

das zusätzliche relative Risikos ERR = 15,4%/1mSv (95% CI von 8,6 bis 22,8%/1 mSv), das zusätzliche absolute Risikos EAR = 50,3/104 PersonenjahreSv (PYSv) (95% CI von 28,1 bis 74,7/104 PYSv), das attributive Risiko AR = 20,6% (95% CI von 11.5 bis 30.6%).

In Übereinstimmung mit den letzten Zahlen wurden etwa 20 Prozenten der Leukämiefälle, die in der Zeitperiode 1986 bis 1996 in Belarus registriert wurden, durch Tschernobyl verursacht.

1. Alfred Körblein. „Leukämie bei Kindern in Weißrussland“. Strahlentelex 2013, Nr. 626-627/27.Jahrg. 7. Februar, S. 1-4
- 1a. Thomas Dersee: Leukämie bei Kindern in Weißrussland – Ein Wissenschaftsbetrug, Strahlentelex 2013, Nr. 628-629/27.Jahrg., 7. März, S. 1
2. Malko M.V., Ivanov E.P., Terexovich T.I., Ivanov V.E. „Infant's leukemia in Belarus before and after Chernobyl“. <http://elib.bsu.by/handle/123456789/16949> (Materialien X internationale Konferenz „Mediko-soziale Ökologie der Persönlichkeit: Zustand und Perspektiven“, Minsk, 6-7 April 2012, Minsk, 2012, S. 133-135).
3. Ivanov E.P., Tolochko G.V., Shuvaeva L.P., Ivanov V.E., Ia-

- roshevich R.F., Becker S., Nekolla E., Kellerer A.M. „Infant leukemia in Belarus after the Chernobyl accident“. Radiat. Environ. Biophys., 37, 53-55 (1998).
4. Petridou E., Trichopoulos D., Dessypris N., Flytzani V., Haidas S., Kalmanti M., Kolioukas D., Kosmidis H., Piperopolou F., Tzortzidou D. „Infant leukemia after in utero exposure to radiation from Chernobyl“. Nature, 382, 352-353 (1996).
 5. Steiner M., Burkart W., Grosche B., Kaletch U., Michaelis J. „Trend in infant leukemia in West Germany in relation to in utero exposure due to the Chernobyl accident“. Radiat. Environ. Biophys., 37, 87-93 (1998).
 6. Malko M.V., Ivanov E.P. „Specific Features of the incidence in acute leukemia in children of Belarus“. Materialien X internationale Konferenz „Mediko-soziale Ökologie der Persönlichkeit: Zustand und Perspektiven“, Minsk, 6-7 April 2012, Minsk, 2012, S. 130-133.
 7. Ivanov, E.P., Malko, M.V., Ivanov, V.E. „Leukämie у детей Беларуси после аварии на ЧАЭС“. Materialien internationale Konferenz führenden Spezialisten, jungen Wissenschaftler und Studenten „Sacharowlesungen 2002: ökologische Probleme XXI Jahrhunderts“, Minsk, 17-21 Mai, 2002. Ministerium der Bildung der Republik Belarus, Internationaler Staatlicher ökologischer Universität im A.D. Sacharow.

- Mn. „Триолета“, 2002, стр.89-92.
8. Malko, M.V., Ivanov, E.P. „Оценка риска радиационно-индуцированных лейкозов у детей Беларуси“. Materialien I internationale Konferenz „Mediko-soziale Ökologie der Persönlichkeit: Zustand und Perspektiven“, Minsk, 4-5 April 2003, S. 101-106.
 9. Ivanov, E.P., Malko, M.V. „Acute leukemia in children of Belarus before and after the Chernobyl Accident“. Int. J. Radiat. Medicine. Special Issue, vol.5, No.3, 2003, p.59.
 10. Malko M.V., Ivanov E.P., Parkin D., Ivanov V. „Чернобыльские лейкозы у детей Беларуси“. Materialien II internationale Konferenz „Mediko-soziale Ökologie der Persönlichkeit: Zustand und Perspektiven“, Minsk, 2-3 April 2004, S. 97-101.
 11. Malko M.V., Ivanov E.P., „Pediatric leukemia in Belarus before and after The Chernobyl accident“, Program and Abstracts of the International Congress „Chernobyl - 20 Years Later. Experience and Lessons for the Future“. April 3 to 5, 2006. Berlin, Germany. 2006, p. 52
 12. Ivanov E.P., Ivanov V.E., Malko M.V. „Assessment of leukemia radiation risk in children of Belarus“, Kongressband zum Internationalen Kongress „20 Jahre Leben mit Tschernobyl - Erfahrungen für die Zukunft. Otto Hug Strahleninstitut. München. Deutschland, S.139-148.

13. Ivanov E.P., Malko M.V., Terexovich T.I., Ivanov V.E. „Оценка радиационных рисков лейкозов у детей Беларуси в 1979-2004 гг“. Materialien VI internationale Konferenz „Mediko-soziale Ökologie der Persönlichkeit: Zustand und Perspektiven“, Minsk, 4-5 April 2008, Minsk, S. 132-136.
14. Ivanov E.P., Malko M.V., Terexovich T.I., Ivanov V.E. „Гематологические эффекты малых доз ионизирующей радиации“. Materialien internationale Konferenz „Радиация и экосистемы“, 16-17 Oktober 2008, G. Gomel/ под общ. ред. Е.Ф.Копопли Ivanov E.P., – Gomel. РНИУП «Институт радиологии», 2008, S. 207- 211.
15. Malko, M.V. „Radiation risk assessment of leukemia in children of Belarus“. In: Multi-side Approach to the Realities of the Chernobyl NPP Accident – Summing-up of the Consequences of the Accident Twenty Years After (II). Ed.: Imanaka T., Research Reactor Institute, Kyoto University. KURRI-KR-139. ISSN 1342-0852, May 2008, pp. 136-146.
16. Auvinen A., Hakama M., Arvela H. et al. „Fallout from Chernobyl and incidence of childhood leukemia in Finland“, 1976-92. British Med.J. 1994. Vol. 309, pp.151-154. ●

Folgen von Fukushima

Totgeburten und Säuglingssterblichkeit in Japan

Von Masao Fukumoto, Kristina Voigt, Ralf Kusmierz, Hagen Scherb *

Hintergrund und Fragestellung

Nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl im April 1986

* Masao Fukumoto
Dr. Kristina Voigt, Helmholtz Zentrum München,
kvoigt@helmholtz-muenchen.de
Ralf Kusmierz
Dr. Hagen Scherb, Helmholtz Zentrum München,
scherb@helmholtz-muenchen.de

wurden europaweit langfristige Anstiege der Totgeburten, der Säuglingssterblichkeit, der angeborenen Fehlbildungen bzw. der Chromosomenanomalien beobachtet [1-7]. Es stellt sich die Frage, ob nach den Reaktorunfällen von Fukushima im März 2011 in Japan ähnliche strahleninduzierte genetische Effekte aufgetreten sind bzw. noch auftreten werden, und ob solche

Effekte bereits im ersten Jahr nach Fukushima, also im Jahr 2012, nachgewiesen werden können.

Das japanische Ministerium für Gesundheit und Arbeit gibt die Statistik über die Bevölkerungsentwicklung („Jinko Dotai Tokei“) heraus (www.mhlw.go.jp/toukei/list/81-1.html).

Im Rahmen dieser Statistik veröffentlicht das Statistische Amt Japans regelmäßig die absoluten monatlichen Geburtenzahlen der 47 Präfekturen in Japan (www.e-stat.go.jp/SG1/estat/NewList.do?tid=00001028897). Diese offizielle Statistik umfasst die einschlägigen Indikatoren der frühkindlichen Sterblichkeit im

ersten Lebensjahr:

1. Spontane Totgeburtlichkeit ab der 12. vollendeten Schwangerschaftswoche
2. Totgeburtlichkeit ab der 22. vollendeten Schwangerschaftswoche
3. Tod innerhalb 1 Woche nach der Geburt
4. Tod innerhalb 4 Wochen nach der Geburt
5. Tod innerhalb des 1. Lebensjahres nach der Geburt

Anhand der Geburten- und Frühsterblichkeitsstatistik, die nunmehr von 2002 bis 2012 vollständig vorliegt, kann man untersuchen, ob es im ersten Jahr nach den Reaktorunfällen von Fukushima, also im Jahre 2012, zu auffälligen Veränderungen in den Indikatoren der frühkindlichen Sterblichkeit kam.

Ergebnisse

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die vorliegenden jährlichen Fallzahlen für Japan. Abbildung 1 zeigt die absoluten Häufigkeiten der frühkindlichen Sterblichkeitsindikatoren für Japan im Zeitraum 2002 bis 2012 nach den Kriterien 1. bis 5., siehe vorstehenden Kasten.

Die in der Abbildung 1 erkennbare Gesetzmäßigkeit der kumulativen Sterblichkeit im ersten Lebensjahr erlaubt eine Schätzung der monatlichen Sterbewahrscheinlichkeiten im ersten Lebensjahr in Japan von 2002-2012. Mit diesen japanischen monatlichen Gesamtsterbewahrscheinlichkeiten können die jeweils 12 zurückliegenden japanischen monatlichen Geburtenzahlen gewichtet werden, um einen geeigneten monatsweisen Nenner für die gesamte monatliche Frühsterblichkeit (Totgeburten + Säuglingssterblichkeit im ersten Lebensjahr) zu berechnen. Diese gewichteten, sozusagen gleitenden Nenner werden in den Abbildungen 3 und 4 verwendet. Sie erlauben die Kombination der Totgeburten mit der Säuglingssterblichkeit innerhalb des ersten Lebensjahres.

Es erscheint nun zunächst naheliegend, die 11 näher an Fukushima liegenden, mutmaßlich radiologisch stärker betroffenen Präfekturen mit dem Rest Japans zu vergleichen. Diese 11 Präfekturen sind: Chiba, Fukushima, Gunma, Ibaraki, Iwate, Miyagi, Niigata, Saitama, Tochigi, Tokio und Yamagata; siehe aufgehellter Bereich in Abbildung 2 (<http://de.wikipedia.org/wiki/Präfektur>). Die Abbildungen 3 und 4 zeigen die Trends der gesamten Frühsterblichkeit (Totgeburten + Säuglingssterblichkeit innerhalb des ersten Lebensjahres) jeweils für die 11 exponierten Präfekturen bzw. für den Rest Japans, d. h. 36 geringer oder nicht exponierte Präfekturen.

In den exponierten Präfekturen (Abbildung 3) ist eine einmalige, auf den März 2011 beschränkte, um 24 Prozent erhöhte Frühsterblichkeit zu erkennen (Odds-Ratio = 1,24; 95%-Konfidenzintervall = [1,11; 1,37], $p < 0,0001$). Dieser Effekt ist offensichtlich der unmittelbaren Wirkung des Tsunamis bzw. dem vorangegangenen Erdbeben am 11. März 2011 zuzuschreiben. Im Dezember 2011, also mit der Verzögerung nach dem Erdbeben von der Dauer einer Schwangerschaft von neun Monaten, steigt die Frühsterblichkeit relativ zum globalen Abwärtstrend um 5,2 Prozent an (Odds-Ratio = 1,052, 95%-Konfidenzintervall = [1,012; 1,093], $p = 0,0097$). Dieser Anstieg liegt somit in der Größenordnung zum Beispiel des Anstiegs der Perinatalsterblichkeit von 4,8 Prozent in Gesamtdeutschland in 1987, im ersten Jahr nach Tschernobyl [2].

Abbildung 4 zeigt, dass es im Rest Japans weder im März 2011 einen direkten Erdbeben-Tsunami-Effekt noch 9 Monate später einen jetzt schon beobachtbaren Anstieg der gesamten Frühsterblichkeit im ersten Lebensjahr gab.

Ökologische Dosis-Wirkungs-Beziehung

Nach Tschernobyl wurde in Bayern eine ausgeprägte ökologische Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen Fallout und langfristiger Totgeburtenrate von 1987 bis 1992 um circa 50 Prozent an [6]. Deshalb, und weil die Totgeburtenrate ab der vollendeten 12. Schwangerschaftswoche die Frühsterblichkeit dominiert (siehe Tabelle 1), ist es naheliegend, die vier mutmaßlich am höchsten belasteten, nordöstlichen Präfekturen am Pazifik: Ibaraki, Fukushima, Miyagi und Iwate zu betrachten und mit dem restlichen Japan im Hinblick auf die Totgeburtenrate zu vergleichen.

Tabelle 1:

Geburten und Frühsterblichkeit in Japan

Jahr	Lebendgeburten	Totgeburten	Sterblichkeit < 1 Jahr
2002	1153855	15161	3497
2003	1123610	14644	3364
2004	1110721	14288	3122
2005	1062530	13502	2958
2006	1092674	13424	2864
2007	1089818	13107	2828
2008	1091156	12625	2798
2009	1070035	12214	2556
2010	1071304	12245	2450
2011	1050806	11940	2463
2012	1037231	11448	2299
Gesamt	11953740	144598	31199

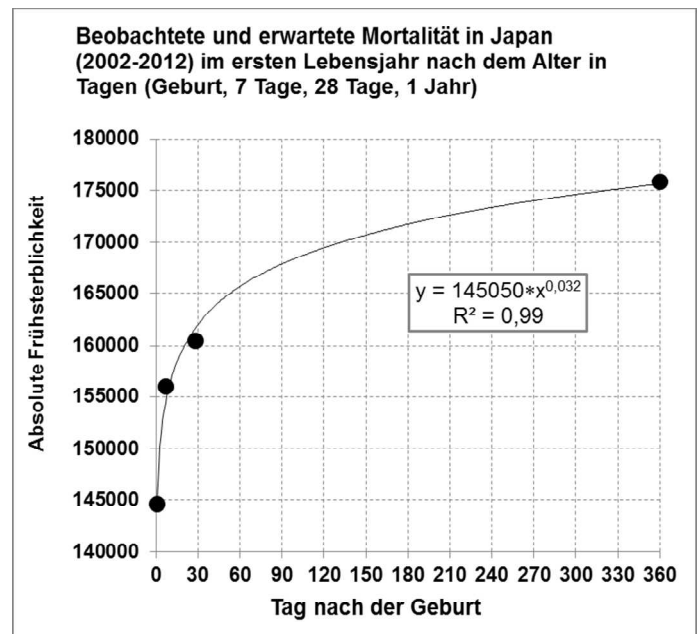


Abbildung 1: Frühsterblichkeit in Japan nach Alter in Tagen



Abbildung 2: Japan unterteilt in Präfekturen (<http://de.wikipedia.org/wiki/Präfektur>)

In den vier genannten, mutmaßlich hoch exponierten Präfekturen zeigt Abbildung 5 einen Anstieg der Totgeburtensrate ab Dezember 2011 um den Faktor 1,129, (95%-Konfidenzintervall = [1,033; 1,235], $p = 0,0075$). Die dicht besiedelten Präfekturen Saitama und Tokio, die relativ nahe an Fukushima liegen, nehmen eine Zwischenposition ein. In Abbildung 6 erkennt man eine nicht signifikante Erhöhung der Totgeburtlichkeit um den Faktor 1,041 (95%-Konfidenzintervall = [0,982; 1,104], $p = 0,1776$).

Analog der Gesamtfrühsterblichkeit ist auch bei der spontanen Totgeburtlichkeit im restlichen Japan, also ohne die hoch exponierten Präfekturen Ibaraki, Fukushima, Miyagi und Iwate und ohne die mäßig exponierten Präfekturen Tokio und Saitama, kein Anstieg im Jahre 2012 zu erkennen, siehe Abbildung 7.

Ähnlich wie nach Tschernobyl in Bayern auf Landkreisebene deutet sich nach Fukushima in Japan auf der Ebene der Präfekturen eine Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen Fallout und Totgeburtlichkeit an. Abbildung 8 fasst die Abbildungen 5 bis 7 unter dem Blickwinkel der ökologischen Dosis-Wirkungs-Beziehung deskriptiv bzw. qualitativ zusammen. Falls es gelingt, nach Fukushima den Fallout bzw. die radiologischen Belastungen auf Präfekturenebene genügend genau und repräsentativ zu quantifizieren, können ökologische Risikokoeffizienten (z.B. pro mSv/a oder pro kBq/m² Cs-137) für die einschlägigen genetischen Indikatoren berechnet werden [6].

Fazit

In 11 durch das Erdbeben, den Tsunami und mutmaßlich durch die Fukushima-Katastrophe radiologisch betroffenen japanischen Präfekturen steigt 9 Monate nach dem Erdbeben die monatliche Gesamtfrühsterblichkeit um circa

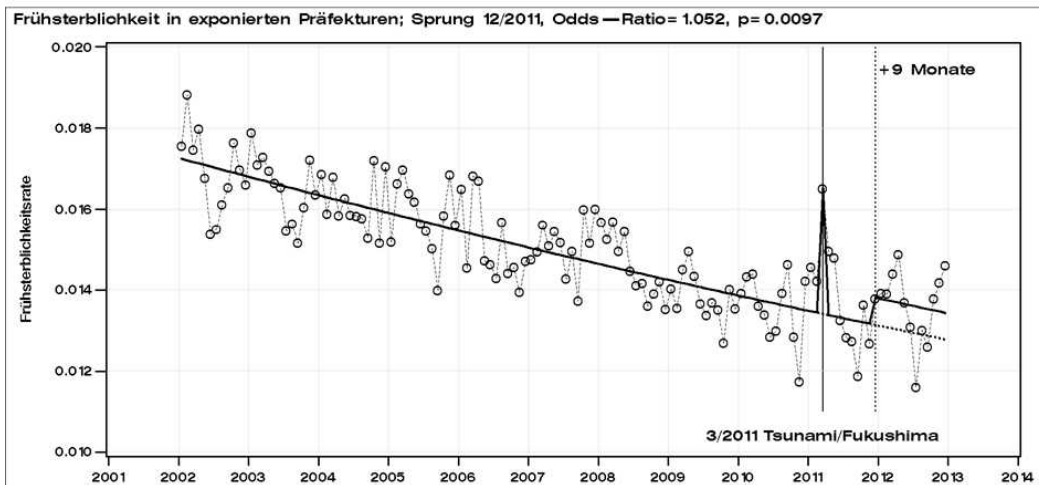


Abbildung 3: Frühsterblichkeit in 11 exponierten japanischen Präfekturen

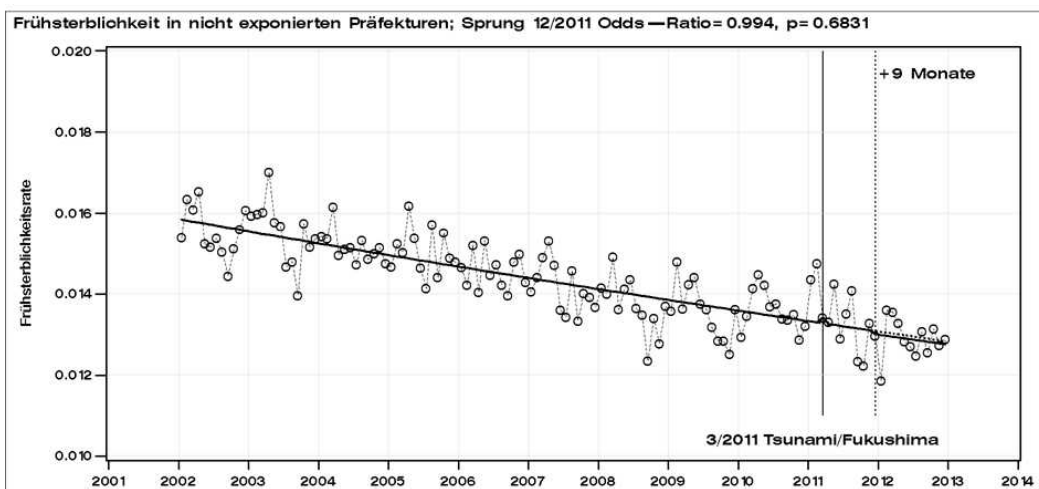


Abbildung 4: Frühsterblichkeit in 36 nicht exponierten japanischen Präfekturen

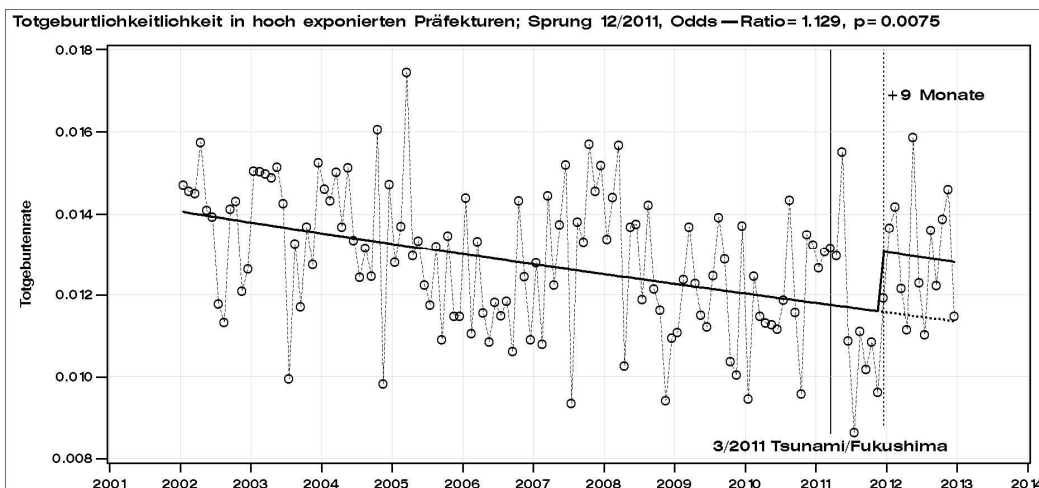


Abbildung 5: Totgeburtlichkeit in den hoch exponierten japanischen Präfekturen Ibaraki, Fukushima, Miyagi und Iwate

5 Prozent gegenüber dem in ganz Japan zugrundeliegenden Abwärtstrend signifikant an, $p=0,0097$. In den vier mutmaßlich am höchsten belasteten Präfekturen Ibaraki, Fukushima, Miyagi und Iwate

steigt die Totgeburtensrate ab Dezember 2011 sogar um circa 13 Prozent signifikant an, $p=0,0075$. Entsprechende Effekte sind in den übrigen, weniger belasteten Präfekturen weniger ausgeprägt bzw.

(vorerst) nicht zu erkennen. Mit der hier erstmals durchgeführten einfachen, orientierenden Analyse der Frühsterblichkeit und Totgeburtlichkeit in Japan zeichnen sich strahleninduzierte genetische

Effekte ab, wie sie bereits in Europa nach Tschernobyl beobachtet worden waren. Dies sollte Anlass sein, die weitere Entwicklung der Frühsterblichkeit, der angeborenen Fehlbildungen und des Geschlechtsverhältnisses bei der Geburt [8-10] in Japan genau im Auge zu behalten.

1. Sperling K, Pelz J, Wegner RD, Dorries A, Gruters A, Mikelsen M: Significant increase in trisomy 21 in Berlin nine months after the Chernobyl reactor accident: temporal correlation or causal relation? *BMJ* 1994, 309:158-162.
2. Scherb H, Weigelt E, Brüske-Hohlfeld I: Regression analysis of time trends in perinatal mortality in Germany, 1980-1993. *Environmental Health Perspectives* 2000, 108:159-165.
3. Scherb H, Weigelt E, Brüske-Hohlfeld I: European stillbirth proportions before and after the Chernobyl accident. *International Journal of Epidemiology* 1999, 28:932-940.
4. Ziegłowski V, Hemprich A: Facial cleft birth rate in former East Germany before and after the reactor accident in Chernobyl. *Mund Kiefer Gesichtschir* 1999, 3:195-199.
5. Wertelecki W: Malformations in a Chernobyl-Impacted Region. *Pediatrics* 2010, 125:836-843.
6. Scherb H, Weigelt E: Congenital Malformation and Stillbirth in Germany and Europe Before and After the Chernobyl Nuclear Power Plant Accident. *Environmental Science and Pollution Research*, Special Issue 2003, 1:117-125.
7. Sperling K, Neitzel H, Scherb H: Evidence for an increase in trisomy 21 (Down syndrome) in Europe after the Chernobyl reactor accident. *Genetic Epidemiology* 2012, 36:48-55.
8. Scherb H, Voigt K: The human sex odds at birth after the atmospheric atomic bomb tests, after Chernobyl, and in the vicinity of nuclear facilities. *Environmental Science and Pollution Research International* 2011, 18:697-707.
9. Kusmierz R, Scherb H, Voigt K: Overview on data sources for modeling epidemiological effects of environmental pollution. *International Environmental Modeling and Software Society (iEMSS)* 2012. <http://www.iemss.org/society/index.php/iemss-2012-proceedings>.
10. Kusmierz R: Fehlende Mädchen in Kuba durch Radionuklide in importierter Nahrung. *Wie Regierungen und Wirtschaft ihre Bevölkerung radioaktiv verstrahlen*. *Strahlentelex*, Stx640-641. 2013.1-6.6, http://www.strahlentelex.de/Stx_13_640-641_S01-06.pdf. ●

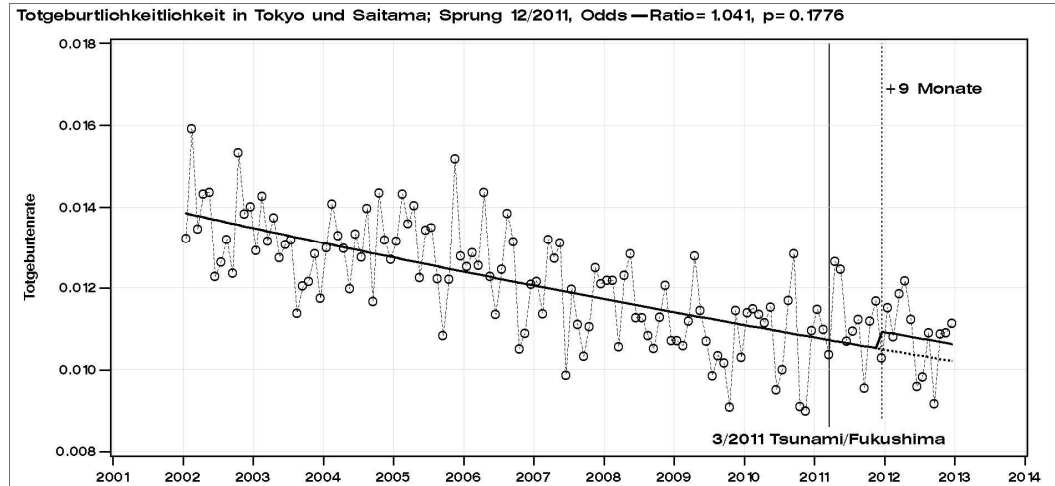


Abbildung 6:

Totgeburtlichkeit in den mutmaßlich moderat exponierten Präfekturen Tokio und Saitama

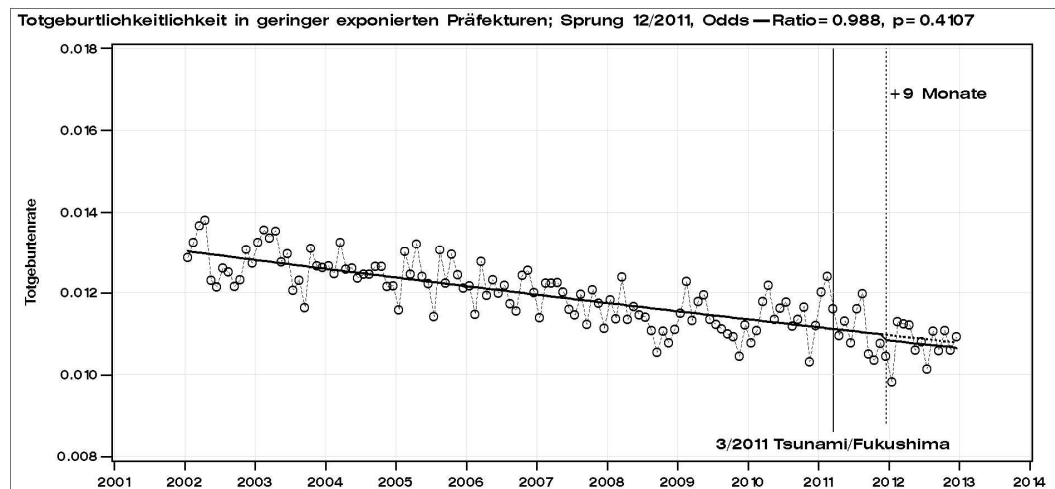


Abbildung 7:

Totgeburtlichkeit in Japan ohne die hoch exponierten Präfekturen Ibaraki, Fukushima, Miyagi und Iwate und ohne die mäßig exponierten Präfekturen Tokio und Saitama

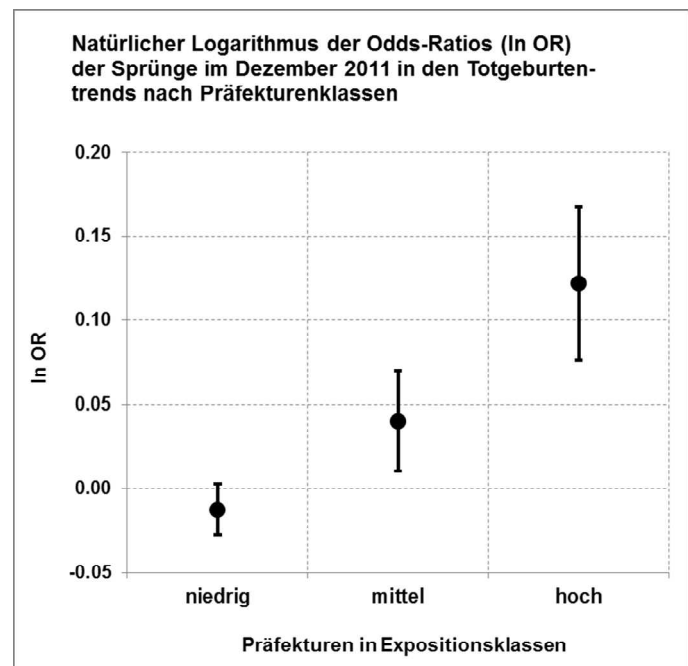


Abbildung 8: Logarithmen der Sprung-Odds-Ratios (plus/minus 1 Standardfehler) zu den Abbildungen 5, 6 und 7; hoch: Ibaraki, Fukushima, Miyagi und Iwate; mittel: Saitama und Tokio; niedrig: Japan ohne Ibaraki, Fukushima, Miyagi, Iwate, Saitama und Tokio