

sation and the International Atomic Energy Agency

4. Morgan, K.Z.: Veränderungen wünschenswert – Über die Art und Weise, wie internationale Strahlenschutzempfehlungen verfaßt werden. Berichte des Otto Hug Strahleninstituts Nr. 6, 1993, 5-12

5. Köhnlein, W. 2000. Die Aktivitäten und Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP). In Dannheim, B. et al.: Strahlengefahr für Mensch und Umwelt. Bewertungen der Anpassung der deutschen Strahlenschutzverordnung an die Forderungen der EU-Richtlinie 96/29/Euratom. Berichte des Otto Hug Strahleninstituts Nr. 21-22: 5-25.

6. Breuer, J., Otten, H., Schulz, H.: Uranerzbergbau Wismut ... Bedeutung für die gesetzliche Unfallversicherung. Die BG 12 (2001) 689-691

7. Koppisch, D., Otten, H.: Der Beitrag der Berufsgenossenschaften zur "Wismut"-Forschung. Die BG 05 (2005) 291-292

8. HVBG Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Bergbau-Berufsgenossenschaft (Hrsg.): Belastung durch ionisierende Strahlung im Uranerzbergbau der ehemaligen DDR. Abschlussbericht zu einem Forschungsvorhaben. Autoren Lehmann, F. et al. Druck Center Meckenheim, Dez. 1998, 484 S.

9. Jacobi I./ Jacobi, W., Heinrichs, K. & Barclay, D. 1992. Verursachungs-Wahrscheinlichkeit von Lungenkrebs durch die berufliche Strahlenexposition von Uran-Bergarbeitern der WISMUT AG. GSF-Bericht S-14/92.

10. Schmitz-Feuerhake, I., Pflugbeil, S.: Unterschätzte Gesundheitseffekte durch inkorporierte Radioaktivität und die Folgen des Uranbergbaus der SDAG WISMUT. Thüringer Ärzteblatt 7-8/2008, 413-418

11. Jacobi II./ Jacobi, W. & Roth, P. 1995. Risiko und Verursachungs-Wahrscheinlichkeit von extrapulmonalen Krebserkrankungen durch die berufliche Strahlenexposition von Beschäftigten der ehemaligen WISMUT AG. GSF-Bericht 4/95, Obereschleißheim.

12. Arndt, D., Schüttmann, W.: Radonbedingte Lungenfibrosen des Menschen - Literaturberichte und eigene gutachterliche Erfahrungen. Wissenschaft und Umwelt 2/1992, 185-191

13. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Drittmittelprojekt RKI-1364-196. Abschlussbericht: Untersuchungen zu staub-/strahlenbedingten Lungenfibrosen bei ehemaligen Wismutbergarbeitern. Projektleiter: Prof. Dr. D. Arndt, Bearbeiter: Dr. G. Wolf, Robert Koch-Institut Berlin, 30.06.2000

14. Archer, V.E., Renzetti, A.D., Doggett, R.S., Jarvis, J.Q., Colby, T.V.: Chronic diffuse interstitial fibrosis of the lung in uranium miners. J. Occup. Environ. Med. 40 (1998) 460-474

15. BEIR IV: Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiations, Health Risks of Radon and other internally deposited alpha-emitters. Nat. Academy Press, Washington D.C. 1988

16. Pinkerton, L.E., Bloom, T.F., Hein, M.J., Ward, E.M.: Mortality among a cohort of uranium

mill workers: an update. Occup. Environ. Med. 61 (2004) 57-64

17. Cross, F.T., Palmer, R.F., Busch, R.H., Filipy, R.E., Stuart, B.O.: Development of lesions in Syrian golden hamsters following exposure to radon daughters and uranium ore dust. Health Physics 41 (1981) 135-153

18. Engelbrecht, F.M., Thiar, B.F., Claasens, A.: Fibrosis and collagen in rats' lungs produced by radioactive mine dust. Ann. Occup. Hyg. 2 (1960) 257-266

19. Cohen, R., Patel, A., Green, F.: Lung disease caused by exposure to coal mine and silica dust. Semin. Respir. Crit. Care Med. 29 (2008) 651-661

20. Kuempel E.D., Stayner, L.T., Attfield, M.D., et al. Exposure-response analysis of mortality among coal miners in the United States. Am. J. Ind. Med. 28 (1995) 167-184

21. Hurley, J.F., Alexander, W.P., Hazledine, D.J., Jacobsen, M., MacLaren, W.M.: Exposure to respirable coalmine dust and incidence of progressive massive fibrosis. Brit. J. Ind. Med. 44 (1987) 661-672

22. Kizil, G.V., Donoghue, A.M.: Coal dust exposures in the longwall mines of South Wales, Australia: a respiratory risk assessment. Occup. Med. (Lond) 52 (2002) 137-149

23. Reiber, H. u.a., Teilbericht: Strahlenexposition in den Aufbereitungsbetrieben und Beprobungszechen der SAG/SDAG Wismut. Forschungsprojekt "Belastung durch ionisierende Strahlung im Uranerzbergbau der DDR". 167 S. Bergbau-Berufsgenossenschaft, Bezirksverwaltung

Gera, 1994

24. Bauer, H.-D., Dahmann, D.: Belastungen durch Stäube und Dieselmotorabgase in Betrieben der ehemaligen SAG/SDAG Wismut. Die BG 12 (1999) 752-760

25. Grosche, B., Kreuzer, M., Kreisheimer, M., Schnelzer, M. & Tschense, A. 2006. Lung cancer risk among German male uranium miners: a cohort study, 1946-1998. Br. J. Cancer 95: 1280-1287

26. Arndt, Dietrich: Gutachterliche Aspekte radonbedingter Erkrankungen bei Wismut-Bergleuten. – Fachliche Übersicht und Richtigstellungen in eigener Sache. 3.9.2004. <http://www.ProfDrArndt.de>

27. Wolf, G., Arndt, D., Kotschylang, N., Obe, G.: Chromosomal aberrations in uranium and coal miners. Int. J. Radiat. Biol. 80 (2004) 147-153

28. Wassermann, O. et al.: Erkenntnisse der schleswig-holsteinischen Fachkommission Leukämie im Zeitraum 1993-2004 zur Ursache der in der Nahumgebung der Geesthachter Atomanlagen aufgetretenen Leukämiehäufung bei Kindern. Abschlussbericht des Vorsitzenden v. 15.9.2004 <http://www.oh-strahlen.org/docs/ableukkom.pdf>

29. Schmitz-Feuerhake, I.: Forschung am Problem vorbei: die aktuellen Konstruktionen des Deutschen Kinderkrebsregisters und anderer Wissenschaftler zur Ursache der Leukämiehäufung in der Elbmarsch. umwelt-medizin gesellschaft 19 (2006) 306-312 ●

Tschernobyl-Folgen

Geschlechterverhältnis bei der Geburt in Bayern nach Tschernobyl

Von Alfred Körblein[‡]

Im Januar 1987, 9 Monate nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl, war das Verhältnis zwischen männlichen und weiblichen

Geburten (Geschlechterverhältnis bei der Geburt) in Bayern signifikant um 5,5 Prozent gegenüber dem Trend der Jahre 1980 bis 1992 erhöht (p=0,0185). Außer dem zeigt sich in diesem

Monat ein signifikanter Anstieg des Geschlechterverhältnisses um 0,29 Prozent pro Kilobecquerel Cäsium-137 pro Quadratmeter (kBq/m² Cäsium-137) Bodenbelastung (p=0,011). Nach 1987 ist keine Abweichung des Geschlechterverhältnisses vom Wert vor Tschernobyl für Bayern nachweisbar.

Zielsetzung der Studie

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist zu prüfen, ob das Verhältnis zwischen männlichen und weiblichen Geburten (Geschlechterverhältnis bei

der Geburt, *sex odds at birth*) nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl am 26. April 1986 erhöht ist. Kürzlich hatte ich einen Zusammenhang zwischen dem Geschlechterverhältnis und der Strahlenbelastung durch die atmosphärischen Atomwaffentests in England und den USA gefunden (siehe Strahlentelex 554-555 vom 04.02.2010). Im Rahmen dieser Arbeit zeigte sich auch, dass das Geschlechterverhältnis in Deutschland im Jahr 1987 – dem Jahr nach Tschernobyl – grenzwertig signifikant um 0,45 Prozent erhöht war [1]. In Bayern, dem Bundesland

[‡] Dr. Alfred Körblein, www.alfred-koerblein.de

mit der höchsten Strahlenbelastung, war der Effekt im Jahr 1987 signifikant und dreimal so groß wie in ganz Deutschland.

In den letzten Jahren untersuchte Scherb das Geschlechterverhältnis bei der Geburt nach Tschernobyl. Bei einer Analyse der zusammengefassten Daten aus verschiedenen europäischen Ländern fand er eine deutlich signifikante dauerhafte Erhöhung des Geschlechterverhältnisses nach dem Jahr 1986 [2]. Außerdem ergab eine Analyse der zusammengefassten Daten aus Bayern, West-Berlin und der ehemaligen DDR eine signifikante Abhängigkeit des Geschlechterverhältnisses von der errechneten Strahlenbelastung auf Landkreisebene in den Jahren 1986 bis 1987 [3].

Sperling fand eine signifikante Erhöhung der Trisomieinzidenz in West-Berlin im Januar 1987 [4], ein Effekt, der auch in Weißrussland gefunden wurde [5]. Mit Hilfe der Monatszahlen der männlichen und weiblichen Geburten aus Bayern lässt sich nun prüfen, ob die Erhöhung des Geschlechterverhältnisses in der Folge der hohen Strahlenbelastung Anfang Mai 1986 (siehe Abbildung 1) ebenfalls nur kurzzeitig – im Monat Januar 1987 – auftritt oder in den Folgejahren nach Tschernobyl fortbesteht. Da es innerhalb Bayerns große Unterschiede in der Cäsiumbelastung gab, wurden die Daten auch auf Landkreisebene ausgewertet, um zu prüfen, ob ein Anstieg des Geschlechterverhältnisses mit der Höhe der Tschernobylstrahlung nachweisbar ist, ob also eine signifikante Dosis-Wirkungsbeziehung existiert.

Daten und Methoden

Daten: Die bayerischen Monatsdaten der Lebendgeburten nach Geschlecht, 1980 bis 1992, auf Landkreisebene, und die mittleren Cäsium-Bodenbelastungen (in kBq Cs-

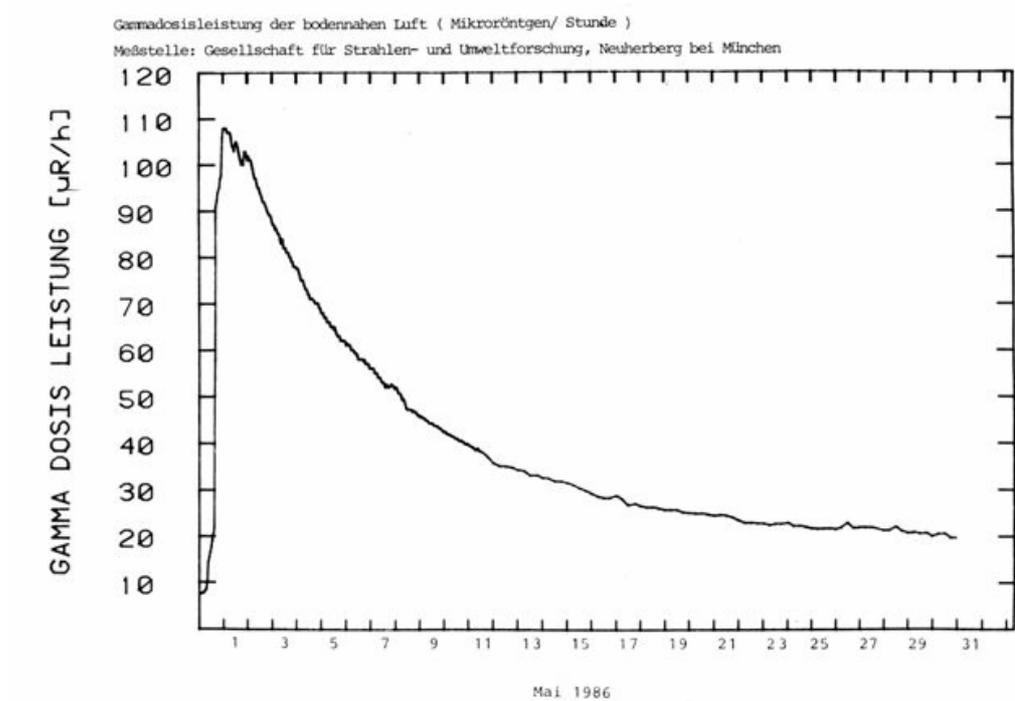


Abbildung 1: **Gamma-Dosisrate in der bodennahen Luft in München im Mai 1986.** In den ersten Maitagen stieg die Dosisrate auf mehr als das Zehnfache des Normalwerts. (Quelle: GSF, Neuherberg bei München)

137 pro m²) in den 96 bayerischen Landkreisen wurden mir vom Bundesamt für Strahlenschutz zur Verfügung gestellt.

Methode: Für die Datenanalyse wurde ein nichtlineares logistisches Regressionsmodell (Funktion nls() des Statistikpakets R) verwendet. Der Anteil männlicher Geburten p wird dabei durch die Funktion $p = \exp(y)/(1 + \exp(y))$ mit

Tabelle 1: **Ergebnisse der Regression der bayerischen Monatsdaten**

parameter	estimate	SE	t value	p value
β_0	0,0527	0,0019	28,22	0,0000
β_1	0,0057	0,0025	2,272	0,0245
β_2	0,4685	0,0695	6,736	0,0000
β_3	0,0033	0,0025	1,321	0,1887
β_4	0,6049	0,1202	5,032	0,0000
β_5	0,0112	0,0054	2,066	0,0406
β_6	0,0532	0,0223	2,381	0,0185

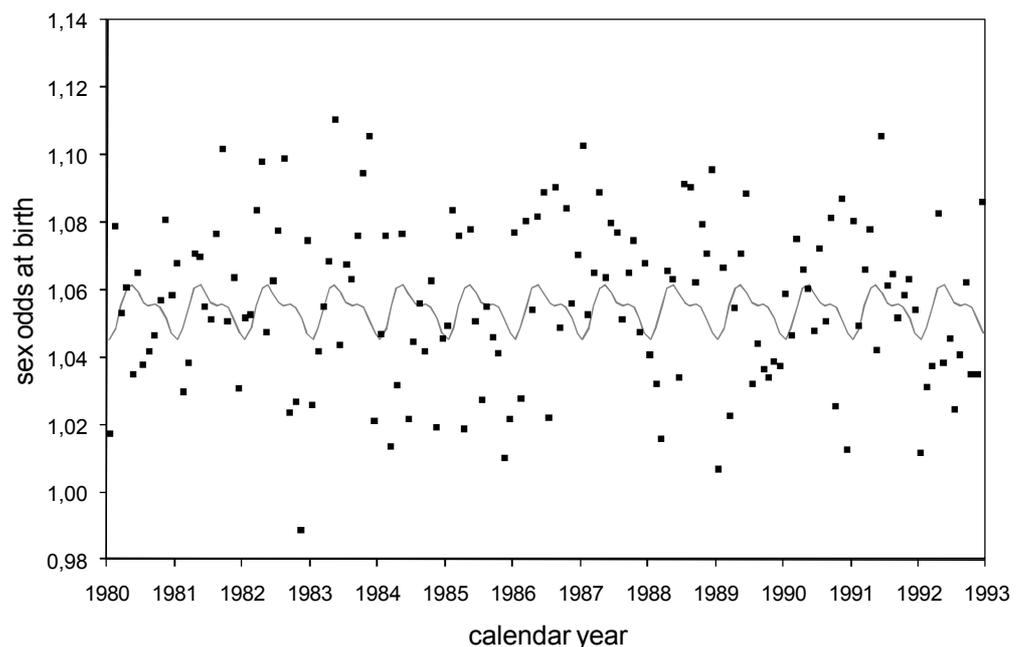


Abbildung 2: **Monatswerte des Geschlechterverhältnisses in Bayern und Trendlinie.**

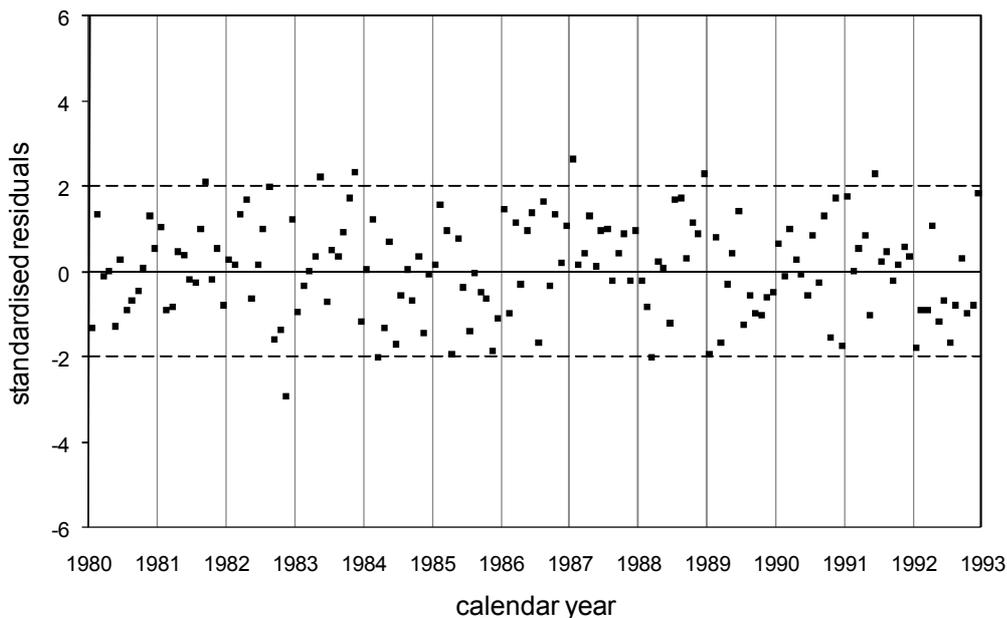


Abbildung 3: **Standardisierte Residuen des Geschlechterverhältnisses in Bayern.** Die gestrichelten Linien zeigen den Bereich von 2 Standardabweichungen.

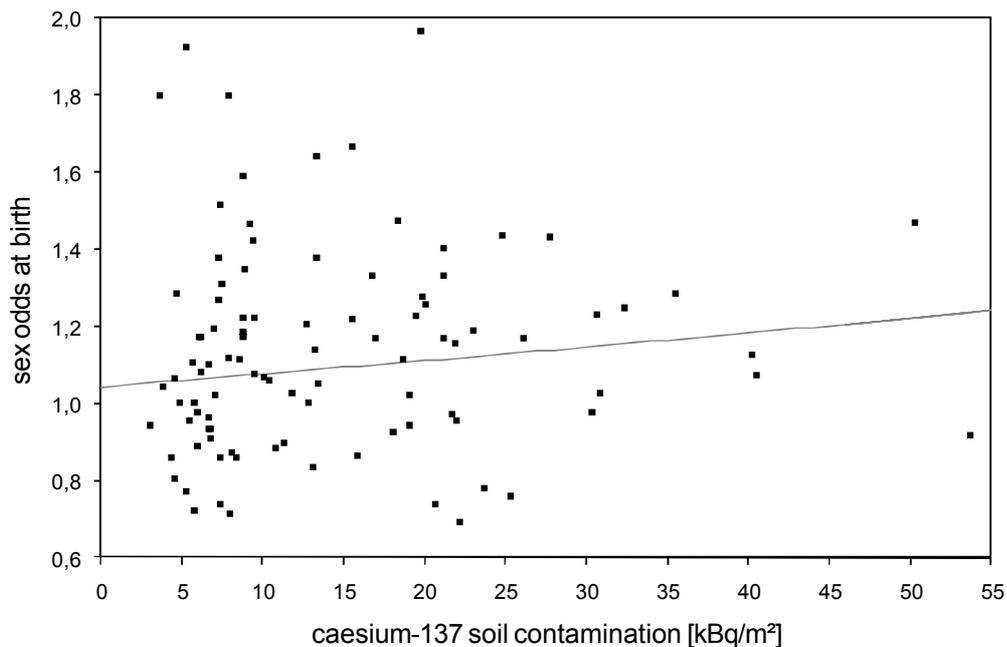


Abbildung 4: **Abhängigkeit des Geschlechterverhältnisses von der Cäsium-137 Bodenbelastung in den bayerischen Landkreisen und Trendlinie.**

Tabelle 2: **Ergebnisse für die Abhängigkeit von der Cäsiumbelastung**

parameter	estimate	SE	t value	p value
β ₀	0,05026	0,00292	17,211	0,0000
β ₁	0,00570	0,00234	2,439	0,0148
β ₂	0,46597	0,06479	7,192	0,0000
β ₃	0,00327	0,00233	1,407	0,1595
β ₄	0,60514	0,11291	5,36	0,0000
β ₅	0,00024	0,00016	1,499	0,1339
β ₆	0,00073	0,00028	2,641	0,0083
β ₇	0,00290	0,00114	2,546	0,0109

$y=y(t,cs)$ dargestellt, wobei t die Zeit und cs die Cäsium-Bodenbelastung bedeuten. Das Regressionsmodell erlaubt neben einem Effekt der Tschernobylstrahlung auf das Geschlechterverhältnis im Januar 1987 und in den restlichen Monaten des Zeitraums Mai 1986 bis Dezember 1987 eine jahreszeitliche periodische Schwankung (Saisongitur) darzustellen. Außerdem wird geprüft, ob sich nach Tschernobyl eine dauerhafte

Verschiebung des Geschlechterverhältnisses (Dummyvariable $cp88$) im Zeitraum 1988 bis 1992 zeigt. Eine zusätzliche Analyse der Daten auf Landkreisebene untersucht die Abhängigkeit des Geschlechterverhältnisses von der Cäsium-Bodenbelastung als Ersatzgröße für die Strahlenbelastung.

Ergebnisse

Zeitlicher Trend der bayesischen Monatsdaten

Das Regressionsmodell für die bayerischen Monatsdaten ($N=156$) des Geschlechterverhältnisses hat die folgende Form:
 $y(t) \sim \beta_0 + \beta_1 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot (t - \beta_2)) + \beta_3 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot (2t - \beta_4)) + \beta_5 \cdot d8687 + \beta_6 \cdot Jan87$

Dabei ist der Parameter β_0 eine Konstante, β_1 und β_2 sind Amplitude und Phasenverschiebung für den periodischen Term mit einjähriger Periode und β_3 und β_4 Amplitude und Phasenverschiebung für den Term mit halbjähriger Periode. Parameter β_5 schätzt die Erhöhung des Geschlechterverhältnisses im Zeitraum Mai 1986 bis Dezember 1987 ohne Januar 1987 (Dummyvariable $d8687$), und β_6 ist der Effekt im Januar 1987 (Dummyvariable $Jan87$). Die Ergebnisse der Regressionsanalyse zeigen Tabelle 1 und Abbildung 2. Die Abweichungen vom erwarteten Verlauf (standardisierte Residuen) sind in Abbildung 3 dargestellt.

Das Hauptergebnis der Analyse ist ein signifikanter Anstieg des Geschlechterverhältnisses im Januar 1987 um $\exp(\beta_6) = 5,5$ Prozent ($p = 0,0185$). Aber auch in den restlichen Monaten des Zeitraums Mai 1986 bis Dezember 1987 ist das Geschlechterverhältnis im Mittel signifikant um 1,1 Prozent erhöht ($p=0,0406$).

Schließlich wurde geprüft, ob sich die Anpassung an die Daten signifikant verbessert, wenn zusätzlich ein Langzeitrend und eine dauerhafte Er-

höhung nach 1987 zugelassen werden. Dies ist nicht der Fall: Die Summe der Fehlerquadrate verringert sich nur von 178,95 auf 178,19 ($p=0,732$, F Test). Ein Langzeiteffekt von Tschernobyl auf das Geschlechterverhältnis ist in den bayerischen Daten also nicht nachweisbar.

Um zu prüfen, ob die Erhöhung des Geschlechterverhältnisses durch eine verminderte Zahl weiblicher oder eine vermehrte Zahl männlicher Geburten bedingt ist, wurde der Verlauf der Geburtenzahlen nach Geschlecht getrennt analysiert. Es zeigt sich, dass die beobachtete Erhöhung des Geschlechterverhältnisses im Januar 1987 auf eine gegenüber dem Erwartungswert um 6 Prozent erhöhte Zahl männlicher Geburten zurückzuführen ist ($p=0,145$); die Zahl weiblicher Geburten war nur

unwesentlich um 0,7 Prozent erhöht ($p=0,858$).

Dosis-Wirkungsbeziehung

Um eine mögliche Abhängigkeit des Geschlechterverhältnisses von der Cäsium-Bodenbelastung zu untersuchen, wurden die Daten der Geburten in den 96 bayerischen Landkreisen in jedem der 156 Monate zusammen mit dem jeweiligen Landkreis-Mittelwert der Cäsium-Bodenbelastung (cs) benötigt. Da mögliche andere Einflüsse eine scheinbare Assoziation mit der Cäsiumbelastung schon vor Tschernobyl bewirken könnten, wird die Variable cs im gesamten Untersuchungszeitraum (1980 bis 1992) im Modell berücksichtigt. Außerdem wird wie oben ein möglicher Einfluss der Tschernobylstrahlung auf das Geschlechterverhältnis in den

restlichen Monaten des Zeitraums Mai 1986 bis Dezember 1987 zugelassen. Das Regressionsmodell hat damit die folgende Form:

$$y(t,cs) \sim \beta_0 + \beta_1 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot (t - \beta_2)) + \beta_3 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot (2t - \beta_4)) + cs \cdot (\beta_5 + \beta_6 \cdot d8687 + \beta_7 \cdot \text{Jan}87).$$

Die Ergebnisse der Regressionsanalyse enthält Tabelle 2. Im Januar 1987 zeigt sich eine signifikante Beziehung zwischen Geschlechterverhältnis und der Cäsium-Belastung (siehe Abbildung 4); das Geschlechterverhältnis erhöht sich um 0,29 Prozent pro kBq/m^2 ($p=0,011$). Aber auch im Zeitraum Mai 1986 bis Dezember 1987 ist der Zusammenhang deutlich signifikant; das Geschlechterverhältnis erhöht sich um 0,07 Prozent pro kBq/m^2 ($p=0,008$).

1. Körblein A. Säuglingssterblichkeit und Geschlechterverhältnis

Atommüll

„Risiken und Nebenwirkungen“ bei einer Flutung des Atommülllagers Asse II mittels Schutzfluid

Kein Schutz gegen sicherheitsgefährdende chemische Prozesse

Von Rolf Bertram*

„Man kann Probleme nicht mit Methoden lösen, die sie geschaffen haben.“ Albert Einstein (1879 – 1955)

Die Vollverfüllung – als eine Stilllegungsoption für Asse II – sieht vor, die oberen Bereiche der Schachanlage mit Beton zu verfüllen und unterhalb der 700-Meter-Sohle mit einer gesättigten Magnesiumchloridlösung (sogenanntem Schutzfluid) zu fluten. Dadurch würde früher oder später das gesamte auf der 725 Meter- und 750 Meter-Sohle eingelagerte radioaktive und nichtradioaktive Inventar sowie das zur Verfüllung der Einlagerungskammern verwendete Material in Kontakt mit der wässrigen Lösung

kommen.

Auch bei der Notfallplanung ist beim Eintritt des Notfalls eine Flutung mittels Schutzfluid vorgesehen. Auch hierbei würde das eingelagerte Material der Einwirkung der gesättigten Magnesiumchloridlösung ausgesetzt.

In beiden Fällen ist eine trockene Lagerung des Inventars unmöglich. Die geforderte Langzeitsicherheit (für 1 Million Jahre) ist bei Verfüllung mit Beton und Magnesiumchloridlauge nicht zu gewährleisten.

Allgemeines

Im Falle einer Flutung würde bei der stofflichen Vielfalt des eingelagerten Inventars und den unüberschaubaren Möglichkeiten zur chemischen und strukturellen Materialumwandlung ein System hochkomplexer Wechselwirkungen vorliegen. In Gegenwart von Wasser in Form wässriger Lösungen und/oder durchfeuchteten Phasengemischen (z.B. Salzgrus) würden Prozesse aktiviert, die mit den derzeitigen Erkenntnissen zur Reaktionskinetik weder prognostizierbar noch abschätzbar sind. Eine Folge dieser Aktivierung sind mit unterschiedlicher Geschwindigkeit ablaufende Produktbildungen über verzweigte und weitgehend unbekanntere Reaktionswege. Es ist bekannt, dass diese neugebildeten Produkte in allen Aggregatzuständen auftreten und selbst hochreaktiv sein können. Primär entstandene Stoffe können Starter für weitere gekoppelte Folgereaktionen (Reaktionsketten, Verzweigungsreaktionen, etc.) mit weiteren Sekundärprodukten sein und

so fort. Das „Schutzfluid“ ist ein ideales Reaktionsmilieu, in dem die genannten Prozesse sogar stärker ablaufen als in reinem Wasser oder in ungesättigten Salzlösungen. Die Durchdringung der chemischen, strahlenchemischen und elektrochemischen Prozesse und eine wechselseitige Verstärkung führen zu Reaktionsnergismen, die nicht kontrollierbar und messtechnisch kaum erfassbar sind. Die zur Stabilisierung der Schachanlage vorgesehene Flutung mit einer wässrigen gesättigten Magnesiumchloridlösung bietet keinen Schutz gegen sicherheitsgefährdende chemische, elektrochemische und strahlenchemische Prozesse.

Systemtheoretisch handelt es sich um ein nichtlineares dynamisches Verhalten, das sich wegen der räumlichen Inhomogenitäten, der zeitlichen Schwankungen und der unübersichtlichen Kopplungsphänomene einer prozessbegleitenden Simulation entzieht. Im Fall Asse kommt hinzu, dass die einzelnen Pro-

2. Scherb H, Voigt K. Trends in the human Geschlechterverhältnis at birth in Europe and the Chernobyl Nuclear Power Plant accident. *Reprod Toxicol.* 2007 Jun; 23(4):593-9.

3. Scherb H in: http://www.strahlentelex.de/Tagungsreader_Berlin_2008-1.pdf#page=5, S.95ff

4. Sperling K, Pelz J, Wegner RD, Dörries A, Grütters A, Mikelsen M. Significant increase in trisomy 21 in Berlin nine months after the Chernobyl reactor accident: temporal correlation or causal relation? *BMJ.* 1994 Jul 16;309(6948):158-62.

5. Zatsepin I, Verger P, Robert-Gnansia E, Gagnière B, Tirmarche M, Khmel R, Babicheva I, Lazjuk G. Down syndrome time-clustering in January 1987 in Belarus: link with the Chernobyl accident? *Reprod Toxicol.* 2007 Nov-Dec;24(3-4):289-95. ●