot 31,5E6 \cdot 1000 \text{ mSv/Sv} \cdot 1000 \text{ Bq/kBq} = 5,3 \cdot 31,5E-4 = 0,0167 \text{ (mSv/a)/(kBq/m}^2) = 16,7 \text{ (mSv/a) / (MBq/m}^2)$. Entsprechend für Cs-134: $\text{DF} = 16,7 \cdot 15/5,3 = 47,3 \text{ (mSv/a) / (MBq/m}^2)$.

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 wegen der abschirmenden Wirkung durch Gebäude (shielding) 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).

Mit dem Risikofaktor des European Committee on Radiation Risk (ECRR) für die Krebssterblichkeit von $\text{EAR/Sv} = 0,1/\text{Sv}$ (oder $10\%/\text{Sv}$) und für die Krebsinzidenz von $\text{EAR/Sv} = 0,2/\text{Sv}$ ($20\%/\text{Sv}$) ergeben sich 9.475 zu erwartende Krebstodesfälle (Mortalität) und 18.950 zu erwartende Krebsfälle (Inzidenz).

Der verwendete Risikofaktor von 0,1/Sv, den auch die Weltgesundheitsorganisation WHO neuerdings annimmt, stellt wahrscheinlich eine Unterschätzung des Risikos dar. Neuere Studien weisen auf ein etwa um den Faktor 2 höheres Risiko hin, so dass die ermittelten Erkrankungszahlen noch verdoppelt werden müssten.^{24,25}

Geht man von einem um den Faktor zwei erhöhten Risiko aus, dann ist mit 18.950 Krebstodesfällen (Mortalität) und mit 37.899 Krebsfällen (Inzidenz) zu rechnen.

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 Krebstodesfälle (Mortalität), mit EAR/Sv=0,1/Sv (DDREF=1)	9.475
Erwartete Krebsfälle (Inzidenz)	18.950
Erwartete Krebstodesfälle (Mortalität), mit EAR/Sv=0,2/Sv (DDREF=1)	18.950
Erwartete Krebsfälle (Inzidenz)	37.899
Kontaminationsdaten von Yasunari et. al. 2011, Berechnungen von Henrik Paulitz/IPPNW, Beratung durch Dr. Alfred Körblein	

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 Petabecquerel²⁶ (PBq) Cäsium-137 aus dem Atomkraftwerk Fukushima freigesetzt, wovon 6,4 PBq (rund 18%) auf der japanischen Landfläche abgelagert wurden (vgl. Abb. 2).²⁷

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).

²⁴ Bauer S, Gusev BI, Pivina LM, Apsalikov KN, Grosche B. Radiation exposure due to local fallout from Soviet atmospheric nuclear weapons testing in Kazakhstan: solid cancer mortality in the Semipalatinsk historical cohort, 1960-1999. *Radiat Res.* 2005 Oct;164(4 Pt 1):409-19. PubMed PMID: 16187743. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16187743>. Letzter Zugriff 04.03.2013.

²⁵ Körblein A, Hoffmann W. Background radiation and cancer mortality in Bavaria: an ecological analysis. *Arch Environ Occup Health.* 2006 May-Jun;61(3):109-14. PubMed PMID: 17672352.

²⁶ Peta steht für Billiarde, 10 hoch 15: 1.000.000.000.000.000.

²⁷ 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. Burkhardt, 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.

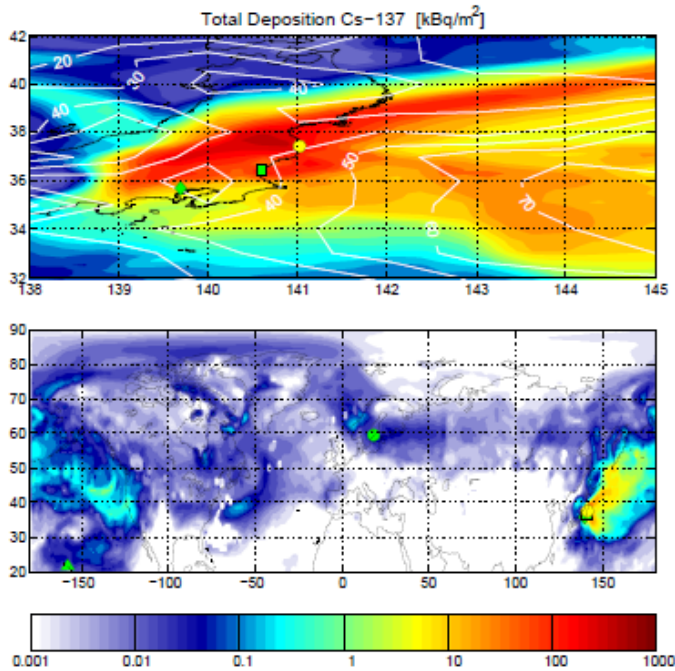


Abb. 2: Ablagerung von Cäsium-137 infolge der Atomkatastrophe von Fukushima bis zum 20. April 2011. Die obige Grafik zeigt Japan (gelber Kreis: Atomkraftwerk Fukushima, grüne Raute: Tokio), die untere die weltweite Verbreitung der radioaktiven Partikel (grüner Kreis: Stockholm)²⁸

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 Krebstodesfälle (Mortalität), mit EAR/Sv=0,1/Sv (DDREF=1)	20.652
Erwartete Krebsfälle (Inzidenz)	41.303
Erwartete Krebstodesfälle (Mortalität), mit EAR/Sv=0,2/Sv (DDREF=1)	41.303
Erwartete Krebsfälle (Inzidenz)	82.606
Kontaminationsdaten von Stohl et. al. 2012, Berechnungen von Henrik Paulitz/IPPNW, Beratung durch Dr. Alfred Körblein	

²⁸ 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 ECRR-Risikofaktoren in 20.652 zu erwartenden Krebstodesfällen (Mortalität) und 41.303 zu erwartenden Krebsfällen (Inzidenz).

Geht man aufgrund neuerer Erkenntnisse von einem um den Faktor 2 höheren Risiko aus, so ist mit 41.303 zu erwartenden Krebstodesfällen (Mortalität) und mit 82.606 erwarteten Krebsfällen (Inzidenz) zu rechnen (vgl. Tabelle 6).

Für eine alternative dritte Abschätzung der zu erwartenden Krebserkrankungen durch äußere Strahlenbelastung wurden die von Annette Hack und Thomas Dersee²⁹ 1,5 Jahre nach Beginn der Atomkatastrophe im Herbst 2012 durchgeführten Messungen der Ortsdosisleistung zugrunde gelegt.³⁰

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)* [$\mu\text{Sv/h}$]	Im Herbst 2012 gemessene durchschnittliche ODL [$\mu\text{Sv/h}$]	Durch Fukushima erhöhte durchschnittliche ODL im Herbst 2012 [$\mu\text{Sv/h}$]
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 $\mu\text{Sv/h}$ (0,3 mSv/a)			

Nach Angaben des japanischen Wissenschaftsministeriums (MEXT) lag die terrestrische Hintergrundstrahlung in Tokio vor der Atomkatastrophe von Fukushima bei 0.036 $\mu\text{Sv/h}$.³¹ Die für die einzelnen Präfekturen angegebenen Werte wurden jeweils für die Fukushima-Region (0,038 $\mu\text{Sv/h}$), für das sonstige Ost-Japan (0,035 $\mu\text{Sv/h}$) und für West-Japan (0,047 $\mu\text{Sv/h}$) gemittelt.

Diesen Werten war noch die Strahlenbelastung durch kosmische Strahlung von 0,034 $\mu\text{Sv/h}$ (0,3 mSv/a) hinzuzufügen.³² 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

²⁹ Dersee ist Herausgeber des deutschsprachigen Informationsdienstes „Strahlentelex“.

³⁰ Annette Hack, Thomas Dersee: Folgen von Fukushima. Durchhalteparolen und falsche Strahlenmessungen. 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.

³¹ Iori Mochizuki: Radiation back ground level was 0.036 $\mu\text{Sv/h}$ 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.

³² Wikipedia: Background radiation. http://en.wikipedia.org/wiki/Background_radiation. Letzter Zugriff 27.02.2013.

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 von um 25% erhöhte Ortsdosisleistungen des zweiten Folgejahres ermittelt. 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.³³

„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. Daraus errechnen sich mit den ECRR-Risikofaktoren 11.817 Krebstodesfälle (Mortalität) und 23.634 zu erwartende Krebsfälle (Inzidenz).

Geht man aufgrund neuerer Erkenntnisse von einem um den Faktor 2 höheren Risiko aus, so ist mit 28.418 zu erwartenden Krebstodesfällen (Mortalität) und mit 56.835 erwarteten Krebsfällen (Inzidenz) zu rechnen.

³³ Annette Hack, Thomas Dersee: Folgen von Fukushima. Durchhalteparolen und falsche Strahlenmessungen. 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
Ortsdosisleistung 2. Folgejahr [μ Sv/h]	0,192	0,126	0,153	
Durch Fukushima erhöhte Ortsdosisleistung 2. Folgejahr [μ Sv/h]	0,120	0,057	0,071	
Durch Fukushima erhöhte Ortsdosisleistung 1. Folgejahr (25% höher als im 2. Folgejahr) [μ Sv/h]	0,150	0,072	0,089	
Durch Fukushima erhöhte Ortsdosisleistung 1. Folgejahr [mSv/a]	1,318	0,627	0,781	
Externe Kollektiv-Dosis 1. Folgejahr Freiland [PSv]	12.158	40.304	42.263	
Effektive Dosis (50% infolge shielding) [PSv]	6.079	20.152	21.132	
Lebenszeitdosis (3 x 1. Folgejahr) [PSv]	18.237	60.456	63.395	142.089
Erwartete Krebstodesfälle (Mortalität), mit EAR/Sv=0,1/Sv (DDREF=1)	1.824	6.046	6.339	14.209
Erwartete Krebsfälle (Inzidenz)	3.647	12.091	12.679	28.418
Erwartete Krebstodesfälle (Mortalität), mit EAR/Sv=0,2/Sv (DDREF=1)	3.647	12.091	12.679	28.418
Erwartete Krebsfälle (Inzidenz)	7.295	24.183	25.358	56.835
Messdaten von Hack/Dersee 2012, Berechnungen von Henrik Paulitz/IPPNW, Beratung durch Dr. Alfred Körblein				

Tabelle 9: Erwartete Krebserkrankungen aufgrund externer Strahlenbelastung

Datengrundlage	Erwartete Krebserkrankungsfälle (Inzidenz) gemäß ECRR-Risikofaktor	Erwartete Krebserkrankungsfälle (Inzidenz) gemäß Risiko nach neueren Erkenntnissen
Yasunari et. al. 2011	18.950	37.899
Stohl et. al. 2012	41.303	82.606
Hack/Dersee 2012	28.418	56.835
Berechnungen von Henrik Paulitz/IPPNW, Beratung durch Dr. Alfred Körblein		

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 rund 20.000 bis 80.000 Krebserkrankungen gerechnet werden muss.

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.³⁴ Angesichts der extrem hohen Importabhängigkeit Japans bei Landwirtschaftsprodukten³⁵ und einem nur geringen Produktionsrückgang nach Fukushima wurde für diese Untersuchung angenommen, dass 80% der Nahrungsmittelerzeugung des Jahres 2010 jährlich 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.³⁶

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).

³⁴ 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.

³⁵ Hanns Günther Hilpert: Japans Agrarimport - Ein Überblick. http://www.dijtokyo.org/doc/dij-jb_12-hilpert.pdf. Letzter Zugriff 21.02.2013.

³⁶ 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 (Süd-japan)				

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 Fi-

schen 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.³⁷

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]	1,9E-08
Ingestionsfaktor Cs-137 [Sv/Bq]	1,3E-08
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 ECRR-Risikofaktoren 9.317 Krebstodesfälle (Mortalität) und 18.633 zu erwartende Krebsfälle (Inzidenz).

Geht man aufgrund neuerer Erkenntnisse von einem um den Faktor 2 höheren Risiko aus, so ist mit 18.633 zu erwartenden Krebstodesfällen (Mortalität) und mit 37.266 erwarteten Krebsfällen (Inzidenz) 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.

³⁷ Pröhl G, Fiedler I, Klemm 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: Zu erwartende 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=0,1/Sv (DDREF=1)	1.202	5.003	3.112	9.317
Summe Krebserkrankungen (Inzidenz)	2.404	10.006	6.223	18.633
Summe Krebstote (Mortalität) mit EAR/Sv=0,2/Sv (DDREF=1)	2.404	10.006	6.223	18.633
Summe Krebserkrankungen (Inzidenz)	4.809	20.011	12.446	37.266
Daten des japanischen Gesundheitsministeriums, Berechnungen von Henrik Paulitz/IPPNW, Beratung durch Dr. Alfred Körblein				

Exkurs: 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-137.³⁸

Rund 100 Kilometer südlich des havarierten Atomkraftwerks fand die Präfekturverwaltung Ibaraki Spinat, der diesen Angaben zufolge mit bis zu 1.931 Bq/kg Ra-

³⁸ 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.

diocäsium 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.³⁹

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 Bequerel Radiocäsium pro Kilogramm (Bq/kg) überschritt. Es wurden bis zu 1050 Bq/kg Reis gemessen.⁴⁰

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 1510 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 Präfekturen Fukushima, Tochigi, Miyagi und Iwate wegen der radioaktiven Belastung auch im Januar 2012 noch immer nicht in Verkehr gebracht werden.⁴¹

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.⁴²

„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 Süßwasserfischen (a kind of goby fish in Mano river) in der Präfektur Fukushima mit 2600 Bq/kg gefunden.⁴³

³⁹ „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.ipnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/FukushimaBackgroundPaper.pdf>. Letzter Zugriff 20.02.2013.

⁴⁰ 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.

⁴¹ 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.ipnw.de/commonFiles/pdfs/Atomenergie/FukushimaBackgroundPaper.pdf>. Letzter Zugriff 20.02.2013.

⁴² 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.

⁴³ GRS: Environmental impact caused by the nuclear power accident at Fukushima Daiichi nuclear power station. November 26, 2012.

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.⁴⁴ 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 2100 Bq/kg (Biwa-Lachs *Oncorhynchus masou*, Mano-Fluss), 2500 Bq/kg (*Tribolodon hakonensis*, Mano-Fluss) bzw. 620-1310 Bq/kg (Ayu, *Plecoglossus altivelis*, Abukuma-Fluss).⁴⁵

Das japanische Wissenschaftsministerium MEXT veröffentlichte am 22. Mai 2012 das Ergebnis einer eigenen Studie, wonach das Meerwasser in der Bucht von Tokio 6-fach so stark mit Radiocäsium kontaminiert war wie vor der Atomkatastrophe in Fukushima.⁴⁶

Das japanische Agrar- und Fischereiministerium MAFF hat im Juni 2011 festgestellt, dass der Radiocäsiumgehalt bei Plattfischen vor der japanischen Ostküste trotz sinkender Kontamination des Meerwassers weiter ansteigt. Das habe mit der Lebensweise am Meeresboden zu tun. So seien bei Proben vom 13. Juni 2011 Kontaminationen von 360 Bq/kg Radiocäsium (*Slime flounder Microstomus achene*), 680 Bq/kg (*Stone flounder Kareius bicoloratus*) und 340 Bq/kg (*Gepunkteter Heilbutt Verasper variegatus*) gemessen worden. Beim Grünling *Hexagrammos otakii*, einem räuberischen Grundfisch, seien 1780 Bq/kg Radiocäsium ermittelt worden, bei Tiefsee-Dorschen (*Physiculus maximowiczii*) 890 Bq/kg.⁴⁷

Exkurs: „24.000 zusätzlich zu erwartende Krebserkrankungen in Japan“

Der Nürnberger Wissenschaftler Dr. Alfred Körblein nahm im Mai 2012 eine erste grobe Abschätzung der zu erwartenden Krebserkrankungen aufgrund der äußeren und der inneren Strahlenbelastung vor.⁴⁸

„Die effektive Dosis im ersten Jahr wird [im WHO-Report] mit 10 bis 50 Millisievert im 20- bis 30-Kilometer-Bereich angesetzt, im restlichen Gebiet mit 1 bis 10 Millisievert. Nimmt man einen Mittelwert von 10 Millisievert an, so ist die Kollektivdosis im ersten Jahr bei einer Bevölkerung von circa 2 Millionen Einwohnern 20.000 PersonenSievert. Mit einem Risikofaktor des European Committee on Radiation Risk (ECRR) für die Krebssterblichkeit von EAR/Sv = 0,1/Sv (oder 10%/Sv) und für die Krebsinzidenz von EAR/Sv = 0,2/Sv (20%/Sv) errechnen sich daraus

http://fukushima.grs.de/sites/default/files/Environmental_effect_20121126.pdf. Letzter Zugriff 20.02.2013.

⁴⁴ 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.

⁴⁵ 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>

⁴⁶ 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.

⁴⁷ 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>

⁴⁸ Körblein, Alfred: Mitteilung vom 25. Mai 2012. Vgl. http://www.strahlentelex.de/Stx_12_610_S01-02.pdf. Letzter Zugriff 20.02.2013.

20.000 Pers.Sv × 0,2 /Sv = 4.000 Krebsfälle allein aufgrund der Strahlenbelastung im ersten Jahr. Die Lebenszeitdosis wäre dann vermutlich ungefähr dreimal so hoch, was allein für Fukushima zusätzliche 12.000 Krebserkrankungen erwarten ließe. Und für ganz Japan wäre die Zahl womöglich doppelt so hoch. Etliche epidemiologische Studien, zum Beispiel an Nukleararbeitern oder in Kasachstan, wo die Bevölkerung durch sowjetische Atomwaffenversuche einer hohen Strahlenbelastung ausgesetzt war, ergaben jedoch höhere relative Risiken mit einem ERR/Sv von circa 1/Sv. Bei einer spontanen Krebssterblichkeit von 25 Prozent bedeutet das ein EAR/Sv von 0,25/Sv und nicht 0,1/Sv für die Krebssterblichkeit. Deshalb ist die obige Abschätzung noch relativ zurückhaltend (konservativ)."

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.⁴⁹

Tepco machte lediglich Angaben zur Belastung von Arbeitern mit mehr als 100 mSv.⁵⁰ Demnach liegen für alle Arbeiter, die laut Tepco mit weniger als 100 mSv belastet wurden, keinerlei Daten vor. Für die vorliegende Abschätzung wurden daher die Erfahrungen nach der Atomkatastrophe in Tschernobyl 1986 mit den so genannten Liquidatoren („Aufräumarbeiter“) herangezogen.⁵¹

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%).⁵² Zum 19. Jahrestag der Katastrophe verkündete die ukrainische Botschaft in Paris, dass 94% der Liquidatoren krank sind.⁵³ Yablokov schätzte aufgrund verschiedener Studien, dass bis 2005 (19 Jahre nach Tschernobyl) rund 112.000 bis 125.000 Liquidatoren gestorben waren (14,8%).⁵⁴

Würde man diese Zahlen auf die von Tepco nur mit 18.846 bezifferten Arbeiter in der Atomanlage Fukushima übertragen, dann wäre unter ihnen bis zum Jahr 2017 mit 302 Todesfällen und 1.649 schweren Erkrankungen zu rechnen. Bis spätestens 2030 wären 2.789 Arbeiter gestorben und 17.715 schwer erkrankt, die meisten lange vor 2030.

Das gesamte Zahlenverhältnis der nach Tschernobyl eingesetzten Aufräumarbeiter (geschätzte 800.000) und der für Fukushima genannten 18.846 Arbeiter lässt vermuten, dass auch in Japan weitaus mehr Menschen mit Aufräumarbeiten in hochkontaminierten Gebieten beschäftigt waren und sind, wenn man auch die erforder-

⁴⁹ 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.

⁵⁰ Laut Tepco sollen 171 von ihnen dabei mehr als 100 mSv (z.T. mehr als 250 mSv) erhalten haben.

⁵¹ Liquidatoren waren meist junge Soldaten, die während und nach der Katastrophe zur Eindämmung des Unglücks gezwungen wurden.

⁵² Vgl. Strahlentelex 138-139/1992, S. 8, GUS: Bereits 13.000 tote Liquidatoren.

⁵³ 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.

⁵⁴ Yablokov, Alexej: Mortality after the Chernobyl Accident. In: Ann N Y Acad Sci, 2009 Nov;1181:192-216.

lichen Tätigkeiten außerhalb des Atomkraftwerks berücksichtigt, so dass es sich bei den genannten Zahlen um eine untere Abschätzung handeln dürfte.

Exkurs: Gesundheitliche Folgen von Tschernobyl

Um eine Vorstellung von den möglicherweise in Japan zu erwartenden Erkrankungen und Todesfällen zu bekommen, macht es Sinn, 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.^{55,56}

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 Tschernobyl-Region und etwa 30.000 bis 200.000 genetisch geschädigte Kinder weltweit.⁵⁷

Schilddrüsenkrebs ist seit dem vierten Jahr nach der Katastrophe bei Kindern und Erwachsenen allgegenwärtig. Einer WHO-Prognose zufolge werden 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 zum Zeitpunkt der Reaktorkatastrophe lebenden Personen in der Region Gomel, dann sind alleine dort weit über 100.000 Schilddrüsenkrebsfälle zu erwarten.⁵⁸ Malko kommt für ganz Europa auf rund 240.000 zusätzliche Krebs-erkrankungen einschließlich Leukämien.⁵⁹

Auch Nicht-Krebserkrankungen nahmen nach Angaben des Tschernobyl-Ministeriums der Ukraine drastisch zu. Dazu zählen 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.⁶⁰

Wie oben schon erwähnt sind bis 2005 schon 112.000 bis 125.000 Liquidatoren gestorben.⁶¹

⁵⁵ 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.

⁵⁶ 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.

⁵⁷ 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.

⁵⁸ Edmund Lengfelder, Christine Frenzel: 20 Jahre nach Tschernobyl. Erfahrungen und Lehren aus der Reaktorkatastrophe. Otto Hug Strahleninstitut MHM. Informationen. Februar 2006.

⁵⁹ 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.

⁶⁰ 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.

⁶¹ Yablokov, Alexej: Mortality after the Chernobyl Accident. In: *Ann N Y Acad Sci*, 2009 Nov;1181:192-216.

Die Weltgesundheitsorganisation WHO versucht hingegen die Zahlen herunterzuspielen. Knapp 20 Jahre nach der Reaktorkatastrophe teilte die WHO im September 2005 mit, es sei lediglich mit 4000 Todesopfern zu rechnen.⁶² Die WHO stützte sich dabei u.a. auf eine fast zehn Jahre ältere Arbeit von E. Cardis et. al. aus dem Jahr 1996.⁶³ Dieser Originalarbeit ist allerdings zu entnehmen, dass für die Tschernobyl-Region tatsächlich fast 9000 Krebs- und Leukämietote abgeschätzt wurden.⁶⁴ 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.⁶⁵ Bei dieser Betrachtung ist zu berücksichtigen, dass die so genannte Tschernobyl-Region, also die besonders stark kontaminierten Teilgebiete der Ukraine, Weißrusslands (Belarus) und Russlands, nur 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.⁶⁶

Alexej Yablokov, Präsident des Zentrums für Russische Umweltpolitik und Mitglied der Russischen Akademie der Wissenschaften, kommt auf sehr viel höhere Zahlen. Dabei bedient er sich nicht der üblichen Methode der Risikoabschätzung auf der Grundlage von Dosis-Wirkungs-Berechnungen. Die von ihm verwendete so genannte Balance-Methode besteht darin, die Daten des Gesundheitszustandes der Bevölkerung (Morbidität und Mortalität) aus den radioaktiv hoch kontaminierten Gebieten mit den Daten des Gesundheitszustandes aus den „sauberen“ Gebieten zu vergleichen. Mit dieser Methode kommt der ehemalige Umweltberater des russischen Präsidenten Boris Jelzin auf weltweit 1,44 Millionen Tote – wenn vorgeburtliche Todesfälle miteinbezogen werden sogar auf 1,6 Millionen.⁶⁷ Yablokov verweist zudem auf US-amerikanische und kanadische Experten, die die Gesamtzahl der zu erwartenden Todesfälle infolge von Tschernobyl berechnet und auf 900.000 bis 1,8 Millionen Menschen weltweit beziffert haben. Diese Zahl bezieht auch zukünftige Tote mit ein, weil die Tschernobyl-Nuklide weiter in der Biosphäre bleiben.⁶⁸

⁶² 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.

⁶³ 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.

⁶⁴ 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.

⁶⁵ 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.

⁶⁶ 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.

⁶⁷ Jablow, Alexej: Tschernobyl: Wie viele sind ums Leben gekommen? IPPNW-Kongress „25 Jahre Tschernobyl. Zeitbombe Atomenergie. Atomausstieg jetzt!“, Berlin, Urania, 8.-10. April 2011. http://www.tschernobylkongress.de/fileadmin/user_upload/pdfs/jablokov_opferzahlen_tschernobyl.pdf. Letzter Zugriff 01.03.2013.

⁶⁸ Yablokov, Alexej: Ein zweites Tschernobyl rückt näher. Alexej Jablow über die Folgen von Tschernobyl und die „Nuklearisten“ von heute. IPPNW-Forum 125. März 2011. S. 20. http://www.ippnw.de/commonFiles/pdfs/Forum/forum125_20-21-22.pdf. Letzter Zugriff 12.02.2013.