

*B. Grosche*  
Institut für Strahlenhygiene  
Bundesamt für Strahlenschutz

## **Perinatale Mortalität in Deutschland nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl**

Beitrag zum Strahlenbiologischen Gutachten für das Ministerium für Finanzen und Energie des Landes Schleswig-Holstein mit der Fragestellung „Erkenntnisse aus der Tschernobyl-Katastrophe - Darstellung von Befunden über Embryo- und Neonatalsterblichkeit mit kritischer Diskussion und Schlußfolgerungen“

### Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Studientypen und Studieninhalte	1
3	Studienergebnisse	2
4	Diskussion	9
4.1	Begrenzung der Aussagemöglichkeit der Studien	9
4.2	Konsistenz der Studienergebnisse	9
4.3	Plausibilität der Studienergebnisse	12
4.3.1	Zeitpunkt	13
4.3.2	Dosis-Wirkungs-Beziehung	13
4.3.3	Ursachen der Frühsterblichkeit	15
4.3.4	Notwendige Dosis	15
4.4	Analogie	17
5	Schlußfolgerung	18
6	Literatur	19

Neuherberg, im Februar 1998

## 1 Einleitung

Die Strahlenschutzkommission beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (SSK 1987) sowie eine Gutachtergruppe für die Europäische Union (CEC 1990) erklärten nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl, daß der durch diesen bedingte zusätzliche Beitrag zur Strahlenexposition der Bevölkerung zu niedrig sei, um Effekte beobachten zu können. Dies gelte sowohl für Schädigungen der ungeborenen Leibesfrucht als auch für bösartige Neubildungen. Der erste Punkt umfaßt ungünstige Schwangerschaftsausgänge (Frühgeburt, Totgeburt, Mangelgeburt) und angeborene Fehlbildungen. Als einzig sinnvolle Untersuchung wurde eine Zusammenarbeit der westeuropäischen Tumorregister angesehen, bei der der Frage nach möglichen Veränderungen in der Häufigkeit des Auftretens kindlicher Leukämien und Lymphome nachgegangen werden sollte. Dies geschieht derzeit im Rahmen der European Childhood Leukaemia and Lymphoma Incidence Study (ECLIS). Erste Ergebnisse aus dieser Studie liegen vor (Parkin et al. 1996).

Trotzdem soll dem Auftrag des Landes Schleswig-Holstein entsprechend an dieser Stelle ein bewertender Überblick über Studien gegeben werden, die sich mit der perinatalen Mortalität im Zusammenhang mit dem Reaktorunfall beschäftigt haben. Schwergewicht liegt dabei auf Studien, die in Deutschland durchgeführt wurden, und deren Untersuchungsregion in Deutschland bzw. Teilen von Deutschland liegt. Eine Bewertung der Resultate kann nur erfolgen, wenn auch weitere Studienergebnisse berücksichtigt werden. Folglich wird in der Diskussion auf Erkenntnisse aus anderen europäischen Ländern Bezug genommen.

In dieser Übersicht sind Arbeiten berücksichtigt, die bis zum Ende des Jahres 1997 erschienen sind.

## 2 Studientypen und Studieninhalte

Ein Überblick unter der genannten Fragestellung kann sich an mehreren Gliederungsmöglichkeiten ausrichten. Dies wäre zum einen eine chronologische Aufführung, zum zweiten eine Untergliederung nach dem Studieninhalt und zum dritten eine Untergliederung nach der Studienform. Um der unterschiedlichen Aussagekraft epidemiologischer Studien mit unterschiedlichen Vorgehensweisen Rechnung zu tragen, wäre eine Untergliederung nach der Studienform wünschenswert, läßt sich aber aufgrund der vorliegenden Arbeiten nicht durchführen, da es sich ausschließlich um geographische (auch: ökologische oder Korrelations-) Studien handelt. Dennoch soll an dieser Stelle - in Vorbereitung auf die abschließende Wertung der Ergebnisse - eine grobe Übersicht gegeben werden über Stufen epidemiologischer Studien und der mit ihren Ergebnissen verbundenen inhaltlichen Aussagefähigkeit.

Während geographische Studien der Frage nachgehen, ob in Regionen mit unterschiedlicher Kontamination entweder der Luft oder des Bodens bestimmte gesundheitlich Auswirkungen unterschiedlich oft zu beobachten sind, gehen Fall-Kontroll- und Kohortenstudien der Frage nach, ob entweder die erkrankten Personen häufiger bzw. höher exponiert waren als nicht erkrankten Kontrollen, oder ob andersherum bei Personengruppen, die einer höheren Exposition ausgesetzt waren, häufiger ein bestimmtes Krankheitsbild zu beobachten

## Anhang/Appendix N

sei. Daraus ergibt sich, daß - im wesentlichen bedingt durch den Personenbezug der Analysen - die Studien der letzten beiden Arten von der Aussagefähigkeit hinsichtlich kausaler Zusammenhänge größer sind, ihre Ergebnisse also eine höhere Bewertung zu erfahren haben als geographische Studien. Da es aber keine Studien dieses Typus in dem hier behandelten Zusammenhang gibt, wird im folgenden eine chronologische Übersicht gegeben.

Vorher soll der Begriff der perinatalen Mortalität erklärt werden. Dabei ist zunächst der Begriff der Säuglingssterblichkeit zu definieren als die Sterblichkeit bei Lebendgeburten bis zum Ende des ersten Lebensjahres. Aus Tabelle 1 wird ersichtlich, daß sie somit einen Teil der perinatalen sowie die postneonatale Sterblichkeit umfaßt. Die Unterscheidungen sind bei der Betrachtung der verschiedenen Studien von Bedeutung, da damit Unterschiede in den jeweils beobachteten Zielvariablen verbunden sind. Die zwischenzeitlich eingetretene Änderung der Definition von Fehlgeburt hinsichtlich des Geburtsgewichts (jetzt liegt die Grenze bei 500 statt 1.000 g) spielt für die hier gemachten Ausführungen keine Rolle.

	<b>Fehlgeburt</b>	<b>Totgeburt</b>	<b>Lebendgeburt</b>		
<b>Geburtsgewicht</b>	< 1.000 g	≥ 1.000 g	unberücksichtigt		
<b>Gestationsalter</b>			unberücksichtigt		
<b>Lebenszeichen</b>	fehlen	fehlen	vorhanden		
<b>Mortalität</b>			<b>Frühsterblichkeit</b> 1.-7. Lebenstag	<b>Spätsterblichkeit</b> 8.-28. Lebenstag	<b>Nachsterblichkeit</b> 29. Lebenstag - Ende 1. Lebensj.
			<b>perinatale Mortalität</b>		<b>postneonatale Mortalität</b>
			<b>Säuglingssterblichkeit</b>		
			<b>Gesamtsterblichkeit</b>		

**Tab. 1:** Abgrenzung von Begriffen zum Themenbereich Säuglingssterblichkeit (nach Brachner 1990)

### 3 Studienergebnisse

Während Lüning et al. (1989) sowie Böse et al. (1991) die Frühsterblichkeit (1.-7. Lebenstag) untersuchten, hatte die Arbeit von Thieme und Lack (1987, 1989) die Totgeburten zum Gegenstand. Schoetzau et al. (1995a, 1995b) behandelten die perinatale Mortalität sowie die Gesamtsterblichkeit (Totgeburten und Säuglingssterblichkeit) als Zielvariablen. Die weitere Diskussion bezog sich dann hauptsächlich auf die perinatale Mortalität, die von Körblein und Küchenhoff (1997), Grosche et al. (1997) und Scherb und Weigelt (1997a, 1997b) behandelt wurde.

Lüning et al. (1989) teilten die alten Bundesländer entsprechend ihrer Jod-131- und Cäsium-137-Luftkontamination während der ersten 10 Tage nach dem Unfall in drei unterschiedlich exponierte Regionen auf: Bayern und Baden-Württemberg bildeten die Gebiete mit hohem, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Berlin und Saarland mit mittlerem, Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Hamburg und Bremen mit niedriger Exposition. Aus den monatlichen Daten zur Frühsterblichkeit in den Jahren 1975 bis 1985 konstruierten die

## Anhang/Appendix N

Autoren ein mathematisches Modell, daß die Abnahme der Mortalität in diesem Zeitraum beschreiben und durch Extrapolation eine Vorhersage für die folgende Zeit ermöglichen sollte.

Das Ergebnis der Untersuchung war, daß die Frühsterblichkeit ab Mai 1986 in den Gebieten mit der höchsten radioaktiven Kontamination von dem konstruierten Modell signifikant nach oben abweicht, während sie in den mittleren und nördlichen Regionen der Bundesrepublik dem Abwärtstrend der vorangegangenen Jahre dichter folgten. Lüning et al. interpretierten ihr Ergebnis als Effekt der radioaktiven Kontamination in südlichen Bundesländern nach der Tschernobylkatastrophe.

Die Kritik an der Arbeit bezog sich sowohl auf die einseitige Interpretation der Ergebnisse als auch auf das angewandte mathematische Modell, das den Verlauf der Frühsterblichkeit nicht angemessen repräsentiere (vgl. dazu Blettner et al. 1990, Lack und Thieme 1990). Ferner zeigte sich, daß sich die beobachtete Abweichung von den vorhergesagten Werten der Frühsterblichkeit in Süddeutschland auch über 1987 hinaus fortsetzte (Scheer 1992), was zumindest der Interpretation eines Effektes der kurz nach dem Unfall aufgetretenen Exposition widerspricht.

**Böse et al. (1991)** haben mit einem erweitertem Datensatz das selbe Verfahren wie Lüning et al. angewandt. Die Ergebnisse entsprechen erwartungsgemäß den hier berichteten. Die Arbeit stellt keine qualitative Verbesserung dar, denn die Autoren haben die Kritikpunkte, die die Arbeit von Lüning et al. (1987) betrafen, nicht berücksichtigt.

**Thieme und Lack (1987, 1989)** gingen der Frage nach, ob sich in den höher exponierten Regionen Südbayerns gegenüber Niedersachsen möglicherweise vermehrt Totgeburten zeigten. Für den Geburtsjahrgang 1986 ergab sich kein Hinweis darauf, daß die Strahlenexposition zwischen dem 30.04.86 und 06.05.86 zu einer Häufung von Totgeborenen geführt hat (Thieme und Lack 1987). Eine spätere Analyse zeigte für Schwangerschaften, die  $42 \pm 15$  Tage vor dem Reaktorunfall begannen, ebenfalls keinen Unterschied in der zeitlichen Entwicklung der Totgeburtenrate zwischen Niedersachsen und Bayern sowie zwischen Nordniedersachsen und Südbayern (Thieme und Lack 1989).

**Schoetzau et al. (1995a, 1995b)** untersuchten die Säuglingssterblichkeit sowie die perinatale Mortalität in Bayern. Als Indikator für die Strahlenexposition wurde die spezifische Aktivität der Isotope Cs-134 und Cs-137 im Boden zugrundegelegt, die in einem Netz von 8 km Knotenabstand an insgesamt 1.137 Standorten in Bayern gemessen worden war. Aufgrund der gewonnenen Meßwerte wurden die drei südlichen bayerischen Regierungsbezirke Oberbayern, Niederbayern und Schwaben als höher kontaminiert und die vier nördlichen Regierungsbezirke Oberpfalz, Oberfranken, Mittelfranken sowie Unterfranken als niedriger kontaminiert klassifiziert. Der Expositionsstatus der Bevölkerung wurde aufgrund der regionalen Zugehörigkeit ihres Wohnortes zu den Kontaminationsgebieten geschätzt.

Der Beobachtungszeitraum für die perinatale Mortalität und die Gesamtsterblichkeit wurde auf zwei Jahre festgelegt - beginnend mit dem Monat Juni 1986 -, um ungünstige Schwangerschaftsausgänge und eine möglicherweise dadurch erhöhte Mortalität bereits kurz nach dem Unfall erfassen zu können (Schoetzau et al. 1995a, 1995b). Die Mortalitätsdaten wur-

## Anhang/Appendix N

den in Dreimonatsintervallen zusammengefaßt<sup>1</sup>. Zur Berechnung der Basisraten für die Mortalität wurde der Zeitraum von Januar 1980 bis April 1986 verwendet.

Für die statistische Analyse wurde ein Ansatz gewählt, der eine Kombination aus einem rein räumlichen und einem rein zeitlichen Vergleich darstellt (Bentham 1991, Fleiss 1981). So wurden die in Bayern beobachteten Fallzahlen mit erwarteten Fallzahlen verglichen, die sich aus der Bundesrepublik Deutschland (alte Länder) ohne Bayern errechneten. Dabei wurde dem unterschiedlichen Niveau der Säuglingssterblichkeit in Nordbayern, Südbayern und der übrigen Bundesrepublik vor dem Reaktorunfall durch Einführung eines Wichtungsfaktors Rechnung getragen. Läge ein Effekt vor, so müßte er sich etwa dergestalt zeigen, daß das Verhältnis von beobachteten zu erwarteten Fälle (O/E) in Nordbayern bei bzw. leicht über 1 liegt, in Südbayern über dem von Nordbayern. Um die Gesamtirrtumswahrscheinlichkeit bei der Vielzahl der durchgeführten Tests zu kontrollieren, wurde eine  $\alpha$ -Adjustierung nach Holm (1979) vorgenommen (die Irrtumswahrscheinlichkeit bleibt dabei trotz der Vielzahl der Vergleiche insgesamt bei 5%).

Die drei Komponenten der Mortalität bis zum Ende des ersten Lebensjahres (Totgeborene, Frühverstorbene, postneonatal Verstorbene) sind in Abbildung 1 - einzeln und aufsummiert (Gesamtsterblichkeit) - dargestellt. Aus der Grafik geht hervor, daß alle drei Komponenten im Beobachtungszeitraum eine fallende Tendenz aufweisen, die bei der Frühsterblichkeit am stärksten ausgeprägt ist. Während bis 1984 die Frühsterblichkeit den größten Teil der perinatalen Mortalität ausmachte, hat sich das Verhältnis ab diesem Jahr umgekehrt. Der Anstieg der Gesamtmortalität von 0,02% im Jahre 1987 ist durch eine leichte Zunahme der Totgeborenen und der postneonatal Verstorbenen bedingt.

Tabelle 2 (s. weiter unten) zeigt die perinatale Mortalität in Nord- und Südbayern nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl in acht aufeinanderfolgenden Dreimonatszeiträumen, beginnend mit dem Juni 1986. Die p-Werte geben dabei die Irrtumswahrscheinlichkeit an für die Aussage, daß O/E größer 1 sei.

Die Autoren ziehen den Schluß, daß es keinen Hinweis darauf gibt, daß nach dem Reaktorunfall eine erhöhte Säuglingssterblichkeit in Bayern zu beobachten war.

---

<sup>1</sup> Eine Zuordnung der verstorbenen Säuglinge zu den Expositionszeiträumen ist aufgrund der engen zeitlichen Beziehung von Geburts- und Todesdatum nur für die perinatal Verstorbenen möglich. Für postneonatal verstorbene Säuglinge ist diese Zuordnung nicht möglich, da keine Angaben zum Alter bei Eintritt des Todes vorliegen und der verstorbene Säugling in der amtlichen Statistik in dem Jahr gezählt wird, in dem er verstorben ist. Es muß sich dabei nicht notwendigerweise um das Geburtsjahr handeln.

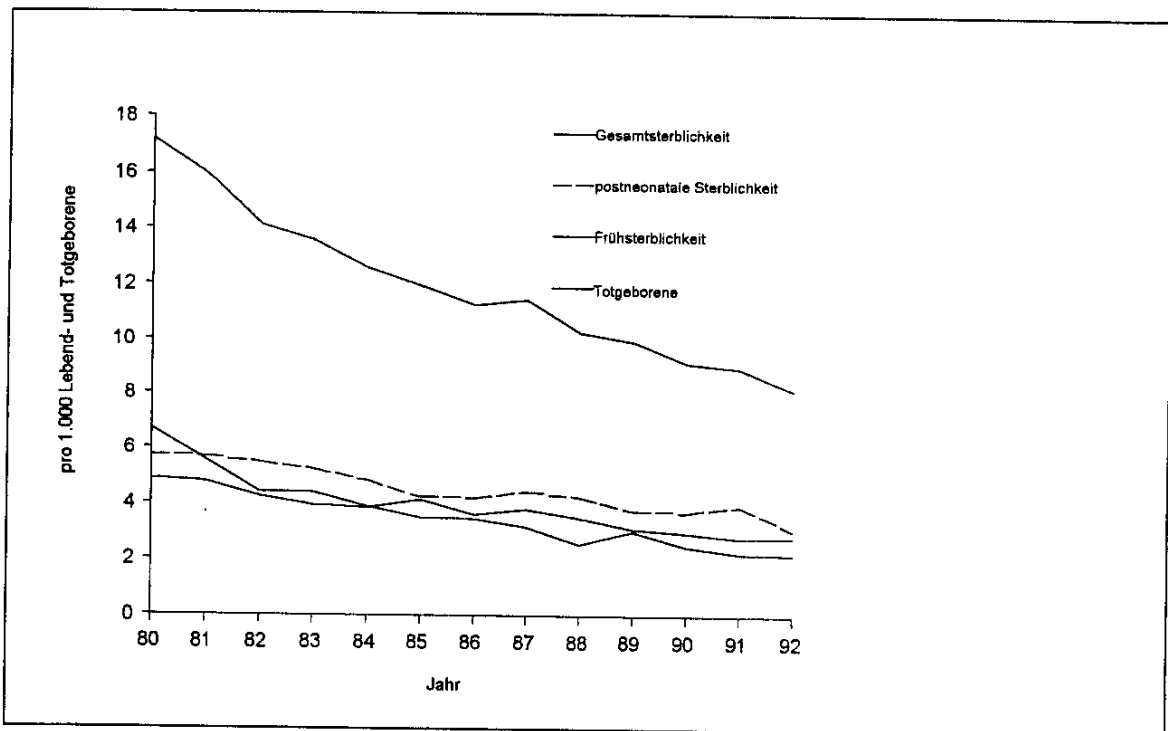


Abb. 1: Gesamtsterblichkeit, Totgeborene, Frühsterblichkeit und postneonatale Sterblichkeit in Bayern, 1980 - 1992

Körblein und Küchenhoff (1997) führten ihre Analyse auf zweifache Weise durch. Zum einen nahmen sie eine Trendanalyse der jährlichen Daten zur perinatalen Mortalität vor, wobei die Daten der alten Bundesländer und der ehemaligen DDR gemeinsam analysiert wurden. Zum anderen korrelierten sie die monatlichen Werte mit Daten zum Cäsiumgehalt der Milch. Studienzeitraum waren die Jahre 1980 bis 1993.

Für die zeitliche Entwicklung der Jahresdaten wurde im Regressionsansatz ein besonderer Term für das Jahr 1987 eingeführt, da in diesem ein Effekt erwartet wurde. Das Ergebnis der Trendanalyse war, daß die Rate im Jahre 1987 signifikant über dem langjährigen Trend lag.

Für den zweiten Ansatz wurde der Cäsiumgehalt der Milch als unabhängige Variable angenommen. Dies geschah unter der Annahme, daß der Hauptbeitrag zur Strahlenexposition im ersten Jahr nach dem Reaktorunfall über die Nahrungskette erfolgte, insbesondere über Milch und Milchprodukte. Die Cäsiumwerte entstammen einem Bauernhof in der Nähe von München. Die so gewonnenen Werte wurde als repräsentativ für das Untersuchungsgebiet angenommen. Danach war aufgrund der Kontamination unmittelbar nach dem Reaktorunfall und aufgrund der Winterfütterung 1986/87 die Cäsiumbelastung direkt nach dem Unfall (mit einigen hundert Bq/l) am höchsten, lag kurz danach aber bei vernachlässigbaren Werten und stieg zur Zeit der Winterfütterung wieder an, um ab April 1987 wieder auf ca. 1 Bq/l abzufallen. Als für das ungeborene Kind relevante Exposition wurde die Cäsiumbelastung der Mutter angenommen, die aufgrund der Milchdaten berechnet wurde.

Das Regressionsmodell für die Analyse der Monatsdaten berücksichtigt eine Reihe von Parametern, die die perinatale Mortalität beeinflussen können, so den abnehmenden Trend

## Anhang/Appendix N

über die Zeit und saisonale Schwankungen. Die Hinzunahme eines - mit sieben Monaten Verzögerung - eintretenden Effekts der Cäsiumbelastung der Mütter führt zu einer deutlich besseren Modellanpassung, als dies ohne diesen Parameter der Fall ist. Das Ergebnis der Analyse ist, daß die Cäsiumbelastung der Mutter mit ihrer 3,5ten Potenz mit der perinatalen Mortalität korreliert.

**Kellerer (1997)** weist in seinem Editorial darauf hin, daß Körblein und Küchenhoff zwar einen zeitlichen Zusammenhang aufweisen, dem sie aufgrund ihrer Annahmen auch eine Dosis-Wirkungs-Beziehung unterlegen. Allerdings fehlt dem Schluß, daß diese Dosis-Wirkungs-Beziehung tatsächlich auf der Strahlenexposition nach Tschernobyl beruht, die Plausibilität. Wenn nämlich Dosen, die wesentlich unter 1 mSv liegen, beobachtbare Effekte zeitigen würden, müßten wesentlich höhere Dosen zu sehr viel größeren Effekten führen, die aber nicht zu beobachten sind. Kellerer führt hierbei insbesondere die Schwankung der natürlichen Strahlenexposition an, zu der die perinatale Mortalität keine Korrelation aufweist.

**Rossi (1997)** weist in einer Erwiderung auf Körblein und Küchenhoff ebenfalls auf die mangelnde Plausibilität des Ergebnisses hin.

Die Arbeit von **Grosche et al. (1997)** ist z.T. eine Wiederholung der von Schoetzau et al. (1995a, 1995b), gibt aber darüber hinaus eine nähere Erläuterung des Vorgehens und weitergehenden Auswertungen, so zur Frage, ob die Einbeziehung des Monats Mai 1986 in die Analyse zu einem veränderten Ergebnis führt, ob die Beobachtung des Gesamtzeitraums von zwei Jahren zu einem anderen Ergebnis führt als für die Teilbereiche, ob es einen Unterschied gibt in der zeitlichen Entwicklung der perinatalen Sterblichkeit und der Häufigkeit von Totgeburten, zur Power der Analysen und zu dosimetrische Überlegungen.

Eine Verschiebung der Zeitfenster um einen Monat nach vorn, d.h. wenn der Mai 1986 in die Analyse mit einbezogen wird, führt zu einem signifikanten Anstieg der perinatalen Todesfälle in Südbayern um 20% in den ersten drei Monaten nach dem Unfall. Es ist insbesondere der Monat Mai 1986, der statistisch auffällig ist. Tabellen 2 bis 4 zeigen die Ergebnisse.

Werden die zwei Jahre nach dem Unfall zusammengefaßt, so zeigt sich in Südbayern eine erhöhte Zahl von Totgeburten, während die perinatale Mortalität insgesamt nicht erhöht ist.

Die Autoren stellen auch die Frage, in welchem Zeitfenster aufgrund medizinisch-biologischer Überlegungen ein Anstieg zu beobachten sein müßte und kommen zu dem Schluß, daß dies zwischen September und November 1986 sein müßte. In diesem Zeitfenster liegt die perinatale Mortalität in Südbayern leicht unter dem Erwartungswert.

## Anhang/Appendix N

Zeitraum	Nordbayern					Südbayern				
	O	E	O/E	95%-KI	p <sup>+</sup>	O	E	O/E	95%-KI	p <sup>+</sup>
<b>Basis</b> 01/80-04/86	2982					3525				
05/86*	41	32,55	1,26	0,90-1,71		51	39,22	1,30	0,97-1,71	
06/86 - 08/86	94	99,95	0,94	0,76-1,15	0,74	124	119,81	1,03	0,86-1,23	0,36
09/86 - 11/86	76	95,30	0,80	0,63-1,00	0,98	103	112,99	0,91	0,74-1,11	0,84
12/86 - 02/87	110	95,50	1,15	0,95-1,39	0,08	114	115,97	0,98	0,81-1,18	0,58
03/87 - 05/87	100	94,91	1,05	0,86-1,28	0,31	124	114,01	1,09	0,90-1,30	0,18
06/87 - 08/87	94	95,23	0,99	0,80-1,21	0,56	116	113,89	1,02	0,84-1,22	0,43
09/87 - 11/87	62	91,44	0,68	0,52-0,87	1,00	121	111,16	1,09	0,90-1,30	0,18
12/87 - 02/88	84	90,34	0,93	0,74-1,15	0,76	100	110,05	0,91	0,74-1,11	0,84
03/88 - 05/88	86	92,67	0,94	0,74-1,15	0,77	108	110,68	0,98	0,80-1,18	0,61
<b>06/86 - 05/88</b>	<b>706</b>	<b>755,34</b>	<b>0,94</b>	<b>0,87-1,01</b>		<b>910</b>	<b>908,56</b>	<b>1,00</b>	<b>0,94-1,07</b>	
<b>06/88 - 12/92</b>	<b>1447</b>	<b>1513,58</b>	<b>0,96</b>	<b>0,91-1,01</b>		<b>1909</b>	<b>1876,04</b>	<b>1,02</b>	<b>0,97-1,06</b>	

\* nicht Bestandteil der ursprünglichen Analyse

+ einseitiger Test, p-Wert nur für diejenigen Zeiträume, die Bestandteil einer hypothesengeleiteten Auswertung waren

**Tabelle 2:** Perinatale Mortalität in Nord- und Südbayern in acht Dreimonatszeiträumen (Schoetzau et al., 1995a, Grosche et al., 1997)

Zeitraum	Nordbayern				Südbayern			
	O	E	O/E	95%-KI	O	E	O/E	95%-KI
<b>Basis</b> 01/80 - 04/86	2982				3525			
05/86 - 07/87	114	96,29	1,18	[0,98;1,42]	139	116,10	1,20	[1,01;1,41]
08/86 - 10/86	71	99,71	0,71	[0,56;0,90]	108	118,82	0,91	[0,75;1,10]
11/86 - 01/87	97	96,50	1,01	[0,82;1,23]	113	117,29	0,96	[0,79;1,16]
02/87 - 04/87	95	93,62	1,01	[0,82;1,24]	106	111,54	0,95	[0,78;1,15]
05/87 - 07/87	111	94,82	1,17	[0,96;1,41]	116	113,03	1,03	[0,85;1,23]
08/87 - 10/87	69	91,70	0,75	[0,59;0,95]	125	111,27	1,12	[0,94;1,34]
11/87 - 01/88	80	95,17	0,84	[0,67;1,05]	113	116,13	0,97	[0,80;1,17]
02/88 - 04/88	79	85,03	0,93	[0,74;1,16]	107	102,86	1,04	[0,85;1,26]
05/88 - 07/88	90	96,01	0,94	[0,75;1,15]	127	112,76	1,13	[0,94;1,34]
<b>05/86 - 07/88</b>	<b>806</b>	<b>848,85</b>	<b>0,95</b>	<b>[0,89;1,02]</b>	<b>1054</b>	<b>1019,80</b>	<b>1,03</b>	<b>[0,97;1,01]</b>

**Tabelle 3:** Beobachtete und erwartete perinatale Todesfälle in Nord- und Südbayern in neun Dreimonatszeiträumen, die den Mai 1986 beinhalten (Grosche et al., 1997)



## Anhang/Appendix N

Zeitraum	Nordbayern				Südbayern			
	O	E	O/E	95%-KI	O	E	O/E	95%-KI
Basis 01/80-04/86	1405				1715			
05/86*	20	16,69	1,20	[0,73;1,85]	29	20,77	1,40	[0,93;2,01]
06/86 - 08/86	45	46,90	0,96	[0,70;1,28]	65	58,04	1,12	[0,86;1,43]
09/86 - 11/86	32	46,89	0,68	[0,47;0,96]	55	57,39	0,96	[0,72;1,25]
12/86 - 02/87	60	46,90	1,28	[0,98;1,65]	64	58,80	1,09	[0,84;1,39]
03/87 - 05/87	55	44,61	1,23	[0,93;1,60]	71	55,33	1,28	[1,00;1,62]
06/87 - 08/87	42	48,00	0,88	[0,63;1,18]	70	59,27	1,18	[0,92;1,49]
09/87 - 11/87	32	45,55	0,70	[0,48;0,99]	71	57,17	1,24	[0,97;1,57]
12/87 - 02/88	48	47,59	1,01	[0,74;1,34]	58	59,84	0,97	[0,74;1,25]
03/88 - 05/88	55	44,26	1,24	[0,94;1,62]	62	54,57	1,14	[0,87;1,46]
<b>06/86 - 05/88</b>	<b>369</b>	<b>370,70</b>	<b>1,00</b>	<b>[0,90;1,10]</b>	<b>516</b>	<b>460,41</b>	<b>1,12</b>	<b>[1,03;1,22]</b>
6/88 - 12/92	803	798,03	1,01	[0,94;1,08]	1025	1021,03	1,00	[0,94;1,07]

**Tabelle 4:** Totgeburten in Nord- und Südbayern in acht Dreimonatszeiträumen (Grosche et al., 1997)

In einer Trendanalyse, die auf Jahresdaten beruht, kommen **Scherb und Weigelt** (1997a) zu dem Schluß, daß im Jahre 1987 die Rate der perinatalen Mortalität von einem langjährigen Trend abweicht. Sie verwenden bei ihrer Analyse Daten der alten Länder der Bundesrepublik Deutschland und Daten der ehemaligen DDR. Im Gegensatz zu Körblein und Küchenhoff unterteilen sie die Untersuchungsregion in drei Regionen: (alte) Bundesrepublik Deutschland ohne Bayern; Bayern; DDR - wobei die beiden letzteren als höher kontaminiert angesehen werden. Es kommen drei verschiedene Standardregressionsverfahren zur Anwendung, wobei das Jahr 1987 durch eine zusätzliche Dummy-Variable gekennzeichnet wurde. Das Ergebnis ist ein signifikantes Abweichen der perinatalen Mortalität in der Bundesrepublik Deutschland allgemein, in Bayern insbesondere sowie in der DDR. Dieses Ergebnis ist unabhängig vom Regressionsverfahren, wobei bei linearer logistischer Regression die statistische Signifikanz allerdings nur bei einseitigem Test erreicht wird (Scherb und Weigelt 1997b). Die ursprünglichen Ergebnisse sind in Tabelle 5 wiedergegeben. Es zeigt sich, daß bei einem zweiseitigen Test die beobachteten Werte nicht signifikant von den erwarteten abweichen.

	alte BRD ohne Bayern	Bayern	DDR
erwartet	3759	776	1963
zusätzlich	119	66	141
zusätzlich %	3,2	8,5	7,2
95%-KI	[-38;283]	[-5;144]	[-22;318]
p	0,140	0,070	0,091

**Tab. 5:** Ergebnisse der linearen logistischen Regression der perinatalen Mortalität, Deutschland, 1980-1993, für das Jahr 1987 (Scherb und Weigelt 1997a)

## 4 Diskussion

Eine Diskussion der Ergebnisse hat mehrere Bereiche zu umfassen: erstens die inhaltliche Begrenzung der Aussagefähigkeit der gefundenen Ergebnisse aufgrund des durchgängig zur Anwendung gekommenen Studientyps der Korrelationsanalyse, zweitens die inhaltliche Konsistenz der Ergebnisse mit der - als Arbeitshypothese - zugrunde liegenden Annahme eines Einflusses der durch den Reaktorunfall bedingten zusätzlichen Strahlenexposition auf die perinatale Mortalität, drittens die medizinische bzw. biologische Plausibilität einer möglicherweise gefundenen Korrelation, und schließlich die Analogie von Studienergebnissen aus anderen betroffenen Ländern. Besonders zu letzterem ist anzumerken, daß die hier besprochenen Arbeiten letztendlich immer mit dem gleichen Datenmaterial arbeiten.

### 4.1 *Begrenzung der Aussagemöglichkeit der Studien*

Der Studienansatz einer Korrelationsanalyse (oder auch ökologischen Studie) hat eine grundlegende inhärente Begrenzung. Da Daten nur auf Aggregat-, nicht aber auf Individualebene vorliegen, können keine Aussagen getroffen werden darüber, ob Personen, die höher exponiert waren, auch tatsächlich ein anderes Risiko tragen als geringer exponierte Personen, denn genau die dafür notwendige Information der personenbezogenen Expositionsanamnese fehlt. Daraus folgt, daß ökologische Studien nichts weiter können, als das gleichzeitige Auftreten zweier (oder mehrerer) Phänomene auf der Ebene aggregierter Daten festzustellen. Weder sind Schlußfolgerung zulässig darüber, daß - bei gegebener Koinzidenz - ein möglicher Risikofaktor einen Einfluß auf das beobachtete Gesundheitsgeschehen hatte, noch daß - bei nicht gegebener Koinzidenz - dieser Risikofaktor keinen Einfluß hatte. Allerdings läßt sich prüfen, ob die gefundenen Ergebnisse darauf hinweisen, daß ein Zusammenhang vorliegt oder nicht. Sie dienen damit der Bildung von Hypothesen, die mit individuumbezogenen Studien (wie Fall-Kontroll- oder Kohortenstudien) überprüft werden können.

Vor diesem begrenzenden Hintergrund sind alle Aussagen der hier erwähnten Studien zu betrachten.

### 4.2 *Konsistenz der Studienergebnisse*

Tabelle 6 gibt einen Überblick über die verschiedenen Arbeiten in Deutschland, ihre Methodik und ihre Ergebnisse. Insgesamt läßt sich feststellen, daß sich für die Gesamtheit der untersuchten Regionen, also sowohl für die alten Bundesländer als auch für die ehemalige DDR, im Jahre 1987 offenbar ein Abweichen von einem langjährigen Trend zeigt, der sich bereits bei Lüning et al. andeutete. Diese Trendabweichung basiert wesentlich auf den Beobachtungen in Bayern und - sofern diese mit betrachtet wird - der DDR. Nun kann man Bayern und die DDR als gegenüber dem Rest der alten Länder der Bundesrepublik Deutschland höher exponiert ansehen (vielleicht mit Ausnahme des Südosten Baden-Württembergs, daß von der Bodenkontamination her Südbayern vergleichbar ist.)

Da für die DDR keine nach Regionen unterteilten Daten vorliegen, wird für die weitere Betrachtung auf die bayerischen Daten zurückgegriffen. Würde man unterstellen, daß der Anstieg eine Folge der Exposition durch den Tschernobylunfall ist, so müßte sich die größte Abweichung in Südbayern finden. Dies aber ist nicht der Fall. Im Jahre 1987 zeigt sich ein

## Anhang/Appendix N

Anstieg der perinatalen Mortalität zwar in Nordbayern, nicht aber in dem höher exponierten Südbayern (Abb. 2).

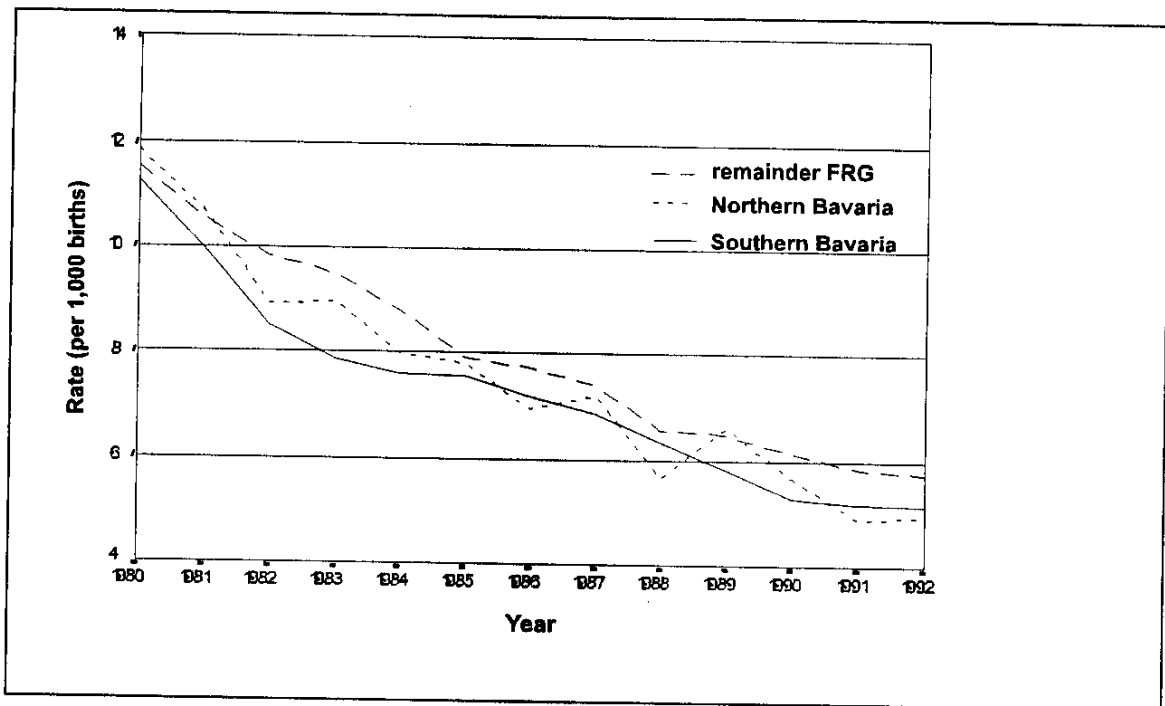


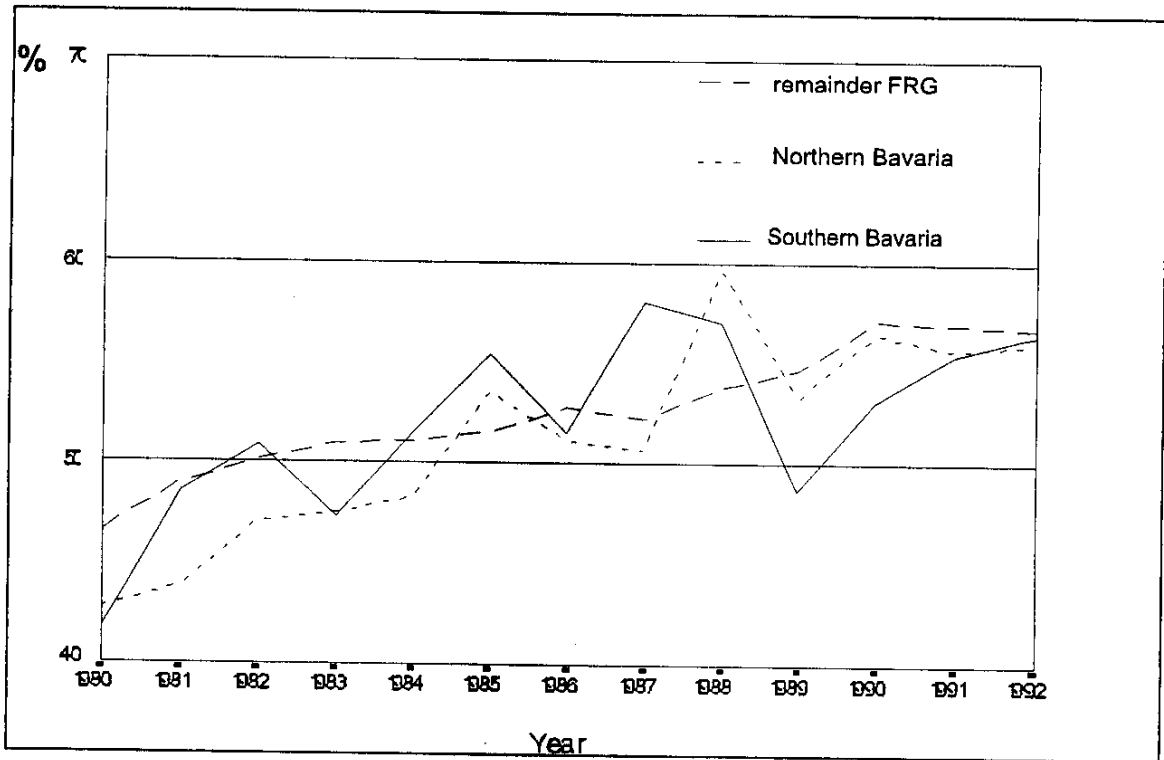
Abb. 2: Zeitliche Entwicklung der perinatalen Mortalität in Nord- und Südbayern sowie in der Summe der restlichen alten Bundesländer, 1980 - 1992 (Grosche et al., 1997)

Studien mit aussagekräftigeren Monatsdaten, die auch mögliche Effekte im Jahre 1986 erfassen können, kommen zu anderen Ergebnissen. Lünig et al. zeigen ein Abweichen der beobachteten von den vorhergesagten Werten bereits ab dem Mai 1986. Dieser Monat zeigt bei Grosche et al. mit O/E-Werten von 1,26 für Nord- und 1,30 für Südbayern die auffälligsten Abweichungen vom Erwartungswert, wenngleich diese - aufgrund der zu geringen Fallzahlen - keine statistische Signifikanz erreichen (Tab. 2). Allerdings liegt die perinatale Mortalität im ersten Quartal nach dem Reaktorunfall, nämlich Mai - Juli 1986, in Südbayern signifikant 20% über dem Erwartungswert. Gleichzeitig lag hier die Totgeburtenrate im selben Zeitraum um 31% (95% KI=3-64%) über dem Erwartungswert. Dies deutet auf einen relativen Anstieg der Totgeburten in diesem Dreimonatszeitraum hin. Insgesamt zeigt sich für die Jahre 1980 - 1992 für die Gesamtheit der alten Länder der Bundesrepublik Deutschland eine Zunahme des relativen Anteils der Totgeburten an der perinatalen Mortalität (Abb. 3).

Autoren	Thema	Zeitraum	Daten	Regionen	Methode	Ergebnis
Lüning et al.	Frühsterblichkeit	1975-1987	Monatsdaten BRD*	3 Regionen (Nord, Mitte, Süd)	Regression, Vorhersage der Raten für 1986 und 1987 aus den Werten für 1975-1985	im Süden Abweichen vom Modell ab Mai 1986
Thieme/Lack	Totgeburten	3 Jahre vor bis 1 Jahr nach Unfall	Monatsdaten relativ zum Reaktorunfall	2 Regionen (Niedersachsen, Bayern bzw. Nordniedersachsen, Südbayern)	Vergleich von Raten	kein Unterschied zwischen Niedersachsen und Bayern bzw. zwischen Nordniedersachsen und Südbayern
Schoelzau et al.	perinatale Mortalität	Basis: 1980-1985, Untersuchungszeitraum 6/86 - 5/88	Monatsdaten Nordbayern, Südbayern und Rest BRD*	2 Regionen (Nord-, Südbayern)	räumlich/zeitlicher Vergleich mit externem Standard, acht Dreimonatszeitfenster	kein Unterschied in der zeitlichen Entwicklung zwischen den Regionen und dem Standard
Körblein/Küchenhoff	perinatale Mortalität	1980-1993	Monatsdaten BRD* und DDR	keine	Regression	Einfluß der Cäsiumbelastung der Mutter
Grosche et al.	perinatale Mortalität, Totgeburten	Basis 1980-1985, Untersuchungszeitraum 6/86 - 5/88, "nachgehend" 7/88-12/92	Monatsdaten BRD*	2 Regionen (Nord-, Südbayern)	räumlich/zeitlicher Vergleich mit externem Standard, acht Dreimonatszeitfenster	kein Unterschied in der zeitlichen Entwicklung zwischen den Regionen und dem Standard bei der perinatalen Mortalität, erhöhte Zahl von Totgeburten in den zwei Jahren nach dem Unfall in Südbayern
Scherb/Weigelt	perinatale Mortalität	1980-1993	Jahresdaten BRD* und DDR	3 Regionen (Bayern, BRD* ohne Bayern, DDR)	Regression	Abweichen des Jahres 1987 vom Trend

BRD\* = alte Länder der Bundesrepublik Deutschland

**Tabelle 6:** In Deutschland durchgeführte Arbeiten zum Thema "Perinatale Mortalität" (z.T. auch nur Totgeburten oder Frühsterblichkeit) im Zusammenhang mit dem Reaktorunfall in Tschernobyl



**Abb. 3:** Zeitliche Entwicklung des Anteils der Totgeburten an der perinatalen Mortalität in Nord- und Südbayern sowie in der Summe der restlichen alten Bundesländer (Grosche et al., 1997)

In den zwei Jahren nach dem Reaktorunfall lag die Zahl der Totgeburten in Südbayern signifikant über dem Erwartungswert ( $O/E = 1,22$ ; 95% KI= 1,03-1,22).

Unter dem Gesichtspunkt der Konsistenz ist festzustellen, daß die perinatale Mortalität in den alten Ländern der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1987 vom Trend abweicht.

#### 4.3 Plausibilität der Studienergebnisse

Soll der Frage nachgegangen werden, ob die zusätzliche Strahlenexposition nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl einen Einfluß auf die perinatale Mortalität gehabt haben könnte, so sind folgende Fragen unter dem Gesichtspunkt der Plausibilität zu beantworten: Zu welchem Zeitpunkt wäre ein Effekt an ehesten zu erwarten gewesen? Gibt es einen Hinweis auf eine Dosis-Wirkungs-Beziehung oder darauf, daß Effekte nur in den am höchsten kontaminierten Regionen auftraten? Welche Ursache der perinatalen Mortalität ist als strahleninduzierbar anzusehen? Was weiß man über die Dosis, die zu einem beobachtbaren Effekt geführt haben könnte, und wurde diese erreicht? Antworten auf die ersten beiden Fragen lassen sich anhand der vorliegenden Studien finden, für die anderen ist auf andere Arbeiten zurückzugreifen.

### 4.3.1 Zeitpunkt

Lüning et al. (1988) machen keine Annahmen über ein kritisches Zeitfenster, sondern konstatieren, daß bereits im Mai 1986 die Frühsterblichkeit in Süddeutschland vom Erwartungswert abzuweichen beginnt. Dies würde bedeuten, daß die Strahlenexposition bereits im selben Monat zu beobachtbaren Effekten führt, und daß diese Effekte über einen langen Zeitraum, d.h. mehrere Jahre, anhalten.

Thieme und Lack (1989) definieren für Totgeburten den Zeitraum von  $42 \pm 15$  Tagen post conceptionem, d.h. vom 27. bis 57. Tag nach Schwangerschaftsbeginn, als kritischen Zeitpunkt. Bei einer durchschnittlichen Schwangerschaftsdauer von 38 Wochen (= 266 Tagen) post conceptionem wäre eine erhöhte Totgeburtenrate im siebten oder achten Monat nach dem Reaktorunfall zu erwarten. Zu diesem Zeitpunkt liegen die Raten sowohl in Bayern als auch in Niedersachsen im Schwankungsbereich des Beobachtungszeitraumes von 48 Monaten, wobei Bayern im siebten Monat nach dem Unfall mit 6 ‰ den höchsten Wert des Beobachtungszeitraumes aufweist, der aber ebenfalls im Monat 32 vor dem Unfall erreicht wurde. In Südbayern liegt der Wert bei etwa 5,5 ‰ und damit unter dem für Gesamtbayern.

Körblein und Küchenhoff (1997) gehen nicht von einem a priori definierten kritischen Zeitfenster aus, sondern testen, welcher Time-lag zwischen Cäsiumaktivität im Körper der Mutter und beobachteter perinataler Mortalität am besten in das Modell paßt. Dieser Time-lag wird mit sieben Monaten angegeben und liegt mit 95%iger Sicherheit zwischen sechs und acht Monaten. Da dieser Time-lag aus den Daten errechnet wurde, kann nicht anschließend anhand der Daten überprüft werden, ob sich hier ein Abweichen vom Erwartungswert zeigt.

Grosche et al. (1997) gehen davon aus, daß der Embryo/Fötus am ehesten im Mai 1986 von der zusätzlichen Strahlenexposition betroffen war. Es wird angenommen, daß eine Exposition des Fötus eher zu beobachtbaren Effekten führt als eine Exposition des Embryo. Der Embryo wäre nach einem schweren Strahlenschaden gestorben, was zu einem Spontanabort geführt hätte, worüber keine Informationen verfügbar sind. Ferner davon ausgehend, daß es wesentlich schwere Fehlbildungen sein müßten, die zu einer Totgeburt oder Frühsterblichkeit führen, kommen die Autoren zu dem Schluß, daß ein Effekt am ehesten bei den Schwangerschaften zu beobachten sein sollte, die etwa drei Monate vor dem Unfall begonnen haben, d.h. zwischen Januar und März 1986. Die entsprechenden Geburten würden zwischen September und November 1986 liegen. In diesem Zeitfenster liegen die O/E-Werte für Nordbayern bei 0,80 (95% KI=0,63 - 1,00) und für Südbayern bei 0,91 (0,74 - 1,11). Legt man diesen Time-lag von drei Monaten nicht zugrunde, so wären im Zeitfenster Dezember 1986 bis Februar 1987 am ehesten Effekte zu erwarten. Die O/E-Werte liegen hier für Nordbayern bei 1,15 (0,95 - 1,39) und für Südbayern bei 0,98 (0,81 - 1,18).

### 4.3.2 Dosis-Wirkungs-Beziehung

Eine Dosis-Wirkungs-Beziehung kann anhand der vorliegenden Analysen entweder räumlich, zeitlich oder räumlich/zeitlich erfolgen. Ersteres bedeutet die Beantwortung der Frage, ob sich die im Nachgang zu Tschernobyl beobachteten Raten regional dahingehend unterscheiden, daß sie in den höher kontaminierten Regionen stärker vom Erwartungswert abweichen als in niedriger kontaminierten Regionen. Lüning et al. (1988) beobachteten ein

Abweichen der Frühsterblichkeit von vorhergesagten Werten in der höher kontaminierten Region Süddeutschlands. Thieme und Lack (1989) sehen keinen Unterschied bei den Totgeburten zwischen (Nord-)Niedersachsen und (Süd-)Bayern. Grosche et al. (1997) beobachteten bei der perinatalen Mortalität weder in Nord- noch in Südbayern ein Abweichen von der zeitlichen Entwicklung in der Summe der alten Bundesländer ohne Bayern, bei den Totgeburten allerdings ein Abweichen in Südbayern in den zwei Jahren nach dem Unfall. Scherb und Weigelt (1997a) beschreiben eine Dosis-Wirkungs-Beziehung: Der Anstieg der perinatalen Mortalität beträgt in den alten Bundesländern ohne Bayern 3,2%, in der ehemaligen DDR 7,2% und in Bayern 8,5% (Tab. 5).

Eine zeitliche Dosis-Wirkungs-Beziehung bedeutet, daß ein Abweichen der Häufigkeit in einem (bestimmten) Abstand nach der Exposition erfolgt.

Dies liegt bei Lüning et al. (1988) nicht vor, da der beobachtete Effekt unmittelbar nach der Exposition einsetzt, was bei dem beobachteten Gesundheitseffekt bedeuten würde, daß die externe Strahlenexposition im Mai 1986 so hoch war, daß sie bei den exponierten Säuglingen zum Tode innerhalb weniger Tage geführt hätte. Gleichzeitig müßte ein Effekt der internen Exposition auf die Ungeborenen eingesetzt haben, der das Ausbleiben des Effektes der externen Exposition in den späteren Monaten kompensiert. Die von Thieme und Lack (1989) veröffentlichten Daten deuten nicht auf einen solchen Effekt hin. Körblein und Küchenhoff (1997) modellieren eine zeitliche Dosis-Wirkungs-Beziehung von sieben Monaten im Verhältnis zur Cäsium-Körperaktivität der Mutter. Grosche et al. (1997) sehen keinen Effekt in den als am ehesten als auffällig definierten Zeitfenstern von sechs Monaten nach dem Unfall. Scherb und Weigelt (1997a) geben nicht explizit ein Zeitfenster an, implizit gehen sie aber davon aus, daß der Effekt etwa ein Jahr nach der ersten Exposition auftritt.

Bei Betrachtung der vier Arbeiten, die mit Zeitfenstern arbeiten (Thieme und Lack (1988), Körblein und Küchenhoff (1997), Grosche et al. (1997), Scherb und Weigelt (1997a)) fällt auf, daß die ersten drei von Time-lags im Monatsbereich ausgehen, nämlich sieben Wochen bei Thieme und Lack, zwei Monate bei Körblein und Küchenhoff und drei Monate bei Grosche et al. Da Thieme und Lack und Grosche et al. die Cäsium-Deposition als Indikator für die Exposition genommen haben, Körblein und Küchenhoff aber die Cäsium-Körperaktivität, läßt sich anhand der bei Grosche et al. veröffentlichten Daten überprüfen, ob sich der von Körblein und Küchenhoff beschriebene Effekt nicht nur in der Gesamtheit der heutigen Bundesrepublik Deutschland zeigt, sondern auch in den höher kontaminierten Regionen Südbayerns. Bei dieser Überprüfung wird davon ausgegangen, daß neben der internen Exposition auch die externe einen Beitrag zur fetalen Dosis leistet.

Grosche et al. geben an, daß die Dosisrate - im Raum München - aufgrund von Ingestion im 2. Quartal 1987 mit etwa 7,5 nSv/h ihr Maximum erreichte. Körblein und Küchenhoff geben für die selbe Region als zweites Maximum der mütterlichen Cäsiumkonzentration ebenfalls das 2. Quartal 1987 an<sup>2</sup>. Unterstellt man die Annahme von Körblein und Küchenhoff als richtig, daß diese Werte für die gesamte Bundesrepublik Deutschland repräsentativ sind, so müßten sich aufgrund der zusätzlichen - aber regional unterschiedlichen - externen Exposition regionale Unterschiede zeigen.

---

<sup>2</sup> Die Konzentration betrug etwa 40 Bq/kg.

Der Time-lag, der sich aus dem Modell von Körblein und Küchenhoff ergibt, steht nicht im Gegensatz zu den bei Grosche et al. gemachten Annahmen. Es ist also zulässig zu prüfen, ob die Raten im 4. Quartal 1987 erhöht waren. Da die entsprechenden Daten aus der Arbeit von Grosche et al. nicht hervorgehen, wird Ersatzweise der Dreimonatszeitraum 11/87 - 01/88 herangezogen. Hier zeigt sich folgendes: Nordbayern O/E = 0,84 (0,67 - 1,05), Südbayern O/E = 0,97 (0,80 - 1,17). In beiden Fällen liegen die beobachteten Werte nicht signifikant unter den erwarteten.

### 4.3.3 Ursachen

Unter den Ursachen der Frühsterblichkeit stellen die angeborenen Fehlbildungen mit ca. 30% die größte Gruppe dar. Für Totgeburten gibt es keine öffentlich zugängliche Erfassung der Ursachen. Für die Summe der alten Bundesländer ergibt sich das in Tabelle 7 gezeigte Bild für die Jahre 1985 - 1987 (Statistisches Bundesamt 1987, 1988, 1989):

Jahr	Frühverstorbene insgesamt	Ursachen			
		Fehlbildungen	in %	andere	in %
1985	2227	642	28,83	1585	71,17
1986	2258	671	29,72	1587	70,28
1987	2235	649	29,04	1586	70,96

**Tab. 7:** Anteil der Fehlbildungen an allen Ursachen der Frühsterblichkeit, alte Bundesländer, 1985 - 1987 (Statistisches Bundesamt 1987, 1988, 1989)

Prüft man mittels eines  $\chi^2$ -Test, ob sich die Verteilung in den drei Jahren unterscheidet, so ergibt sich dafür ein p-Wert von 0,8, d.h. es ist kein Unterschied feststellbar.

Zwar nicht für die Frühsterblichkeit, aber für die Sterblichkeit innerhalb der ersten 28 Lebensstage (Früh- plus Spätsterblichkeit) geben Schneider et al. (1994) an, daß die Frühgeburtlichkeit nach den Fehlbildungen die häufigste Todesursache ist. Eine retrospektive Kohortenstudie bei 5.548 Frauen, bei denen die Konzeption zwischen dem 01.04. und 31.08.86 lag, ergab keinen Effekt der Strahlenexposition auf die Frühgeburtlichkeit (Brachner et al., 1993).

### 4.3.4 Notwendige Dosis

Die folgenden Ausführungen gehen wieder davon aus, daß eine strahleninduzierte Veränderung der perinatalen Mortalität sich über angeborene Fehlbildungen manifestieren müßte. Aufgrund der Ergebnisse tierexperimenteller Studien sowie der Erfahrung bei den Überlebenden der Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki und bei Schwangeren, die aus therapeutischen Gründen mit hohen Strahlendosen behandelt wurden, geht man für die Induktion morphologischer Defekte während der embryonalen Organbildungsphase von einer Dosis-Wirkungs-Beziehung mit Schwellendosis aus. Wachstumsretardierung und Entwicklungsstörungen des Zentralnervensystems wie Mikrozephalie und Augenfehlbildungen



## Anhang/Appendix N

gen sind die hauptsächlichen Effekte einer hochdosierten intrauterinen Bestrahlung beim Menschen. Neben den Störungen des Zentralnervensystems wurden Mikrophtalmie, Katarakt, Pigmentstörungen der Netzhaut sowie Fehlbildungen des Genitales und des Skeletts beobachtet. Es wird allerdings angenommen, daß unterhalb einer akuten Strahlendosis von 0,05 Gy (in diesem Fall mit 0,05 Sv gleichzusetzen) mit derartigen Wirkungen nicht zu rechnen ist (vgl. SSK 1985).

Die Abb. 4 und 5 zeigen die Dosisraten für München für alle Pfade und für die Ingestion. Es wird deutlich, daß die Dosis vom 50 mSv selbst dann nicht erreicht wird, wenn man die maximale Dosisleistung von ca. 0,43  $\mu\text{Sv/h}$  Anfang Mai auf die gesamte Schwangerschaftsdauer anrechnet (was zu einer hypothetischen Dosis von 2,7 mSv führt).

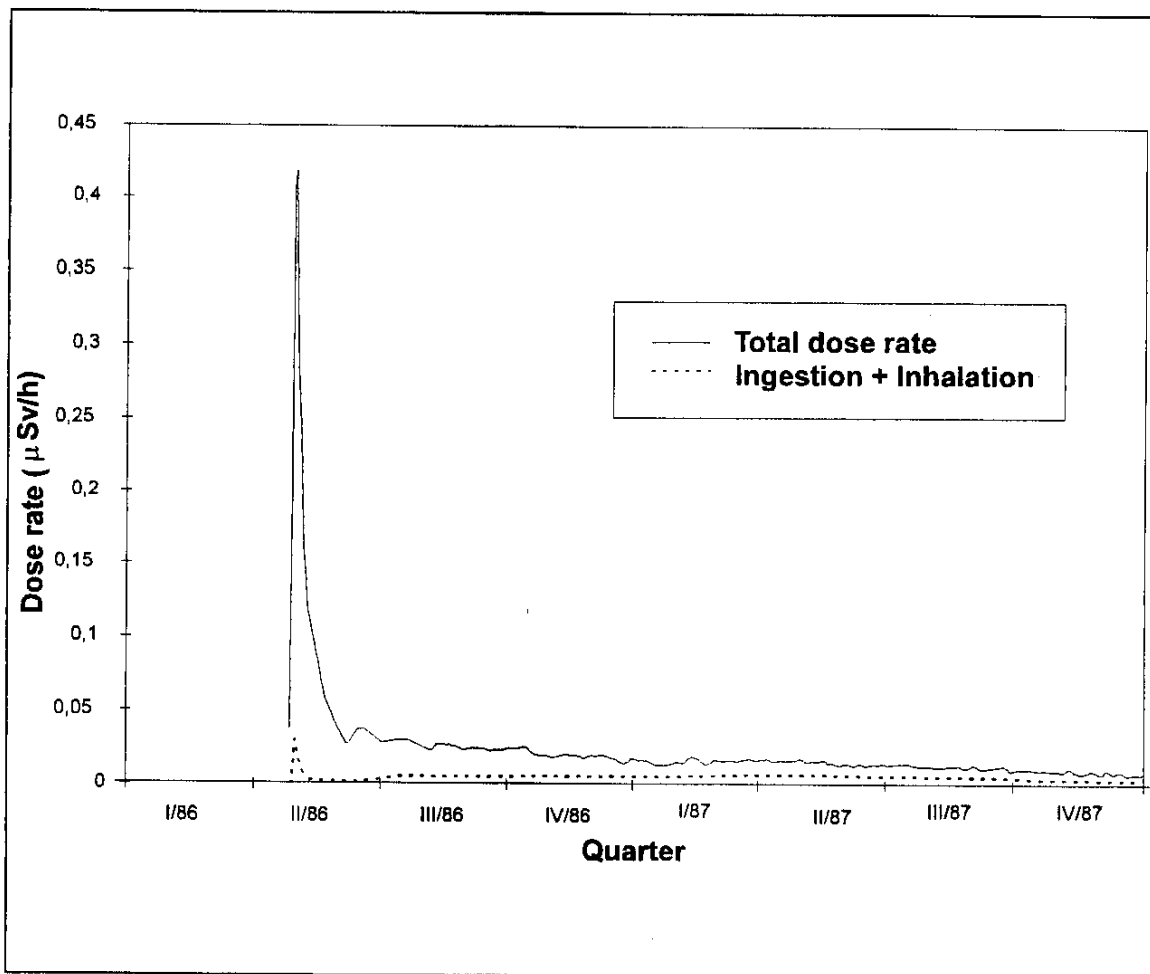
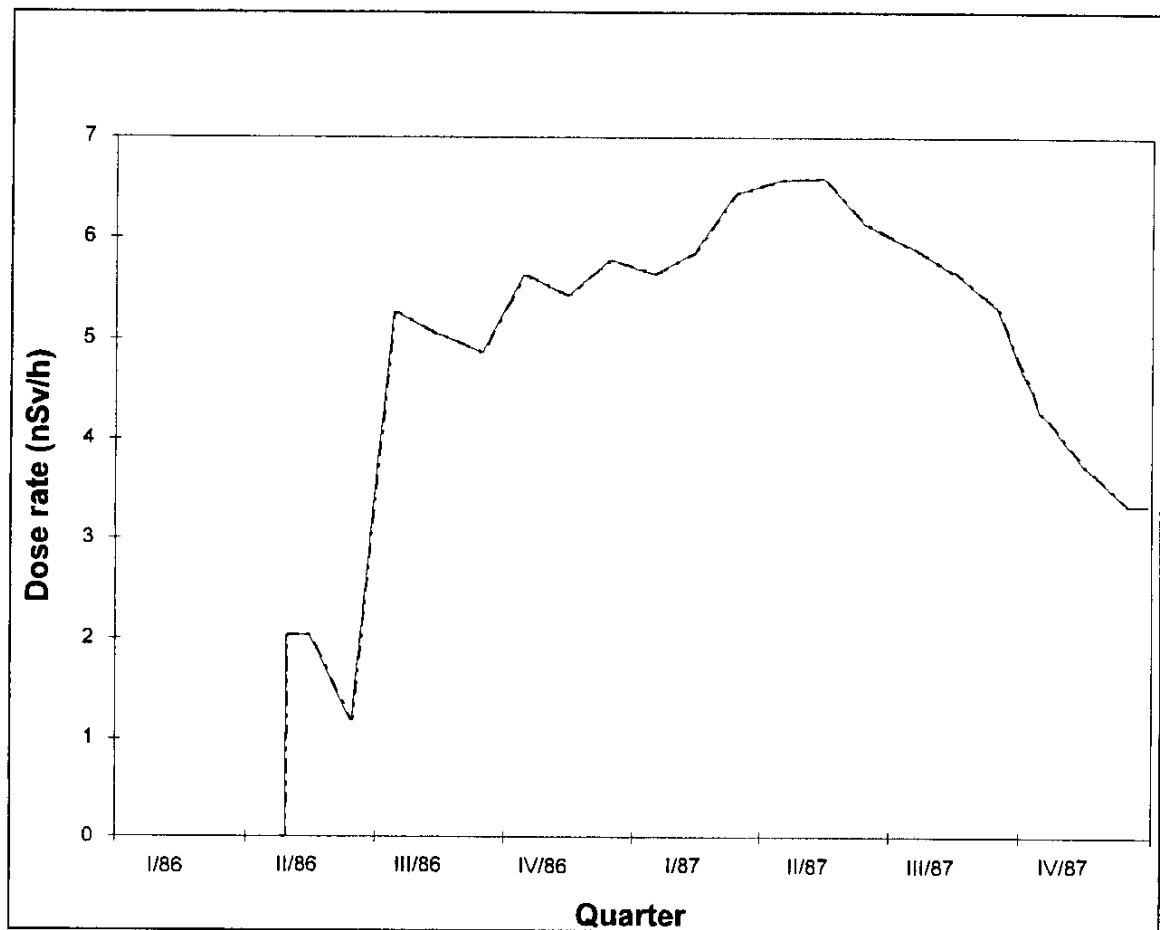


Abb. 4: Zeitliche Entwicklung der Dosisrate für einen Erwachsenen aus der Region München nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl, 1986 - 1987 (Grosche et al., 1997)<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Diese Berechnungen wurden freundlicherweise von Herrn Dr. Steiner, Institut für Strahlenhygiene des BfS, zur Verfügung gestellt. Ihm sei dafür an dieser Stelle gedankt.



**Abb. 5:** Zeitliche Entwicklung der Dosisrate aufgrund von Ingestion für einen Erwachsenen in der Region München nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl, 1986 - 1987 (Grosche et al., 1997)

Darüber hinaus ist festzustellen, daß im Raum München die natürliche Strahlenexposition vor dem Reaktorunfall aufgrund der terrestrischen Strahlung  $0,03 \mu\text{Sv/h}$  im Freien und  $0,05 \mu\text{Sv/h}$  in Häusern betrug. Im Bundesdurchschnitt liegt die natürliche Strahlenexposition durch terrestrische Strahlung bei  $0,06 \mu\text{Sv/h}$ . Sie schwankt allein in Bayern um etwa den Faktor 7 und liegt zwischen  $0,03$  und  $0,22 \mu\text{Sv/h}$ . Folglich wurde lediglich im Mai 1986 die natürliche Strahlenexposition überschritten. Danach lag die zusätzliche Exposition im Schwankungsbereich der natürlichen.

#### 4.4 Analogie

In anderen europäischen Ländern wurden ebenfalls epidemiologische Studien zur Frage eines möglichen Einflusses der zusätzlichen Strahlenexposition auf die perinatale Mortalität durchgeführt.

## Anhang/Appendix N

In Finnland wurde nach dem Unfall keine höhere Anzahl an Totgeborenen in den höher kontaminierten Gebieten beobachtet, als aufgrund der Basisdaten der vorangehenden Jahre erwartet worden wäre (Harjuletho et al., 1991). Das selbe Ergebnis zeigte sich bei der perinatalen Mortalität (Harjuletho et al., 1989). In Schweden wurde im Juni und Juli 1986 gegenüber den entsprechenden Vergleichsmonaten des Vorjahres eine Erhöhung der perinatalen Mortalität beobachtet (Källen, 1988). Diese ging mit einer Zunahme sehr unreifer Frühgeborener einher und ließ sich dadurch teilweise erklären. Eine Beziehung zum Expositionsgrad bestand nicht, das Risiko war in den niedriger kontaminierten Gebieten größer als in den höher kontaminierten.

In England und Norwegen konnte keine Erhöhung der perinatalen Mortalität in höher kontaminierten Regionen nach dem Unfall in Tschernobyl nachgewiesen werden (Bentham, 1991; Irgens et al., 1991). Die einzige dem Autor bekannte Arbeit aus der ehemaligen Sowjetunion zeigt auch für Kiew keine Änderung der perinatalen Mortalität (Buzhievskaya et al., 1995).

### 5 **Schlußfolgerung**

Das Jahr 1987 zeigt für die gesamte Bundesrepublik Deutschland offenbar ein Abweichen in der perinatalen Mortalität von einem langjährigen Trend. Dieser läßt sich aber nicht plausibel mit der zusätzlichen Exposition nach dem Unglück erklären, ebensowenig wie die erhöhte Zahl von Totgeburten in Südbayern in den zwei auf den Reaktorunfall folgenden Jahren. Vergleiche mit internationalen Studien zeigen, daß sich keine durchgängigen Muster in der zeitlichen und/oder räumlichen Verteilung der perinatalen Mortalität in Abhängigkeit von der Strahlenexposition zeigen.

## 6 Literatur

- Bentham G 1991: Chernobyl fallout and perinatal mortality in England and Wales; *Soc Sci Med* 33: 429-434
- Blettner M, Wahrendorf J, Dahlhaus R 1990: Infant mortality after Chernobyl (Letter to the editor); *The Lancet* i: 161
- Böse S, Krüger EH, Krüger L, Martini W 1991: Infant mortality before and after Chernobyl; Europäische Regionaltagung der Internationalen Gesellschaft für Epidemiologie, Basel, 29.-31. August 1991 (Abstract 202)
- Brachner A 1990: Entwicklung der Säuglingssterblichkeit in Bayern (1972-1986); Neuherberg: Bundesamt für Strahlenschutz (Institut für Strahlenhygiene 147/90)
- Brachner A, Grosche B, Hinz G, Hoeltz J, Hoeltz A, Kaul A, Martignoni K, Potthoff P, Roedler HD, Schwarz E, Tsavachidis C 1993: Pregnancy outcome after the Chernobyl accident in the Federal Republic of Germany. Results from a retrospective and a prospective cohort study; in: Grosche B, Burkart W (eds.): *Radiation epidemiology after the Chernobyl accident. Proceedings of a workshop held at the Institute for Radiation Hygiene, Neuherberg, October 23-35, 1991 (BfS-Schriften 9/93)*
- Breckow J, Grosche B, Weber K-H: *Bewertung epidemiologischer Studien*; Köln: Verlag TÜV Rheinland 1995 (Publikationsreihe Fortschritte im Strahlenschutz; Bandherausgeber: Pfoh H, Heinemann G)
- Buzhievskaya TI, Tchaikovskaya TL, Demidova GG, Koblyanskaya GN 1995: Selective monitoring for a Chernobyl effect on pregnancy outcome in Kiev, 1969-1989; *Hum Biol* 67:657-672
- CEC (Commission of the European Communities) 1990: Feasibility of studies on health effects in western Europe due to the reactor accident at Chernobyl and recommendations for research; Luxembourg: Commission of the European Communities (Report EUR 12551)
- Fleiss J 1981: *Statistical Methods for Rates and Proportions*; New York: John Wiley & Sons
- Grosche B, Irl C, Schoetzau A, van Santen F 1997: Perinatal mortality in Bavaria, Germany, after the Chernobyl reactor accident; *Radiat Environ Biophys* 36:129-136
- Harjulehto T, Aro T, Rita H, Rytömaa T, Saxén L 1989: The accident at Chernobyl and outcome of pregnancy in Finland; *BMJ* 298: 995-997
- Harjulehto T, Rahola ., Suomela M, Arvela H, Saxén L 1992: Pregnancy outcome in Finland after the Chernobyl accident; *Biomed & Pharmacother* 45: 263-266
- Holm S 1979: A simple sequentially rejective multiple test procedure; *Scan J Stat* 6: 65-70
- Irgens LM, Lie RT, Ulstein M, Skeie Jensen T, Sivertsen F, Reitan JB, Strand F, Strand T, Egil Skjeldestad F 1991: Pregnancy outcome in Norway after Chernobyl; *Biomed & Pharmacother* 45:233-241
- Källén B 1988: *Pregnancy outcome in Sweden after Chernobyl - A study with central health registries*; Stockholm: National Board of Health and Welfare of Sweden
- Kellerer AM 1997: Editorial; *Radiat Environ Biophys* 36:1
- Körblein A, Küchenhoff H 1997: Perinatal mortality in Germany following the Chernobyl accident; *Radiat Environ Biophys* 36:3-7
- Lack N, Thieme Ch 1990: Infant mortality after Chernobyl (Letter to the editor); *The Lancet* i: 161-162
- Lüning G, Scheer J, Schmidt M, Ziggel H 1989: Early infant mortality in West Germany before and after Chernobyl; *The Lancet* ii: 1081-1083
- Parkin DM, Clayton D, Black RJ, Masuyer E, Friedl HP, Ivanov E, Sinnaeve J, Tzvetansky CG, Geryk E, Storm HH, Rahu M, Pukkala E, Bernard JL, Carli PM, L'Huillier MC, Menegez F, Schaffer P, Schraub S, Kaatsch P, Michaelis J, Apjok E, Schuler D, Crosignani P,

## Anhang/Appendix N

- Magnani C, Bennet BG et al. 1996: Childhood leukaemia in Europe after Chernobyl. 5 year follow-up; Br J Cancer 73: 1006-1012
- Rossi HH 1997: A response to "Perinatal mortality in Germany following the Chernobyl accident" (Letter); Radiat Environ Biophys 36:137
- Scheer J 1992: Neonatal mortality in Germany since the Chernobyl explosion (Letter to the editor); The Lancet ii: 1081-1083
- Scherb H, Weigelt E 1997a: Regression analysis of time trends in perinatal mortality in Germany, 1980 to 1993; ISI-Satellite Meeting *Mathematical Statistics and its Applications to Bioscience*, Rostock, 31.08.-04.09.97 (Manuskript)
- Scherb H, Weigelt E 1997b: Schreiben an die Strahlenschutzkommission vom 16.09.97
- Schneider H, Naiem A, Malek A, Hänggi W 1994: Ätiologische Klassifikation der Frühgeburten und ihre Bedeutung für die Prävention, Geburtshilfe und Frauenheilkunde; Geburtshilfe und Frauenheilkunde 54:12-19
- Schoetzau A, van Santen F, Irl C, Grosche B 1995a: Zur Frage der gesundheitlichen Wirkungen nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl. Angeborene Fehlbildungen und Mortalität bis zum Ende des ersten Lebensjahres; Dt Ärztebl 92:A2062-2068
- Schoetzau A, van Santen F, Irl C, Grosche B 1995b: Angeborene Fehlbildungen und Säuglingssterblichkeit in Bayern nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl; Bremerhaven: Wissenschaftsverlag NW / Verlag für neue Wissenschaft 1994 (BfS-ISH-168/94)
- SSK (Strahlenschutzkommission) 1985: Wirkungen nach pränataler Bestrahlung; Stuttgart: Gustav Fischer (Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 2)
- SSK (Strahlenschutzkommission) 1987: Auswirkungen des Reaktorunfalls in Tschernobyl auf die Bundesrepublik Deutschland - Aktivitätskonzentrationen in der Bundesrepublik Deutschland - Empfehlungen zur Begrenzung der Strahlenexposition - Strahlenexposition der Bevölkerung und Bewertung. Zusammenfassender Bericht der Strahlenschutzkommission; Stuttgart New York: Gustav Fischer (Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission Band 7)
- Statistisches Bundesamt (Hg.) 1988: Statistisches Jahrbuch 1988 für die Bundesrepublik Deutschland; Stuttgart Mainz: W. Kohlhammer
- Statistisches Bundesamt (Hg.) 1989: Statistisches Jahrbuch 1989 für die Bundesrepublik Deutschland; Stuttgart: Metzler-Poeschel
- Statistisches Bundesamt (Hg.) 1990: Statistisches Jahrbuch 1990 für die Bundesrepublik Deutschland; Stuttgart: Metzler-Poeschel
- Thieme C, Lack N 1987: Zur Gefährdung von Schwangerschaften nach Tschernobyl. Auswertung der Daten der Perinatalerhebungen Bayerns und Niedersachsens zu potentiellen Folgen der Strahlenexposition vom 30.4. bis 6.5.1986; Der Frauenarzt, Nr. 6: 65-76
- Thieme C, Lack N 1989: Zur Gefährdung von Schwangerschaften nach Tschernobyl. Auswertung der Daten der Perinatalerhebungen Bayerns und Niedersachsens zu potentiellen Folgen der Strahlenexposition im ersten Jahr nach dem Reaktorunfall; Der Frauenarzt Nr. 1: 27-36