

betrug der entsprechende Erwartungswert 0,06 Fälle pro Jahr und ergab eine signifikante Erhöhung für den Zeitraum 1990 bis 1992 um den Faktor 17.

Kuni untersuchte, ob andere bekannte oder denkbare Risikofaktoren als Ursache für die Leukämieerkrankungen in Frage kämen wie Röntgenstrahlen, Leben unter Hochspannungsleitungen, Pflanzenschutzmittel und Kohlebergbau, konnte diese aber ausschließen. Als einzige Gemeinsamkeit war die Nähe zur Kernforschungsanlage zu verzeichnen.

Die Erhöhungen fallen in den Betriebszeitraum des AVR bzw. ergaben sich noch kurz danach (Ende des Betriebes Dezember 1988). Strahleninduzierte akute Leukämieerkrankungen haben relativ kur-

ze Latenzzeiten. Ab 1978 traten nennenswerte Leckagen auf, der Leukämieeffekt zeigte sich erst ab 1984, 6 Jahre später: Das ist aber kein Widerspruch, da unbekannt ist, wie sich die Leckagen in der Umgebung zeitlich ausbreiteten.

Kuni machte darauf aufmerksam, dass offensichtlich insbesondere der „Normalbetrieb“ von Forschungsreaktoren eine Gesundheitsgefährdung für die umliegende Bevölkerung darstellt, da noch bei 3 anderen Atomforschungsinstituten mit Reaktoren Leukämiehäufungen registriert wurden: bei Garching (TU München) und den früheren Zentren GSF in Neuherberg bei München, Rossendorf in der Nähe von Dresden und GKSS in Geesthacht. Bei letzterer erfolgten die umfangreichsten Untersuchungen der

Umgebungscontamination. Nicht-regierungshörige Personen identifizierten einen vertuschten Unfall im September 1986 [Bürgerinitiative 2006].

Offiziell gibt es das alles nicht. Keine Bundes- oder Landesregierung hat je eingeräumt, dass ein deutscher Bürger durch radioaktive Emissionen aus einer kerntechnischen Anlage umgekommen ist. Umso berechtigter ist daher für die kommenden Zeiten des verstärkten Rückbaus solcher Anlagen die Forderung nach unabhängigen Kontrollen durch die Betroffenen selbst. Sogar der atomfreundliche Fachverband für Strahlenschutz e.V. plädiert neuerdings für Messstationen in Bürgerhand beim undicht gewordenen Endlager Asse, um Vertrauen wiederzugewinnen.

Kuni, H.: A cluster of childhood leukaemia in the vicinity of the German Research reactor Jülich. In Schmitz-Feuerhake, I., Schmidt, M. (Ed), Radiation exposures by nuclear facilities. Ges. f. Strahlenschutz, Berlin 1998, p. 251-255. ISBN 3-9805260-1-1

<http://www.kuni.org/h/neues/beitrag/6/>;

<http://www.staff.uni-marburg.de/~kuni/h/all-doc/juele.pdf>

Haaf, H.G., Michaelis, J., Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation, Universität Mainz: Schreiben an das Gesundheitsamt Düren, 6.08.1993

Bürgerinitiative gegen Leukämie in der Elbmarsch e.V. et al.: Die Elbmarschleukämien-Stationen einer Aufklärung. Strahlentelex Nr. 480-481 v. 4.1.2007, 1-8

www.strahlentelex.de/Stx_07_48_0_S01-08.pdf ●

Windscale/Sellafield-Folgen

Rückgang der Geburten von Mädchen und Jungen

Von Hagen Scherb, Ralf Kusmierz und Kristina Voigt*

Hintergrund

Am 10. Oktober 1957 kam es in einem Kernreaktor in Windscale (heute Sellafield, Großbritannien) zu einem Brand. Der Brand setzte radioaktives Material frei, das sich vorwiegend über Großbritannien und Nordeuropa verteilte. Neuere Messungen von archivierten Filtermaterialien und verbesserte meteorologische Analysen haben gezeigt, dass sich die radioaktiven Wolken aufgrund der damals vorherrschenden West/Südwest-Strömungen weiter nach Nord- und Osteuropa ausgebreitet

hatten als ursprünglich angenommen [1].

Bereits vor etwa 100 Jahren wurde eine strahleninduzierbare Veränderung der Erbanlagen (Mutagenität, strahleninduzierte genetische Effekte) im Tierversuch von H. J. Muller festgestellt und für den Menschen postuliert. Mullers Versuche zeigten hohe Raten dominanter genetischer Veränderungen im Tierversuch, die sich unter anderem in einer Veränderung des Geschlechtsverhältnisses manifestierten [2]. Muller erhielt für seine Entdeckungen den Nobelpreis.

In unseren Arbeiten zu dem Zusammenhang von ionisierender Strahlung mit genetischen Effekten (Krebs, Totgeburten, Fehlbildungen, Geschlechtsverhältnis) haben wir unter anderem die langfristige Zunahme des Geburtenge-

schlechtsverhältnisses beim Menschen nach der Reaktor-katastrophe von Tschernobyl dokumentiert [3-6]. Ausgehend von unseren Tschernobyl-Ergebnissen hat der Kinderarzt Prof. Victor Grech aus Malta in der Zeitschrift „The International Journal of Risk & Safety in Medicine“ kürzlich untersucht, ob der Atomunfall von Windscale/Sellafield ebenfalls eine Erhöhung des Geschlechtsverhältnisses in Europa zur Folge hatte [7]. In Analogie zu unseren Resultaten nach Tschernobyl [5] beschreibt Grech signifikante Anstiege des Geschlechtsverhältnisses in Norwegen und Schweden nach dem Brand von Windscale. Zur Diskussion der Arbeit von Grech siehe die Leserbriefe (im Druck) von Körblein bzw. Scherb/Kusmierz/Voigt in Volume 26, Number 3/2014, der Zeitschrift „The International Journal of Risk & Safety in Medicine“.

Erweiterte Analyse

In diesem Beitrag schlagen wir eine erweiterte Methodik mit hoher statistischer Nachweiskraft vor. Der gewählte

Ansatz der synoptischen Trendanalyse des Geschlechtsverhältnisses [4] entspricht der Vorgehensweise in unseren Tschernobyluntersuchungen [5]. Nach dem Reaktorunfall von Windscale im Vereinigten Königreich sind die radioaktiven Wolken überwiegend in nördliche und östliche Richtung gezogen. Deshalb untersuchen wir folgende Fragestellung: Gab es in Windrichtung in exponierten Ländern Nord- bzw. Osteuropas im Vergleich mit den entgegen den atmosphärischen Strömungen liegenden USA und Frankreich einen Anstieg des Geschlechtsverhältnisses nach dem Unfall von Windscale? Gleichzeitig können mit den Geburtenzahlen in der Größenordnung von 2 Millionen pro Jahr in den exponierten Ländern auch die Trends der absoluten Mädchen- und Jungengeburten auf Veränderungen nach Windscale geprüft werden.

Die erforderlichen historischen jährlichen geschlechtsspezifischen Geburtendaten für die exponierten Länder Vereinigtes Königreich, Dä-

* Dr. Hagen Scherb, Dipl.-Ing. Ralf Kusmierz, Dr. Kristina Voigt Helmholtz Zentrum München Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH) Ingolstädter Landstraße 1 D-85764 Neuherberg scherb@helmholtz-muenchen.de

nemark, Finnland, Norwegen, Schweden und Polen sowie für die weniger bzw. nicht betroffenen Länder Frankreich und USA können von der Internet-Plattform „The Human Mortality Database (<http://www.mortality.org/>)“ frei heruntergeladen werden. Wir betrachten den Zeitraum von 1945 bis 1964. Dieser Zeitraum von 20 Jahren wird einerseits von dem Ende des Zweiten Weltkriegs in Europa und andererseits von einem globalen Anstieg des Geschlechtsverhältnisses infolge der oberirdischen Atomtests ab Mitte der 1960er Jahre begrenzt [5]. Eine Trendanalyse des Geschlechtsverhältnisses der Neugeborenen im Zusammenhang mit dem Unfall von Windscale erscheint uns unter diesem Blickwinkel deshalb nur für den Zeitraum von 1945 bis 1964 sinnvoll. Da West-, Mittel- und Südeuropa von dem Windscale-Unfall weniger betroffen waren [1], und um einen möglichst scharfen Kontrast „exponiert versus nicht exponiert“ zu erhalten, beziehen wir keine weiteren Länder wie zum Beispiel Deutschland in unsere Auswertung ein. Für die Baltischen Staaten liegen uns entsprechende Daten erst ab 1959 vor, so dass hier insbesondere keine Vorher/Nachher-Vergleiche der Geburtenstatistiken in Bezug auf den Windscale-Unfall möglich sind.

Tabelle 1 enthält die jährlichen Geburtenzahlen nach Geschlecht und Expositions-kategorien: Frankreich und USA (weniger bzw. nicht exponiert) versus Vereinigtes Königreich, Dänemark, Finnland, Norwegen, Schweden und Polen (exponiert). Unsere Analyse basiert auf 132 Millionen Geburten und hat damit eine deutlich höhere statistische Nachweiskraft als die Analyse von Victor Grech [7]. Außerdem berücksichtigen wir die globalen, säkularen Abwärtstrends des Geschlechtsverhältnisses, die Victor Grech außer Acht gelassen hat. Die Ver-

nachlässigung von Abwärtstrends führt im vorliegenden Kontext zu konservativen Resultaten: Aufwärtssprünge in abfallenden Zeittrends erscheinen schwächer, als sie es in der Relation zu den Abwärtstrends eigentlich sind. Abbildung 1 zeigt die grafische Darstellung unserer vergleichenden synoptischen Analy-

se der nicht bzw. weniger exponierten und der exponierten Länder in Tabelle 1. In Frankreich und in den USA ist ein relativ glatter, ungestörter Abwärtstrend des Geschlechtsverhältnisses über den gesamten 20-Jahre-Zeitraum von 1945 bis 1964 ersichtlich. In scharfem Kontrast zu diesem Verlauf in Frankreich und in

den USA gibt es einen hochsignifikanten Sprung im Geschlechtsverhältnis im Jahre 1959 in den durch den Unfall von Windscale radioaktiv exponierten Ländern Vereinigtes Königreich, Dänemark, Finnland, Norwegen, Schweden und Polen. Die Sprung „sex odds ratio“ beträgt 1,0048, 95%-Konfidenzintervall (95% -KI) [1,0030, 1,0065], p-Wert < 0,0001. Rein rechnerisch entspricht dieser Anstieg einem Verlust von circa 27.000 Mädchen in den exponierten Ländern von 1959 bis 1964, wenn genetisch/theoretisch nur dominante Letalfaktoren auf dem väterlichen X-Chromosom [8] eine Rolle gespielt und die Entstehung weiblicher Zygoten, Embryonen, Föten und Geburten beeinträchtigt haben. Es kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass sich das Verhältnis von X- zu Y-Spermien in den potentiellen Vätern aufgrund des Windscale-Fallouts durch Störung der Spermatogenese verschoben hat [9]. Falls dementsprechend in der Spermatogenese/Embryogenese ein frühzeitiger Ausfall weiblicher Nachkommenschaft induziert wurde, wäre es denkbar, dass die beobachtete Geschlechterlücke teilweise auch auf zusätzlichen Jungengeburten und nicht nur auf fehlenden Mäd-

Tabelle 1: Jährliche Geburten nach Geschlecht in Frankreich und USA (weniger bzw. nicht exponiert) sowie Vereinigtes Königreich, Dänemark, Finnland, Norwegen, Schweden und Polen (exponiert).

Jahr	nicht exponiert		exponiert	
	männlich	weiblich	männlich	weiblich
1945	1 788 638	1 695 142	927 468	874 429
1946	2 187 825	2 067 079	1 000 524	945 633
1947	2 407 510	2 279 962	1 034 013	976 432
1948	2 313 898	2 193 938	994 127	938 094
1949	2 319 510	2 202 151	938 348	886 467
1950	2 304 795	2 188 515	894 678	844 568
1951	2 383 797	2 265 925	877 234	827 246
1952	2 426 546	2 308 658	890 113	839 815
1953	2 446 599	2 323 097	892 943	842 770
1954	2 506 078	2 382 676	875 964	830 736
1955	2 515 159	2 394 758	887 623	838 104
1956	2 575 546	2 449 370	909 594	861 416
1957	2 624 634	2 499 833	940 424	890 306
1958	2 594 221	2 472 994	948 930	899 099
1959	2 632 193	2 509 156	956 196	901 768
1960	2 599 483	2 478 186	979 585	924 381
1961	2 615 151	2 491 808	990 183	934 289
1962	2 558 385	2 441 330	1 009 889	953 362
1963	2 545 476	2 421 420	1 028 877	973 660
1964	2 509 673	2 395 621	1 061 752	1 002 635

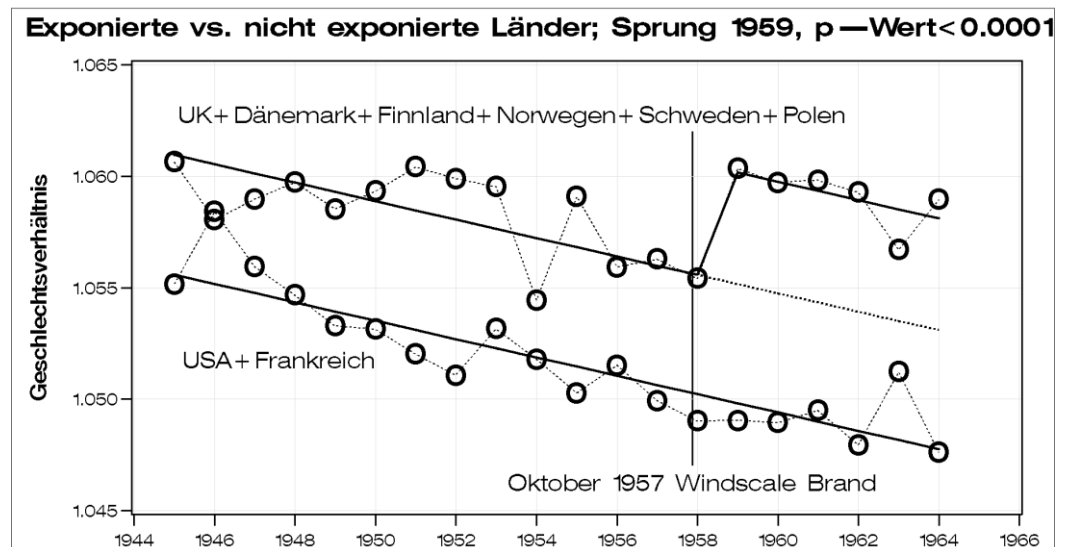


Abbildung 1: Trend des Geschlechtsverhältnisses der Geburten in Frankreich und USA (weniger/nicht exponiert) versus Vereinigtes Königreich (UK), Dänemark, Finnland, Norwegen, Schweden und Polen (exponiert), synoptisches, logistisches Trendmodell mit Sprung im Jahre 1959 in den exponierten Ländern (durchgezogene Linie).

chen basiert. Die Klärung der Frage, zu welchen Anteilen sich die beobachtete Geschlechterlücke aus fehlenden weiblichen bzw. aus fehlenden oder eventuell zusätzlichen männlichen Geburten zusammensetzt, soll im Folgenden vom Grundprinzip her skizziert werden.

Schätzung der kombiniert rezessiv/dominanten letalen Mutationsrate

Nach Traut kann die Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses infolge einer Belastung mit ionisierender Strahlung in eine Mutationsrate umgerechnet werden [10]. Dabei sind allerdings prinzipiell jeweils die rezessiven und dominanten X-Chromosomalen Letalfaktoren bei Vätern und Müttern zu unterscheiden [8, 11]. Nach Unfällen wie Windscale oder Tschernobyl mit globalen Auswirkungen kann aber mangels individueller Expositionsdaten nicht nach belasteten bzw. unbelasteten Vätern und Müttern differenziert werden. Es erscheint uns aber möglich und sinnvoll, eine Abschätzung der kombiniert rezessiv/dominanten Mutationsrate zu versuchen, indem wir zusätzlich zu dem Sprung in dem Geschlechtsverhältnis nach Windscale auch die Trends der absoluten männlichen und weiblichen Geburtenzahlen analysieren. Sind diese Trends genügend glatt, kann geprüft werden, in welcher Richtung und in welchem Umfang sich die absoluten Zahlen (eventuell sprunghaft) nach der Exposition durch ionisierende Strahlung verändert haben.

Tabelle 1 zeigt, dass die exponierten, absoluten Geburtenzahlen in dem zu 1958/1959 symmetrischen 10-Jahre-Intervall gleichmäßig ansteigen. In Abbildung 2 ist zu erkennen, dass der Geschlechtsverhältnissprung im Jahre 1959 auch in diesen reduzierten Daten signifikant ist, und dass außerdem die Trendsegmente vor und nach dem Windscale-Un-

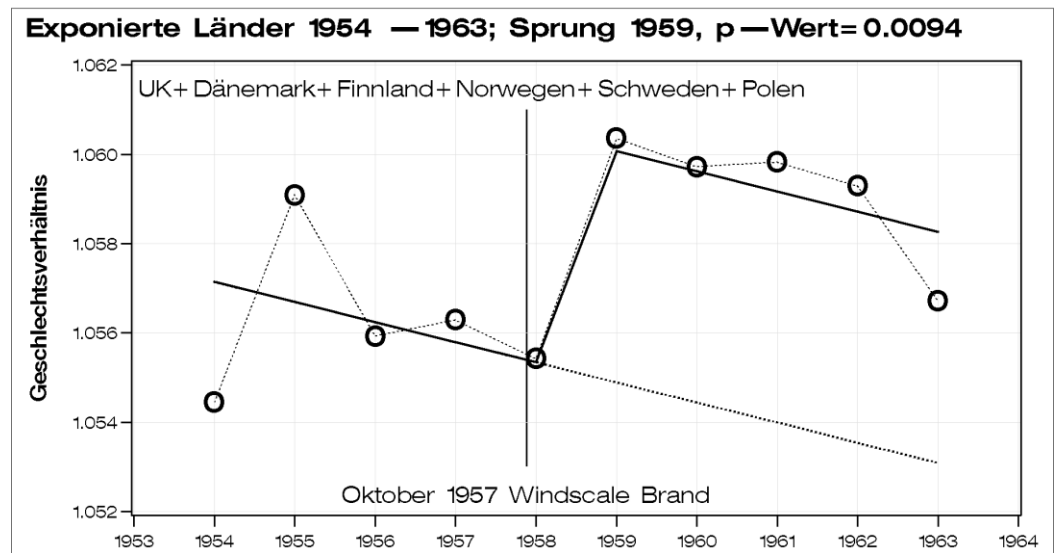


Abbildung 2: Trend des Geschlechtsverhältnisses der Geburten in Vereinigtes Königreich (UK), Dänemark, Finnland, Norwegen, Schweden und Polen (exponiert), logistisches Trendmodell mit Sprung im Jahre 1959.

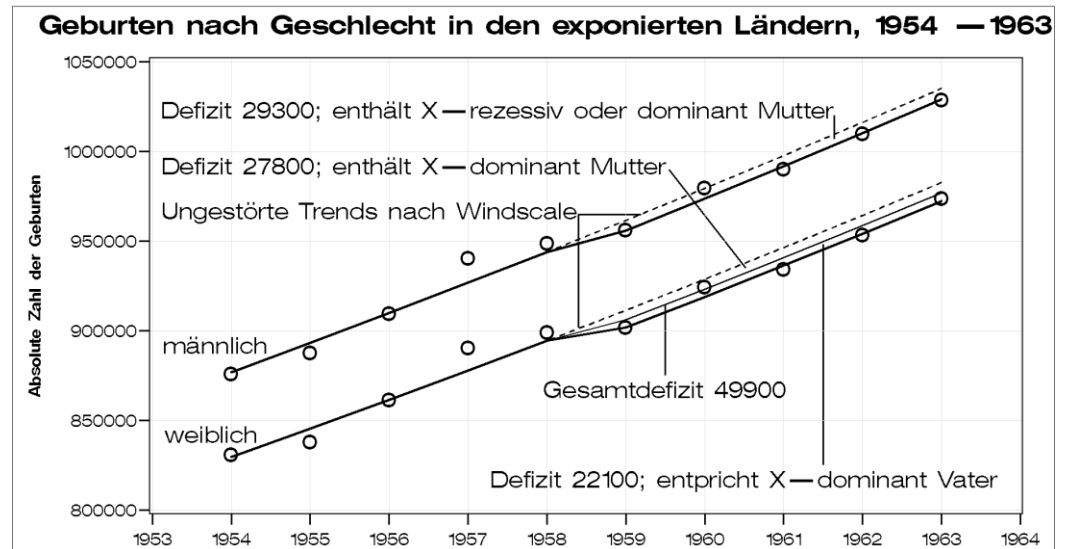


Abbildung 3: Trends der geschlechtsspezifischen Geburten in Vereinigtes Königreich (UK), Dänemark, Finnland, Norwegen, Schweden und Polen kombiniert; synoptisches Poissonisches Trendmodell mit Sprüngen im Jahre 1959, differenziert nach dominanten oder rezessiven Letalfaktoren auf den X-Chromosomen der Eltern.

fall verhältnismäßig gleichförmig sind.

Die Trendanalyse in Abbildung 3 quantifiziert die beobachtbaren, signifikanten Sprünge nach unten für Mädchen und Jungen getrennt. Die unbedingte Sprung odds ratio (Jungen und Mädchen gemeinsam) beträgt 0,9942, 95%-KI [0,9907, 0,9977], $p=0,0018$. Die Interaktion von Mädchen versus Jungen äußert sich in einem zusätzlichen Sprung nach unten bei den Mädchen mit Sprung odds ratio 0,9951, 95%-KI [0,9914, 0,9988], $p=0,0019$. Dieser zu-

sätzliche Sprung nach unten bei den Mädchen wird durch die dominanten X-Chromosomalen Letalfaktoren des Vaters vermittelt und ist durch die dünne durchgezogene Linie in Abbildung 3 markiert. Nur dieser Anteil der verlorenen Mädchen unterhalb der dünnen durchgezogenen Linie drückt sich in dem Sprung des Geschlechtsverhältnisses in Abbildung 2 aus, weil die anderen verlorenen Kinder proportional zueinander sind und daher nicht differentiell in dem Quotienten (sex ratio oder sex odds) männlich:weiblich zum Ausdruck kommen. Mit

anderen Worten: Diese Jungen- bzw. Mädchenanteile vermindern den Zähler und den Nenner gleichmäßig und beeinflussen daher den Wert des Quotienten nicht. Nach der Aufschlüsselung und Abschätzung in Abbildung 3 wurden von 1959 bis 1963 circa 80.000 Kinder zu wenig geboren, davon circa 30.000 Jungen und circa 50.000 Mädchen. Bezogen auf circa 10.000.000 Geburten in den exponierten Ländern von 1959 bis 1963 bedeutet das eine Gesamtmutationsrate für rezessive oder dominante X-Chromosomale oder autosom-

male Letalfaktoren von 0,82%, 95%-KI [0,51, 1,20], $p < 0,0001$, durch die radioaktive Belastung nach Windscale in den exponierten Ländern.

Zusammenfassung

Analog zu dem Anstieg des Geburtengeschlechtsverhältnisses in Europa [5] und in Kuba [6] nach Tschernobyl weist eine neuere Publikation von Victor Grech [7] auf einen signifikanten Anstieg des Geschlechtsverhältnisses in Skandinavien nach den radioaktiven Freisetzungen im Oktober 1957 in Windscale/Sellafield hin. Aufgrund der großen verfügbaren Fallzahlen gelingt eine ausreichend genaue Qualifizierung und Quantifizierung der mutmaßlich verlorenen Jungen und Mädchen. Während wir in früheren Arbeiten das Geschlechtsverhältnis der fehlenden Kinder provisorisch bei 0,2 bis 0,3 gesehen hatten [4, 5], können wir dieses Geschlechtsverhältnis nunmehr auf breiterer Datenbasis mit 0,6 schätzen. Das heißt der Anteil verlorener Jungen erscheint höher, als wir bisher angenommen haben. Insgesamt ist somit in den fünf Jahren von 1959 bis 1963 mit circa 80.000 verlorenen Kindern (30.000 Jungen und 50.000 Mädchen) in den durch den Brand in Windscale am 10. Oktober 1957 betroffenen Ländern Vereinigtes Königreich, Dänemark, Finnland, Norwegen, Schweden und Polen zu rechnen. Eine Abschätzung der verlorenen Kinder in den hier betrachteten exponierten Ländern ab 1964 ist aufgrund des ab Mitte der 1960er Jahre global ansteigenden Geschlechtsverhältnisses aufgrund der oberirdischen Atomtests [5] nur schwer oder gar nicht möglich.

Die signifikanten Anstiege des Geschlechtsverhältnisses nach Tschernobyl [5, 6] und nach Windscale [7] stützen sich gegenseitig und untermauern den Zusammenhang von ionisierender Strahlung und An-

stieg des Verhältnisses von männlichen zu weiblichen Geburten. Dieser hochsignifikante Zusammenhang muss als Hinweis auf eine Beeinträchtigung des menschlichen Genoms und damit als Indiz für eine Verletzung der genetischen Unversehrtheit des Menschen, und – dem Prinzip nach – aller anderen Lebewesen angesehen werden.

1. Bergan, T., M. Dowdall, and O.G. Selnaes, On the occurrence of radioactive fallout over Norway as a result of the Windscale accident, October 1957. *J Environ Radioact*, 2008. 99(1): p. 50-61.
2. Muller, H.J., Artificial Transmutation of the Gene. *Science*, 1927. 66(1699): p. 84-7.
3. Scherb, H. and K. Voigt, Trends in the human sex odds at birth in Europe and the Chernobyl Nuclear Power Plant accident. *Reproductive Toxicology*, 2007. 23(4): p. 593-599.
4. Scherb, H. and K. Voigt, Analytical ecological epidemiology: exposure-response relations in spatially stratified time series. *Environmetrics*, 2009. 20: p. 596-606.
5. Scherb, H. and K. Voigt, The human sex odds at birth after the atmospheric atomic bomb tests, after Chernobyl, and in the vicinity of nuclear facilities. *Environ Sci Pollut Res Int*, 2011. 18(5): p. 697-707.
6. Scherb, H., R. Kusmierz, and K. Voigt, Increased sex ratio in Russia and Cuba after Chernobyl: a radiological hypothesis. *Environ Health*, 2013. 12: p. 63.
7. Grech, V., Births and male: female birth ratio in Scandinavia and the United Kingdom after the Windscale fire of October 1957. *Int J Risk Saf Med*, 2014. 26(1): p. 45-53.
8. Vogel, F. and A.G. Motulsky, *Human Genetics*. 1986, Berlin Heidelberg New York Tokyo: Springer.
9. Edwards, A.M. and E.Z. Cameron, Forgotten fathers: paternal influences on mammalian sex allocation. *Trends Ecol Evol*, 2014. 29(3): p. 158-64.
10. Traut, H., On the calculation of human mutation rates from changes in sex ratio. *Ann Hum Genet*, 1969. 33(1): p. 45-51.
11. Schull, W.J. and J.V. Neel, Radiation and the sex ratio in man. *Science*, 1958. 128(3320): p. 343-8. ●

Folgen von Fukushima / Atommüll

Sparmaßnahmen bei Dekontaminationen in Japan

„Zielgerichtete Dekontamination“ soll Kosten sparen, ist das Ziel japanischer Behörden. Die bisherige Regelung, eine Dekontamination müsse unabhängig vom Standort, bis zu einem Umgebungswert von 0,23 Mikrosievert pro Stunde durchgeführt werden, wird vom japanischen Umweltministerium offenbar nicht länger als sinnvoll angesehen. Das meldete die Zeitung *The Yomiuri Shimbun* am 2. August 2014.

Demnach soll sich die Dekontamination nun an der individuellen Strahlungsbelastung orientieren, da dies eine genauere Einschätzung der gesundheitlichen Wirkung ermögliche. Messungen und Kalkulationen in vier Gemeinden hätten nämlich ergeben, dass beispielsweise in Gebieten mit Umgebungsradioaktivität von 0,3 und 0,6 Mikrosievert pro Stunde, der Jahresgrenzwert für Personen von 1 Millisievert pro Jahr auch eingehalten wird, ohne dort die Dekontaminationsmaßnahmen durchführen zu müssen.

Rechnerisch ist das zwar nicht möglich, denn eine Belastung von 1 Millisievert pro Jahr ergibt sich aus einer Ortsdosisleistung von bereits 0,114 Mikrosievert pro Stunde. Der Verzicht auf die Dekontamination würde jedoch sowohl Kosten sparen, als auch den Wiederaufbau beschleunigen, heißt es. Als Alternative zur teuren allgemeinen Geländedekontamination, würden die Strahlungsbelastungen jedes einzelnen Bürgers erfasst und durch individuelle Maßnahmen wie Abschirmungsmaterial auf dem Gelände und „die Aufforderung Hot Spots zu meiden“, ersetzt.

Die Bürgermeister der vier getesteten Städte Fukushima, Kōriyama, Soma und Date hatten die Regierung zuvor gebeten, Möglichkeiten zur Reduzierung der explosionsartig zunehmenden Dekontaminationskosten zu erarbeiten.

Die Kosten sind wohl nicht der einzige Grund, die Dekontaminationsversuche zurückzuführen sondern auch die Hilflosigkeit, wie mit dem radioaktiven Müll vernünftig umzugehen sei. Einem Bericht der japanischen Zeitung *Nihonkeizai-shinbun* vom 26. August 2014 zufolge werden allein in der Präfektur Fukushima das angefallene Dekontaminat und der noch nicht geräumte, verstrahlte Schutt durch den Tsunami auf 22 Millionen Kubikmeter geschätzt. Jeweils knapp die Hälfte dieser Menge sei mit „8.000 Bq/kg und weniger Gesamtaktivität“ bzw. mit „zwischen 8.000 und 100.000 Bq/kg Gesamtaktivität“ belastet. Material mit einer Belastung von bis zu 8.000 Bq/kg darf in normalen Mülldeponien oder -verbrennungsanlagen behandelt werden. Die japanische Regierung plant auf dem Gebiet der evakuierten, auf absehbare Zeit nicht mehr bewohnbaren Gemeinden Okuma-machi und Futaba-machi in der Nähe der havarierten Reaktoren ein Zwischenlager, in dem das Material mit einer Belastung von bis zu 100.000 Bq/kg Gesamtaktivität und auch höher belastetes Material auf längstens 30 Jahre gelagert werden soll. Dazu werden zur Zeit Verhandlungen zwischen den beiden Gemeinden, der Präfektur und der Zentralregierung geführt. Für die Grundeigentümer sei eine Kompensation von 15 Milliarden Yen (etwa 110 Millionen Euro) in der Diskussion. Die Präfektur Fukushima erhält von der Zentralregierung für den Bau der Anlage eine Zuwendung von etwas über 30 Milliarden Yen (circa 220 Millionen Euro). Nach 30 Jahren soll ein Endlager außer-