

Die Frage der fehlenden Kinder

**Erbgutschädigende Effekte nach Tschernobyl, nach den oberirdischen
Atomwaffentests und in der Nähe von Nuklearanlagen**

Hagen Scherb und Kristina Voigt

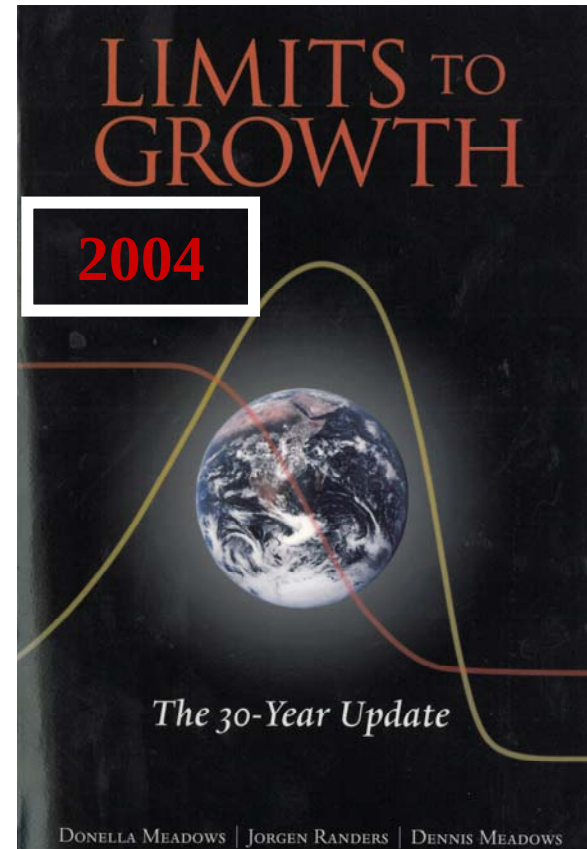
Institut für Biomathematik and Biometrie

**Samstags-Forum Region Freiburg, Samstag 16. April 2011, Universität Freiburg i. Br.,
Stadtmitte, Kollegiengebäude 1/KG 1, Hörsaal 1015**

- **Hintergrund und Motivation**
- **Daten and Statistische Methoden**
- **Resultate**
 - **Exposition**
 - **Fehlbildungen in Bayern und in der ehemaligen DDR**
 - **Down Syndrom in Europa**
 - **Totgeburten in Europa**
 - **Geschlechtschance bei der Geburt in Europa und USA**
 - **Geschlechtschance der Säuglingssterblichkeit in Deutschland**
 - **Geschlechtschance in Kasachstan 1949 – 1956**
 - **Geschlechtschance nach den Atombombentests**
 - **Geschlechtschance um Nuklearanlagen**
- **Schlussfolgerung**
- **Ausblick**

Hintergrund und Motivation: Ionisierende Strahlung, Chemikalien

Grenzen des Wachstums (Atommüll – Kumulativer Ausstoß aus Nuklearanlagen – zunehmende Kontamination der Biosphäre)



Hintergrund und Motivation: Ionisierende Strahlung, Chemikalien

- **Die gefährlichsten Schadstoffe sind**
 - **Atommüll, Freisetzungen von Radionukliden in die Biosphäre**
 - **Toxische chemische Abfälle**
 - **Abfälle, die globale biochemische Prozesse verändern, z.B. Treibhausgase**
- **Behandlungsprobleme**
 - **Physiologisch nicht wahrnehmbar**
 - **Gesundheitsrisiken nicht geklärt**
 - **Politische und ökonomische Fragen ungelöst**
 - **Entgiftung bzw. sicherer Abschluss vor der Biosphäre ungelöst**

Meadows, D., Randers, J., Meadows D., Limits to Growth, the 30-Year Update, Chelsea Green Publishing, USA, p.112-113, 2004.

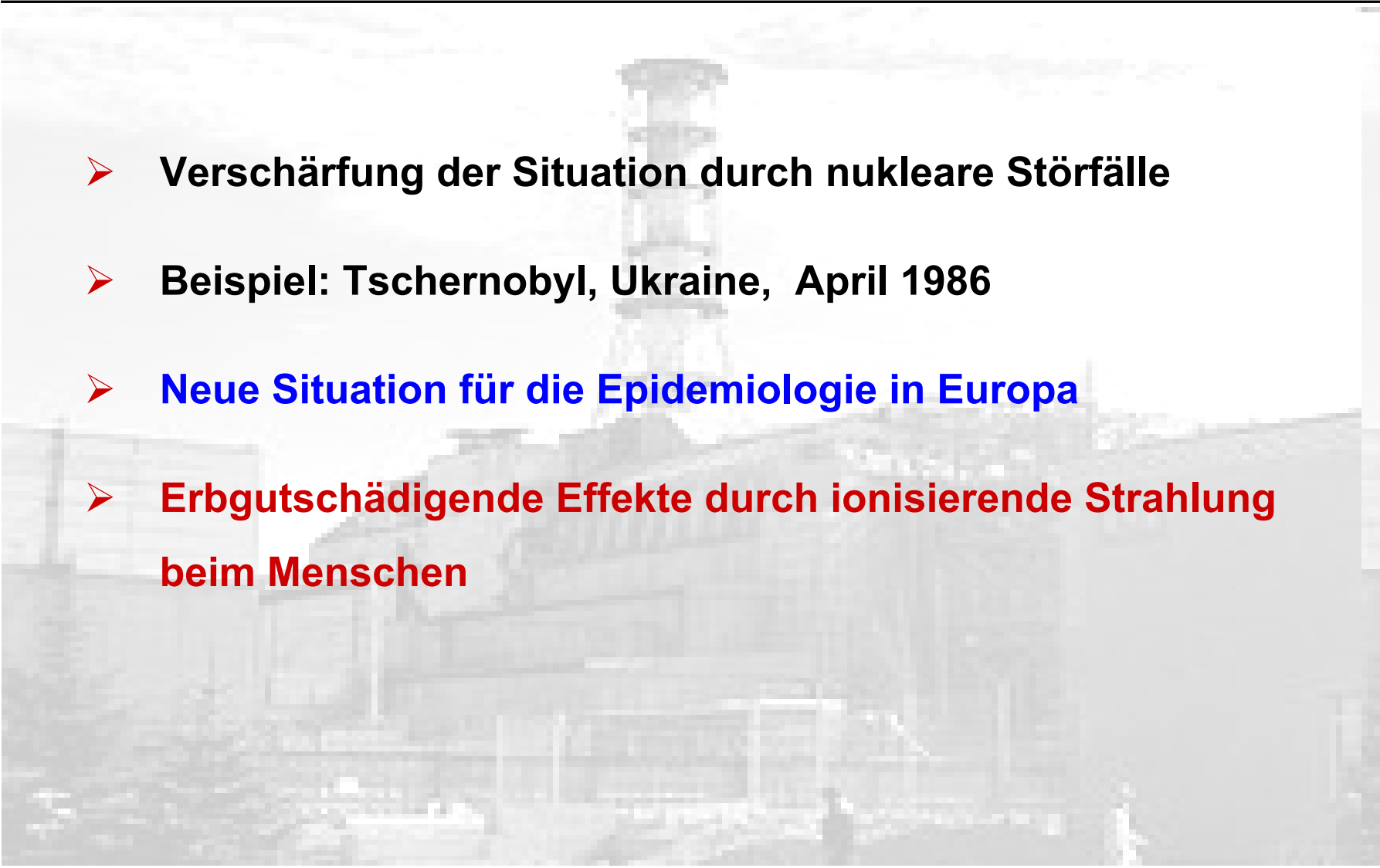
Hintergrund und Motivation: Atommüll

- **Kein Land hat das wachsende Atommüllproblem gelöst**
- **Gefahr für alle Lebensformen durch Toxizität und Mutagenität**
- **Die Natur kennt keine Abbaumechanismen**
- **Der radioaktive Zerfall kann Jahrzehnte, Jahrhunderte und Jahrtausende in Anspruch nehmen**

Hintergrund und Motivation: Atommüll

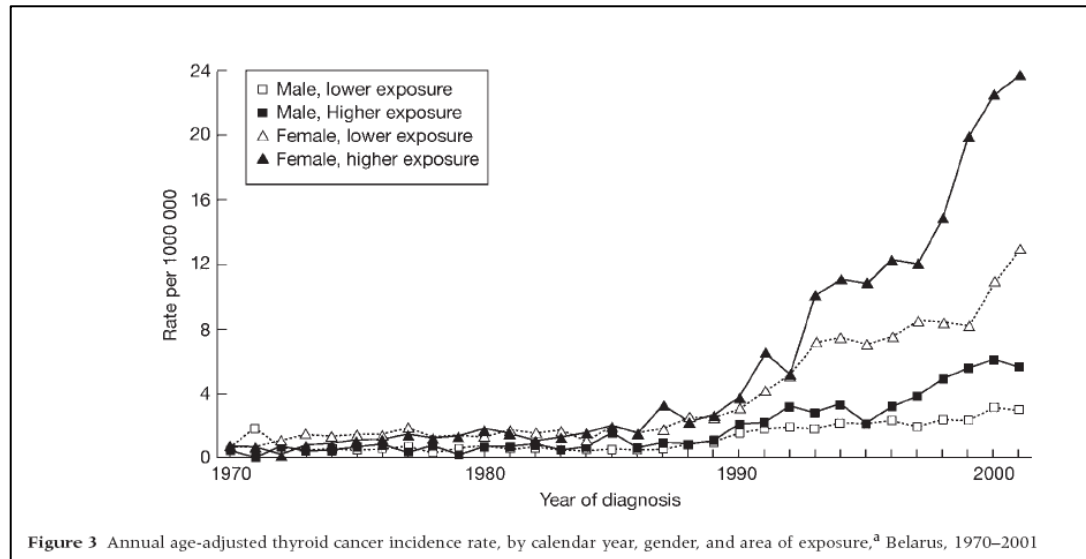
- **Atommüll als Nebenprodukt der Kernenergieerzeugung nimmt ständig zu**
- **Verbrauchte Brennelemente werden innerhalb der Reaktoren in Abklingbecken in unmittelbarer Nähe des Reaktorkerns aufbewahrt**
- **Man **hofft**, dass man **irgendwann** Lösungen findet, Atommüll **irgendwo** sicher zu verwahren**
- **Folglich gibt es zu Recht ein weit verbreitetes und zunehmendes Misstrauen gegenüber der nuklearen Energiegewinnung**

Hintergrund und Motivation: Katastrophe von Tschernobyl

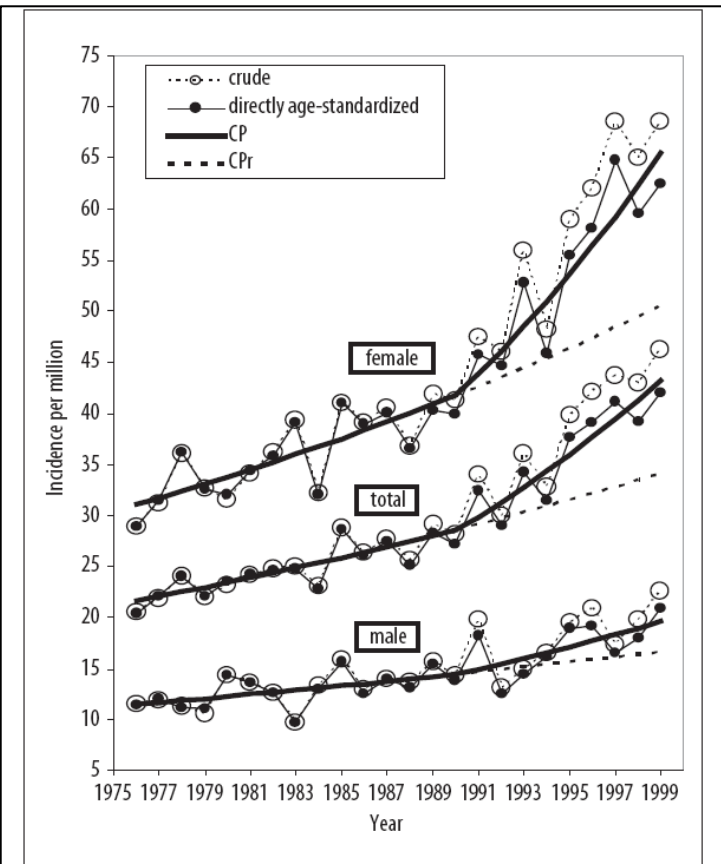
- 
- **Verschärfung der Situation durch nukleare Störfälle**
 - **Beispiel: Tschernobyl, Ukraine, April 1986**
 - **Neue Situation für die Epidemiologie in Europa**
 - **Erbgutschädigende Effekte durch ionisierende Strahlung beim Menschen**

Hintergrund und Motivation: Schilddrüsenkrebs nach Tschernobyl

Mahoney MC et al. 2004

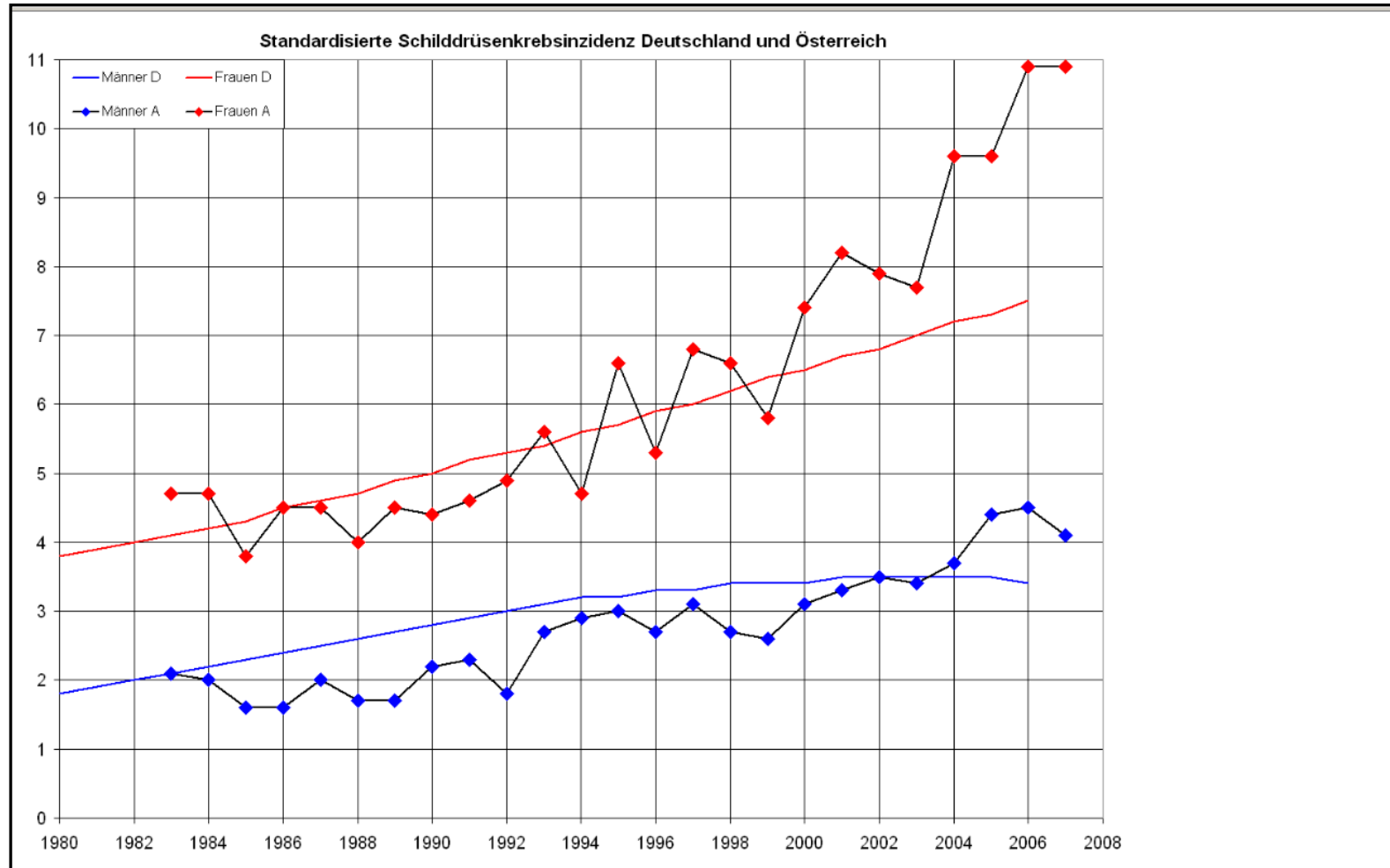


Mürbeth S et al. 2004



Hintergrund und Motivation: Schilddrüsenkrebs nach Tschernobyl

Dipl. Ing. Ralf Kusmierz, unveröffentlicht:



Hintergrund und Motivation: Erbgutschädigung durch ionis. Strahlung

Nach den **Atombombenabwürfen über Japan** wurden Kinder bestrahlter Eltern auf folgende Symptome hin, mit teilweise positiven Befunden, untersucht*:

- **Geschlechtsverhältnis**
- **Auftreten angeborener Missbildungen**
- **Auftreten von Totgeburten**
- **Geburtsgewicht**
- **Tod innerhalb der ersten 9 Lebensmonate**
- **Anthropometrische Daten**
- **Autopsie-Befunde**
- **Nach Tschernobyl gab und gibt es keine offizielle, systematische, nationale oder internationale Studie zu genetischen Effekten**

* Friedrich Vogel (1961) Lehrbuch der allgemeinen Humangenetik, *Untersuchungen über genetische Strahlenschäden, die am Menschen selbst durchgeführt wurden* (Springer, Berlin Göttingen Heidelberg, S. 340)

Daten and Statistische Methoden

- **Exposition** **Fallout → Dosis**

- **Effekt – Daten** **sind teilweise in Originalpublikationen enthalten:**
 - **Totgeburten auf regionaler Ebene in Finnland**
 - **Down Syndrom in Europäischen Ländern/Regionen**
 - **Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten in der DDR**

- **Register** **Bayerischer Fehlbildungsdatensatz**

- **Krebsregister** **Tschechisches Krebsregister**

- **Demographische INTERNET Datenbanken: Jährliche Lebendgeburten und Totgeburten nach Geschlecht**

Demografische INTERNET Datenbanken

<http://data.euro.who.int/hfad/>

<http://data.un.org/Data.aspx?d=POP&f=tableCode%3a4>

<http://data.un.org/Data.aspx?d=POP&f=tableCode%3A54>

<http://unstats.un.org/unsd/demographic/products/dyb/dyb2.htm>

http://www.coe.int/t/e/social_cohesion/population/BELTAB2.xls

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=0,1136184,0_45572595&_dad=portal&_schema=PORTAL

<http://www.johnstonsarchive.net/policy/abortion/ab-poland.html>

Logistisches Modell (für zeitliche Trends)

- LB: Lebendgeburten, π_x Binomial-Parameter zum Zeitpunkt x ; [x in Jahren]
- Männliche Geburten $_x \sim \text{Binomial}(\text{LB}_x, \pi_x)$ **Verteilungsannahme**
- **Beispiel:** Konstanter Trend und Sprung ab dem Zeitpunkt x_0
 $d_0(x) = 0$ for $x < x_0$; $d_0(x) = 1$ for $x \geq x_0$ [x in Jahren]

$$\log \text{ odds } (\pi_x) = \text{intercept} + \alpha * d_0(x)$$

- **Odds ratio des Sprungs** $\text{OR}_{\text{Sprung}} = \exp(\alpha)$ (Sprunghöhe)
- **Statistik Programm Paket: SAS**

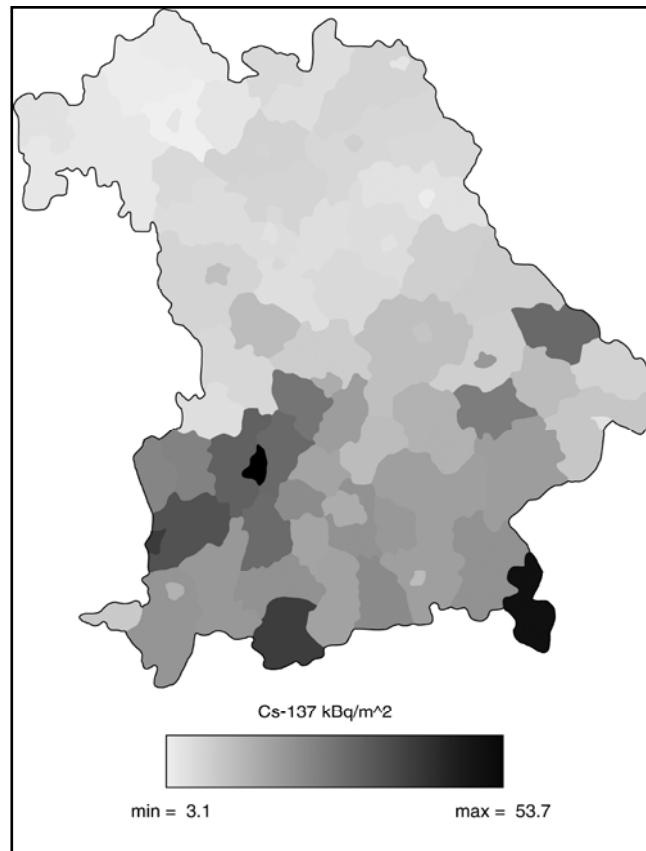
Resultate

- 
- **Exposition**
 - **Fehlbildungen in Bayern und in der ehemaligen DDR**
 - **Down Syndrom in Europa**
 - **Totgeburten in Europa**
 - **Geschlechtschance bei der Geburt in Europa und USA**
 - **Geschlechtschance nach den Atombombentests**
 - **Geschlechtschance um Nuklearanlagen**

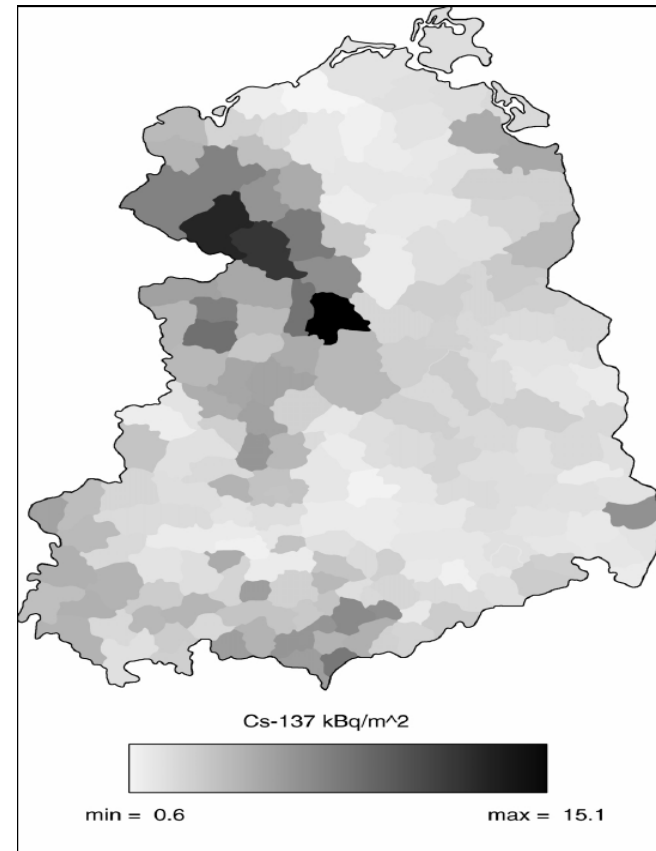
Resultate: Exposition **Fallout** → **Bayern und DDR**

Räumliche Verteilung des Fallout in Bayern und in der ehemaligen DDR

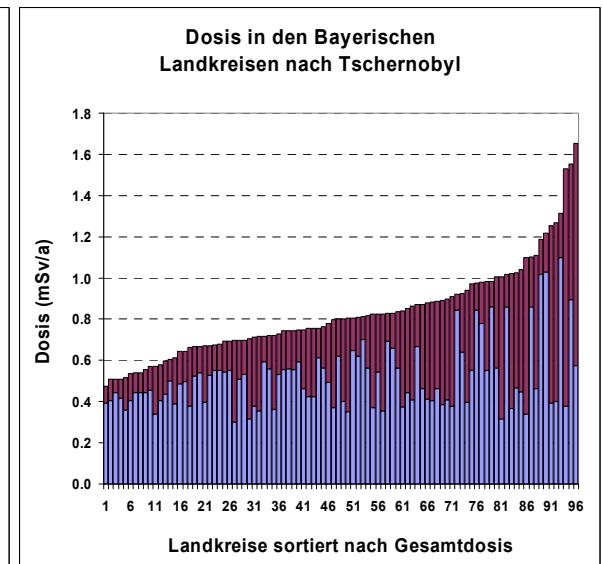
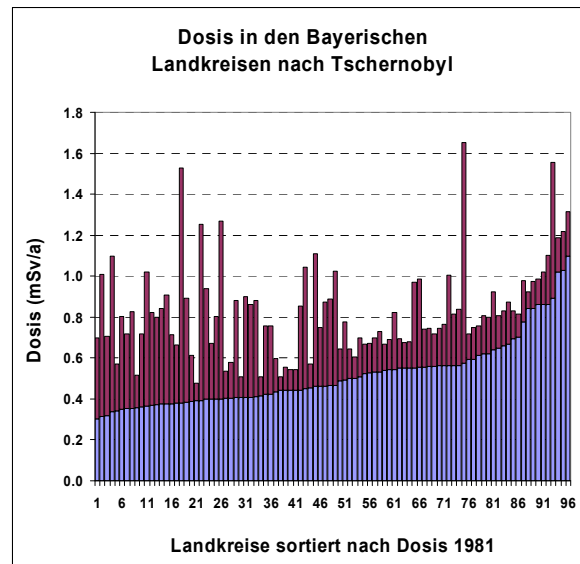
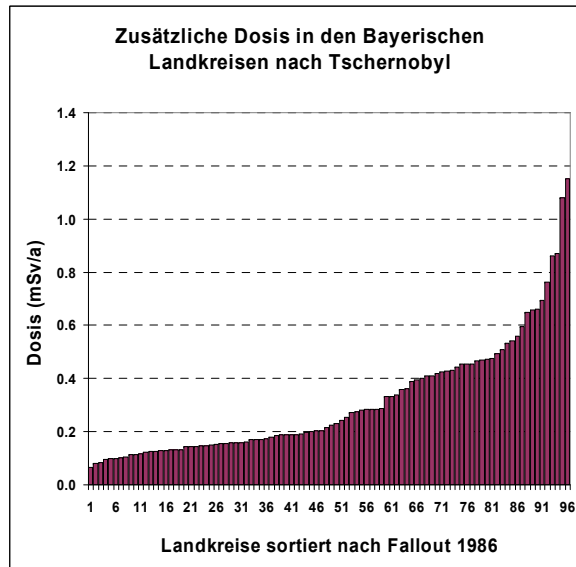
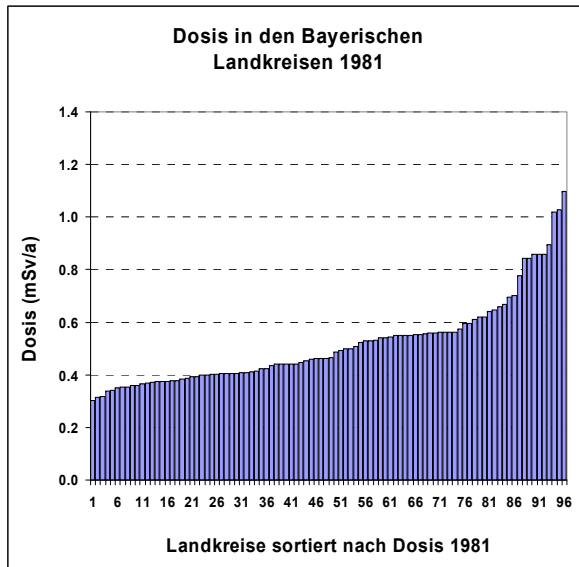
Bavaria



former GDR



Resultate: Exposition **Fallout → Dosis in Bayern**



Hintergrund und Motivation: Belastungen gemessen in Bq/m², Bq/kg

- **Becquerel (Bq)** ist die Aktivität eines radioaktiven Stoffes. 1 Bq ist ein Zerfall eines Atomkernes in einer bestimmten Substanzmenge pro Sekunde. Ein häufiges Maß ist die Anzahl der Zerfälle pro m² (Bq/m²) eines über einer Fläche verteilten radioaktiven Elementes (Fallout)
- **1 Bq = 1 s⁻¹ [Einheit 1/Sekunde]**
- Die Europäische Kommission hat einen Grenzwert von 600 Becquerel pro Kilogramm für den grenzüberschreitenden Verkehr von Nahrungsmitteln festgelegt.
- In Deutschland gilt er für alle Lebensmittel.
- Für Milch und Babynahrung sind es 370 Becquerel pro Kilogramm (Wikipedia, 25. 3. 2011)

Hintergrund und Motivation: **Halbwertszeiten**

- Die Halbwertszeit ist in der Kernphysik diejenige Zeitspanne, nach der von der ursprünglichen Menge eines radioaktiven Elementes noch die Hälfte vorhanden ist
- **Leitnuklide nach atomaren Unfällen**
 - ^{137}Cs (Caesium) 30.17 Jahre
 - ^{90}Sr (Strontium) 28.78 Jahre
 - ^{134}Cs (Caesium) 2.06 Jahre
 - ^{131}I (Iod) 8.02 Tage

Hintergrund und Motivation: **Dosis**

- **Das Sievert (Einheitenzeichen: Sv, nach dem schwedischen Mediziner und Physiker Rolf Sievert) ist die Maßeinheit verschiedener gewichteter Strahlendosen. Sie dient zur Messung der Strahlenbelastung biologischer Organismen und wird bei der Analyse des Strahlenrisikos verwendet. Das Sievert wird als Einheit herangezogen für:**
- **Äquivalentdosis (Energiedosis in Gray [Joule/kg] * Strahlengewichtungsfaktor)**
- **Organdosis (Organspezifische Äquivalentdosis)**
- **Effektivdosis („Strahlenexposition des Menschen“, Summe Organdosen)**

Wikipedia (25. 3. 2011)

Arbeitshypothese

In den ersten Jahren nach dem Tschernobyl-Unfall bestand durch Flächenkontamination mit

$$\begin{array}{rcl} & \mathbf{46.6} & \text{ kBq/m}^2 \quad \text{Cs-137} \\ + & \mathbf{23.3} & \text{ kBq/m}^2 \quad \text{Cs-134} \end{array}$$

eine γ -Dosis von 1mSv/a

Hintergrund und Motivation: Inflation ?



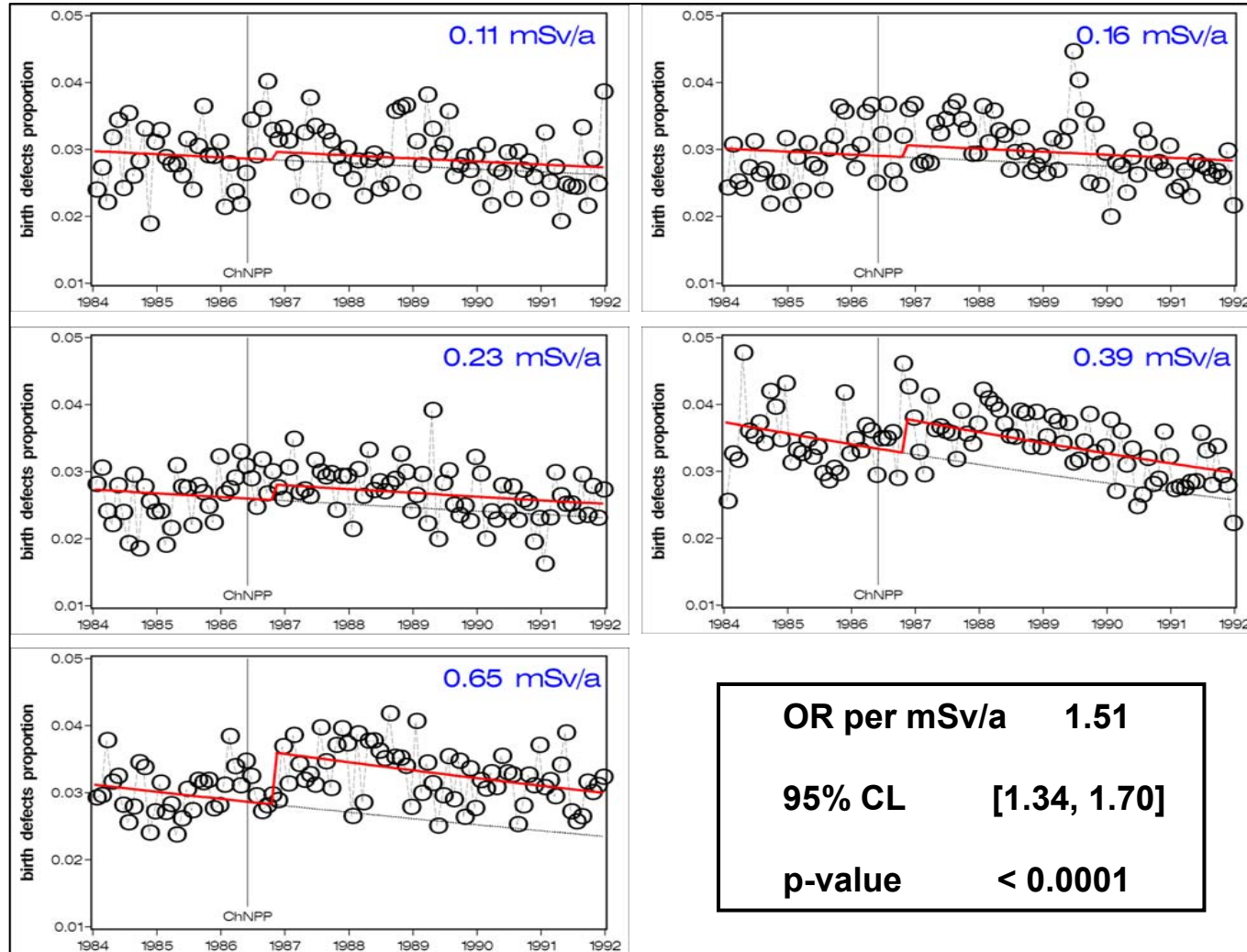
=



1 Sievert = 100 Rem

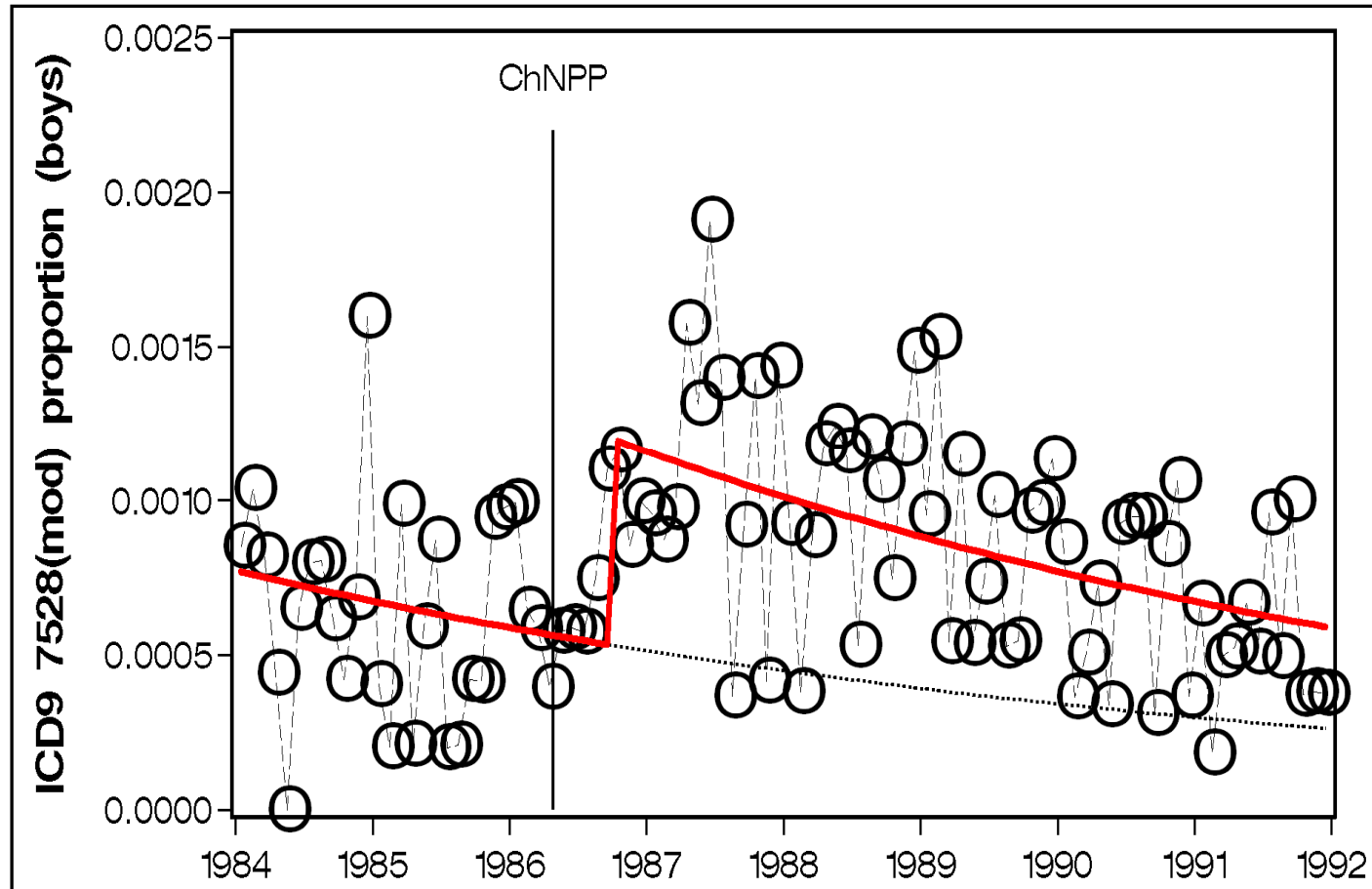
Resultate: Fehlbildungen in Bayern 1984 – 1991

Scherb und Weigelt 2003



Resultate: Fehlbildungen in Bayern 1984 – 1991

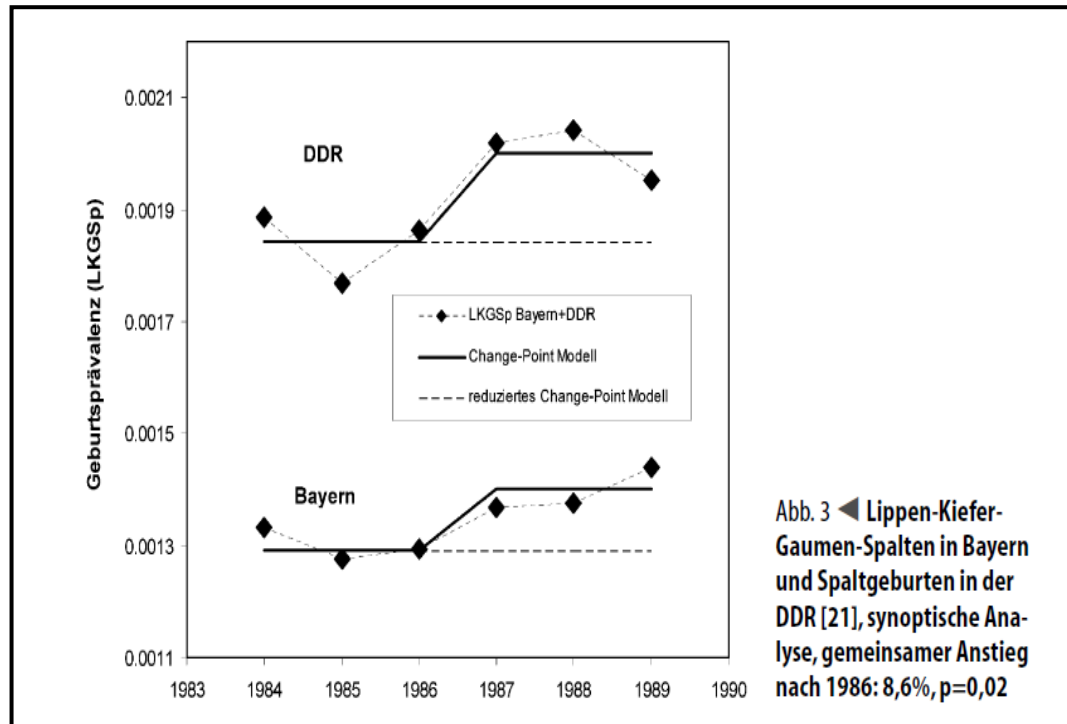
Angeborene Fehlbildungen männlicher Sexualorgane



odds ratio (OR) für den Sprung im Oktober 1986: 2.26, 95% CL [1.58, 3.23], p-Wert < 0.0001

Resultate: Lippen-Kiefer-Gaumenspalten in Bayern und DDR

Scherb und Weigelt 2004



OR per mSv/a	1.43
95% CL	[1.04, 1.97]
p-value	= 0.03

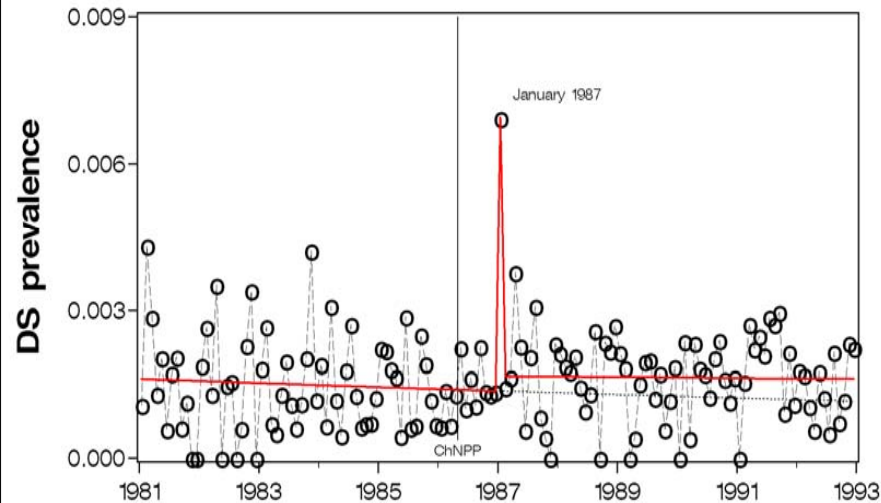
Resultate: Down Syndrom in Europa

Untersuchungen zur Häufigkeit des Down Syndrom nach Tschernobyl

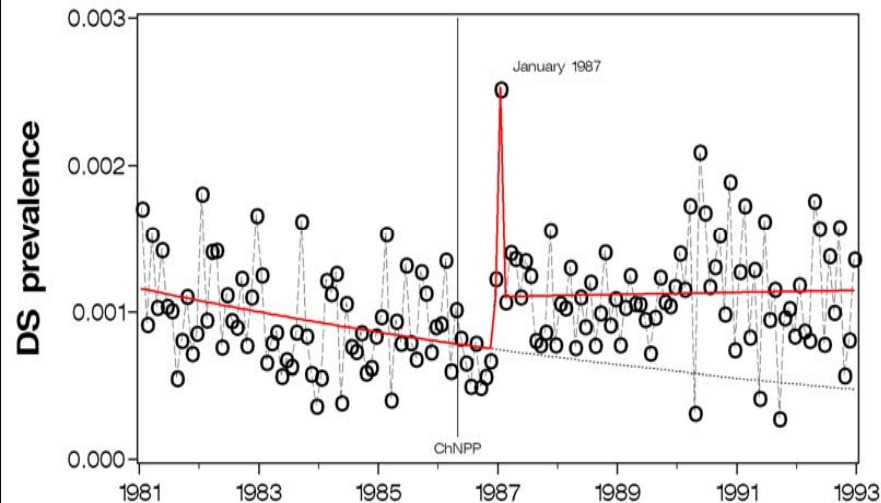
- **West-Berlin** **Sperling K, 1991, 1993**
- **Belarus** **Zatsepin I, et al. 2004**
- **Bayern** **Scherb H, 2006**

Resultate: Down Syndrom in Europa

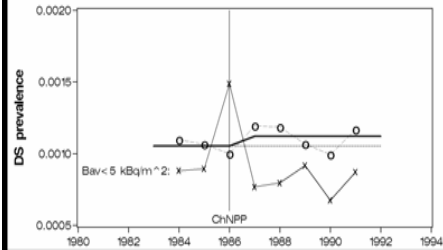
West Berlin



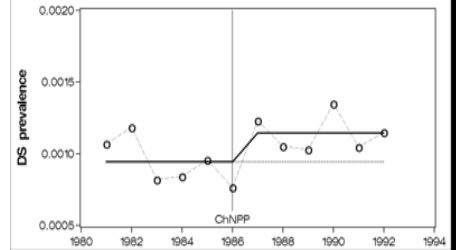
Belarus



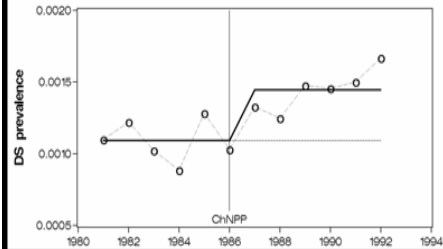
Bavaria (Bav > 5 kBq/m²)



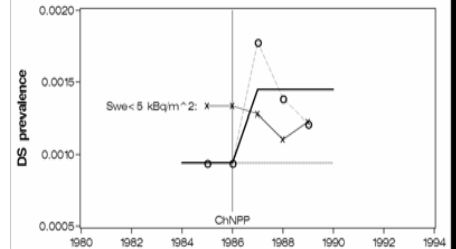
Belarus (Bel)



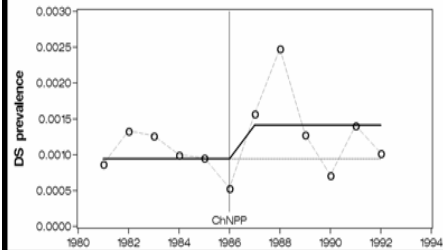
Hungary (Hun)



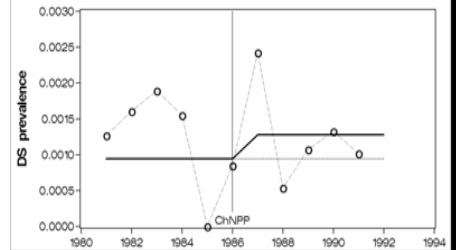
Sweden (Swe > 5 kBq/m²)



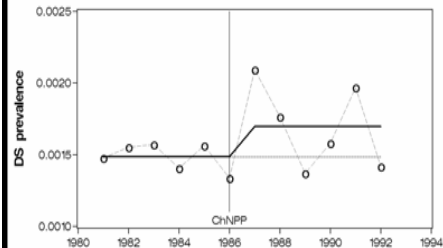
Lothian (Lot)



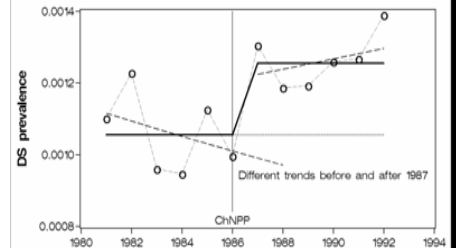
North West England (NWE)



West Berlin (WeB)



Bav Bel Hun Lot NWE Swe WeB — combined



Resultate: Down Syndrom in Bayern 1984 – 1991

Dosis-Wirkungs-Beziehung mit Monatsdaten und Sprung ab 10/1986

odds ratio/ $\text{kBq} \cdot \text{m}^2$	1.016	95%-KI = [1.004, 1.028]	$p=0.0095$
---	-------	-------------------------	------------

odds ratio/ $\text{mSv} \cdot \text{a}$	2.104	95%-KI = [1.200, 3.689]
---	-------	-------------------------

Resultate : Totgeburten in Europa

Scherb H et al. 1999

Scherb und Weigelt 2003

938 INTERNATIONAL JOURNAL OF EPIDEMIOLOGY

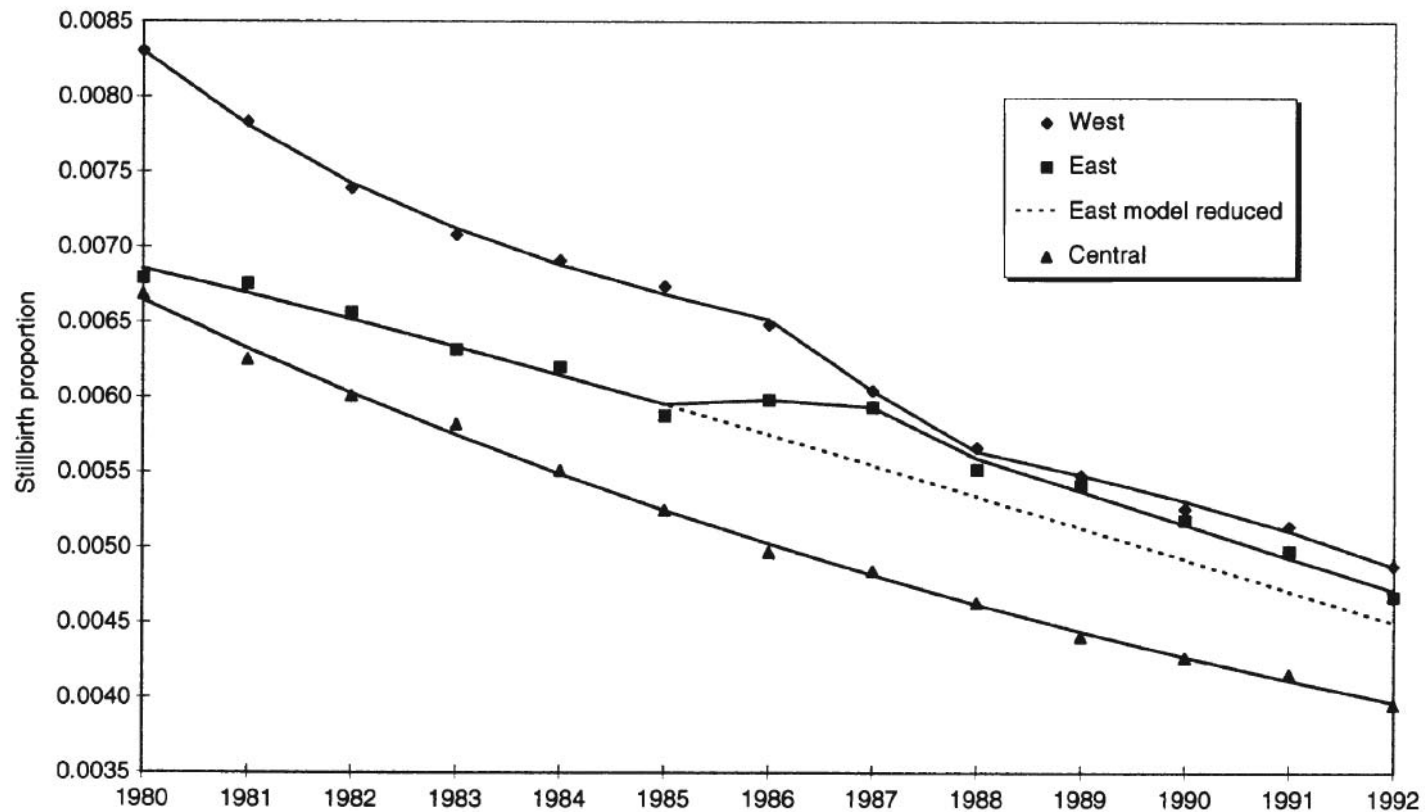
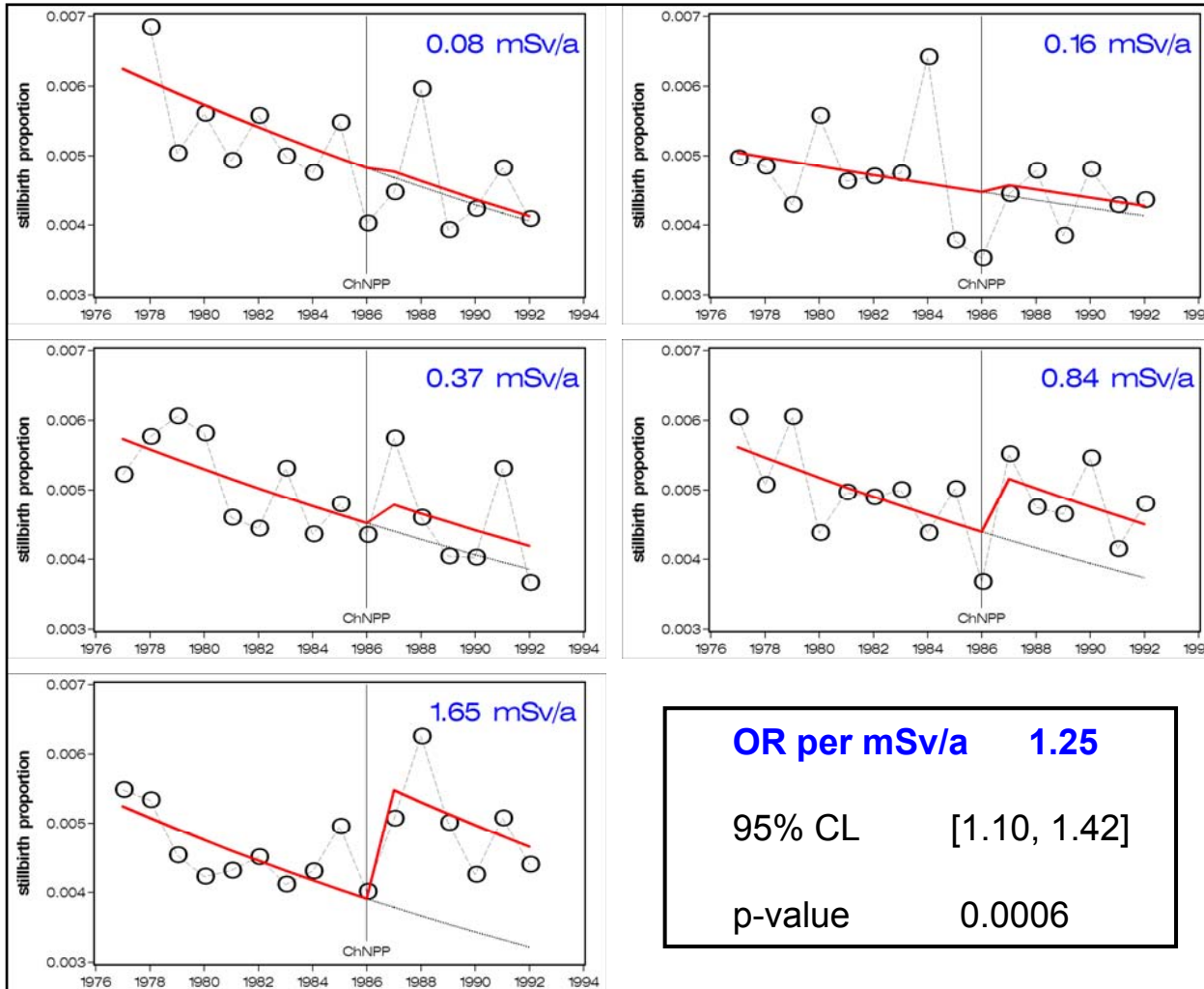


Figure 2 European stillbirth proportions 1980–1992 and synoptic linear logistic regression model according to data in Table 2 and model information in Table 6

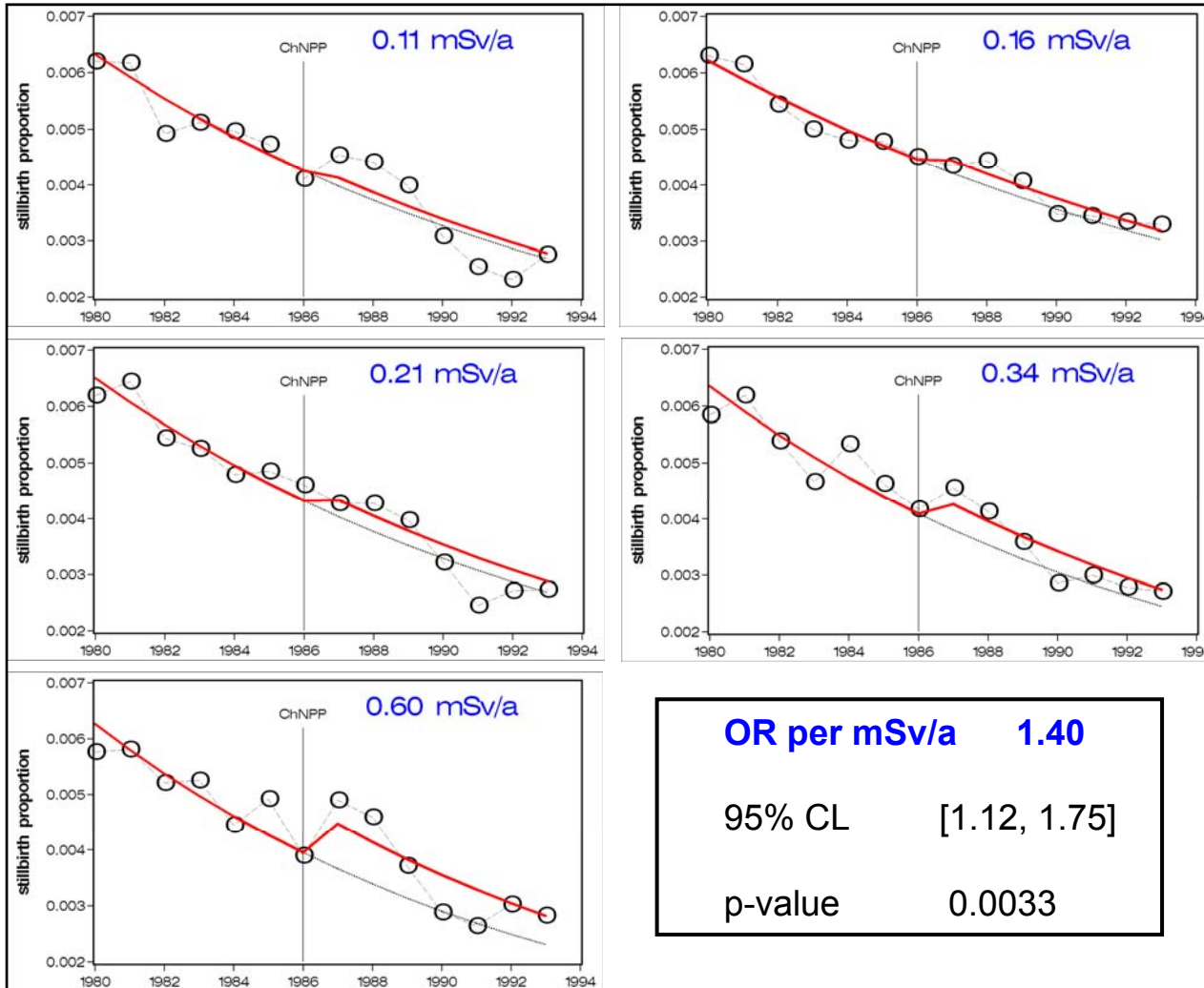
Resultate: Totgeburten in Finnland 1977 – 1992

Finnland (n=4,977, N=1,030,416)



Resultate: Totgeburten in Bayern 1980 – 1993

Bayern, frühere DDR, und West-Berlin (n=19,877, N=4,285,387)



Resultate: Geschlechtschance bei der Geburt in Europa und USA

Genetische Theorie für das Geburtengeschlechtsverhältnis

Bestrahlte Eltern und Geburtsgeschlechtsverhältnis (sex odds, SO)

Nur Väter	=>	SO	↑
Nur Mütter	=>	SO	↓
Beide Eltern	=>	???	

Muller H (1927). Artificial transmutations of genes. *Science* 22: 84-87

Schull WJ, Neel JV (1958). Radiation and the sex ratio in man. *Science* 128: 343-348

Dickinson HO et al. (1996). The sex ratio of children in relation to paternal preconceptional radiation dose. *J Epidemiol Community Health* 50(6): 645–652

Padmanabhan et al. (2004) Heritable anomalies among the inhabitants of regions of normal and high background radiation in Kerala. *Int J Health Serv* 34 (3), 483-515

Vogel F (1961). *Lehrbuch der allgemeinen Humangenetik*, Springer, Berlin Göttingen Heidelberg

Resultate: Studien zur Sex Odds (SO)

- **Anstieg der SO nach Tschernobyl in Europa**
- **Anstieg der SO nach den oberirdischen Atombombenversuchen**
- **Anstieg der SO in der Nähe von Nuklearanlagen**

- **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. Environ Sci Pollut Res Int. 2011 Feb 19. [Epub ahead of print], PMID: 21336635
- **Scherb H, Voigt K.** Trends in the human sex odds at birth in Europe and the Chernobyl Nuclear Power Plant accident. Reproductive Toxicology, Volume 23, Issue 4, June 2007, Pages 593-599
- **Sex ratio in the offspring of parents with chronic radiation exposure from nuclear testing in Kazakhstan.** Mudie NY, Gusev BI, Pivina LM, Schoemaker MJ, Rijinkova ON, Apsalikov KN, Swerdlow AJ. Radiat Res. 2007 Nov;168(5):600-7
- **Kusmierz R, Voigt K, Scherb H (2010) Proceedings Paper** Is the human sex odds at birth distorted in the vicinity of nuclear facilities (NF)? A preliminary geo-spatial-temporal approach. Klaus Greve / Armin B. Cremers (Eds.), EnviroInfo 2010, Integration of Environmental Information in Europe, Proceedings of the, 24th International Conference on Informatics for Environmental Protection, Cologne / Bonn, Germany

Resultate: Geschlechtschance bei der Geburt in Europa und USA

Tabelle Europäische geschlechtsspezifische Lebendgeburten
1975 – 2007; USA 1975 – 2002 (Mathews and Hamilton
2005)

Country	No.	Births 1975 - 2007		SO
		male	female	
Albania	1	1 130 199	1 040 746	1.0860
Austria	2	1 458 550	1 386 074	1.0523
Belarus	3	2 170 667	2 050 534	1.0586
Belgium	4	2 060 708	1 955 233	1.0539
Bulgaria	5	1 686 699	1 595 331	1.0573
Czechoslovakia(f.)	6 - 7	3 396 664	3 222 748	1.0540
Denmark	8	1 057 854	1 003 118	1.0546
Estonia	9	314 547	297 105	1.0587
Finland	10	1 045 181	998 718	1.0465
France	11	12 840 000	12 210 308	1.0516
Germany	12	13 488 891	12 774 421	1.0559
Greece	13	1 977 369	1 850 287	1.0687
Hungary	14	2 099 904	1 988 257	1.0562
Iceland	15	72 914	69 321	1.0518
Ireland	16	1 024 334	966 373	1.0600
Italy	17	10 120 009	9 542 422	1.0605
Latvia	18	507 329	481 021	1.0547
Lithuania	19	779 998	740 959	1.0527
Luxembourg	20	82 544	77 845	1.0604
Malta	21	85 225	79 638	1.0702
Netherlands	22	3 174 069	3 023 245	1.0499
Norway	23	950 341	900 220	1.0557
Poland	24	9 007 557	8 496 847	1.0601
Portugal	25	2 201 456	2 061 412	1.0679
Romania	26	5 148 669	4 876 409	1.0558
Russian Federation	27	30 980 409	29 371 349	1.0548
SanMarino	28	2 988	2 757	1.0838
Spain	29	7 938 940	7 425 565	1.0691
Sweden	30	1 721 411	1 627 973	1.0574
Switzerland	31	1 305 459	1 238 886	1.0537
Ukraine	32	10 118 805	9 572 157	1.0571
United Kindom	33	12 371 861	11 741 276	1.0537
Yugoslavia(f.)	34 - 39	5 170 407	4 832 146	1.0700
All European		147 491 958	139 500 701	1.0573
USA (1975 to 2002)		54 256 593	51 683 339	1.0498

Referenzen

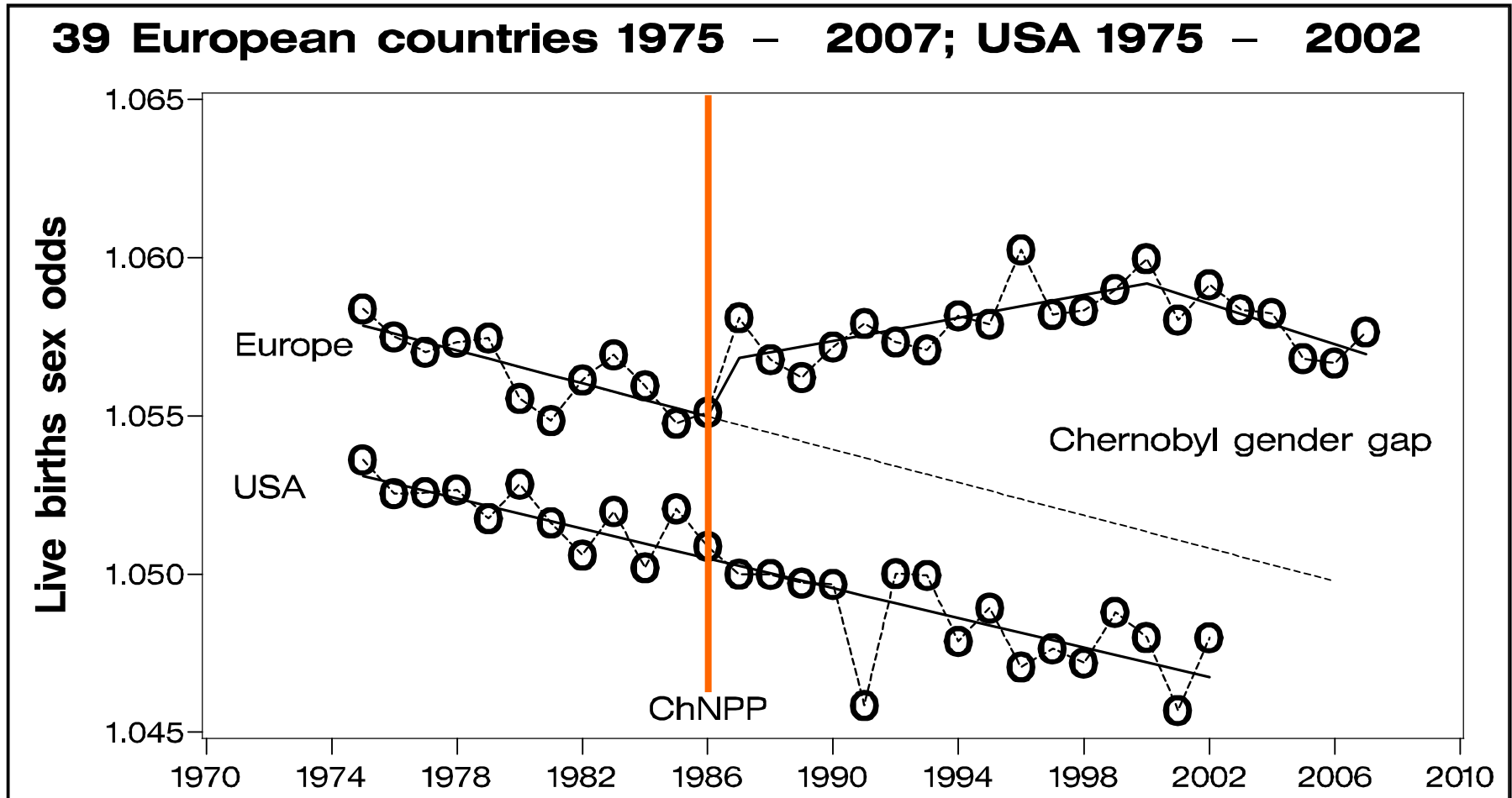
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21336635>

<http://dx.doi.org/10.1007/s11356-010-0332-0>

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17482426>

<http://dx.doi.org/10.1002/env.958>

Resultate: Geschlechtschance bei der Geburt in Europa und USA

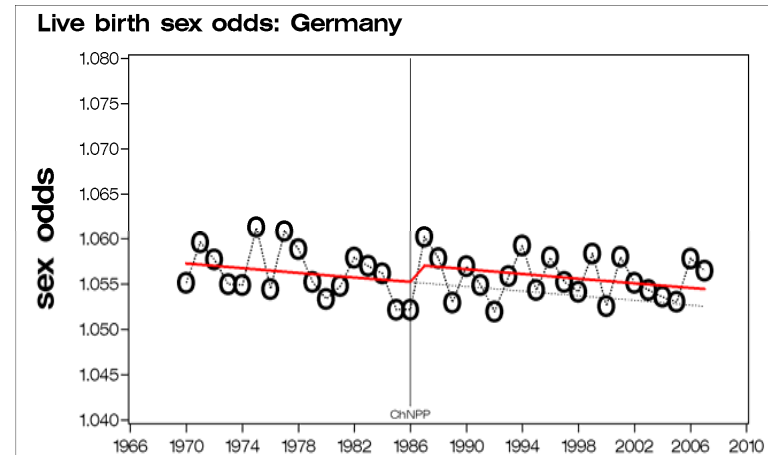
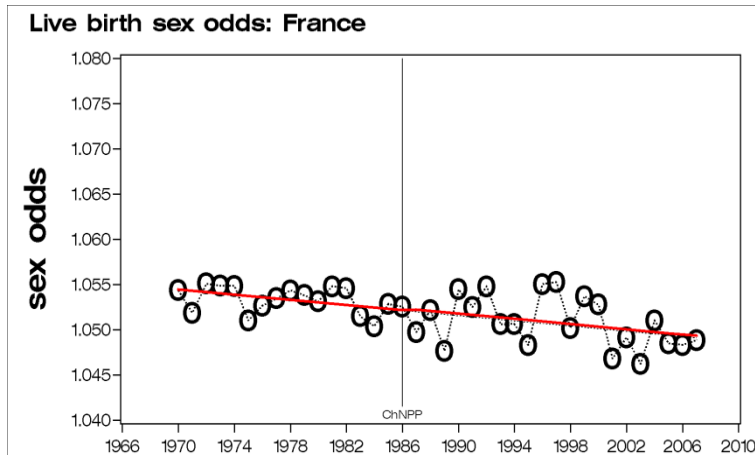


Trends der Lebendgeburtengeschlechtschance (männlich/weiblich) in 39 Europäischen Ländern 1975 bis 2007 und in USA, 1975 bis 2002 (Mathews and Hamilton 2005)

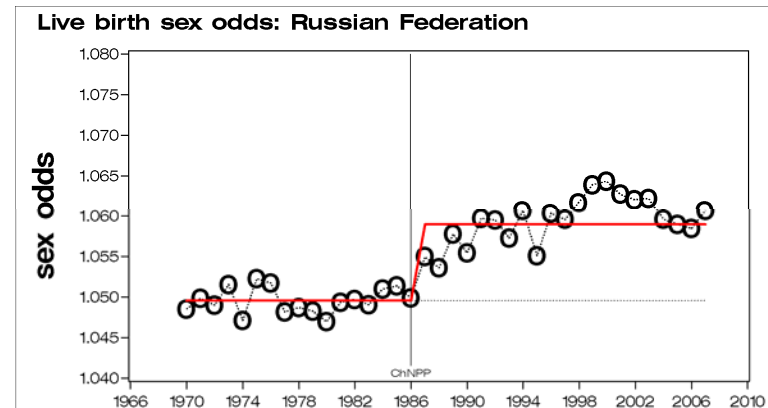
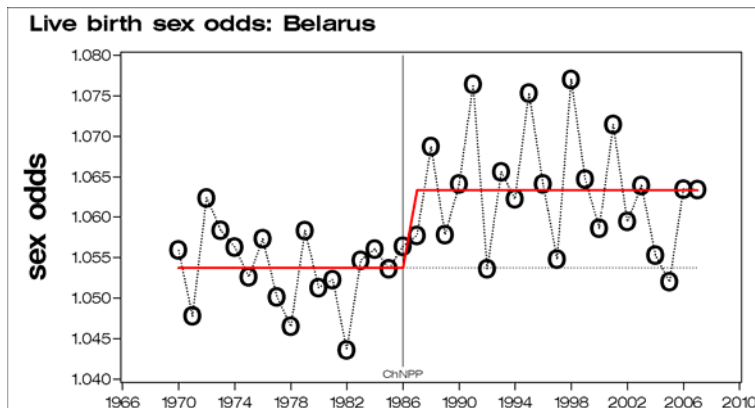
Resultate: Geschlechtschance bei der Geburt in Europa und USA

Kausalität ?

Weniger exponiert: **Frankreich und Deutschland**



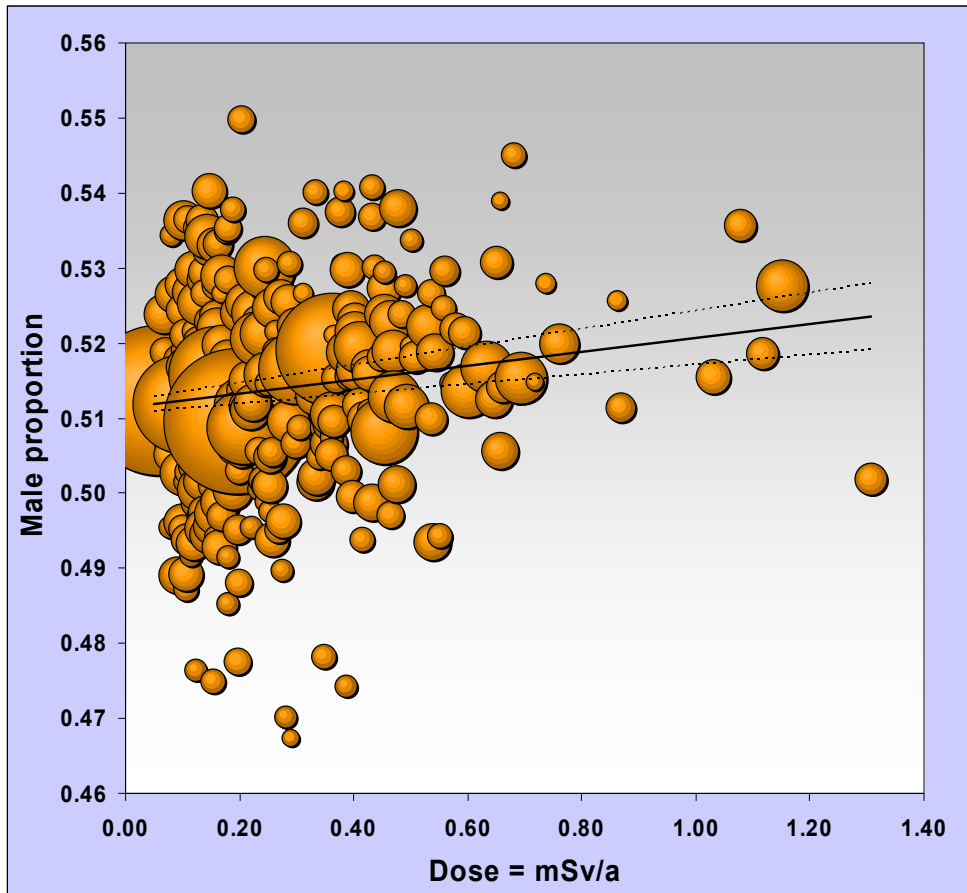
Stärker exponiert: **Belarus und Russische Föderation**



Resultate: Geschlechtschance bei der Geburt in Europa und USA

Kausalität ! Dosis-Wirkungs-Beziehung

Signifikanter Anstieg der SO **1986+1987** in Bayern und der ehemaligen DDR mit der Dosis auf Landkreisebene



OR/(mSv/a) 1.0380

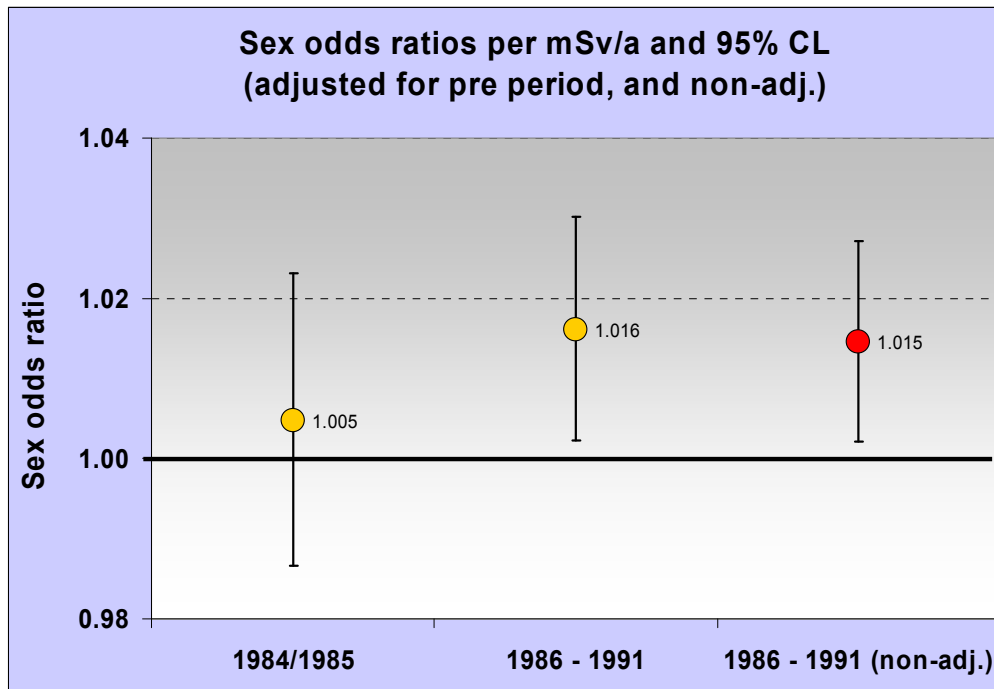
95%-CI [1.0126, 1.0640]

p-Wert 0.0031

Resultate: Geschlechtschance bei der Geburt in Europa und USA

Kausalität ! Dosis-Wirkungs-Beziehung

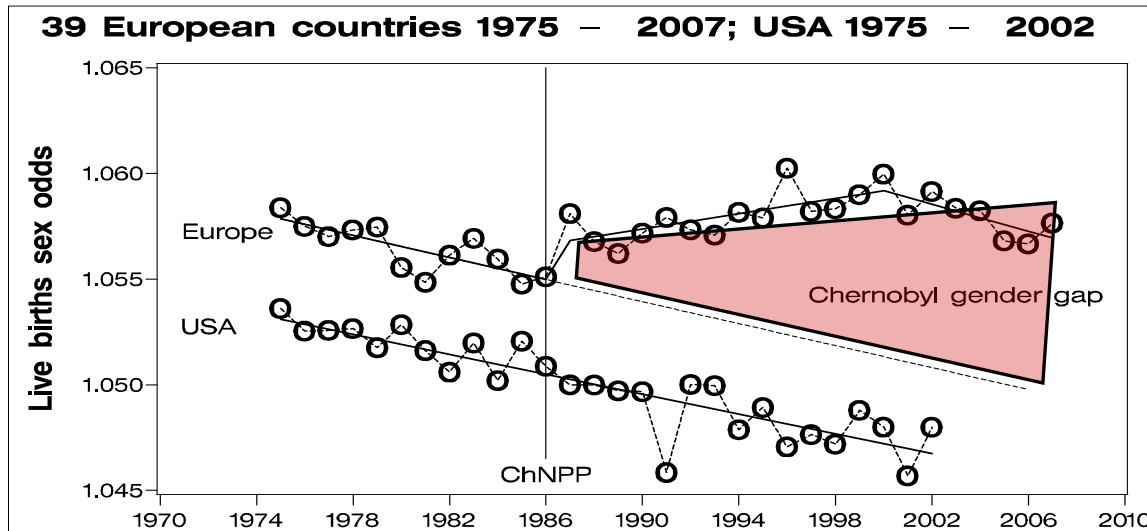
Signifikanter langfristiger Anstieg der SO 1986 – 1991 in Bayern und der ehemaligen DDR mit der Dosis auf Landkreisebene



OR/(mSv/a)	1.0145
95%-CI	[1.0021, 1.0271]
p-value	0.0281

Resultate: Geschlechtschance bei der Geburt in Europa und USA

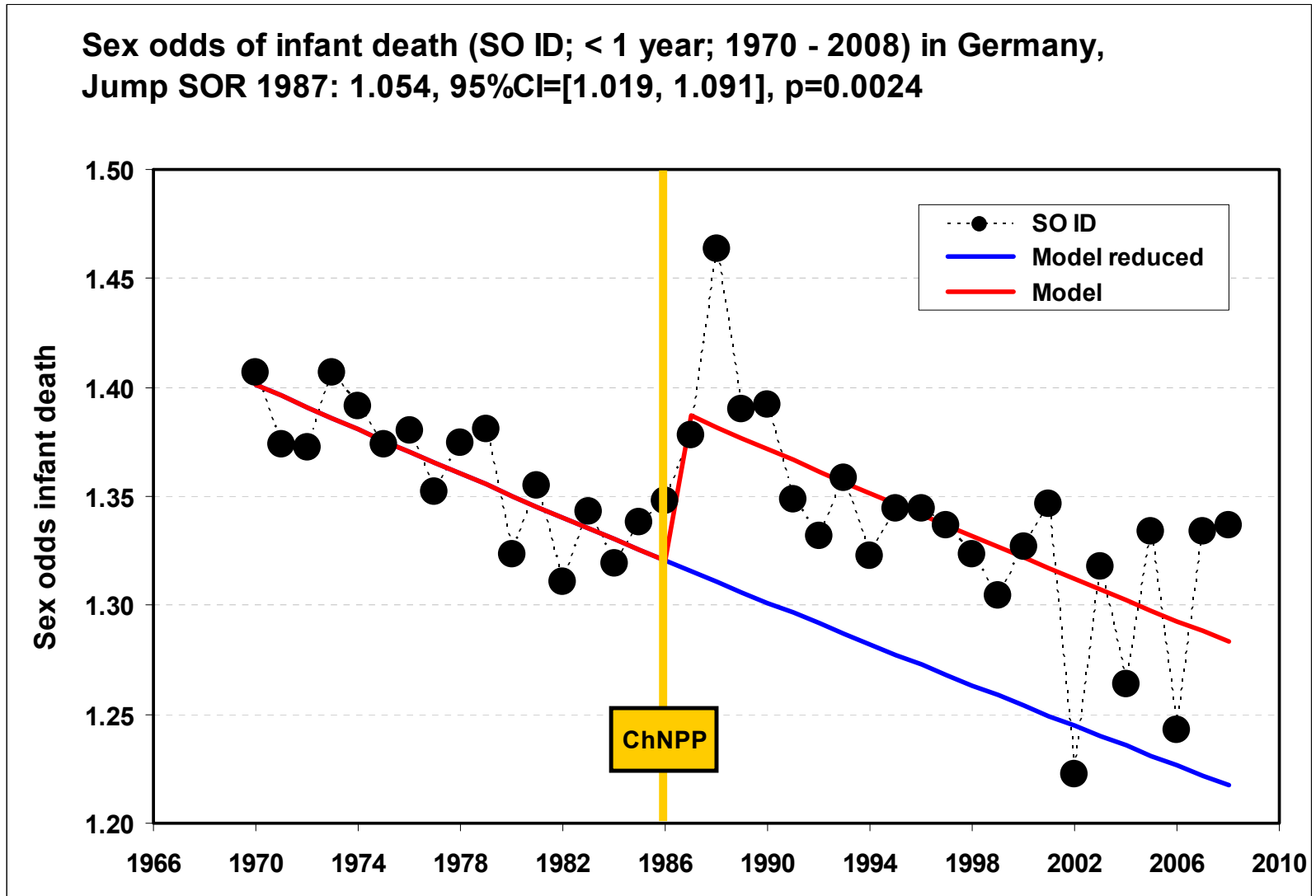
Konsequenz



Die **Geschlechterlücke 1987 – 2007 (Chernobyl gender gap)** entspricht ca. **440 000** theoretisch fehlenden weiblichen Geburten, wenn ausschließlich das weibliche Geschlecht betroffen war

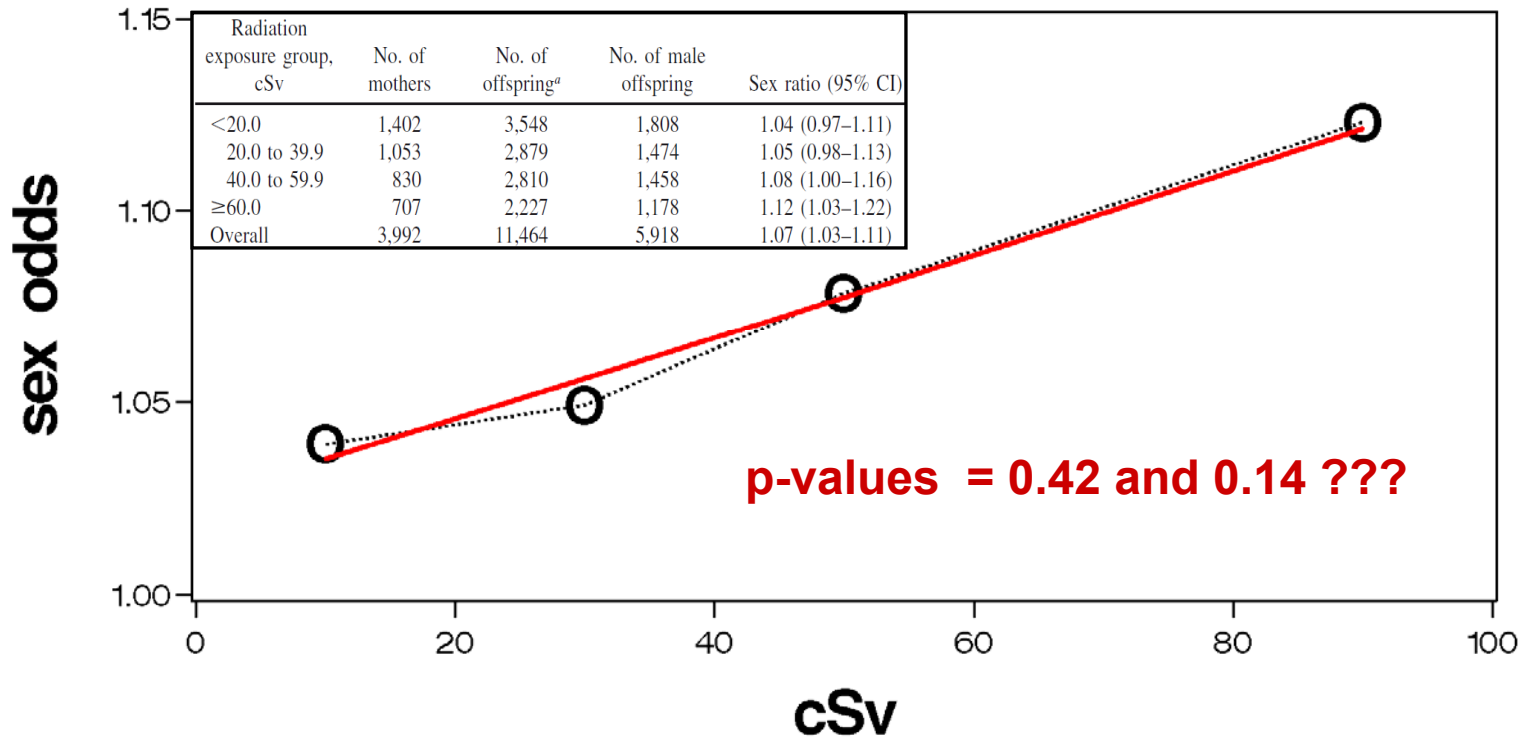
Falls auch männliche Geburten betroffen waren, etwa im Verhältnis männlich:weiblich = 3:10, handelt es sich bei der Geschlechterlücke um ca. **790 000 (180 000+610 000)** männliche + weibliche Geburten

Resultate: Geschlechtschance Säuglingssterblichkeit in Deutschland



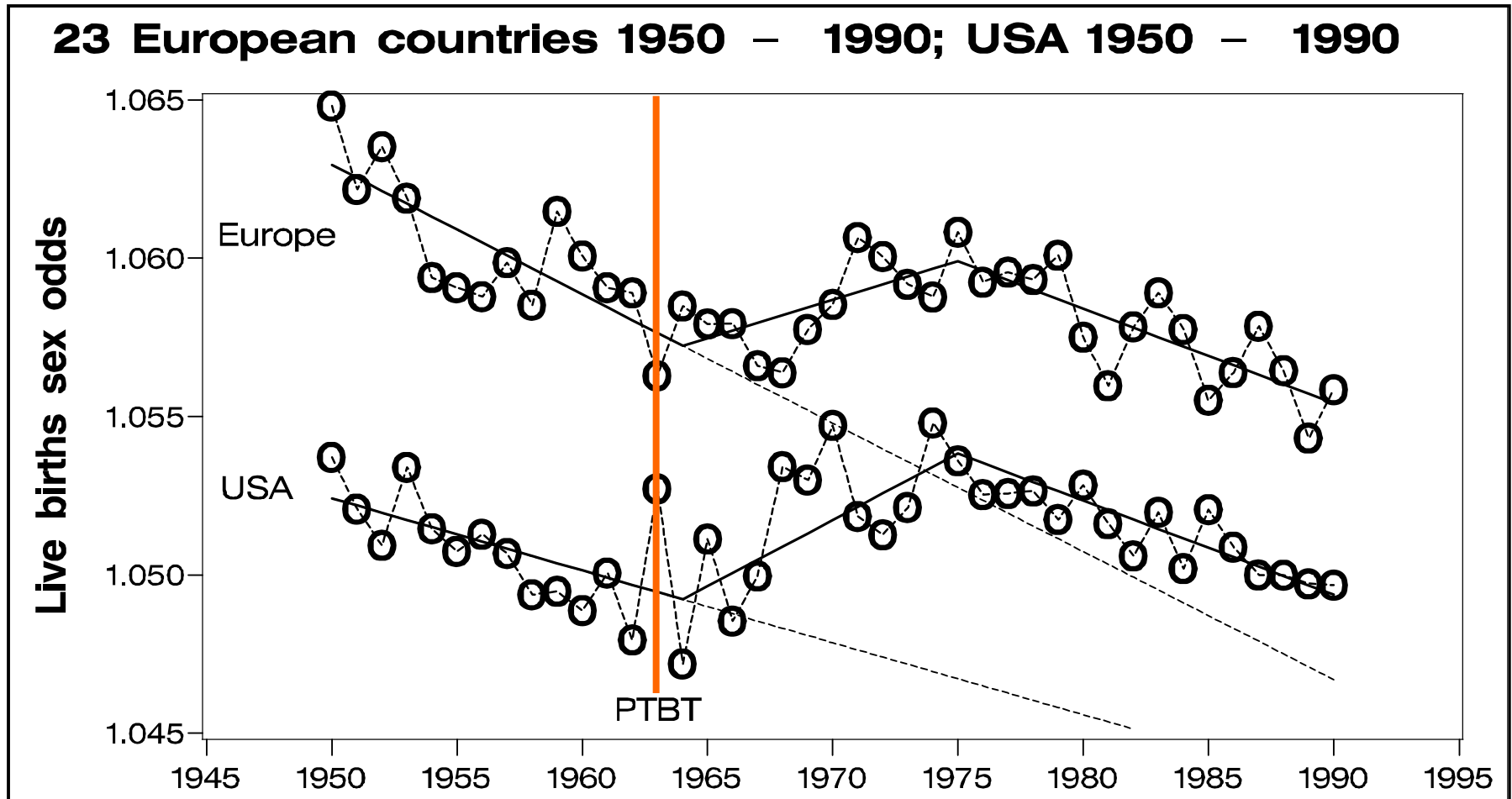
Resultate: Geschlechtschance in Kasachstan 1949 – 1956

Live birth SO: Kazakhstan 1949 — 1956 by dose in cSv



Sex Ratio in the Offspring of Parents with Chronic Radiation Exposure from Nuclear Testing in Kazakhstan. Author(s): Nadejda Y. Mudie, Boris I. Gusev, Ludmila M. Pivina, Minouk J. Schoemaker, Oksana N. Rijinkova, Kazbek N. Apsalikov, and Anthony J. Swerdlow, Source: Radiation Research, 168(5):600-607. 2007. <http://www.bioone.org/doi/full/10.1667/rr0980.1>

Resultate: Geschlechtschance nach den Atombombentests



Trends der Lebendgeburtengeschlechtschance (männlich/weiblich) in Europa und in USA, 1950 bis 1990
(Martuzzi et al. 2001; Mathews and Hamilton 2005)

Resultate: Geschlechtschance um Nuklearanlagen

NF	Type
Brunsbuettel	BWR
Dodewa*	BWR
Gundremmingen	BWR
Karlsruhe	BWR
Kruemmel	BWR
Leibstadt	BWR
Lingen	BWR
Muehleberg	BWR
Wuergassen	BWR
Isar I und II	BWR/PWR
Philipsburg	BWR/PWR
Hanau/Kahl	NFE
Ahaus	NSS
Gorleben	NSS
Juelich	NSS
Beznau I und II	PWR
Biblis	PWR
BR*	PWR
Brokdorf	PWR
Doel*	PWR
Emsland	PWR
Fessenheim	PWR
Goesgen	PWR
Grafenreihnfeld	PWR
Grohnde	PWR
Neckarwestheim	PWR
Obrigheim	PWR
Stade	PWR
Tihange*	PWR
Unterweser	PWR
Ellweiler	UM
Menzenschwand	UM

Resultate: Geschlechtschance um Nuklearanlagen

Table 2 Gender-specific live births that are available from Germany and Switzerland at the municipality level

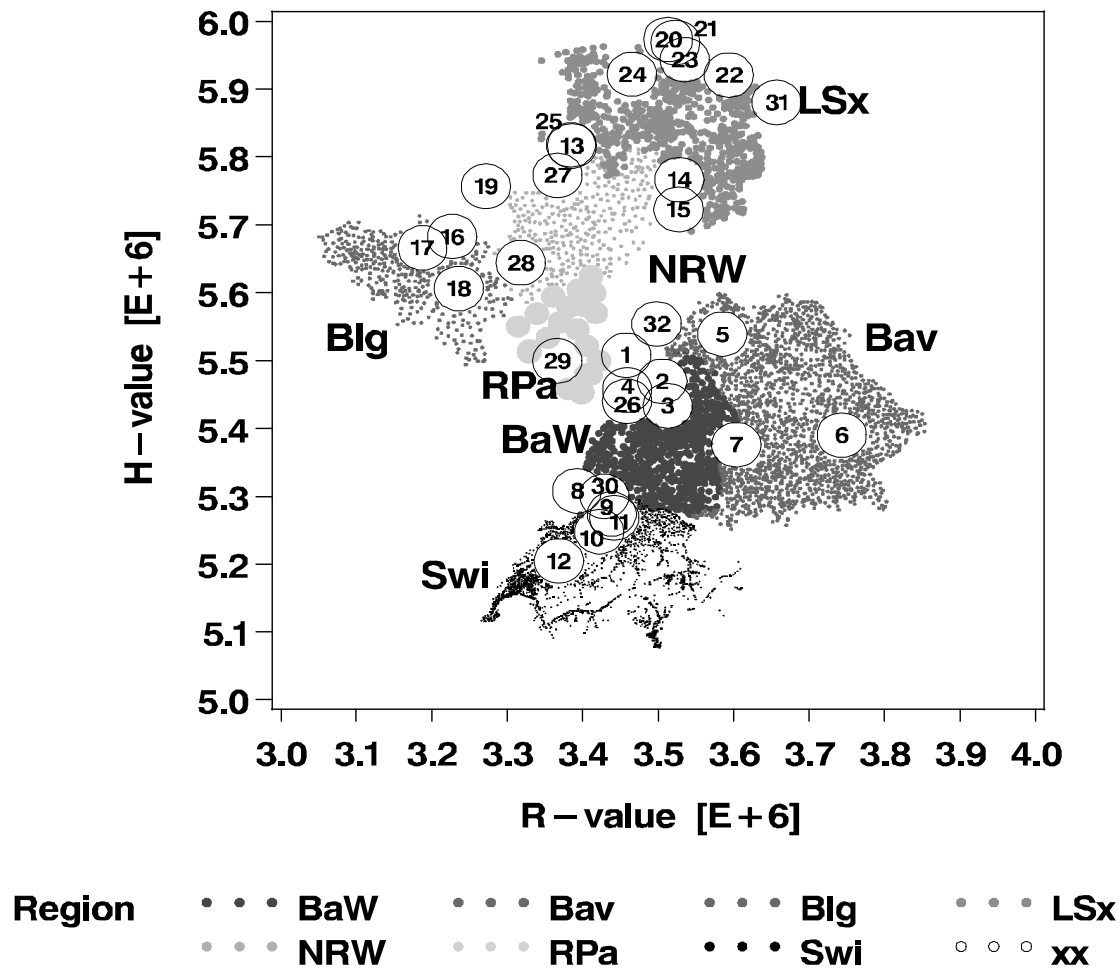
Region	Municipality	Available	Municipality-years	Births	Male	SO
Baden-Württemberg	1,102	1975–2008	37,468	3,498,211	1,795,839	1.0549
Bavaria	2,056	1972–2008	76,072	4,366,993	2,241,831	1.0549
Lower Saxonia	1,024	1971–2009	39,936	2,927,455	1,503,478	1.0558
North Rhine-Westphalia	396	1980–2008	11,484	5,033,665	2,584,664	1.0554
Rhineland-Palatinate	2,312	1972–2009	87,856	1,404,742	721,059	1.0547
Switzerland	2,706	1969–2008	108,240	3,182,400	1,633,929	1.0552
Combined	9,596		361,056	20,413,466	10,480,800	1.0552

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. Environ Sci Pollut Res Int. 2011 Feb 19. [Epub ahead of print], PMID: 21336635

Kusmierz R. Voigt K. Scherb H (2010). Proceedings Paper. Is the human sex odds at birth distorted in the vicinity of nuclear facilities (NF)? A preliminary geo-spatial-temporal approach. Klaus Greve / Armin B. Cremers (Eds.), EnviroInfo 2010, Integration of Environmental Information in Europe, Proceedings of the, 24th International Conference on Informatics for Environmental Protection, Cologne / Bonn, Germany

Resultate: Geschlechtschance um Nuklearanlagen

Municipalities, Nuclear Facilities (NF, xx), and the Study Region



Resultate: Geschlechtschance um Nuklearanlagen

No. (s. Fig. 2)	NF	Type	In operation since/to	Live births < 35 km during NF operation, lagged for gestation		Sex odds ratio vs. last row of this Table	p-value (Chi ²)	hold one NF out p-value (Chi ²), compare to **
				male	female			
1	Biblis	PWR	1975 -	223 648	211 753	1.0017	0.5804	0.0007
2	Obrigheim	PWR	1969 - 2005	164 321	155 447	1.0026	0.4733	0.0010
3	Neckarwestheim	PWR	1976 -	380 463	360 212	1.0017	0.4640	0.0005
4	Philipsburg	BWR/PWR	1980 -	333 967	314 761	1.0063	0.0133	0.0019
5	Grafenreihnfeld	PWR	1981 -	95 714	90 722	1.0006	0.8957	0.0007
6	Isar I und II	BWR/PWR	1977 -	67 059	63 341	1.0041	0.4627	0.0011
7	Gundremmingen	BWR	1966 -	142 702	135 276	1.0005	0.8986	0.0006
8	Fessenheim	PWR	1977 -	99 148	93 694	1.0036	0.4290	0.0012
9	Beznau I und II	PWR	1969 -	337 335	317 880	1.0065	0.0106	0.0031
10	Goesgen	PWR	1979 -	220 979	208 604	1.0047	0.1308	0.0005
11	Leibstadt	BWR	1984 -	143 467	135 293	1.0057	0.1354	0.0008
12	Muehleberg	BWR	1971 -	218 795	207 560	0.9998	0.9387	0.0004
13	Emsland	PWR	1988 -	55 502	52 301	1.0065	0.2915	0.0011
14	Grohnde	PWR	1984 -	84 739	80 308	1.0008	0.8791	0.0009
15	Wuergassen	BWR	1972 - 1994	34 453	32 643	1.0010	0.8960	0.0010
16	BR*	PWR	1962 - 1987	5 332	5 288	0.9563	-	-
17	Doel*	PWR	1974 -	392 512	375 500	0.9914	-	-
18	Tihange*	PWR	1975 -	122 594	117 476	0.9897	-	-
19	Dodewa*	BWR	1968 - 1997	5 926	5 710	0.9843	-	-
20	Brunsbüttel	BWR	1977 -	21 085	20 003	0.9997	0.9779	0.0010
21	Brokdorf	PWR	1986 -	15 505	14 769	0.9957	0.7073	0.0009
22	Kruemmel	BWR	1984 -	35 882	33 745	1.0085	0.2662	0.0012
23	Stade	PWR	1975-2003	43 456	40 771	1.0109	0.1174	0.0021
24	Unterweser	PWR	1979 -	86 010	81 341	1.0029	0.5608	0.0010
25	Lingen	BWR	1968 - 1977	19 372	18 400	0.9985	0.8862	0.0007
26	Karlsruhe	BWR	1966 - 1991	149 269	140 584	1.0070	0.0624	0.0007
27	Ahaus	NSS	2000 -	26 427	24 866	1.0080	0.3701	0.0009
28	Juelich	NSS	2000 -	75 735	71 688	1.0020	0.7076	0.0008
29	Ellweiler	UM	1969 -	31 361	29 450	1.0100	0.2225	0.0013
30	Menzenschwand	UM	1969 -	132 037	124 574	1.0052	0.1892	0.0012
31	Gorleben	NSS	2000 -	1 753	1 573	1.0570	0.1108	0.0010
32	Hanau/Kahl	NFE	1969 -	54 772	51 343	1.0118	0.0577	0.0021
	< 35 km from NF			2 532 471	2 393 556	1.0035	** 0.0008	
	> 35 km from NF			7 948 690	7 538 729	1.0000	1.0000	

Resultate: Geschlechtschance um Nuklearanlagen

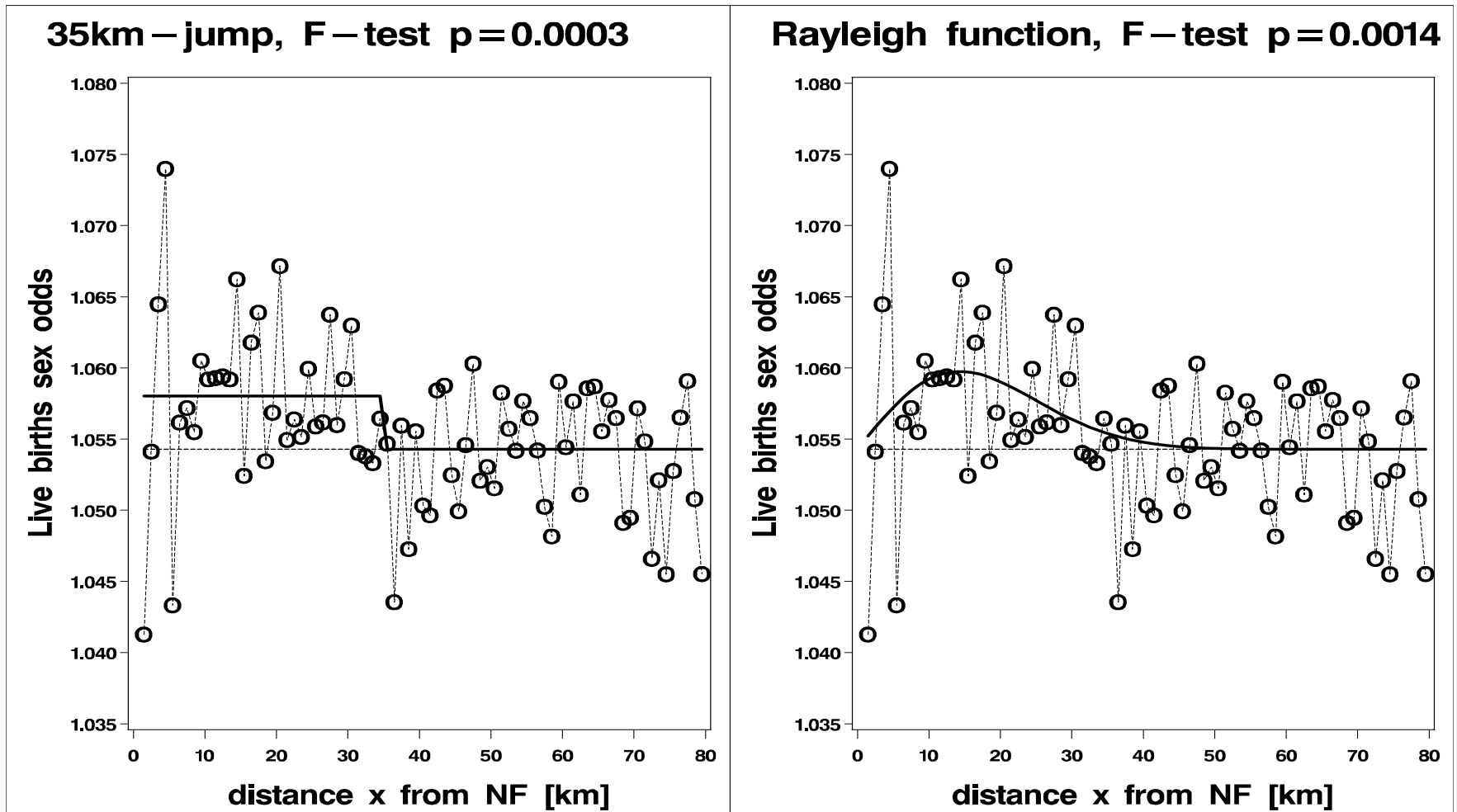


Fig. 4 Improved 35km-jump function and Rayleigh function models for the live births sex odds (male/female) depending on distance from nuclear facilities (NF) in Germany and Switzerland ([Kusmierz et al. 2010](#))

Resultate: Geschlechtschance um Nuklearanlagen

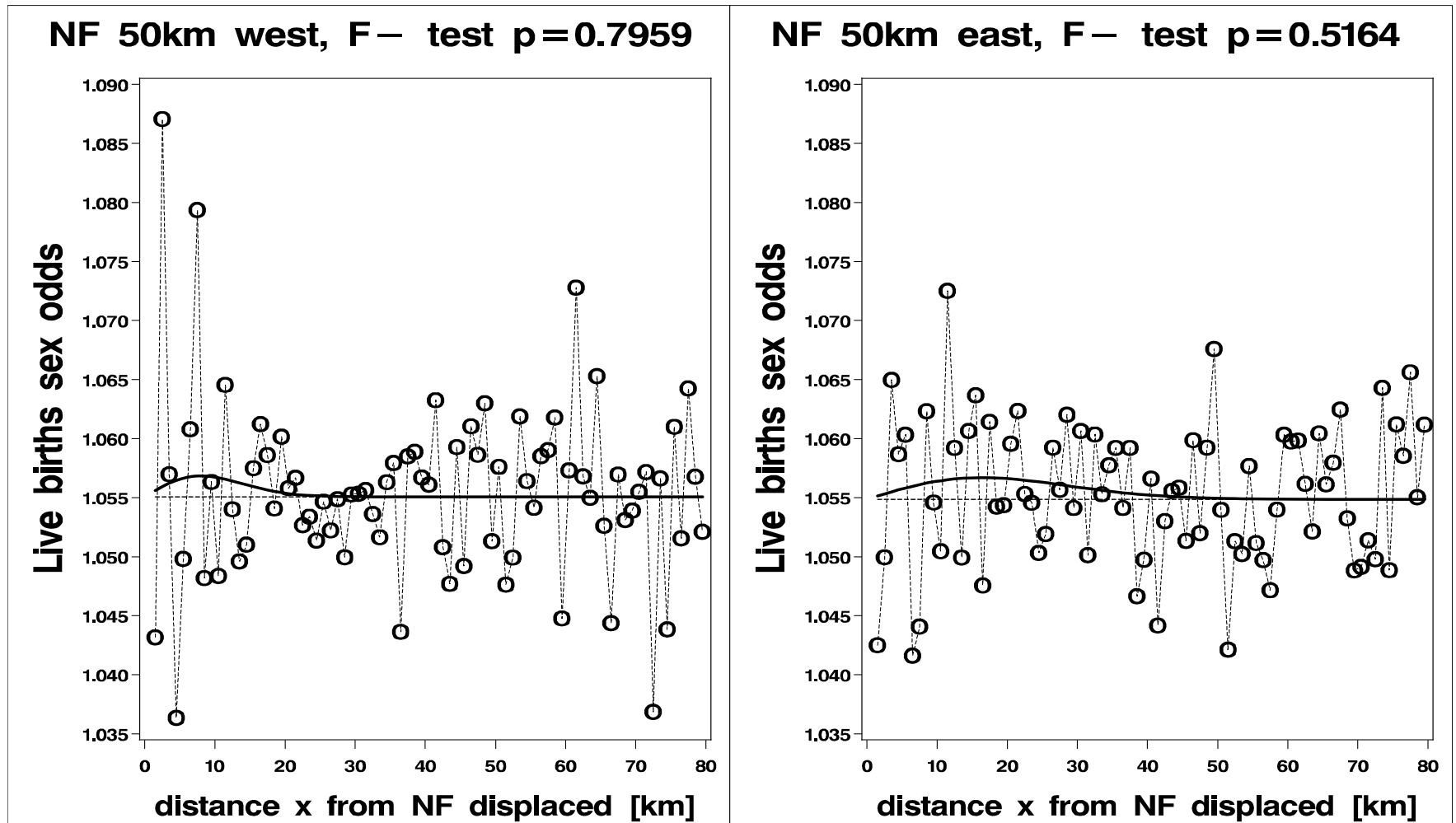


Fig. 5 Insignificant distance trends (Rayleigh functions) near fictitious positions of nuclear facilities NF obtained by displacing all original positions of German and Swiss NF 50 km to the west (left graphic) or 50 km to the east (right graphic)

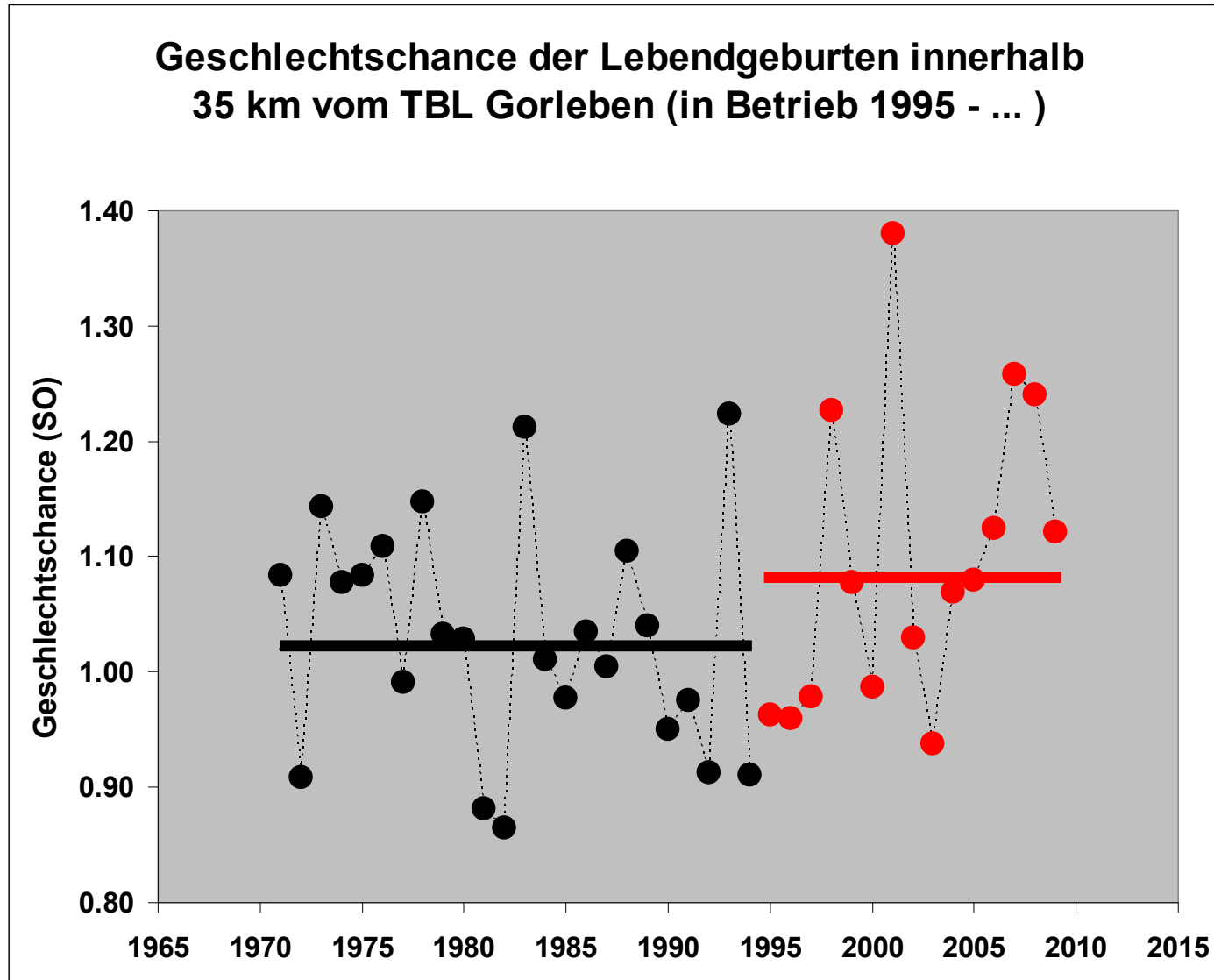
Schlussfolgerung

- Sogenannte “Niedrigdosisstrahlung” erhöht die Anzahl von Fehlbildungen und führt zu einem Dosis-abhängigen Geburtendefizit
- Die **vorläufigen** relativen Risiken für Totgeburt und Fehlbildungen liegen bei 1.005 bis 1.020 pro kBq/m² ¹³⁷Cs
- RR=1.01 pro kBq/m² ¹³⁷Cs entspricht ca. RR=1.6 pro mSv/Jahr
- Das **vorläufige** langfristige Geschlechtschancenverhältnis (Sex Odds Ratio, SOR) liegt im Bereich von 1.01 bis 1.02 pro mSv/Jahr
- **Unsere Resultate tragen dazu bei den vorherrschenden Glauben (z.B. UNSCEAR) zu widerlegen, dass strahleninduzierte genetische Effekte beim Menschen erst noch nachgewiesen werden müssten**
- Für eine grundlegende Kritik an der etablierten Strahlenrisikobewertung siehe: [The Lesvos Declaration, 6 May 2009](#)

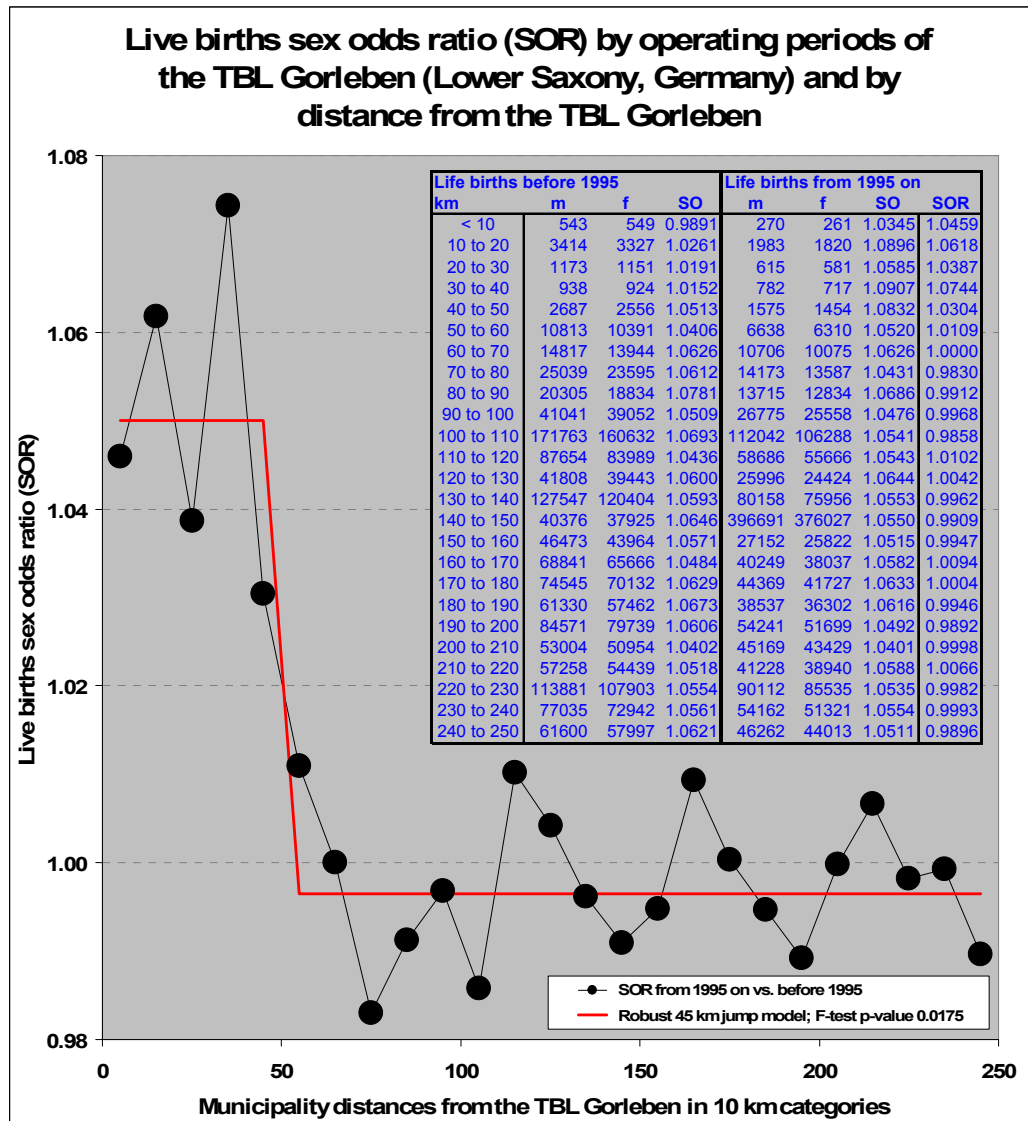
- **Wichtige Daten zu unterschätzten Umwelt- und Gesundheitsrisiken sind teilweise vorhanden**
- **Gleichwohl gibt es oft keine (optimale) Nutzung der existierenden Datenbanken**
- **Folglich werden größere Anstrengungen von Mathematikern und Statistikern dringend benötigt diese Daten zu erschließen und auszuwerten**
- **Um dieses Ziel zu erreichen, müssen alle methodischen und technischen Möglichkeiten ausgeschöpft werden**
- **Verbesserte interdisziplinäre Fähigkeiten auf allen Ebenen der Umwelt- und Gesundheitsforschung werden dringend benötigt.**

Veränderungen des Verhältnisses von Jungen- und Mädchengeburten am Beispiel Gorleben und Nuklearanlagen in NRW

Ausblick: TBL Gorleben

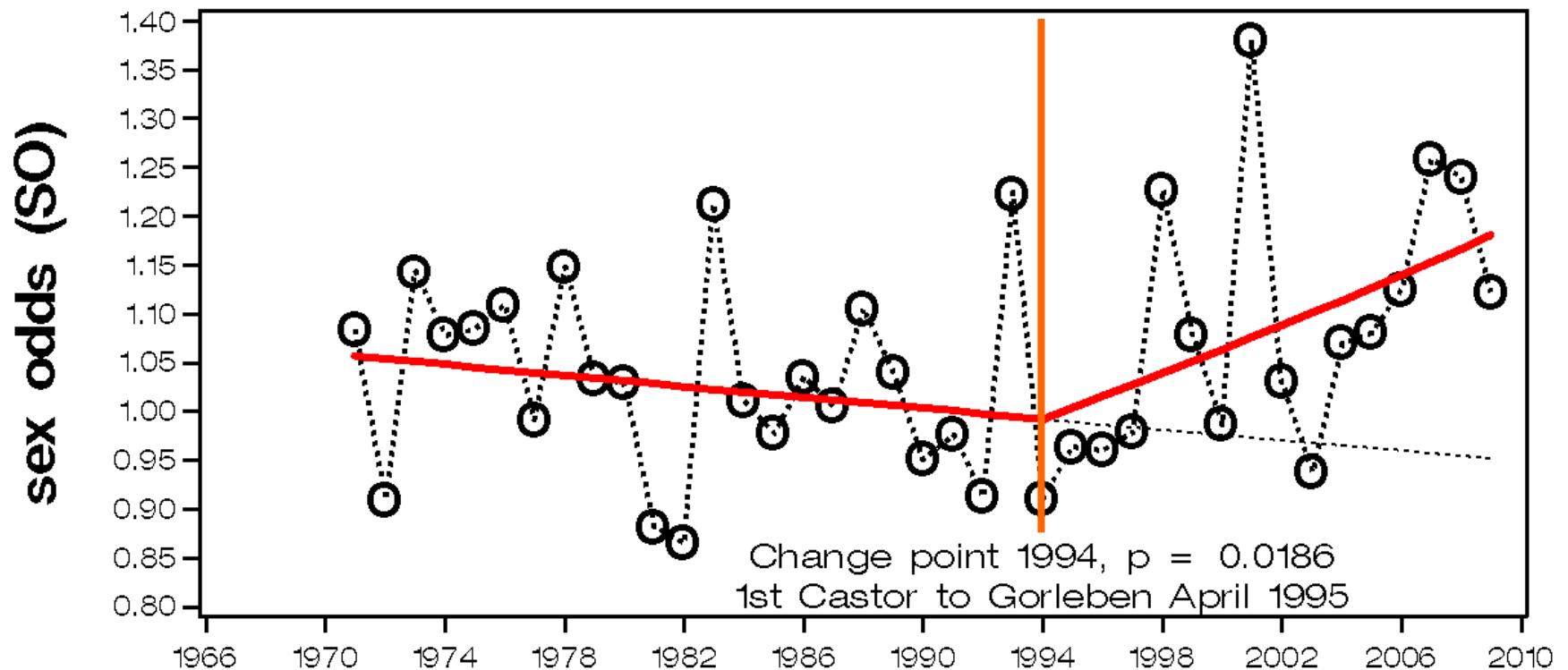


Ausblick: TBL Gorleben



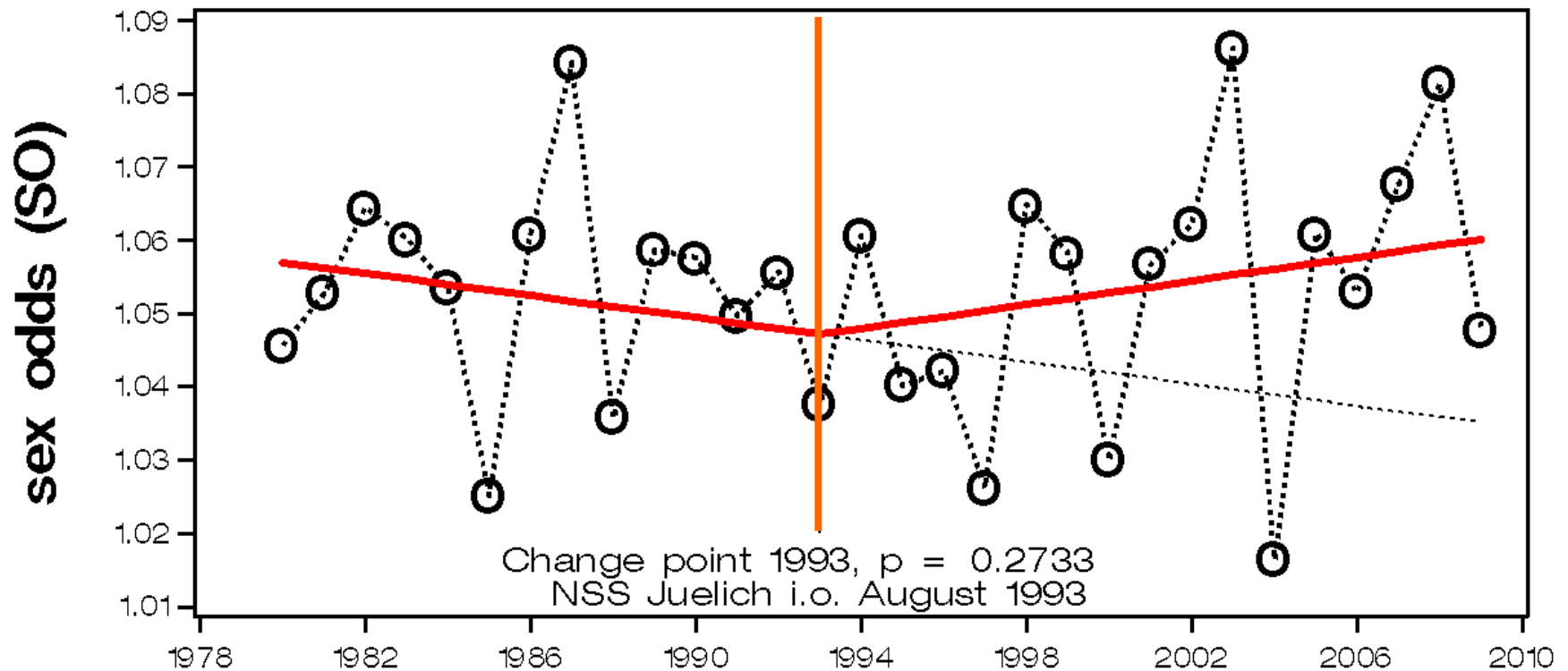
Ausblick: TBL Gorleben

Live births SO: Within 35km from TBL Gorleben, 1971 — 2009

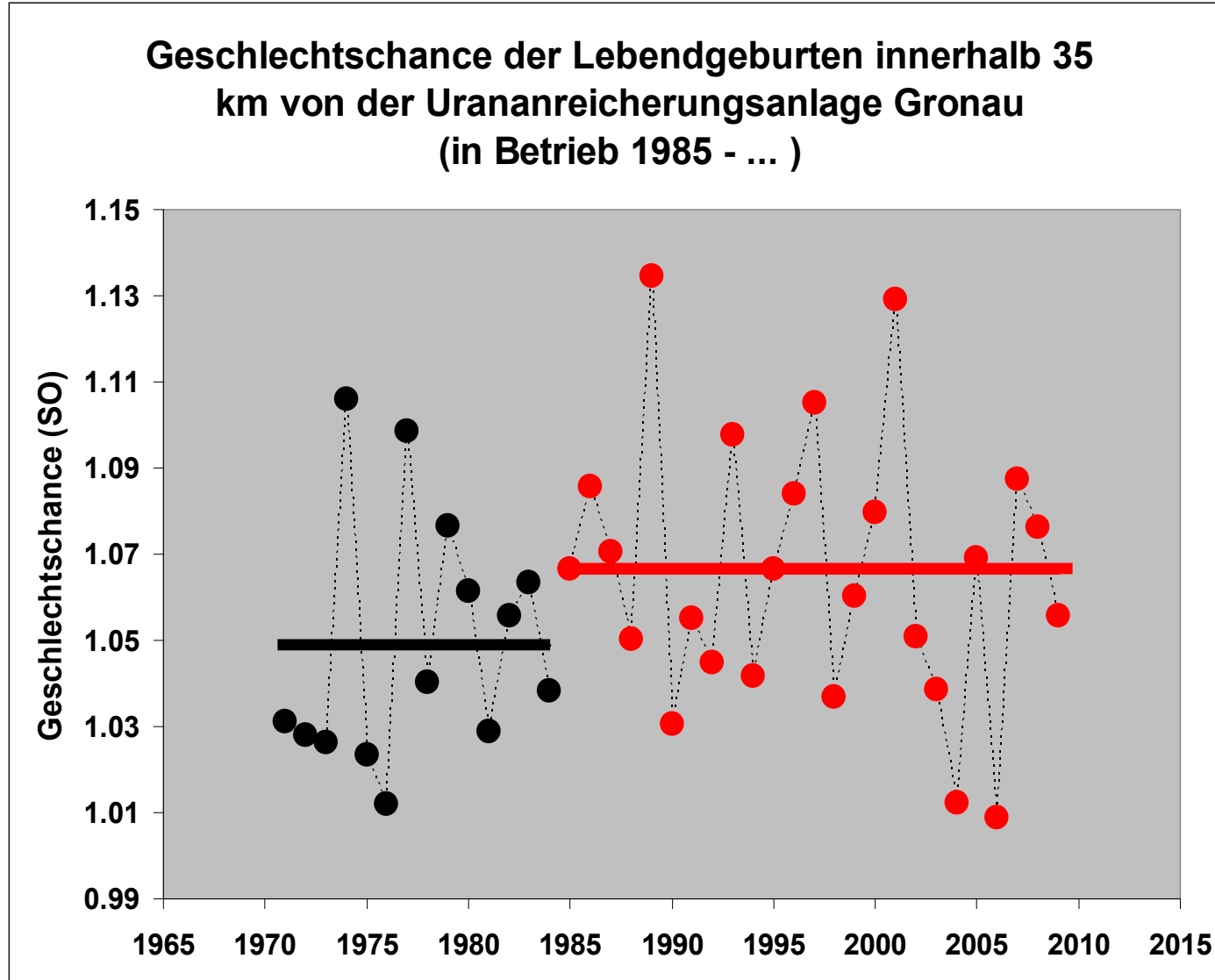


Ausblick: Zwischenlager (NSS) Jülich

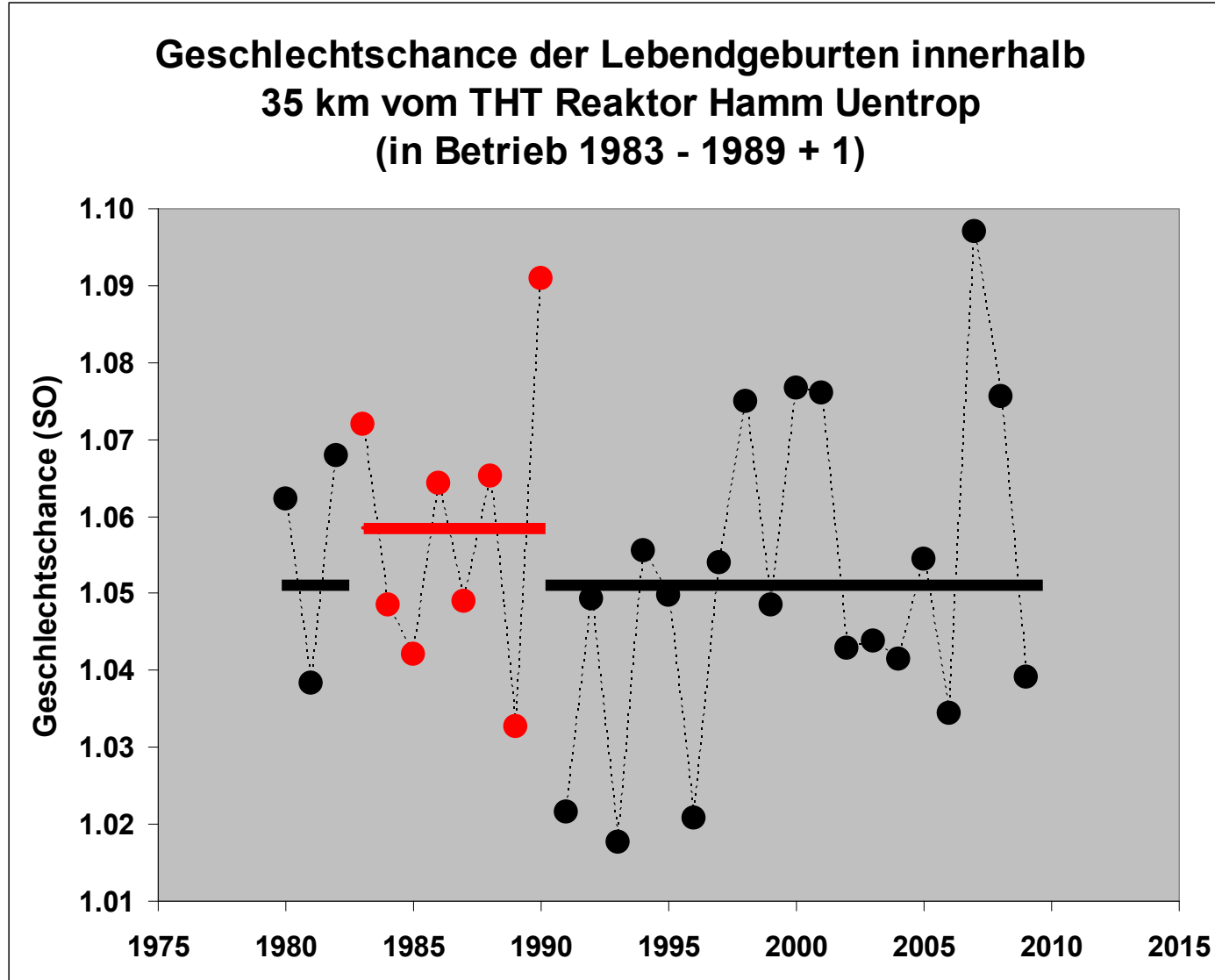
Live births SO: Within 35km from NSS Juelich, 1980 — 2009



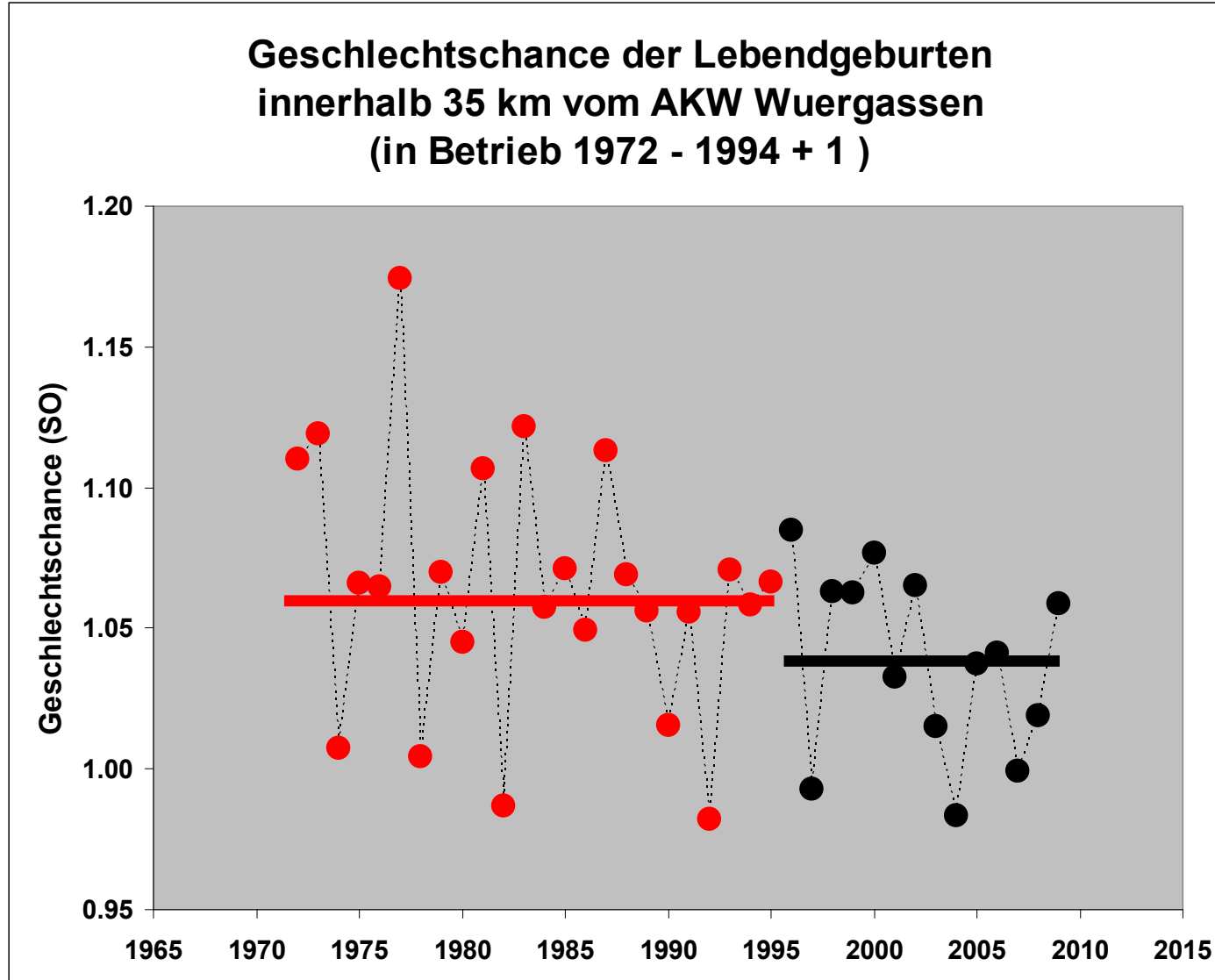
Ausblick: Urananreicherungsanlage Gronau



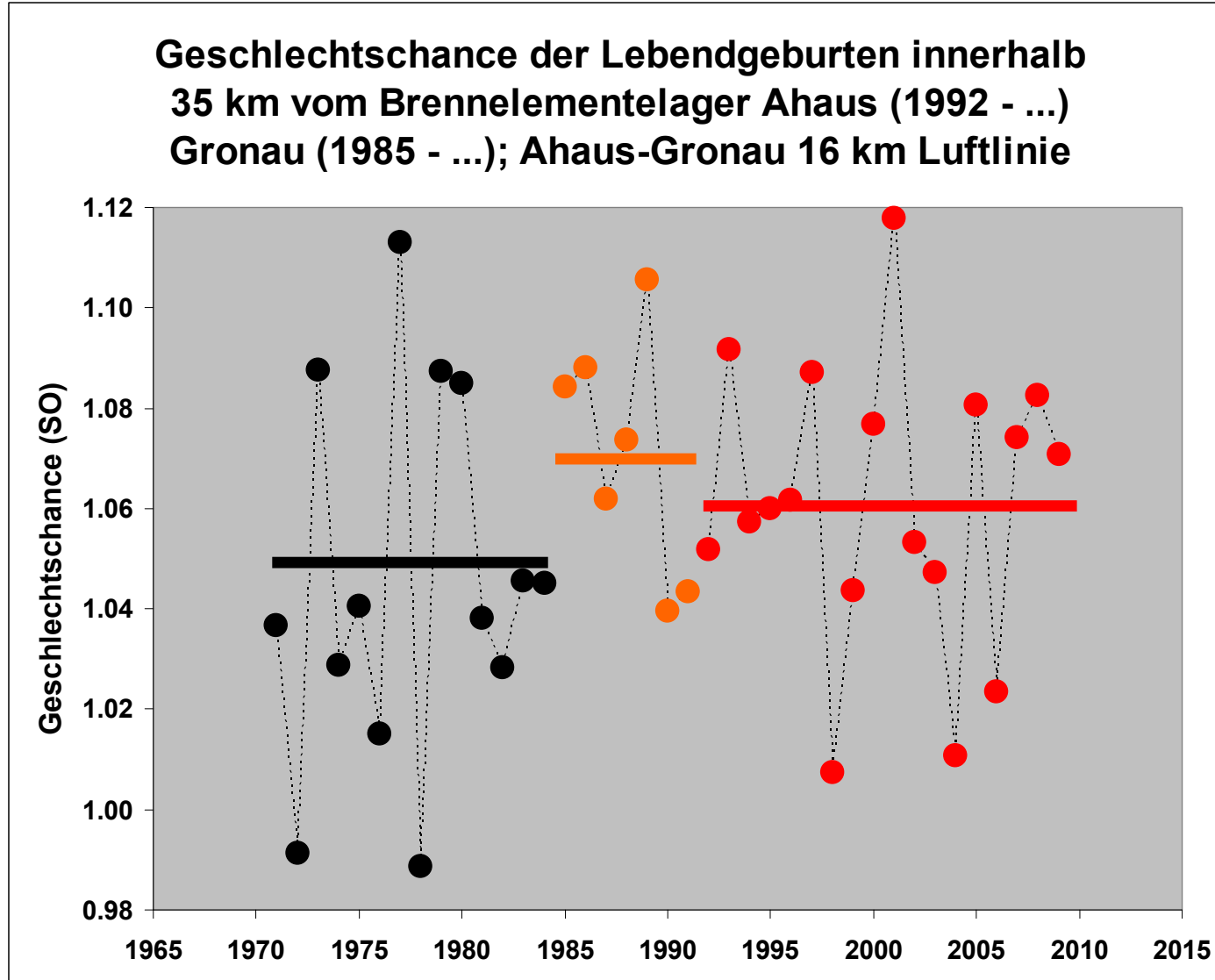
Ausblick: THT Reaktor Hamm-Uentrop



Ausblick: AKW Würgassen



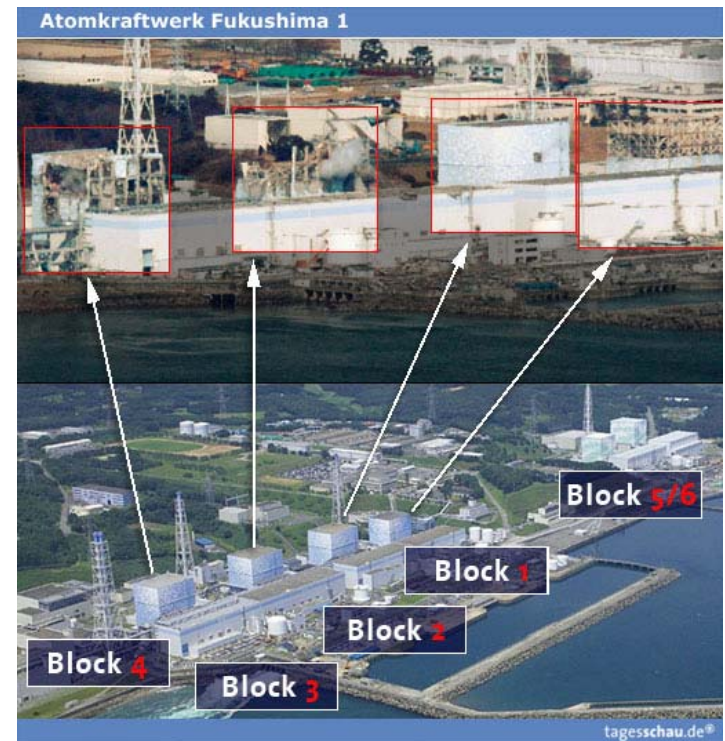
Ausblick: Brennelemente - Zwischenlager Ahaus



Ausblick: Fukushima März 2011 – Super GAU – **Neue Daten?**



ARD: Fukushima ARD
18.03.2011



Bemerkung: Friedrich Dürrenmatt, Die Physiker

- **Der Inhalt der Physik geht die Physiker an, die Auswirkung alle Menschen.**
- **Was alle angeht, können nur alle lösen.**
- **Jeder Versuch eines Einzelnen, für sich zu lösen, was alle angeht, muss scheitern.**

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

<http://www.helmholtz-muenchen.de/ibb/homepage/hagen.scherb/index.html>

Dr. Hagen Scherb und Dr. Kristina Voigt

Institut für Biomathematik and Biometrie, Helmholtz Zentrum München –
Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt
Ingolstaedter Landstr. 1, D-85764 Neuherberg, Deutschland

scherb@helmholtz-muenchen.de