

# Strahlentelex

## mit ElektromogReport

Unabhängiger Informationsdienst zu Radioaktivität, Strahlung und Gesundheit

ISSN 0931-4288

[www.strahlentelex.de](http://www.strahlentelex.de)

Nr. 640-641 / 27. Jahrgang, 5. September 2013

**Folgen von Fukushima:**  
Die Zahl der Schilddrüsenerkrankungen nimmt in Japan stetig zu. Die Behörden versuchen einen Zusammenhang mit der Strahlenbelastung zu leugnen.

Seite 6

**Atommüll-Endlager:**  
Giftige Wismut-Schlammteiche aus der Uranaufbereitung werden trockengelegt: In Thüringen entsteht eine riesige radioaktive Deponie.

Seite 7

**Atommüll:**  
Die großen Umweltverbände Greenpeace, BUND und Robin Wood nehmen nicht an der Kommission zur Vorbereitung der Endlager-suche teil.

Seite 8

**Umweltradioaktivität:**  
Die Bundesregierung unterrichtete über die Strahlenbelastung in 2011: Die Strahlenbelastung durch Röntgenuntersuchungen hat stetig zugenommen.

Seite 10

**Folgen von Tschernobyl**

## Fehlende Mädchen in Kuba durch Radionuklide in importierter Nahrung

**Wie Regierungen und Wirtschaft ihre Bevölkerung radioaktiv verstrahlen**

Von Ralf Kusmierz\*

Im Dezember 2011 wurde im „American Journal of Epidemiology“ die Arbeit einer Autorengruppe aus Kuba und Großbritannien veröffentlicht, die auf einen extrem angestiegenen Jungenanteil bei den Geburten in Kuba in den 1990er Jahren hinwies. [1] Die Autoren erklärten dieses Phänomen durch die ökonomische Depression in der

Folge des Zusammenbruchs des Ostblocks: Kuba unterlag einem US-amerikanischen Embargo, war bei Industrieprodukten und Energieträgern praktisch vollständig von Importen aus der Sowjetunion abhängig und bezog auch circa 60 Prozent seiner Lebensmittelimporte von dort. Im Austausch lieferte es Südfrüchte, Tabak und Zucker-

rohr. Diese Handelsbeziehungen brachen mit dem Ende der internationalen Organisation der sozialistischen Staaten zur Förderung der wirtschaftlichen Zusammenarbeit und Integration (RGW) weg und ließen Kuba in eine schwere Wirtschaftskrise abgleiten, in der es auf allen Gebieten zu einer dramatischen Mangelversorgung kam und auch die verbrauchte Pro-Kopf-Nahrungsmenge erheblich zurückging. Das heißt, die Kubaner hungerten, wodurch diese Änderung im Geburtengeschlechterverhältnis ausgelöst worden sei.

Die Wissenschaftler Hagen Scherb und Kristina Voigt vom Münchener Helmholtz-Zentrum, die bereits zuvor entdeckt hatten, daß nach der Tschernobyl-Katastrophe im Jahr 1986 ab dem Folgejahr in denjenigen Ländern, die von dem radioaktiven Fallout betroffen waren, der Anteil der Mädchen Geburten um so stärker zurückgegangen war, je höher die radioaktiven Immis-sionen waren, bezweifelten diese Erklärung. Die Daten der kubanischen Bevölkerungsstatistik zeigten nämlich,

daß der Anstieg genau wie in Mittel- und Osteuropa bereits im Jahr 1987 begann, also zu einer Zeit, als es in Kuba noch keine gravierenden ökonomischen Schwierigkeiten gab. Sie hatten auch schon gezeigt, daß die Veränderung des normalerweise sehr stabilen sekundären Geschlechterverhältnisses spezifisch für die Folgen von Strahlenbelastungen ist. Weltweit waren in der Folge der atmosphärischen Kernwaffentests in den 1950er und 1960er Jahren deutlich gestiegene Jungenanteile bei den Geburten festzustellen, die dann langsam wieder zurückgingen. Hingegen zeigte sich dieser Anstieg nach dem Tschernobyl-Unglück nur in den vom Fallout betroffenen Gebieten: stark in Osteuropa und Rußland, niedriger in Mitteleuropa und gering in Westeuropa. Ostasien, die USA und die Länder der südlichen Hemisphäre waren dementsprechend gar nicht betroffen.

Inzwischen deutet sich an, daß nach der Fukushima-Katastrophe in Japan, bei der hohe Radioaktivitätsmengen aus den in der Folge eines Erdbebens

Strahlentelex, Th. Dersee, Waldstr. 49, 15566 Schöneiche b.Bln.  
Postvertriebsstück, DPAG, „Entgelt bezahlt“ A 10161 E

zerstörten Kernreaktoren in die Umwelt freigesetzt worden sind, in der gleichnamigen japanischen Präfektur derselbe Effekt auftritt. Das Geschlechterverhältnis ist dort im ersten Quartal 2013 gegenüber den gleichen Quartalen der Vorjahre seit 1995 signifikant erhöht. Das war leider zu erwarten und zeigt, daß die Bevölkerung in Japan in erheblichem Umfang durch die radioaktiven Belastungen betroffen ist, als offiziell angegeben wird. Entsprechend wird auch eine Zunahme der Schilddrüsenerkrankungen bei Kindern und ein Anstieg der Krebsinzidenz berichtet.

Aber wie kann Kuba durch radioaktiven Fallout aus Tschernobyl belastet sein, wenn es wie Amerika weit außerhalb der Reichweite der radioaktiven Wolken lag? Die Erklärung liefert die Autorengruppe Scherb, Kusmierz und Voigt, die auch schon die Mädchenlücke in der Umgebung von Atomkraftwerken und Nuklearanlagen entdeckt hatte, in einem im August 2013 im „Environmental Health Journal“ erschienen Beitrag, der in dieser Ausgabe vorgestellt wird. [2] Demnach ist anzunehmen, daß Kuba mit radioaktiv belasteten Lebensmitteln aus Rußland beliefert wurde. Zuvor hatte der Berliner Arzt Christoph Zink bereits über diese Hypothese in der Zeitschrift *zeo* 2/2012 berichtet.

### Angestiegenes Geschlechterverhältnis in Kuba und Rußland nach Tschernobyl

Hagen Scherb, Ralf Kusmierz und Kristina Voigt bieten dafür eine radiologische Hypothese an [2]: Das Geschlechterverhältnis bei der Geburt ist ein simples Beobachtungsinstrument für den reproduktiven Gesundheitszustand der Bevölkerung. Es liegt bemerkenswert konstant bei ungefähr 105 Jungen- pro 100 Mädchen geburten. Nach der Tschernobyl-Katastrophe En-

de April 1986 in der Ukraine trat in Rußland ein langanhaltender Anstieg dieses Verhältnisses auf, das heißt es wurden anteilig mehr Jungen als zu erwarten geboren. Ein entsprechender Anstieg wurde auch für Kuba berichtet.

Ende der 1980er Jahre bezog Kuba über 60 Prozent seiner Lebensmittelimporte aus der früheren Sowjetunion. Wegen seiner problematischen wirtschaftlichen Situation dürfte das Land kaum in der Lage und auch politisch nicht gewillt gewesen sein, diese auf die Einhaltung von Belastungsgrenzwerten radioaktiver Kontaminationen zu überprüfen. Scherb und Kollegen nehmen daher an, daß der langanhaltende Anstieg auch in Kuba eine Folge ionisierender Strahlung ist.

Diese Hypothese stützen sie durch einen Vergleich der Zeitentwicklung der Geschlechterverhältnisse in Kuba und Rußland. Sie kann auch durch die Rekonstruktion der Handelsmengen von Lebensmitteln sowie die Messung radioaktiver Rückstände in menschlichen Körperteilen oder anderen Substanzproben überprüft werden.

Aus dieser Hypothese folgt die Möglichkeit, mehr über die genetischen Risiken von Strahlenbelastungen, auch für künftige Expositionssituationen, zu erfahren.

### Hintergrund

Scherb et al. zitieren unter anderem Schull und Neel, wonach die Einzigartigkeit des menschlichen Geschlechterverhältnisses bei der Geburt ein Indikator der genetischen Gesundheit oder Schädigung ist, der sich daraus ergibt, daß mutagene Einflüsse aufgrund chemischer oder physikalischer Belastungen unterschiedliche Auswirkungen haben, je nachdem, ob sie auf den Vater oder die Mutter eingewirkt haben. Deswegen ist das Geschlechterverhältnis bei der Geburt ein simples

nicht-invasives Beobachtungsinstrument für den reproduktiven Gesundheitszustand der Bevölkerung. Unter anderem können umweltbedingte und berufsbezogene Belastungen das Geschlechterverhältnis verändern. In einem kürzlich veröffentlichten Übersichtsbeitrag wurden mehr als 100 Studien einschließlich verschiedener Untersuchungen über Strahlenbelastungen und Chemikalieneinwirkungen ausgewertet. Unter den Studien über eine Exposition durch ionisierende Strahlung am Arbeitsplatz untersuchten zum Beispiel Hama et al. 586 männliche Radiologen in Japan. Die Gruppe der männlichen Radiologen hatte tendenziell einen geringeren Anteil an Söhnen, verglichen mit der Kontrollgruppe. Dickinson et al., stellten dagegen in einer großen Studie von 260.060 Geburten von Vätern aus Sellafield fest, daß die Männer einen größeren Anteil von Jungen, als zu erwarten wäre, gezeugt hatten. Ein Effekt wurde auch bei Vätern mit aufgenommenen Dosen über 10 Millisievert (mSv) vor der Empfängnis beobachtet. Diverse Tierversuche geben Aufschluß über die extreme Komplexität der strahlungsinduzierten genetischen Effekte. Beispielsweise hat die Bestrahlung von weiblichen Mäusen mit Spaltneutronen von Russel et al. gezeigt, daß die Länge des Zeitraums zwischen der Bestrahlung und der Konzeption eine durchschlagende Wirkung auf die Mutationshäufigkeit bei den Nachkommen hat. Bei Konzeptionen sieben Wochen nach der Bestrahlung ergaben sich relativ hohe Mutationshäufigkeiten. Havenstein et al. haben gezeigt, daß eine Strahlenbelastung während der Spermienbildung bei Ratten tatsächlich eine Änderung im Geschlechterverhältnis bewirkte.

Nach Scholte und Sobels ist eine der wenigen verfügbaren Methoden für die Untersu-

chung der genetischen Wirkung ionisierender Strahlen am Menschen in genügend großen Populationen die Beobachtung von Veränderungen im Verhältnis der Geschlechter unter den Nachkommen von bestrahlten Eltern. Strahlungsinduzierte Letalfaktoren unterschiedlichen Grades der Dominanz auf dem X-Chromosom, je nachdem, ob ein geschädigtes X-Chromosom von der Mutter oder dem Vater stammt, bestimmen die Bildung und die Überlebenswahrscheinlichkeit der weiblichen Zygote, woraus sich ableitet, ob mehr oder weniger Mädchen geboren werden, was auch als weniger oder mehr Jungen interpretiert werden kann. In Übereinstimmung mit dieser Theorie fand Cox ein reduziertes Geschlechterverhältnis (Defizit von Jungen) bei Nachkommen bestrahlter Frauen, und James betonte, daß „ionisierende Strahlung der einzige Einflußfaktor auf die Fortpflanzungsfähigkeit ist, die bei Männern, einen Überschuss an Söhnen verursacht“.

Scholte und Sobels verweisen neben den Letalfaktoren auf dem X-Chromosom auf Non-Disjunction, was zu X0-Genotypen führt, die beim Menschen nicht lebensfähig sind und damit ebenfalls das sekundäre Geschlechterverhältnis verzerren können. Da das Down-Syndrom eine bekannte Folge der meiotischen Non-Disjunction darstellt, kann aus der erhöhten Prävalenz des Down-Syndroms bei der Geburt auf eine höhere Non-Disjunction in Europa nach Tschernobyl geschlossen werden. Außer in Gesellschaften, in denen geschlechtsselektive Aborte das Verhältnis der Geschlechter verzerren, werden circa 104 bis 106 Jungen auf 100 Mädchen geboren. Einerseits ist das Geschlechterverhältnis bei der Geburt beim Menschen langfristig über die Gesamtbevölkerung im wesentlichen konstant, aber andererseits findet man unter ei-

nigen speziellen Bedingungen eine beträchtliche Variabilität des Geschlechterverhältnisses.

### Geschlechterverhältnis bei den Nachkommen von Atombombenüberlebenden und bei Eltern, die von Kernwaffentests betroffen waren

Schull und Neel führten Untersuchungen zum Geschlechterverhältnis bei Nachkommen von Überlebenden der Atombombenabwürfe von Hiroshima und Nagasaki durch. Die erste Studie wurde 1958 veröffentlicht und ergab signifikante Veränderungen im Verhältnis der Geschlechter der Kinder. Die zweite Studie fand noch einen kleinen Effekt in den ersten Jahren nach der Bombardierung, der offenbar in späteren Jahren verschwunden war.

### Geschlechterverhältnis in Europa nach Tschernobyl

Angeregt durch die Publikationen von Schull und Neel, und weil sie eine Zunahme der Zahl der Totgeburten und Fehlbildungen nach Tschernobyl gefunden hatten, haben Scherb et al. den Einfluß von ionisierender Strahlung auf das sekundäre Geschlechterverhältnis über viele Jahre untersucht. In einer Pilotstudie betrachteten sie die Trends im Geschlechterverhältnis in einigen ausgewählten europäischen Ländern mit Schwerpunkt auf dem Tschernobyl-Unfall. Nachdem diese Studie positive Ergebnisse einschließlich eines ökologischen Dosis-Wirkungs-Zusammenhangs zwischen Fallout und dem Geschlechterverhältnis zeigte, untersuchten sie das Verhalten des Geschlechterverhältnisses nach den atmosphärischen Atombombentests und nach Tschernobyl gründlicher über längere Zeiträume und auf globaler Ebene. Eines der wichtigsten Ergebnisse war ein Sprung des Geschlechterverhältnisses nach Tschernobyl in ganz Europa, einschließlich Rußlands (Abbildung 1), und eine anschlie-

Abbildung 1: Geschlechterverhältnisse (Verhältnis neugeborene Jungen zu Mädchen) in Rußland 1959 bis 2010 nach [2]

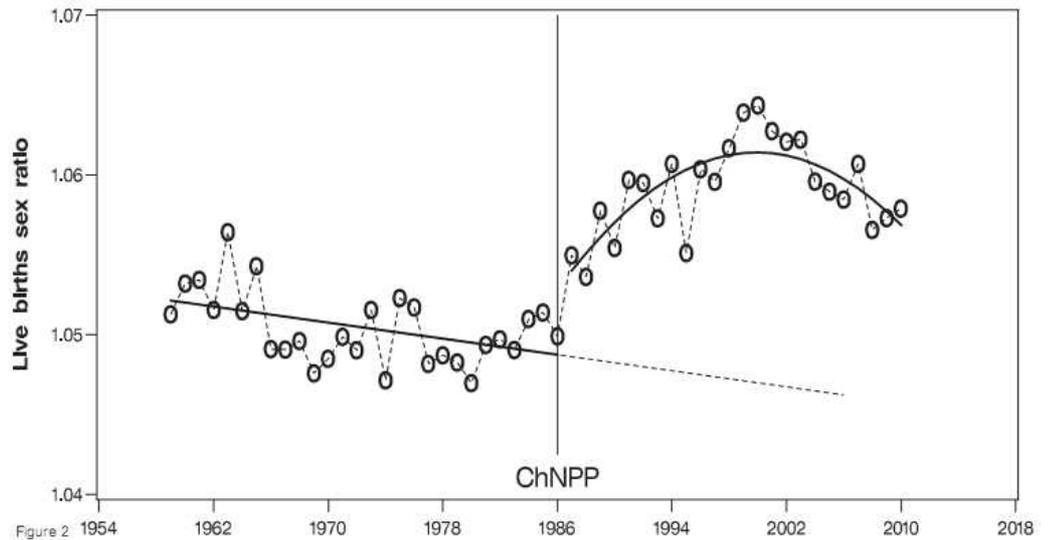
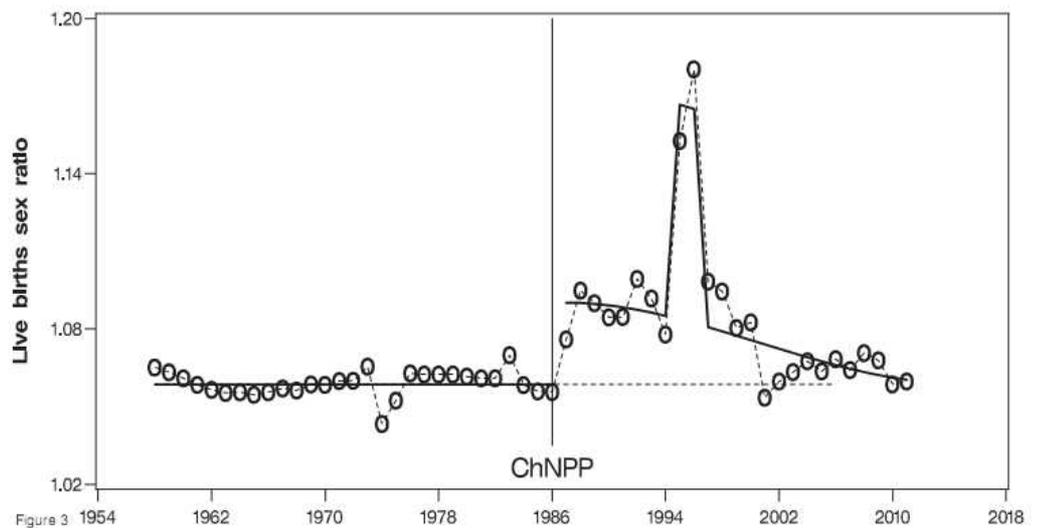


Abbildung 2: Geschlechterverhältnisse (Verhältnis neugeborene Jungen zu Mädchen) in Kuba 1958 bis 2011 nach [2]



bende Trendwende seit 1987. Ein vergleichbarer Effekt war in den kaum betroffenen USA nicht zu finden. Diese Untersuchung bestätigt ihre erste Studie.

### Geschlechterverhältnis in Kuba nach Tschernobyl

Ein faszinierendes neues Beispiel eines eskalierten Geschlechterverhältnisses nach Tschernobyl wurde 2011 von kubanischen Wissenschaftlern (S. J. Venero Fernandez et al.) im American Journal of Epidemiology veröffentlicht. In Kuba hat das Verhältnis der Geschlechter unmittelbar nach Tschernobyl im Jahr 1987 einen starken Aufwärtstrend (Abbildung 2). Darüber hin-

aus folgt diesem Sprung im Geschlechterverhältnis ein lang anhaltender erhöhter Trend bis zum Jahr 2000, nach dem sich das kubanische Geschlechterverhältnis mit 1,06 bis 1,07 wieder Werten wie vor Tschernobyl annähert. Entgegen der Trivers-Willard-Hypothese, die ein abnehmendes Geschlechterverhältnis in wirtschaftlicher Not postuliert, versuchen Venero Fernandez et al. die markante Zunahme im Geschlechterverhältnis in Kuba durch einen soziologischen Aspekt, nämlich durch die Wirtschaftskrise in Kuba („Spezielle Periode“), zu erklären, die im Jahr 1991 nach der Auflösung der Sowjetunion und des RGW begann.

Jedoch läßt sich der starke Anstieg aus dem stabilen Geschlechterverhältnis von 1,0585 in den 29 Jahren von 1958 bis 1986 zum eskalierten Durchschnitt des Geschlechterverhältnisses 1,0864 (95%-CI [1,0785, 1,0944],  $p < 0,0001$ ) im 4-Jahres-Zeitraum 1987 bis 1990 weder durch Zufall noch durch die Wirtschaftsdepression erklären. Zufall kann ausgeschlossen werden, weil dieser Sprung von der Ebene in 1958 bis 1986 auf das Niveau von 1987 bis 1990 mehr als 5 Standardabweichungen beträgt, und die Wirtschaftsdepression, weil sie erst 4 Jahr, nachdem das Geschlechterverhältnis hochspringt, beginnt.

Zusammen mit der Veröffentlichung durch die kubanischen Wissenschaftler erschien ein erbetener Kommentar durch zwei amerikanische Wissenschaftler (A. J. Wilcox und D. D. Baird) in der selben Ausgabe des *American Journal of Epidemiology*. Wilcox und Baird hinterfragen die Bedeutung des Geschlechterverhältnisses als Indikator für gesundheitsrelevante Umweltbedingungen und versuchen, den starken Anstieg des Geschlechterverhältnisses in Kuba durch geschlechtsselektive Abtreibungen zu erklären. Abtreibungen in Kuba sind in der wissenschaftlichen Literatur beschrieben, aber keine geschlechtsspezifischen. Daher ist die alternative Erklärung von Wilcox und Baird durch geschlechtsselektive Abtreibungen unglaubwürdig, denn solche werden in Kuba nicht praktiziert. Auch gehen Wilcox und Baird nicht auf die Frage ein, weshalb geschlechtsselektive Abtreibungen im Jahr 1987 beginnen sollten, was nicht deckungsgleich mit der „Speziellen Periode“ ist, die erst im Jahr 1990 oder danach begann.

L. Simpson wollte schließlich 2012 den Effekt durch ein technisches Artefakt des Registrierungsverfahrens erklären, möglicherweise verursacht durch die Folgen des Endes der ehemaligen Sowjetunion im Jahr 1990: „Rußlands Bruch der Handelsabkommen mit Kuba im Jahr 1990 folgte eine Verschärfung des Handelsembargos der US-Regierung (...) Als spezielles Beispiel gab es nicht genügend Mittel, um auch weiterhin ein gummiertes 2-seitiges Durchschreibformular zu importieren, das die Beschriftung auf einem Durchschlag exakt wiedergibt. Dieses Formular wurde verwendet, um die Angaben zur Geburt in Krankenhäusern zu registrieren, wo über 99 Prozent der Geburten in Kuba in diesem Zeitraum stattfanden.“ Wiederum übersah diesmal Simpson den si-

gnifikanten Aufwärtstrend des Geschlechterverhältnisses im Jahr 1987 zusammen mit der noch stärkeren Zunahme in den Jahren 1988 bis 1990, also deutlich vor dem sowjetischen Zusammenbruch. Die Quantifizierung dieses auffälligen und stabilen 4-Jahres-Anstiegs von 1987 bis 1990 ergibt ein Verhältnis der Geschlechterverhältnisse (oder besser Sexodds ratio) von 1,0263 (95%-CI [1,0209, 1,0318],  $p < 0,0001$ ). Insofern paßt Simpsons Erklärung nicht auf den Zeitraum von 1987 bis 1990, und damit kann seine Erklärung höchstens das eskalierte Geschlechterverhältnis in Kuba ab 1991 teilweise erklären.

Auch erläutert Simpson nicht hinreichend, warum ein anzunehmendes Rauschen in den Aufzeichnungen des Geschlechts der Geborenen sich ausgerechnet zugunsten der Jungenzahl auswirken sollte; eher würde man eine nicht-differentielle Fehlklassifikation erwarten. Schließlich könnte man spekulieren, daß Simpsons Erklärung im Prinzip zutrifft, aber nur für die Jahre 1995/96. Allerdings ist das für ihre Hypothese nicht wichtig, da sie den Fokus auf die Jahre 1987/88 legen, und Simpson beschränkt seine Argumentation nicht auf 1995/96, schreiben Scherb et al.: Die Anpassung für die Jahre 1995 und 1996 in ihrem Modell für den Trend des kubanischen Geschlechterverhältnisses (Abbildung 2) entspricht der Ausschließung jener Jahre als Ausreißer. Daher würden ohne diese Ausreißer ihre Schätzungen des Effekts, des Konfidenzintervalls und der p-Werte nicht ändern. Folglich ist ihre Folgerung aus den kubanischen Geschlechterverhältnisdaten unabhängig von den Ausreißern, und somit sogar eher konservativ. Zusammengefaßt wurde in der weiteren Literatur noch keine überzeugende Erklärung für die starke zeitweilige Erhöhung des Geschlechterverhält-

nisses in Kuba von 1987 bis 2000 angeboten, weder von den Autoren selbst, noch von den Kommentatoren.

### Die Hypothese von Scherb, Kusmierz und Voigt

Unbestreitbar gibt es eine starke hochsignifikante Zunahme des sekundären Geschlechterverhältnisses in Kuba unmittelbar nach 1986, und 1986 war das Jahr des Reaktorunfalls von Tschernobyl. Ein Anstieg des sekundären Geschlechterverhältnisses nach 1986 gilt auch für ganz Europa, insbesondere für einzelne süd- und osteuropäische Länder, darunter Rußland. Es stellt sich die Frage, ob eine mehr oder weniger stetige Entwicklung der sozialen, politischen, wirtschaftlichen, usw. Faktoren eine solche abrupte Folge in ganz Europa und in Kuba gleichzeitig verursachen könnte. Daher nehmen Scherb et al. an, daß der Mechanismus ein direkter biophysikalischer sein muß, der seit 1987 synchron in Europa, in Rußland und in Kuba wirkt. Man darf auch nicht übersehen, daß der Effekt in Kuba nach der Trivers-Willard-Hypothese in die falsche Richtung wirkt: Eine Wirtschaftskrise sollte zu einer Abnahme und nicht zu einer Zunahme des Geschlechterverhältnisses führen. Andererseits ist ionisierende Strahlung James zufolge der einzige bekannte Einflußfaktor auf die Fortpflanzung, der das sekundäre Geschlechterverhältnis erhöht. Insofern sind die dargestellten Erklärungsversuche nicht überzeugend und Scherb et al. sind deshalb der Auffassung, daß es sich um eine unmittelbare Wirkung aus der ehemaligen Sowjetunion oder aus anderen von Tschernobyl betroffenen europäischen oder asiatischen Ländern nach Kuba exportierter radioaktiv belasteter Lebensmittel und mölicherweise Tierfutters handelt. In den 1980er Jahren wurden mehr als 50 Prozent der Lebensmittelimporte nach

Kuba von der ehemaligen UdSSR geliefert. Aus Statistiken der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO, <http://faostat.fao.org/>) läßt sich zum Beispiel entnehmen, daß im Zeitraum von 1986 bis 1989 Kondensmilch im Umfang von über 100,000 Tonnen aus der ehemaligen UdSSR von Kuba importiert wurde. Interessanterweise hat sich die Menge der importierten Milch im Vergleich ausgerechnet im Jahr 1987 verdoppelt, aber für den halben Preis gegenüber dem in den anderen Jahren.

Scherb et al. zitieren diverse Quellen zur schwierigen Versorgungslage in Kuba während der sogenannten „Periodo Especial“, das heißt in den ersten der 1990er Jahre. Der Pro-Kopf-Kalorienverbrauch sank um etwa 20 Prozent, nachdem die privilegierten Handelsbeziehungen mit der Sowjetunion und den Ländern des Ostblocks nach deren Zusammenbruch fortgefallen waren. Das bedeutet im Umkehrschluß, so Scherb et al., daß ein Lebensmitteläquivalent, das 20 Prozent des Pro-Kopf-Kalorienverbrauchs entspricht, auf Einfuhren aus der Sowjetunion vor der Krise, vor allem von 1987 bis 1990, zurückzuführen ist. Scherb et al. gehen deshalb davon aus, daß von Kuba importierte Lebensmittel vor dem Ausbruch der Krise mit radioaktiven Elementen aus den nach dem Unfall von Tschernobyl betroffenen Ländern Europas und Asiens kontaminiert waren. Der Vergleich der Abbildungen 1 und 2 zeigt, daß der Effekt in Kuba, obwohl er viel stärker als der Effekt in ganz Rußland ist, etwas früher zu verschwinden scheint als die Wirkung in Rußland. Das paßt zu der Annahme, daß in Kuba „nur“ importierte Lebensmittel vorübergehend belastet waren und nicht die gesamte Bodenfläche. Es ist sogar denkbar, so Scherb et al., daß kontami-

nierte Produkte ihren Weg deshalb verstärkt nach Kuba fanden, weil sie billiger waren und Kuba schwierigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen unterlag, die es daran hinderte, wirksame Gegenmaßnahmen zum Schutz seiner Bevölkerung zu ergreifen. Scherb et al. sind der Meinung, daß wahrscheinlich radioaktiv kontaminierte Lebens- und Futtermittel die Zunahme des sekundären Geschlechterverhältnisses nach Tschernobyl in Kuba hervorruft. Im Gegensatz zu anderen Ländern und aufgrund politischer Zwänge sowie seiner allgemeinen Mangelsituation hatte Kuba als Staat nicht die notwendige wirtschaftliche und politische Stärke, um mit der Bedrohung durch kontaminierte Konsumgüter nach Tschernobyl durch nachdrückliche Kontrollmessungen für Importe aus dem Ausland zu begegnen.

### Überprüfung der Hypothese

Zur Überprüfung ihrer Hypothese vergleichen Scherb et al. die Trends der Geschlechterverhältnisse von Kuba (1958 bis 2011) und Rußland (1959 bis 2010) und quantifizieren die Parameter der relevanten Effekte dieser Trends, vor allem die Sprünge im Jahr 1987. Das Geschlechterverhältnis geht in Rußland von 1959 bis 1986 linear zurück mit einer Abnahme von 0,12 Prozent in 10 Jahren (95%-CI [0,04, 0,20],  $p=0,0021$ ; Abbildung 1). Für 1986 bis 1987 läßt sich ein signifikanter Sprung des Geschlechterverhältnisses von 0,51 Prozent (95%-CI [0,28, 0,75],  $p<0,0001$ ) schätzen. Seit 1987 folgen eine langfristige Zunahme des sekundären Geschlechterverhältnisses auf Maximalwerte von fast 1,065 1999/2000 und ein anschließender Rückgang nach 2000. Ein sparsames Modell für den zeitweiligen russischen Trend des Geschlechterverhältnisses nach Tschernobyl ist ein Polynom 2. Grades, also eine Parabel, mit  $p<0,0001$ . Wenn

sich der Rückgang seit 2000 linear und ungestört fortsetzt, wird das russische Geschlechterverhältnis wieder den normalen Vor-Tschernobyl-Wert in der Gegend von 1,05 um 2020 herum erreichen, prognostizieren Scherb et al.. Das Geschlechterverhältnis in Kuba von 1958 bis 1986 (vor Tschernobyl) folgt einem im wesentlichen konstanten Trend ohne eine starke Auf- oder Abwärtsbewegung (Abbildung 2). In Kuba schätzen Scherb et al. einen Sprung im Jahr 1987 von 2,99 Prozent (95%-CI [2,39, 3,60],  $p<0,0001$ ), das Sechsfache der geschätzten Sprunghöhe des russischen Geschlechterverhältnisses im Jahr 1987. Darüber hinaus gibt es einen noch stärkeren Anstieg des Geschlechterverhältnisses in Kuba in 1995 und 1996 auf mehr als 1,15. Ein gut angepaßtes, jedoch weniger sparsames Modell für den partiellen Trend des kubanischen Geschlechterverhältnisses nach Tschernobyl besteht aus einem Polynom 3. Grades, bereinigt um die Extremwerte in 1995 und 1996. Dieses Modell nähert sich fast normalen Vor-Tschernobyl-Wert in der Gegend von 1,05 um 2010 herum an. Es ist daher offensichtlich, daß in Kuba und Rußland die Trends des Geschlechterverhältnisses, die vor dem Unfall von Tschernobyl bestanden hatten, unmittelbar nach Tschernobyl deutlich gestört wurden, auch wenn sich die zeitlichen Muster der Änderungen der Geschlechterverhältnisse sowie die Maximalwerte erheblich zwischen den beiden Ländern unterscheiden.

### Kontaminierte Lebensmittel auf den Weltmärkten nach Tschernobyl

Die Tatsache, daß kontaminierte Lebensmittel auf dem Weltmarkt gehandelt wurden, ist besonders für Mexiko und Brasilien dokumentiert. Tausende von Tonnen kontaminiertes Milchpulver waren hier nach der Aufdeckung von Verstößen gegen gesetzliche

Grenzwerte für die Kontamination mit Cäsium-137 beschlagnahmt worden. Scherb et al. zitieren entsprechende Berichte. Von vergleichbaren Gegenmaßnahmen in Kuba zum Schutz der Menschen vor durch Tschernobyl belasteten importierten Produkten, ist dagegen nichts bekannt. Das sei grundsätzlich durch die enge politische Bindung von Kuba an die Sowjetunion zu jener Zeit erklärbar, und speziell durch die Absicht, mit Hilfe der UdSSR eine Reihe von Atomkraftwerken in Kuba zu bauen, um die Abhängigkeit Kubas von importiertem Öl zu überwinden, erklären Scherb et al.. Daß radioaktiv kontaminierte Lebensmittel, Futtermittel und andere Produkte nach Kuba importiert wurden, könne auf zwei Arten getestet werden: erstens durch Rekonstruktion der Export- und Importmengen von durch Tschernobyl betroffenen Ländern nach Kuba, und zweitens durch radiologische Analysen möglicher Rückstände auf Cäsium-137 sowie von Milchzähnen und Knochen von Verstorbenen auf Strontium-90. Die radioaktiven Cäsium-137- und Strontium-90-Isotope haben mit etwa 30 Jahren ausreichend lange Halbwertszeiten für diesen Zweck.

### Argumentation durch Analogie

Scherb et al. empfehlen die Überprüfung ihrer Hypothese anhand von Veränderungen bei den Daten der kubanischen Statistiken der öffentlichen Gesundheit und Aufzeichnungen von Krankenhäusern und Kinderkliniken, zum Beispiel den Daten zu Krebserkrankungen, Diabetes und Herzerkrankungen sowie Daten über das Auftreten von Chromosom-Anomalien und Mißbildungen wie Down-Syndrom, Fehlbildungen des Herzens und Lippen- und Gaumenspalten. Denn darüber gebe es auch für andere Länder positive Ergebnisse nach Tschernobyl.

### Grenzen der Hypothese

Scherb et al. weisen auch auf einige wichtige Einschränkungen ihrer Hypothese und ihrer Überprüfbarkeit hin, bedingt vor allem durch den langen seit dem Unfall von Tschernobyl bisher bereits vergangenen Zeitraum von nunmehr 27 Jahren. Es könne sich als schwierig, wenn nicht unmöglich erweisen, nachträglich die Einfuhren nach Kuba zu durchleuchten, ganz zu schweigen von der konkreten Schätzung der Mengen relevanter Produkte aus kontaminierten Gebieten Europas und Asiens. Auch könne es schwierig sein, zwischen mehr oder weniger betroffenen Gruppen in der kubanischen Bevölkerung zu unterscheiden. Haben diejenigen, die hypothetisch die meisten kontaminierten Lebensmittel aßen auch die höchsten Geschlechterverhältnisse unter ihren Nachkommen? Diese Frage könne nicht mit den bisher veröffentlichten hochaggregierten Daten beantwortet werden. Eine weitere wichtige Einschränkung sei das Fehlen eines zuverlässigen Beweises, daß ionisierende Strahlung das Geschlechterverhältnis beim Menschen erhöht. Es sei sogar möglich, daß bestimmte Arten von Strahlenexpositionen die Geschlechterverhältnisse verringern oder geschlechtsneutral wirken. Die biologischen, genetischen und sozialen Informationen, mit denen das Geschlechterverhältnis der Menschheit stabil gehalten wird, sind zudem weitgehend unbekannt.

### Folgerungen

Wenn die Hypothese von Scherb et al. durch geeignete Untersuchungen erhärtet werden kann, würde das ähnliche Ergebnisse in Europa und Asien bestätigen. Da im Gegensatz zu Europa die Landfläche in Kuba nicht durch Tschernobyl-Fallout kontaminiert ist, müsse der Effekt im wesentlichen auf interne Strahlung, also sogenannte interne Quellen aufgrund des Verzehrs radioaktiv belasteter

Lebensmittel zurückzuführen sein, folgern Scherb et al.. Diese spezielle Situation könne dazu beitragen, die Ätiologie der Entstehung durch Strahlung induzierter genetischer Effekte aus der Aufnahme belasteter Nahrungsmittel besser zu verstehen. Auch würde die Bestätigung der Hypothese die vorherrschende, zum Beispiel vom Wissenschaftlichen Komitee der Vereinten Nationen

für die Wirkungen der Atomstrahlung (UNSCEAR) vertretene Ansicht, daß strahlungsinduzierte genetische Effekte beim Menschen noch nicht nachgewiesen werden konnten, schwächen. Wenn sich die Hypothese von Scherb et al. bestätigt, könnte die Erfahrung aus Kuba eine Warnung in Bezug auf Fukushima und das weltweit ungelöste Problem der Behandlung der existierenden

riesigen Mengen radioaktiver Abfälle darstellen.

1. Venero Fernández SJ, Medina RS, Britton J, Fogarty AW.: The association between living through a prolonged economic depression and the male:female birth ratio – a longitudinal study from Cuba, 1960-2008. *Am J Epidemiol.* 2011 Dec 15;174(12):1327-31. doi:10.1093/aje/kwr357. Epub 2011 Oct 29. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22038101>

<http://www.asahi.com/national/update/0820/TKY20130820>

### Schilddrüsenkrebs nach Tschernobyl

## Ergänzender Hinweis

In der Tabelle auf Seite 3 in der vorigen Ausgabe (Nr. 638-639 vom 1.8.2013; „Anstieg der Schilddrüsenkrebserkrankungen nach Fukushima und Tschernobyl“) beziehen sich die Zahlenangaben über die Neuerkrankungen an Schilddrüsenkrebs bei Kindern in Rußland nicht auf ganz Rußland, sondern auf die Oblasts Brjansk und Kaluga.

### Folgen von Fukushima

## Kontaminiertes Wasser fließt in den Pazifik

Seit Mitte Juli 2013 ist bekannt, daß kontaminiertes Wasser aus dem Untergrund im Gelände des Kraftwerks Fukushima Daiichi eine unterirdische Sperre aus glasverstärktem Beton überwunden hat und in das Hafenbecken vor den Unglücksreaktoren und von dort weiter in den Pazifik fließt. Es könne sich um eine Menge von etwa 400 Tonnen (400.000 Liter) täglich handeln, teilte die Betreiberfirma Tepco der japanischen Atomaufsicht am 2. August 2013 mit. Das Wasser

2. Hagen Scherb, Ralf Kusmierz and Kristina Voigt: Increased sex ratio in Russia and Cuba after Chernobyl: a radiological hypothesis, *Environmental Health* 2013, 12:63. doi:10.1186/1476-069X-12-63. <http://www.ehjournal.net/content/12/1/63> PUBMED: 23947741

\* Ralf Kusmierz  
[ralf.kusmierz@bremen.de](mailto:ralf.kusmierz@bremen.de)

habe sich unterhalb der havarierten Blöcke in Kabelschächten und dergleichen Hohlräumen angesammelt, mit dem Grundwasser vermischt und fließe mit einer Geschwindigkeit von circa 10 Zentimeter pro Tag in Richtung Meer. Wann die Ausflüsse begonnen haben, sei unklar. Rechne man ab Mai 2011, also 2 Monate nach dem Reaktorunfall, könnten bisher 20 bis 40 Milliarden Becquerel radioaktives Tritium in den Ozean gelangt sein.

Da der zulässige Ausstoß von Tritium für Tepco 22 Milliarden Becquerel pro Jahr betrage, seien diese Werte im normalen Bereich, was aber nicht bedeute, daß sie unproblematisch seien, erklärte KAJINO Masayuki, der geschäftsführende Leiter des Tepco-Zentrums für die Aufräumarbeiten, vor Journalisten. Im Normalbetrieb vor der Katastrophe sei der Tritium-Ausstoß 10 bis 100 mal geringer gewesen.

Das in den unterirdischen Hohlräumen noch vorhandene kontaminierte Wasser wird auf etwa 11.000 Tonnen geschätzt. Wie die Frankfurter Allgemeine Zeitung unter Berufung auf Tepco berichtet, konnten unterhalb des Reaktors Nr. 2 Proben genommen werden, die eine Belastung von 750 Millionen Becquerel Cäsium-134 pro Liter und 1,6 Milliarden Becquerel Cäsium-137 pro Liter aufwiesen. [1]

Die Beobachtungsbrunnen für das im Boden befindliche

### Folgen von Fukushima

## Weiterer Anstieg der Schilddrüsenkrebs- und -krebsverdachtsfälle in der Präfektur Fukushima

Wie die Verwaltung der japanischen Präfektur Fukushima am 20. August 2013 bekannt gab, ist die Zahl der Schilddrüsenkrebserkrankungen und der Verdachtsfälle auf insgesamt 44 Fälle gestiegen. Die Krebsfälle wurden mit 18, die Verdachtsfälle mit 25 beziffert. Nur ein Verdachtsfall stellte sich als gutartig heraus. Das berichtete die Internetausgabe der Zeitung Asahi Shimbun vom selben Tag. Die Zahl der untersuchten Kinder wird mit rund 193.000 angegeben.

Die betroffenen 43 Kinder und Jugendlichen seien zum Zeitpunkt des Reaktorunfalls zwischen 6 und 18 Jahre alt gewesen, heißt es. Der Durchmesser der Geschwulste habe zwischen 5,2 und 34,1 Millimeter gelegen. Es handele sich um eine langsam progrediente Form des Schilddrüsenkrebses. Die Tumoren hätten sich bei zahlreichen Untersuchungen in ihrer Größe kaum verändert, zudem sei in Tschernobyl der Schilddrüsenkrebs erst nach 4 bis 5 Jahren angestiegen, daher sei „davon auszugehen, daß die Geschwulste schon vor dem Unfall entstanden sind“, zitiert Asahi den namentlich nicht genannten Sprecher der Präfekturverwaltung. Es sei

„nicht davon auszugehen, daß es sich um eine Auswirkung der Strahlenexposition“ handle. Damit beharren die japanischen Behörden weiterhin auf ihrer falschen Argumentation.

Man habe für 40 Prozent der 44 Kinder und Jugendlichen (also etwa 18 Personen) die äußere Strahlenbelastung während der ersten 4 Monate nach dem Unfall abgeschätzt und festgestellt, daß die Ganzkörperdosis unter 2 Millisievert gelegen habe, wurde zudem erklärt.

Um Besorgnis und Zweifeln unter der Bevölkerung entgegenzukommen, werde man jedoch eine neue Unterkommission aus spezialisierten Ärzten bilden, die an dem Schilddrüsencreening nicht beteiligt gewesen seien, die die bisherigen Ergebnisse, die Therapie der Erkrankten, die Auswirkung der Strahlenbelastung durch den Reaktorunfall und ähnliche Fragen untersuchen sollten. Auch über die Art, wie das lebenslange Schilddrüsencreening der zur Zeit des Reaktorunfalls unter 18-jährigen, insgesamt etwa 360.000 Personen, weiter durchgeführt wird, werde erneut diskutiert.

Asahi Shimbun Digital, 20.8.2013