

Epi.Consult GmbH

Prof. Dr. med. Eberhard Greiser

**Leukämie-Erkrankungen bei Kindern und Jugendlichen
in der Umgebung von Kernkraftwerken in fünf Ländern
Meta-Analyse und Analyse**

**Im Auftrage der Bundestagsfraktion
B'90/Die Grünen**

Musweiler 1. September 2009

Epi.Consult GmbH– Ortstr. 1 A – 54534 Musweiler
Geschäftsführer: Prof. Dr. Eberhard Greiser, Dipl.-Ing. Claudia Greiser, M.P.H.
Handelsregister Wittlich HRB 40 797 – Bankverbindung Postbank Stuttgart (BLZ 600 100 70)
Konto 181 111 707 - Steuer-Nummer 43 665 06983 (Finanzamt Bernkastel-Wittlich)

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Einleitung	6
Material und Methoden	7
Ergebnisse	10
Diskussion	12
Tabellen 3-9	16
Glossar	30

Zusammenfassung

1. Schon häufig sind in den letzten Jahren Studien über erhöhte Leukämie-Häufigkeiten bei Kindern in der Umgebung von Kernkraftwerken publiziert worden. Die letzte von diesen Studien, war die so genannte KiKK-Studie, eine Fall-Kontroll-Studie, in der das Leukämie-Risiko um 16 deutsche Kernkraftwerke untersucht wurde. Es zeigte sich eine bis 50 Kilometer Entfernung nachweisbare Erhöhung des Erkrankungsrisikos bei Säuglingen und Kindern unter 5 Jahren.
2. Mit der hier vorgelegten Studie wird das Thema vertieft und die Datenbasis erheblich erweitert. Damit ist die vorliegende Meta-Analyse die weltweit umfassendste zur Problematik von kindlichen Leukämien in der Umgebung von Kernkraftwerken. Sie stützt sich auf alle verfügbaren Studien mit Erkrankungshäufigkeiten in der Umgebung von Kernkraftwerken und zusätzlich auf Daten aus Krebsregistern in den USA. Es finden sich statistisch signifikante Erhöhungen des Leukämie-Risikos in verschiedenen Altersgruppen von Kindern und Jugendlichen: Die herausragenden Ergebnisse: Bei Säuglingen und Kleinkindern unter 5 Jahren ist das Risiko um 19%¹ erhöht, bei Kindern unter 15 Jahren um 13%².
3. Die Auswertungen der Meta-Analyse sind für verschiedene Altersgruppen beider Geschlechter durchgeführt worden. Die Zusammensetzung der Altersgruppen war durch die jeweils verfügbaren Daten vorgegeben.

¹ 95%-Vertrauensbereich 13% - 25%

² 95%-Vertrauensbereich 10% - 17%

Alter	Anzahl der untersuchten Kernkraftwerke	Anzahl der dabei gefundenen Leukämien	Risiko-Erhöhung %	95%-Vertrauensbereich
0-4	75	2.038	19 %	13 % - 25 %
5-9	22	581	14 %	5 % - 25 %
10-14	22	465	24 %	12 % - 37 %
0-14	80	3742	13 %	10 % - 17 %
15-19	22	423	20 %	8 % – 33 %
20-24	22	345	22 %	8 % - 36 %

Der 95%-Vertrauensbereich gibt an, wie groß die Schwankungsbreite der Risiko-Erhöhung in 95 von 100 denkbaren vergleichbaren Analysen sein würde. Alle gefundenen Risiko-Erhöhlungen sind statistisch signifikant.

Aus den Risiko-Erhöhlungen lässt sich ableiten, wie viele der Erkrankungen ungefähr durch den Risikofaktor „Wohnen in der Nähe eines Kernkraftwerkes“ hervorgerufen worden sind: Bei den unter 5 Jahre alten Kindern wären es 335 (ca. 16%), bei den unter 14 Jahre alten Kindern 430 (ca. 12%).

4. Eine derartige Risiko-Erhöhlung durch ein Umweltrisiko ist als ganz erheblich zu betrachten. Als Vergleich kann man das Lungenkrebsrisiko für Nichtraucher heranziehen, die am Arbeitsplatz dem Zigarettenqualm rauchender Kolleginnen und Kollegen ausgesetzt sind. Die Weltgesundheitsorganisation hatte bereits 2004 auf der Basis von Meta-Analysen ein zusätzliches Risiko zwischen 13% und 19% ermittelt³. Nach langer öffentlicher Debatte führte dieses auch in Deutschland zu einer Gesetzgebung, die Rauchen am Arbeitsplatz eindämmte.
5. Zusätzlich zu den Erkrankungsrisiken sind auch die Sterblichkeitsrisiken für Leukämie in der Umgebung von Kernkraftwerken analysiert worden. Die Ergebnisse deuten in eine vergleichbare Richtung wie bei den Erkrankungsrisiken. Allerdings ist die Inter-

³ Tobacco Smoke and Involuntary Smoking. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 83. World Health Organization. International Agency for the Research on Cancer, Lyon, 2004.

pretation von Sterblichkeitsrisiken deswegen außerordentlich problematisch, weil zur Sterblichkeit außer der Neuerkrankungshäufigkeit in erheblichem Umfang die Qualität und Intensität der in den jeweiligen Untersuchungsregionen angewendeten Therapie beitragen. Der Einfluss der Therapie-Komponente auf das Sterblichkeitsrisiko kann im Rahmen einer Meta-Analyse praktisch nicht abgeschätzt werden.

6. Da kindliche Leukämien eine relativ kurze Latenzzeit⁴ aufweisen, je nach Erkrankungsalter weniger als 9 Monate bis ca. 5 Jahre, steht zu befürchten, dass andere Krebserkrankungen, bei denen eine längere Latenzzeit besteht, erst nach längerer Beobachtungszeit und bei der Auswertung größerer Krebsregister entdeckt werden können.
7. Bei der hier vorgestellten Untersuchung konnten Erkrankungsdaten in der Umgebung von 80 Kernkraftwerken aus fünf Ländern ausgewertet werden: Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Canada und USA. Für die USA standen Originaldaten aus dem Krebsregister-Projekt des National Cancer Institute (1973-2006)⁵ und des Krebsregisters des Bundesstaates Illinois (1987-2006) sowie Auswertungen aus zwei weiteren Krebsregistern (Pennsylvania, Florida) zur Verfügung (10.492 Fälle). Für die Altersgruppe der unter 5-jährigen Säuglinge und Kleinkinder konnten insgesamt 2.096 Erkrankungsfälle in der Nähe von Kernkraftwerken herangezogen werden, für die unter 14 Jahre alten Kinder 3.742.
8. Die neuen Ergebnisse aus den USA und mehreren europäischen Ländern bestätigen die Ergebnisse der Studie des Mainzer Kinderkrebsregisters, die ebenfalls erhöhte Leukämieraten in der Umgebung von deutschen Atomanlagen fanden. Gleichzeitig sprechen die hier vorgelegten internationalen Ergebnisse gegen die Ansicht, nach der radioaktive Emissionen aus Atomanlagen als Ursache für die Leukämieerhöhungen grundsätzlich auszuschließen sind. Die Deutsche Strahlenschutzkommission hatte sich noch im Frühjahr dieser Ansicht angeschlossen.

⁴ Unter Latenzzeit versteht man die Zeit zwischen dem ersten Einwirken eines Risikofaktors und der Diagnosestellung.

⁵ Surveillance, Epidemiology, and End Results (SEER) Program (www.seer.cancer.gov) Limited-Use Data (1973-2006), National Cancer Institute, DCCPS, Surveillance Research Program, Cancer Statistics Branch, released April 2009, based on the November 2007 submission.

I. Einleitung

Erkrankungen an Leukämie im Kindesalter sind in der Umgebung von Kernkraftwerken und nucleartechnischen Anlagen in der Vergangenheit mehrfach in der wissenschaftlichen Literatur berichtet worden⁶. Dabei fanden sich im näheren Umkreis, wie z.B. beim Kernkraftwerk Krümmel, erhebliche Risikoerhöhungen⁷. Sie stiegen bei unter 5 Jahre alten Säuglingen und Kindern auf fast das Fünffache, bei unter 14 Jahre alten Kindern auf das Dreieinhalbfache des nationalen Referenzwertes.

In der KiKK-Studie wurde schließlich in einem innovativen Design erstmalig der genaue Abstand der Wohnung von an Leukämie erkrankten Säuglingen und Kindern unter 5 Jahren im Umkreis von 16 deutschen Kernkraftwerken im Rahmen einer Fall-Kontroll-Studie mit den entsprechenden Daten von Vergleichskindern analysiert⁸. Dabei ergab sich eindeutig, dass mit zunehmender Entfernung vom nächstgelegenen Kernkraftwerk das Erkrankungsrisiko abnahm.

Eine im Jahre 2007 erschienene Meta-Analyse⁹ zeigte einen Anstieg von Leukämie-Häufigkeit und Leukämie-Sterblichkeit in der Umgebung von Kernkraftwerken und Aufbereitungsanlagen. Die Publikation wurde jedoch kritisiert, weil lediglich relativ alte Publikationen herangezogen worden waren und die Anzahl einbezogener Kernkraftanlagen relativ gering war.

⁶ Black RJ, Sharp L, Harkness EF, McKinney PA. Leukemia and non-Hodgkin's lymphoma: Incidence in children and young adults resident in the Dounreay area of Caithness, Scotland in 1968-1991. *J Epidemiol Community Health* 1994; 48: 232-236;

Gardner MJ. Father's occupational exposure to radiation and the raised level of childhood leukaemia near the Sellafield nuclear plant. *Environ Health Perspect* 1991; 94: 5-7.

Pobel D, Viel JF. Case-control study of leukaemia among young people near La Hague reprocessing plant: the environmental hypothesis revisited. *Br Med J* 1997; 314: 101-106.

⁷ Hoffmann W, Terschüren C, Richardson DB. Childhood leukemia in the vicinity of the Geesthacht nuclear establishments near Hamburg, Germany. *Environ Health Perspect* 2007; 115: 947-952.

⁸ Kaatsch P, Spix C, Schulze-Rath R, Schmiedel S, Blettner M. Leukemia in young children living in the vicinity of German nuclear power plants. *Int J Cancer* 2008; 1220: 721-726.

Spix C, Schmiedel S, Kaatsch P, Schulze-Rath R, Blettner M. Case-control study on childhood cancer in the vicinity of nuclear power plants in Germany 1980-2003. *Eur J Cancer* 2008; 44:432-440.

⁹ Baker PJ, Hoel DG. Meta-analysis of standardized incidence and mortality rates of childhood leukaemia in proximity to nuclear facilities. *Eur J Cancer Care* 2007; 16:355-363.

II. Material und Methoden

Zielsetzung dieser Untersuchung war es, die Erkrankungshäufigkeit an Leukämie bei Kindern und Jugendlichen in der Umgebung von Kernkraftwerken zu analysieren und einer gepoolten Auswertung im Rahmen einer Meta-Analyse zuzuführen.

Zu diesem Zweck wurden zwei Wege beschritten: Zum Einen wurden mehrere Literaturrecherchen durchgeführt, um diejenigen wissenschaftlichen Publikationen zu ermitteln, in denen überhaupt Neuerkrankungshäufigkeiten (Inzidenz) in der Umgebung von Kernkraftwerken berichtet wurden. In der Folge wurden dann diejenigen Publikationen ausgewählt, die die zeitnächsten Informationen enthielten. Zum Zweiten wurden Originaldaten aus bevölkerungsbezogenen Krebsregistern, soweit verfügbar, ausgewertet. Tabelle 1 führt die verwendeten Datenquellen im Detail auf.

Für die Meta-Analyse wurden nur solche Publikationen ausgewählt, die entweder für die Untersuchungsregionen die Anzahl von Beobachtungen und die entsprechenden Erwartungswerte auswies bzw. die Anzahl von Beobachtungen und die standardisierten Inzidenz-Ratios (SIR), aus denen jeweils die Erwartungswerte berechnet werden konnten.

Für die USA bestand die Möglichkeit, auf die Einzeldaten einiger Krebsregister direkt zuzugreifen. Dieser Zugang war gegeben für das Krebs-Register-Projekt des National Cancer Institute (**S**urveillance, **E**pidemiology and **E**nd **R**esults), das etwa 28% der Bevölkerung der USA abdeckt und von den Epidemiologen des National Cancer Institute als repräsentativ für die gesamten USA betrachtet wird. Ein vergleichbarer Zugriff war auf die Daten des Krebsregisters von Illinois möglich. Die Krebsregister von Florida und von Pennsylvania boten die Möglichkeit, online Tabellen zu erstellen, die für die Analysen hinreichend differenziert waren.

Tabelle 3 führt für die einzelnen, in die Analysen einbezogenen Kernkraftwerke die relevanten Kenngrößen auf. Dazu gehören auch die Zeiträume, für die bei den jeweiligen Kernkraftwerken Erkrankungsdaten verfügbar waren. Diese Zeiträume decken in der Regel nicht die gesamte Zeit ab, in der die Kernkraftwerke im Leistungsbetrieb gearbeitet haben. Dieses ist dem Umstand geschuldet, dass Erkrankungsdaten aus Krebsregistern nur retrospektiv selten für so lange Zeiträume zur Verfügung standen.

Tabelle 1. Datenquellen für Erkrankungsdaten

Datenquelle	Land	Zeitraum	Untersuchungsregion um Kernkraftwerke
1. Wissenschaftliche Literatur			
Clarke et al. 1989 & 1991 ¹⁰	Canada	1964-1985/86	Ca. 50 m km (County)
Kaletsch et al. 1997 ¹¹	Deutschland	1980-1995	Ca. 15 km (Gemeinden)
Kaatsch et al. 2008 ¹²	Deutschland	1980-2003	Ca. 50 km (Kreise)
Möhner et al. 1993 ¹³	Deutschland (Gebiet der früheren DDR)	1966-1988	Ca. 15 km (Gemeinden)
Evrard et al. 2006 ¹⁴	Frankreich	1990-2001	40 km * 40 km-Quadrat (Gemeinden)
Laurier et al. 2008 ¹⁵	Frankreich	1990-1998	20 km-Umkreis (Gemeinden)
COMARE ¹⁶	Großbritannien	1969-1993	25 km-Umkreis (Zensusbezirke)
2. Krebsregister			
National Cancer Institute ¹⁷	USA	1973-2006	Counties und angrenzende Counties (s. Text)
Illinois State Cancer Registry ¹⁸	USA	1987-2006	
Florida State Cancer Registry ¹⁹	USA	1981-2006	
Pennsylvania State Cancer Registry ²⁰	USA	1990-2006	

¹⁰ Clarke EA, McLaughlin J, Anderson TW. Childhood leukaemia around Canadian nuclear facilities. Phase I. Final report. Atomic Energy Control Board, Ottawa, 1989.

Clarke EA, McLaughlin J, Anderson TW. Childhood leukaemia around Canadian nuclear facilities. Phase II. Final report. Atomic Energy Control Board, Ottawa, 1991.

¹¹ Kaletsch U, Meinert R, Miesner A, Hoisl M, Kaatsch P, Michaelis J. Epidemiologische Studien zum Auftreten von Leukämieerkrankungen bei Kindern in Deutschland. Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 1997.

¹² Kaatsch P, Spix C, Schulze-Rath R, Schmiedel S, Blettner M. Leukemia in young children living in the vicinity of German nuclear power plants. *Int J Cancer* 2008; 1220: 721-726.

¹³ Möhner M, Stabenow R. Childhood malignancies around nuclear installations in the former GDR. *Med Forsch* 1993; 6: 59-67.

¹⁴ Evrard AS, Hémon D, Morin A, Laurier D, Tirmarche M, Backe JC, Chartier M, Clavel J. Childhood leukaemia around French nuclear installations using geographic zoning based on gaseous discharge dose estimates. *Br J Cancer* 2006; 94: 1342-1347.

¹⁵ Laurier D, Hémon D, Clavel J. Childhood leukaemia incidence below the age of 5 years near French nuclear power plants. *J Radiol Protect* 2008; 28: 401-403.

¹⁶ Committee on Medical Aspects of Radiation in the Environment (COMARE). Tenth report. The incidence of childhood cancer around nuclear installations in Great Britain. 2005.

¹⁷ Surveillance, Epidemiology, and End Results (SEER) Program (www.seer.cancer.gov) Limited-Use Data (1973-2006), National Cancer Institute, DCCPS, Surveillance Research Program, Cancer Statistics Branch, released April 2009, based on the November 2007 submission.

¹⁸ Illinois State Cancer Registry: Melinda Lehnher, R.N., Assitant Division Chief.

Illinois Department of Pulic Health, Illinois State Cancer Registry, public data set v16, data as of November 2008.

¹⁹ Florida State Cancer Registry: http://fcds.med.miami.edu/oscripts/pub_textrates_age.asp

²⁰ Pennsylvania State Cancer Registry: <http://app2.health.state.pa.us/epiqms/default.asp>

Die Methodik der Analyse der Daten aus amerikanischen Krebsregistern hat sich streng an der Methodik eines Projektes orientiert, das vom National Cancer Institute der USA im Jahre 1990 publiziert wurde²¹.

Dabei war folgendermaßen vorgegangen worden: Für die jeweiligen Kernkraftwerke wurde das County bestimmt, in dem sich der Standort des Kernkraftwerkes befand. Falls ein weiteres County durch einen 10-Meilen-Kreis um den Standort des Kernkraftwerkes derartig geschnitten wurde, dass sich von der Kreisfläche mindestens 20 % in diesem County befand, wurde dieses County als „angrenzendes“ County in die Analyse einbezogen. Sämtliche Neuerkrankungsfälle eines Counties wurden ein Kalenderjahr nach Aufnahme des Leistungsbetriebes eines Kernkraftwerkes in die Analyse einbezogen. Nach Stilllegung eines Kernkraftwerkes wurden die Neuerkrankungsdaten noch für das Folgejahr in die Analyse einbezogen. Da sich in den USA mehrfach Kernkraftwerke in geringem Abstand voneinander finden, wurde von Jablon und Koautoren in Fällen von mehreren Kernkraftwerken in benachbarten Counties eine Zusammenfassung dieser Kernkraftwerke zu einer Auswertungseinheit vorgenommen. Dieses Verfahren ist für die nach Publikation des Reports von Jablon et al. neu installierten Kernkraftwerke in analoger Form angewendet worden. Analog zu den Publikationen aus Großbritannien, Frankreich und Canada wurden für sämtliche Analysen zur Ermittlung der Erwartungswerte die jährlichen nationalen Inzidenzraten herangezogen.

Die statistische Analyse der aus der Literatur und aus den Originaldaten der Krebsregister gewonnenen Erkrankungsdaten im Rahmen der Meta-Analyse erfolgte nach dem Verfahren der allgemeinen Varianz-basierten Methode (Petitti 2002)²².

Die Auswertungen erfolgten in verschiedenen Altersstrata: unter 4 Jahre alte Säuglinge und Kinder, 5 bis 9 Jahre alte Kinder, 10-14 Jahre alte Kinder, 15 bis 19 Jahre alte Jugendliche und 20 bis 24 Jahre alte Erwachsene. Da in den vorliegenden Publikationen auf eine Auswertung nach Geschlecht verzichtet wurde, erfolgten die Auswertungen in identischer

²¹ Jablon S, Hrubec Z, Boice JD, Stone JB. Cancer in populations living near nuclear facilities. Vol. 1-3. National Cancer Institute Report NIH/PUB/90-874, 1990.

²² Petitti DB (2000) Statistical methods in meta-analysis. In Pettiti DB (ed) Meta-analysis, decision analysis, and cost-effectiveness analysis. 2nd edn, Oxford University Press, New York, UK, pp. 111-113.

Form, obgleich die Daten der US-Krebsregister auch eine Stratifizierung nach Geschlecht erlaubt hätten. Die Ergebnisse erlauben deshalb keine Aussage darüber, ob möglicherweise geschlechtsspezifische Unterschiede bestehen könnten. In einigen Fällen fanden sich für einzelne Kernkraftwerke für einzelne Altersgruppen keine Erkrankungsfälle. Um auch solche Kernkraftwerke nicht aus der Meta-Analyse auszuschließen, wurde in solchen Fällen die „0“ durch den Wert 0.01 substituiert.

Die Neuerkrankungsdaten um britische Kernkraftwerke (COMARE, 2005) boten in zwei Aspekten eine Besonderheit: Für die unter 5 Jahre alten Säuglinge und Kinder waren Daten lediglich für akute myeloische Leukämien angegeben worden. Diese Form der kindlichen Leukämien machen bezogen auf alle Leukämie-Formen lediglich ca. 13.5 % aus²³. Für die Altersgruppe der unter 14-jährigen Kinder wurden von den britischen Wissenschaftlern Leukämien und Non-Hodgkin-Lymphome zusammengefasst. Da in dieser Altersgruppe die Non-Hodgkin-Lymphome prozentual lediglich etwa 1 % der Leukämie-Erkrankungsfälle entsprechen, wurden diese Daten ebenfalls in die Meta-Analyse integriert. Es kann nicht angenommen werden, dass die Hinzufügung der Non-Hodgkin-Lymphome zu den Leukämien das Ergebnis in irgendeiner Weise verzerren könnte.

III. Ergebnisse

Insgesamt konnten die Daten von Leukämie-Erkrankungen von 80 Kernkraftwerken aus fünf Ländern analysiert werden. Da verschiedene Kernkraftwerke über mehr als einen Reaktorblock verfügten, waren insgesamt 172 Reaktorblöcke in die Studie einbezogen worden.

Es zeigten sich erhebliche Unterschiede in der Verfügbarkeit von Krebsregisterdaten zwischen den einzelnen Ländern: Die Zeiträume reichten von 34 Jahren bei den Daten des National Cancer Institute der USA, über 24 Jahre für britische Daten und Daten über deutsche Kernkraftwerke (KiKK-Studie) bzw. 16 Jahre für Kinder unter 15 Jahren in Deutschland. Für die beiden Kernkraftwerke in Canada lagen Erkrankungsdaten für 22 bzw. 23 Jahre vor. Die französischen Daten deckten nur einen relativ kurzen Zeitraum ab: In der jüngsten Publikation (Laurier et al. 2008) lediglich neun Jahre, in einer früheren Publikation (Evraud et al. 2006) 12 Jahre. In Bezug auf die Aktualität der verfügbaren Daten schneiden die Daten der amerikanischen Krebsregister am besten ab: Hier waren Daten bis einschließlich 2006 verfügbar, während für die französischen Kernkraftwerke in der Publikation von Lau-

²³ Deutsches Kinderkrebsregister. Ergebnisse der Routineauswertungen 2008. www.kinderkrebs.de

rier und Koautoren (2008) lediglich auf Daten von 1990 bis 1998 zurückgegriffen wurde. Dieses ist deswegen nicht unproblematisch, weil erfahrungsgemäß Krebsregister innerhalb der ersten fünf Jahre nach dem Beginn der Registrierung die betroffene Bevölkerung noch relativ unvollständig abdecken, so dass erst nach dieser Anlaufphase mit einer hinreichend verlässlichen Datenbasis gerechnet werden kann.

Die Ergebnisse der Meta-Analyse (gepoolte Auswertungen) basieren für die Altersgruppen der unter 5-jährigen Säuglinge und Kleinkinder und für die unter 15-jährigen Kinder auf die Erkrankungsdaten in der Umgebung der meisten Kernkraftwerke, nämlich auf 75 bzw. 80 Kernkraftwerken, während für die übrigen Altersgruppen lediglich Daten von 22 amerikanischen Kernkraftwerken zur Verfügung standen.

Insofern sind die Ergebnisse für die unter 5 Jahre alten Säuglinge und Kinder und für Kinder bis zum 14. Lebensjahr bedeutsamer und im Hinblick auf ihre Verallgemeinerungsfähigkeit aussagekräftiger.

Für alle untersuchten Altersklassen sind die Ergebnisse jedoch statistisch signifikant. Tabelle 2 zeigt die aus den Tabellen 4-9 zusammen gefassten Ergebnisse der Meta-Analysen.

Alter	Anzahl Kernkraftwerke	Anzahl Leukämien	Risiko-Erhöhung %	95%-Vertrauensbereich
0-4	75	2.038	19 %	13 % - 25 %
5-9	22	81	14 %	5 % - 25 %
10-14	22	465	24 %	12 % - 37 %
0-14	80	3.742	13 %	10 % - 17 %
15-19	22	423	20 %	8 % - 33 %
20-24	22	345	22 %	8 % - 36 %

Die Risikoerhöhungen reichen von 13 % bis 24 %. Die in Tabelle 2 ausgewiesenen 95%-Vertrauensbereiche sind so zu interpretieren, dass in 95 von 100 denkbaren Analysen die tatsächliche Risikoerhöhung sich in diesem Rahmen bewegen würde. Es ist eine epidemio-

logische Konvention, lediglich solche Ergebnisse als statistisch signifikant zu betrachten, bei denen auch die untere Grenze des Vertrauensbereichs eine Erhöhung anzeigt. Vergleicht man die Ergebnisse der verschiedenen Altersgruppen hinsichtlich ihrer Vertrauensbereiche, so zeigt sich, dass die Vertrauensbereiche sich überschneiden. In einem solchen Fall kann nicht davon gesprochen werden, dass ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen für die einzelnen Altersgruppen besteht. Mit anderen Worten: Obgleich die Risikoerhöhungen zwischen 13 % und 24 % liegen, kann nicht konstatiert werden, dass diese Werte statistisch unterschiedlich sind.

IV. Diskussion

Die vorliegende Meta-Analyse stellt die bisher umfassendste Analyse zum Problem des Auftretens von Leukämien im Kinder- und Jugendalter in der Umgebung von Kernkraftwerken dar.

Die Methodik der Meta-Analyse ist auch die einzige adäquate Methode, um Erkrankungsdaten aus verschiedenen Regionen und aus der Umgebung von Kernkraftwerken mit durchaus unterschiedlichen Charakteristika zusammenzufassen. Deshalb entsprechen gepoolte Analysen, die sich beschränken auf eine bloße Aufsummierung von Erkrankungsfällen und erwarteten Erkrankungsfällen über verschiedene Kernkraftwerke²⁴, nicht dem Stand der Wissenschaft. Immerhin muss die Methodik der Meta-Analyse seit Beginn der neunziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts als epidemiologischer Standard betrachtet werden²⁵.

Bei einer Meta-Analyse werden im Gegensatz zu einer bloßen Addition die Ergebnisse einzelner Studien bzw. einzelner Kernkraftwerksstandorte in einer solchen Form gewichtet, dass die unterschiedlichen Erkrankungshäufigkeiten und die sich daraus ergebenden Risikoerhöhungen oder Risikosenkungen adäquat gewichtet werden.

²⁴ Evrard AS, Hémon D, Morin A, Laurier D, Tirmarche M, Backe JC, Chartier M, Clavel J. Childhood leukaemia around French nuclear installations using geographic zoning based on gaseous discharge dose estimates. *Br J Cancer* 2006; 94: 1342-1347.
Laurier D, Hémon D, Clavel J. Childhood leukaemia incidence below the age of 5 years near French nuclear power plants. *J Radiol Protect* 2008; 28: 401-403.
Bithell JF, Keegan TJ, Kroll ME, Murphy MFG, Vincent TJ. Childhood leukaemia near British nuclear installations: Methodological issues and recent results. *Radiat Protect Dosimetry* 2008; 132: 191-197.

²⁵ DerSimonian R, Laird N. Meta-analysis in clinical trials. *Controlled Clinical Trials* 1986; 7:177-188.
Greenland S. Quantitative methods in the review of epidemiologic literature. *Epidemiol Rev* 1987; 9:1-30.

Insofern ist es nicht ganz unproblematisch, in eine Meta-Analyse auch die Ergebnisse solcher inadäquat zusammengefassten Analysen einzubeziehen. Dieses ist bei der Altersgruppe der unter 5 Jahre alten Säuglinge und Kleinkinder mit der Einbeziehung der Ergebnisse von Laurier und Koautoren (2008) geschehen und wird damit begründet, dass sonst die Ergebnisse aus Frankreich in dieser Altersgruppe vollkommen unberücksichtigt geblieben wären.

Bei der vorliegenden Meta-Analyse liegen aus den einzelnen Ländern und Publikationen Erkrankungsdaten vor, die sich auf unterschiedliche Entfernungen der Untersuchungsregionen in der Umgebung von Kernkraftwerken beziehen. Für Deutschland sind Gemeinden einbezogen worden, die im Wesentlichen im 15-Kilometer-Radius um Kernkraftstandort lagen. Die britischen Analysen legen einen 25-Kilometer-Radius zugrunde. Für Frankreich sind teils ein 20-Kilometer-Radius (Laurier et al. 2008), teils ein 40x40-Kilometer-Quadrat um Kernkraftwerke verwendet worden, um die Untersuchungsregion zu definieren (Evrard et al. 2006). In Canada und den USA sind schließlich Counties durchaus unterschiedlicher Größe herangezogen worden. Es ist zu diskutieren, in welcher Richtung Verzerrungen des Ergebnisses einer Meta-Analyse möglich sind, wenn solcherart disparate Daten in die Analyse eingehen. Bei der Annahme von Emissionen von Kernkraftwerken als mögliche Ursachen für etwaige Risikoerhöhungen ist davon auszugehen, dass sich das Erkrankungsrisiko mit zunehmender Entfernung vom Kernkraftwerk vermindert. Dieses würde bei der Einbeziehung von Untersuchungsregionen mit größerer Entfernung zum jeweiligen Kernkraftwerk tendenziell zu einem verminderten Risiko führen. Die meta-analytische Auswertung von Untersuchungsregionen mit kleinerer und größerer Entfernung zu den einzelnen Kernkraftwerken dürfte demnach eher zu einer Unterschätzung der „wahren“ Risiken führen.

Nach den Ergebnissen der hier vorliegenden Meta-Analyse besteht kein Zweifel daran, dass die Erhöhung des Erkrankungsrisikos für Leukämien im Kindes- und Jugendalter in der Umgebung von Kernkraftwerken kein isoliertes Phänomen um einzelne Kernkraftwerke darstellt. Es ist bedauerlich, dass lediglich für fünf Industrieländer Neuerkrankungsraten für Leukämien in der Umgebung von Kernkraftwerken publiziert worden sind bzw. entsprechende Daten für wissenschaftliche Auswertungen zur Verfügung stehen. Deshalb ist die Verallgemeinerungsfähigkeit im strengen Sinne auf diese fünf Länder eingeschränkt.

Im Rahmen dieses Berichtes wird auf die Darstellung der Ergebnisse einer Meta-Analyse von Sterblichkeitsrisiken an Leukämie in der Umgebung von Kernkraftwerken verzichtet.

Diese Analyse hatte zwar gleichfalls erhöhte Mortalitätsrisiken ergeben. Die Interpretation von Mortalitätsrisiken für Erkrankungen, bei denen erhebliche therapeutische Erfolge die Regel sind, ist jedoch mit erheblichen Problemen behaftet, weil unterschiedliche Mortalitätsrisiken sowohl auf unterschiedliche Neuerkrankungshäufigkeiten zurückgehen können als auch auf unterschiedliche Therapiequalität und Therapie-Intensität. Dieses gilt insbesondere für die Therapie von Leukämien im Kindesalter, da auf diesem Gebiet im Laufe der letzten Jahrzehnte erhebliche therapeutische Fortschritte zu verzeichnen waren.

Aus den Ergebnissen einer Meta-Analyse kann zweifelsohne keine Kausalbeziehung zwischen möglichen Emissionen der Kernkraftwerke und der ermittelten Risikoerhöhung abgeleitet werden. Es muss jedoch an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass als mögliche Ursachen für Leukämien im Kindes- und Jugendalter zwar eine Vielzahl von Risikofaktoren in der epidemiologischen Literatur diskutiert worden sind, als unstrittig etablierter Risikofaktor jedoch lediglich die Einwirkung von ionisierenden Strahlen betrachtet werden kann²⁶.

In der Diskussion der Ergebnisse der KiKK-Studie ist hypothetisiert worden, dass möglicherweise ein noch unentdeckter Risikofaktor für das mit zunehmender Entfernung vom nächstgelegenen Kernkraftwerk abnehmende Erkrankungsrisiko verantwortlich sein könnte. Unter epidemiologischen Gesichtspunkten ist ein solcher noch unbekannter Risikofaktor als eher unwahrscheinlich zu bezeichnen, da von ihm angenommen werden müsste, dass er in der Umgebung aller deutschen Kernkraftwerke sich in gleicher Weise mit zunehmender Entfernung vom Kernkraftwerk verdünnte.

Es kann deshalb keineswegs ausgeschlossen werden, dass tatsächlich Emissionen von Kernkraftwerken für die Erhöhung des Erkrankungsrisikos verantwortlich sind.

Aus den in der Meta-Analyse ermittelten Risikoerhöhungen lässt sich das so genannte Attributiv-Risiko berechnen. Das Attributiv-Risiko beschreibt denjenigen Anteil von Erkrankungen, der dem untersuchten Risikofaktor zuschreibbar (attribuierbar) ist.

Für die Altersgruppe der unter 5-jährigen Säuglinge und Kleinkinder beträgt das Attributiv-Risiko 15.8 %, d.h. von den in die Meta-Analyse einbezogenen 2.038 Erkrankungsfällen wären 323 dem Wohnen in der Nähe von Kernkraftwerken zuschreibbar. Für die bis 14

²⁶ Belson M, Kingsley B, Holmes A. Risk factors for acute leukaemia in children: a review. *Environ Health Perspect* 2007; 115: 138-145.

Jahre alten Kinder entspricht die Risikoerhöhung von 13 % einem Attributiv-Anteil von 11.8 % und ca. 442 Attributiv-Fällen.

Es stellt sich die Frage nach der epidemiologischen Relevanz der Ergebnisse der Meta-Analyse. In der Umwelt-Epidemiologie werden in der Regel nur relativ geringe Risikoerhöhungen ermittelt. Diese erhalten dadurch ihre besondere Bedeutung, dass meistens größere Gruppen der Bevölkerung davon betroffen sind. Außerdem zeichnen sich Umweltrisiken häufig dadurch aus, dass das Individuum keine oder nur geringe Möglichkeiten hat, solchen Risiken zu entgehen. Ein Risikofaktor in der Umwelt, über den in der epidemiologischen Forschung seit langem Konsens besteht, ist das Passiv-Rauchen. Seine Bedeutung für die Entwicklung von Lungenkrebs bei Nichtrauchern ist heute unstrittig. Gesetzliche Regelungen in vielen entwickelten Ländern haben in den letzten Jahren zu einer deutlichen Verbesserung des Schutzes von Nichtrauchern geführt. Die Krebsforschungsorganisation (International Agency for Research on Cancer (IARC) der Weltgesundheitsorganisation hat im Jahre 2004 ermittelt, dass das zusätzliche Lungenkrebsrisiko durch Passiv-Rauchen für Nichtraucherinnen und Nichtraucher am Arbeitsplatz zwischen 13 % und 19 % liegt²⁷. Dieses entspricht der Größenordnung, die im Rahmen dieser Meta-Analyse für Leukämien durch das Wohnen in der Umgebung von Kernkraftwerken ermittelt worden ist. Deshalb müssen die in dieser Meta-Analyse ermittelten Risiken als relevant für die Gesundheit der Bevölkerung angesehen werden.

Bei der Analyse der Risikoerhöhungen für Leukämien im Kindes- und Jugendalter ist ein weiterer Aspekt von Bedeutung: Diese Erkrankungen weisen eine relativ kurze Latenzzeit auf, d.h. der Zeitraum zwischen dem ersten Einwirken des Faktors (z.B. ionisierende Strahlung) und dem Auftreten der Leukämie liegt zwischen wenigen Monaten (bei Säuglingen) und ca. 5 Jahren. Für andere bösartige Neubildungen werden Latenzzeiten von z.T. mehreren Jahrzehnten angenommen. Dieses bedeutet, dass bei längerer Beobachtungsdauer möglicherweise auch andere Krebserkrankungen als Folge des Wohnens in der Umgebung von Kernkraftwerken entdeckt werden könnten. Der Nachweis eines ursächlichen Zusammenhanges wird sich für andere Krebserkrankungen jedoch deswegen schwierig gestalten, weil für nahezu alle bösartigen Neubildungen im Erwachsenenalter eine Vielzahl von Risikofaktoren in Betracht gezogen werden müssen.

²⁷ Tobacco Smoke and Involuntary Smoking. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 83. World Health Organization. International Agency for the Research on Cancer, Lyon, 2004.

Tabelle 3. Kenngrößen der Kernkraftwerke und der verwendeten Erkrankungsdaten

Kernkraftwerk	Land ^a	Typ ^b	Leistungsbertrieb ^c		MW	Zeitraum Registerdaten verfügbar ^d (Quelle)	Gemeinsame Analyse mit ^e
			Beginn	Ende			
Douglas Point	CN	PWR	1967	1984	208	1964-1985/1986 (1)	
Pickering	CN	PWR	1971		3100	1964-1985/1986 (1)	
Biblis A, B	DE	PWR	1975		2525	1980-1995 (2)	
Brokdorf	DE	PWR	1986		1480	1987-1995 (2)	
Brunsbüttel	DE	BWR	1977		806	1980-1995 (2)	
Emsland/Lingen	DE	PWR/ BWR	1968		1652	1980-1995 (2)	
Grafenrheinfeld	DE	PWR	1982		1345	1983-1995 (2)	
Greifswald 1-5	DE	PWR/ WWER	1975	1990	1760	1980-1988 (3)	
Grohnde	DE	PWR	1985		1430	1986-1995 (2)	
Gundremmingen 1-3	DE	BWR	1967		2938	1983-1995 (2)	
Isar 1-2	DE	BWR/ PWR	1979		2387	1980-1995 (2)	
Krümmel	DE	BWR	1984		1402	1985-1995 (2)	
Neckarwestheim 1-2	DE	PWR	1976		2200	1980-1995 (2)	
Obrigheim	DE	PWR	1969	2005	357	1980-1995 (2)	
Philippsburg 1-2	DE	BWR/ PWR	1979		2384	1980-1995 (2)	
Rheinsberg	DE	PWR/ WWER	1966	1990	70	1966-1988 (3)	
Stade	DE	PWR	1972	2003	672	1980-1995 (2)	
Unterweser / Lingen	DE	PWR	1979		1410	1980-1995 (2)	
Würgassen	DE	BWR	1975	1994	670	1980-1995 (2)	
Französische Kernkraftwerke insges.	RF		1971			1990-1998 (4b)	
Belleville 1-2	RF	PWR	1988		2620	1990-2001 (4a)	
Bugey 2-5	RF	PWR	1979		3640	1990-2001 (4a)	
Cattenom 1-4	RF	PWR	1987		5200	1990-2001 (4a)	
Chinon 1-4	RF	PWR	1984		3480	1990-2001 (4a)	
Chooz 1-2	RF	PWR	1996		2910	1997-2001 (4a)	
Civaux	RF	PWR	1997		1450	1999-2001 (4a)	
Cruas 1-4	RF	PWR	1984		3520	1990-2001 (4a)	
Dampierre 1-4	RF	PWR	1980		3550	1990-2001 (4a)	
Fessenheim 1-2	RF	PWR	1977		1760	1990-2001 (4a)	
Flamanville 1-2	RF	PWR	1986		2660	1990-2001 (4a)	

Tabelle 3. (Fortsetzung)							
Kernkraftwerk	Land^a	Typ^b	Leistungsbertrieb^c		MW	Zeitraum Register- daten verfügbar^d (Quelle)	Gemeinsame Analyse mit^e
			Beginn	Ende			
Golfech 1-2	RF	PWR	1991		2620	1990-2001 (4a)	
Gravelines 1-6	RF	PWR	1980		5460	1990-2001 (4a)	
Le Blayais 1-4	RF	PWR	1981		3640	1990-2001 (4a)	
Nogent 1-2	RF	PWR	1988		2620	1990-2001 (4a)	
Paluel 1-4	RF	PWR	1985		5320	1990-2001 (4a)	
Penly 1-4	RF	PWR	1980		5560	1990-2001 (4a)	
St. Alban	RF	PWR	1986		2670	1990-2001 (4a)	
St. Laurent A2 B1-2	RF	GCR PWR	1971 1983	1992	515 1760	1990-2001 (4a)	
Tricastin 1-4	RF	PWR	1980		2670	1990-2001 (4a)	
Berkeley 1-2	UK	GCR	1962	1988	276	1969-1988 (5)	
Bradwell 1-2	UK	GCR	1962		246	1963-1993 (5)	
Chapelcross 1-4	UK	GCR	1959		200	1969-1993 (5)	
Dungeness 1-4	UK	GCR AGR	1965 1985		440 1110	1969-1993 (5)	
Hartlepool 1-2	UK	AGR	1983		1150	1983-1993 (5)	
Heysham 1-4	UK	AGR	1983		2350	1983-1993 (5)	
Hinkley Point 1-4	UK	GCR AGR	1965 1978		470 1170	1969-1993 (5)	
Hunterston 1-4	UK	GCR AGR	1964 1976	1990	320 1150	1969-1993 (5)	
Oldbury 1-2	UK	GCR	1967		434	1969-1993 (5)	
Sizewell 1-2	UK	GCR	1966		420	1969-1993 (5)	
Torness 1-2	UK	AGR	1988		1250	1988-1993 (5)	
Tranwsfynydd 1-2	UK	GCR	1965	1991	390	1969-1991 (5)	
Wylfa 1-2	UK	GCR	1971		950	1971-1993 (5)	
Beaver Valley 1-2	US	PWR	1976		1643	1990-2006 (8)	Shippingport
Braidwood 1-2	US	PWR	1988		2240	1989-2006 (7)	Dresden, La Salle
Byron 1-2	US	PWR	1985		2210	1987-2006 (7)	
Clinton	US	BWR	1987		930	1988-2006 (7)	
Crystal River 3	US	PWR	1977		825	1981-2006 (9)	
Diablo Canyon 1-2	US	PWR	1985		2160	1986-2006 (6)	
Dresden 2-3	US	BWR	1970		1598	1987-2006 (7)	Braidwood, La Salle

Tabelle 3. (Fortsetzung)							
Kernkraftwerk	Land^a	Typ^b	Leistungsbertrieb^c		MW	Zeitraum Registerdaten verfügbar^d (Quelle)	Gemeinsame Analyse mit^e
			Beginn	Ende			
Duane Arnold	US	BWR	1975		538	1976-2006 (6)	
Fort Calhoun	US	PWR	1973		478	1974-2006 (6)	
Haddam Neck	US	PWR	1967	1997	590	1976-1997 (6)	
Hope Creek	US	BWR	1986		1031	1987-2006 (6)	Salem
Humboldt Bay 3	US	BWR	1963	1976	63	1974-1976 (6)	
La Salle 1-2	US	BWR	1984		2156	1987-2006 (7)	Braidwood, Dresden
Limerick 1-2	US	BWR	1986		2110	1990-2006 (8)	
Millstone 1-3	US	BWR PWR	1971 1975		660 2024	1973-2006 (6)	
Oyster Creek	US	BWR	1969		610	1973-1979, 2001- 2006 (6)	
Peach Bottom 2-3	US	BWR	1974		2200	1990-2006 (8)	Three Mile Is- land
Quad Cities 1-2	US	BWR	1973		1578	1987-2006 (7)	
Rancho Seco	US	PWR	1975	1989	913	1976-1990 (6)	
River Bend	US	BWR	1986		936	2001-2006 (6)	
Salem 1-2	US	PWR	1972		2212	1973-2006 (6)	Hope Creek
San Onofre 1-3	US	PWR	1968		2586	2001-2006 (6)	
Shippingport	US	PLWBR	1957	1982	60	1990-2006 (8)	Beaver Valley
St. Lucie 1-2	US	PWR	1976		1678	1981-2006 (9)	
Susquehanna 1-2	US	BWR	1983		2200	1990-2006 (8)	
Three Mile Island 1-2	US	PWR	1974		1578	1990-2006 (8)	Peach Bottom
Turkey Point 3-4	US	PWR	1972		1332	1981-2006 (9)	
Waterford 3	US	PWR	1985		1075	2001-2006 (9)	
Zion 2	US	PWR	1972	1998	2080	1987-1999 (7)	

I

Tabelle 3. (Fortsetzung)

^a**Land:** CN = Canada, DE = Deutschland, RF = Frankreich, UK = Großbritannien, US = USA

^b**Reaktor-Typ:** BWR = Siedewasser-Reaktor, PWR = Druckwasser-Reaktor, GCR = Gasgekühlter Reaktor, PLWBR=Leichtwassermoderierter Druckwasser-Brüter, AGR = Gasgekühlter Reaktor der 2. Generation, WWER = Wassermoderierte, wassergekühlte Reaktoren sowjetischer Bauart

^c**Leistungsbetrieb:** Bei mehreren Reaktorblöcken an einem Standort wurde das Kalenderjahr des Leistungsbetriebes des ersten Blocks als Startjahr definiert. Wurde ein Block stillgelegt, liefen andere Blöcke dagegen weiter, wurde die Stilllegung für die Erfassung von Krebsfällen ignoriert.

^d Diese Zeiten ergeben sich aus der unterschiedlichen Verfügbarkeit von Inzidenzdaten aus Publikationen bzw. unterschiedliche Verfügbarkeit von Krebsregisterdaten.

^e**Gemeinsame Auswertung mit:** Für die USA erfolgte die Erfassung der inzidenten Fälle nach Counties bzw. angrenzenden Counties, wie es in der Studie von Jablon et al. Bereits durchgeführt wurde (Jablon S, Hrubec Z, Boice JD, Stone JB. Cancer in populations living near nuclear facilities. Vol. 1-3. National Cancer Institute Report NIH/PUB/90-874, 1990. Da z.T. mehr als ein Kernkraftwerk sich in einem County bzw. in einem angrenzenden County befand, wurden diese zu gemeinsamen Standorten zusammengefasst und zusammengefasst ausgewertet. Dieses Verfahren wurde auch bei den nach der Erstellung des NCI-Reports neu installierten Kernkraftwerken angewendet.

Quellen für Erkrankungsfälle (Literatur und Krebsregister)

- (1) Clarke EA, McLaughlin J, Anderson TW. Childhood leukaemia around Canadian nuclear facilities. Phase I. Final report. Atomic Energy Control Board, Ottawa, 1989.
Clarke EA, McLaughlin J, Anderson TW. Childhood leukaemia around Canadian nuclear facilities. Phase II. Final report. Atomic Energy Control Board, Ottawa, 1991.
- (2) Kaletsch U, Meinert R, Miesner A, Hoisl M, Kaatsch P, Michaelis J. Epidemiologische Studien zum Auftreten von Leukämieerkrankungen bei Kindern in Deutschland. Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 1997.
- (3) Möhner M, Stabenow R. Childhood malignancies around nuclear installations in the former GDR. Med Forsch 1993; 6: 59-67.
- (4) a. Evrard AS, Hémon D, Morin A, Laurier D, Tirmarche M, Backe JC, Chartier M, Clavel J. Childhood leukaemia around French nuclear installations using geographic zoning based on gaseous discharge dose estimates. Br J Cancer 2006; 94: 1342-1347.
b. Laurier D, Hémon D, Clavel J. Childhood leukaemia incidence below the age of 5 years near French nuclear power plants. J Radiol Protect 2008; 28: 401-403.
- (5) Committee on Medical Aspects of Radiation in the Environment (COMARE). Tenth report. The incidence of childhood cancer around nuclear installations in Great Britain. 2005.
- (6) SEER (Surveillance Epidemiology and End Results), National Cancer Institute, USA: Kompletter Datensatz für die Kalenderjahre 1973-2006. <http://seer.cancer.gov/resources/>
- (7) Illinois State Cancer Registry: Melinda Lehnerr, R.N., Assitant Division Chief
Illinois Department of Pulic Health, Illinois State Cancer Registry, public data set v16, data as of November 2008.
- (8) Pennsylvania State Cancer Registry: <http://app2.health.state.pa.us/epiqms/default.asp>
- (9) Florida State Cancer Registry: http://fcds.med.miami.edu/oscripts/pub_textrates_age.asp

Tabelle 3 (Fortsetzung)

Informationen über Kernkraftwerke

Canada:

1. International Nuclear Safety Center for the US Department of Energy. www.insc.anl.gov/pwrmaps/map/canada.php, August 2009.
2. Canadian Nuclear Safety Commission. www.cnscc.gc.ca/eng/licensesapplicants/powerplants/operating/
3. Ontario Power Generation. www.opg.com/power/nuclear/pickering/
4. Canadian Nuclear Society. http://www.cns-snc.ca/home_eng.html

Deutschland: Bundesamt für Strahlenschutz. Auflistung kerntechnischer Anlagen in Deutschland. Mai 2009.

Frankreich: International Nuclear Safety Center for the US Department of Energy
<http://www.insc.anl.gov/pwrmaps/map/france.php>

Groß Britannien: International Nuclear Safety Center for the US Department of Energy
http://www.insc.anl.gov/pwrmaps/map/united_kingdom.php

USA: International Nuclear Safety Center for the US Department of Energy
http://www.insc.anl.gov/pwrmaps/map/united_states.php und
<http://www.nrc.gov/info-finder/decommissioning/power-reactor/zion-nuclear-power-station-units-1-2.html>

Untersuchungsregionen

Canada: Counties ca. 50 km (Referenz: Inzidenz Ontario Cancer Registry)

Deutschland: 0-4 Jahre: KiKK 50 km (Referenz: 50-80 km)
0-14 Jahre: Gemeinden, die vom 15 km-Radius um die Kernkraftwerke mit mindestens 33% der Gemeindefläche geschnitten wurden (Referenz: nationale Inzidenz)

Frankreich: 0-4 Jahre: 20 km-Radius um Kernkraftwerke (Referenz: nationale Inzidenz)
0-14 Jahre: Quadrate 40x40 km um Kernkraftwerke (Referenz: nationale Inzidenz)

Groß Britannien: Censusbezirke im 25-Kilometer-Radius (Referenz: adjustierte nationale Inzidenzen)

USA: Counties und angrenzende Counties (wenn mindestens 20% eines Kreises mit Radius 20 Meilen (ca. 15 km) im angrenzenden County lag. County-Größe sehr variabel. (Referenz: nationale Inzidenz: Surveillance, Epidemiology, and End Results (SEER) Program (www.seer.cancer.gov) Limited-Use Data (1973-2006), National Cancer Institute, DCCPS, Surveillance Research Program, Cancer Statistics Branch, released April 2009, based on the November 2007 submission.)

Tabelle 4. Leukämie* in der Umgebung von Kernkraftwerken – Kinder im Alter unter 5 Jahren

Land	Alter	Kernkraftwerk(e)	Fälle	Erwartete Fälle	Relatives Risiko bzw. Odds Ratio (95% Vertrauensbereich)
CN	0-4	Douglas Point	6	4.60	1.30 (0.48 - 2.84)
CN	0-4	Pickering	52	43.10	1.21 (0.90 - 1.58)
DE	0-4	KiKK	-	-	1.13 (0.75 - 1.71)
RF	0-4	France	114	108.0	1.06 (0.87 - 1.27)
UK §	0-4	Berkeley	9	9.48	0.95 (0.43 - 1.80)
UK §	0-4	Bradwell	5	6.81	0.73 (0.24 - 1.71)
UK §	0-4	Chapelcross	2	1.57	1.27 (0.15 - 4.60)
UK §	0-4	Dungeness	1	1.51	0.66 (0.02 - 3.69)
UK §	0-4	Hartlepool	5	2.67	1.87 (0.61 - 4.37)
UK §	0-4	Heysham	2	1.98	1.01 (0.12 - 3.65)
UK §	0-4	Hinkley Point	7	4.43	1.58 (0.64 - 3.26)
UK §	0-4	Hunterston	5	3.28	1.52 (0.49 - 3.56)
UK §	0-4	Oldbury	14	11.99	1.17 (0.64 - 1.96)
US	0-4	Byron	6	3.97	1.51 (0.55 - 3.29)
US	0-4	Clinton	0	0.92	0.01 (0.00 - 4.05)
US	0-4	Crystal River	9	6.51	1.39 (0.64 - 2.63)
US	0-4	Diablo Canyon 1-2	77	56.76	1.36 (1.07 - 1.70)
US	0-4	Dresden, Braidwood, La Salle	82	57.62	1.42 (1.13 - 1.77)
US	0-4	Duane Arnold	27	26.60	1.02 (0.67 - 1.48)
US	0-4	Fort Calhoun	5	4.51	1.11 (0.36 - 2.59)
US	0-4	Haddam Neck	12	11.98	1.00 (0.52 - 1.75)
US	0-4	Humboldt Bay 3	0	1.46	0.01 (0.00 - 2.53)
US	0-4	Limerick 1-2	66	61.19	1.08 (0.83 - 1.37)
US	0-4	Millstone 1-3	53	35.63	1.49 (1.11 - 1.95)

Tabelle 4. (Forts.)					
Land	Alter	Kernkraftwerk(e)	Fälle	Erwartete Fälle	SIR bzw. Odds Ratio (95% Vertrauensbereich)
US	0-4	Oyster Creek	15	42.96	0.35 (0.20 - 0.58)
US	0-4	Quad City	8	4.95	1.62 (0.70 - 3.18)
US	0-4	Rancho Seco	53	183.2	0.29 (0.22 - 0.38)
US	0-4	River Bend	0	0.71	0.01 (0.00 - 5.24)
US	0-4	Salem 1-2 / Hope Creek	130	182.5	0.71 (0.60 - 0.85)
US	0-4	San Onofre 1-3	281	176.5	1.59 (1.41 - 1.79)
US	0-4	Shippingport / Beaver Valley 1-2	5	13.85	0.36 (0.12 - 0.84)
US	0-4	St. Lucie	19	16.15	1.19 (0.72 - 1.86)
US	0-4	Susquehanna 1-2	22	22.00	1.00 (0.63 - 1.51)
US	0-4	Three Mile Island 1-2 / Peach Bottom	101	94.67	1.07 (0.87 - 1.30)
US	0-4	Turkey Point	282	212.3	1.33 (1.18 - 1.49)
US	0-4	Waterford	0	1.18	0.01 (0.00 - 3.14)
US	0-4	Zion	59	25.97	2.27 (1.73 - 2.93)
Gepooltes Ergebnis					1.188 (1.127 - 1.252)
<p>*Neuerkrankungen (Inzidenz)</p> <p>§ nur akute myeloische Leukämien</p> <p>Land: CN = Canada, RF = Frankreich, DE = Deutschland, UK = Groß Britannien, US = USA</p>					

Tabelle 5. Leukämie in der Nähe von Kernkraftwerken – Kinder zwischen 5 und 9 Jahren					
Land	Alter	Kernkraftwerk(e)	Fälle	Erwartete Fälle	SIR (95% Vertrauensbereich)
US	5-9	Crystal River	2	3.65	0.55 (0.07 - 1.98)
US	5-9	Diablo Canyon 1-2	44	26.19	1.68 (1.22 - 2.26)
US	5-9	Duane Arnold	14	14.00	1.00 (0.55 - 1.68)
US	5-9	Fort Calhoun	2	2.58	0.78 (0.09 - 2.80)
US	5-9	Haddam Neck	9	6.37	1.41 (0.65 - 2.68)
US	5-9	Humboldt Bay 3	0	0.84	0.01 (0.00 - 4.44)
US	5-9	Limerick 1-2	27	28.46	0.95 (0.63 - 1.38)
US	5-9	Millstone 1-3	20	18.29	1.09 (0.67 - 1.69)
US	5-9	Oyster Creek	8	22.02	0.36 (0.16 - 0.72)
US	5-9	Rancho Seco	32	92.31	0.35 (0.24 - 0.49)
US	5-9	River Bend	0	0.34	0.03 (0.00 - 10.76)
US	5-9	Salem 1-2 / Hope Creek	76	96.43	0.79 (0.62 - 0.99)
US	5-9	San Onofre 1-3	139	85.61	1.62 (1.36 - 1.92)
US	5-9	Shippingport / Beaver Valley 1-2	8	6.77	1.18 (0.51 - 2.33)
US	5-9	St. Lucie	9	8.15	1.11 (0.51 - 2.10)
US	5-9	Susquehanna 1-2	10	10.86	0.92 (0.44 - 1.69)
US	5-9	Three Mile Island 1-2 / Peach Bottom	45	44.88	1.00 (0.73 - 1.34)
US	5-9	Turkey Point	135	103.3	1.31 (1.10 - 1.55)
US	5-9	Waterford	1	0.58	1.74 (0.04 - 9.69)
Gepooltes Ergebnis			581	571.57	1.14 (1.05 - 1.25)

Tabelle 6. Leukämie in der Nähe von Kernkraftwerken – Kinder zwischen 10 und 14 Jahren					
Land	Alter	Kernkraftwerk(e)	Fälle	Erwartete Fälle	SIR (95% Vertrauensbereich)
US	10-14	Crystal River	3	2.92	1.03 (0.21 - 3.01)
US	10-14	Diablo Canyon 1-2	15	17.24	0.87 (0.49 - 1.43)
US	10-14	Duane Arnold	17	10.16	1.67 (0.97 - 2.68)
US	10-14	Fort Calhoun	1	1.98	0.51 (0.01 - 2.82)
US	10-14	Haddam Neck	9	4.61	1.95 (0.89 - 3.71)
US	10-14	Humboldt Bay 3	0	0.63	0.02 (0.00 - 5.91)
US	10-14	Limerick 1-2	23	22.45	1.02 (0.65 - 1.54)
US	10-14	Millstone 1-3	13	13.49	0.96 (0.51 - 1.65)
US	10-14	Oyster Creek	9	15.36	0.59 (0.27 - 1.11)
US	10-14	Rancho Seco	26	66.07	0.39 (0.26 - 0.58)
US	10-14	River Bend	0	0.30	0.03 (0.00 - 12.17)
US	10-14	Salem 1-2 / Hope Creek	55	72.78	0.76 (0.57 - 0.98)
US	10-14	San Onofre 1-3	119	66.72	1.78 (1.48 - 2.13)
US	10-14	Shippingport / Beaver Valley 1-2	7	5.56	1.26 (0.51 - 2.59)
US	10-14	St. Lucie	5	5.93	0.85 (0.28 - 1.97)
US	10-14	Susquehanna 1-2	13	8.99	1.45 (0.77 - 2.47)
US	10-14	Three Mile Island 1-2 / Peach Bottom	29	35.77	0.81 (0.54 - 1.16)
US	10-14	Turkey Point	121	76.44	1.58 (1.31 - 1.89)
US	10-14	Waterford	0	0.51	0.02 (0.00 - 7.33)
Gepooltes Ergebnis			465	427.92	1.24 (1.12 - 1.37)

Tabelle 7. Leukämie in der Nähe von Kernkraftwerken – Jugendliche zwischen 15 und 19 Jahren

Land	Alter	Kernkraftwerk(e)	Fälle	Erwartete Fälle	SIR (95% Vertrauensbereich)
US	15-19	Crystal River	2	2.55	0.78 (0.09 - 2.83)
US	15-19	Diablo Canyon 1-2	32	15.95	2.01 (1.37 - 2.83)
US	15-19	Duane Arnold	15	9.88	1.52 (0.85 - 2.50)
US	15-19	Fort Calhoun	1	1.90	0.53 (0.01 - 2.93)
US	15-19	Haddam Neck	2	4.90	0.41 (0.05 - 1.47)
US	15-19	Humboldt Bay 3	0	0.71	0.01 (0.00 - 5.24)
US	15-19	Limerick 1-2	27	18.57	1.45 (0.96 - 2.12)
US	15-19	Millstone 1-3	14	13.81	1.01 (0.55 - 1.70)
US	15-19	Oyster Creek	8	13.51	0.59 (0.26 - 1.17)
US	15-19	Rancho Seco	21	63.38	0.33 (0.21 - 0.51)
US	15-19	River Bend	0	0.31	0.03 (0.00 - 11.95)
US	15-19	Salem 1-2 / Hope Creek	49	73.85	0.66 (0.49 - 0.88)
US	15-19	San Onofre 1-3	90	63.47	1.42 (1.14 - 1.74)
US	15-19	Shippingport / Beaver Valley 1-2	4	5.18	0.77 (0.21 - 1.98)
US	15-19	St. Lucie	5	5.11	0.97 (0.31 - 2.26)
US	15-19	Susquehanna 1-2	8	9.19	0.87 (0.38 - 1.72)
US	15-19	Three Mile Island 1-2 / Peach Bottom	25	31.89	0.78 (0.51 - 1.16)
US	15-19	Turkey Point	120	75.60	1.59 (1.32 - 1.90)
US	15-19	Waterford	0	0.52	0.02 (0.00 - 7.10)
Gepooltes Ergebnis			423	410.29	1.20 (1.08 - 1.33)

Tabelle 8. Leukämie in der Nähe von Kernkraftwerken – Junge Erwachsene zwischen 20 und 24 Jahren

Land	Alter	Kernkraftwerk(e)	Fälle	Erwartete Fälle	SIR (95% Vertrauensbereich)
US	20-24	Crystal River	1	1.75	0.59 (0.02 - 3.21)
US	20-24	Diablo Canyon 1-2	23	14.44	1.59 (1.01 - 2.39)
US	20-24	Duane Arnold	7	8.53	0.82 (0.33 - 1.69)
US	20-24	Fort Calhoun	0	1.24	0.01 (0.00 - 2.98)
US	20-24	Haddam Neck	5	4.17	1.20 (0.39 - 2.80)
US	20-24	Humboldt Bay 3	0	0.69	0.01 (0.00 - 5.35)
US	20-24	Limerick 1-2	15	14.35	1.05 (0.59 - 1.72)
US	20-24	Millstone 1-3	14	12.95	1.08 (0.59 - 1.81)
US	20-24	Oyster Creek	6	9.97	0.60 (0.22 - 1.31)
US	20-24	Rancho Seco	6	59.63	0.10 (0.04 - 0.22)
US	20-24	River Bend	0	0.28	0.04 (0.00 - 13.42)
US	20-24	Salem 1-2 / Hope Creek	50	62.36	0.80 (0.60 - 1.06)
US	20-24	San Onofre 1-3	94	54.42	1.73 (1.40 - 2.11)
US	20-24	Shippingport / Beaver Valley 1-2	1	3.83	0.26 (0.01 - 1.45)
US	20-24	St. Lucie	7	4.09	1.60 (0.62 - 3.38)
US	20-24	Susquehanna 1-2	8	6.85	1.17 (0.50 - 2.30)
US	20-24	Three Mile Island 1-2 / Peach Bottom	30	24.45	1.23 (0.83 - 1.75)
US	20-24	Turkey Point	78	64.62	1.21 (0.96 - 1.51)
US	20-24	Waterford	0	0.40	0.02 (0.00 - 9.17)
Gepooltes Ergebnis			345	349.04	1.22 (1.08 - 1.36)

Tabelle 9. Leukämie in der Umgebung von Kernkraftwerken – Kinder bis 14 Jahre

Land	Kernkraftwerk(e)	Fälle beobachtet ^s	Fälle erwartet	SIR (95%-Vertrauensbereich)
CN	Douglas Point	9	7.20	1.25 (0.57 - 2.37)
CN	Pickering	75	65.70	1.14 (0.90 - 1.43)
DE	Biblis	32	30.19	1.06 (0.73 - 1.50)
DE	Brokdorf	4	5.71	0.70 (0.19 - 1.79)
DE	Brunsbüttel	3	6.52	0.46 (0.09 - 1.34)
DE	Emsland	21	18.75	1.12 (0.69 - 1.71)
DE	Grafenrheinfeld	16	16.00	1.00 (0.57 - 1.62)
DE	Grohnde	7	8.14	0.86 (0.35 - 1.77)
DE	Gundremmingen	14	14.29	0.98 (0.54 - 1.64)
DE	Isar	15	15.00	1.00 (0.56 - 1.65)
DE	Krümmel	16	10.96	1.46 (0.83 - 2.37)
DE	Neckarwestheim	49	46.67	1.05 (0.78 - 1.39)
DE	Obrigheim	21	16.15	1.30 (0.80 - 1.99)
DE	Philippsburg	31	34.83	0.89 (0.60 - 1.26)
DE	Stade	15	18.52	0.81 (0.45 - 1.34)
DE	Untereswer / Lingen	19	22.35	0.85 (0.51 - 1.33)
DE	Würgassen	4	7.02	0.57 (0.16 - 1.46)
RF	Bellevalle	6	4.68	1.28 (0.47 - 2.79)
RF	Bugey	31	25.77	1.20 (0.82 - 1.71)
RF	Cattenom	11	27.50	0.40 (0.20 - 0.72)
RF	Chinon	20	10.90	1.83 (1.12 - 2.83)
RF	Chooz	2	1.44	1.39 (0.17 - 5.02)
RF	Civaux	3	1.75	1.71 (0.35 - 5.01)
RF	Cruas	16	13.26	1.21 (0.69 - 1.96)
RF	Dampierre	6	6.02	1.00 (0.37 - 2.17)
RF	Fessenheim	17	33.94	0.50 (0.29 - 0.80)
RF	Flamanville	2	2.22	0.90 (0.11 - 3.25)
RF	Golfesch	5	10.35	0.48 (0.16 - 1.13)
RF	Gravelines	30	38.30	0.78 (0.53 - 1.12)
RF	Le Blayais	7	6.84	1.02 (0.41 - 2.11)
RF	Nogent	5	7.75	0.65 (0.21 - 1.51)
RF	Paluel	5	8.01	0.62 (0.20 - 1.46)
RF	Penly	15	12.06	1.24 (0.70 - 2.05)

Tabelle 9 (Fortsetzung)				
Land	Kernkraftwerk(e)	Fälle beobachtet	Fälle erwartet	SIR (95%-Vertrauensbereich)
RF	St. Alban	28	28.24	0.99 (0.66 - 1.43)
RF	St. Laurent	20	13.99	1.43 (0.87 - 2.21)
RF	Tricastin / Pierrelatte	6	14.47	0.41 (0.15 - 0.90)
UK *	Berkeley	139	137.72	1.01 (0.85 - 1.19)
UK *	Bradwell	95	99.21	0.96 (0.77 - 1.17)
UK *	Chapelcross	24	29.83	0.80 (0.52 - 1.20)
UK *	Dungeness	21	22.80	0.92 (0.57 - 1.41)
UK *	Hartlepool	77	77.96	0.99 (0.78 - 1.23)
UK *	Heysham	26	32.08	0.81 (0.53 - 1.19)
UK *	HinkleyPoint	67	65.32	1.03 (0.79 - 1.30)
UK *	Hunterston	43	50.92	0.84 (0.61 - 1.14)
UK *	Oldbury	177	170.19	1.04 (0.89 - 1.21)
UK *	Sizewell	11	14.23	0.77 (0.39 - 1.38)
UK *	Torness	0	2.33	0.00 (0.00 - 1.59)
UK *	Tranwsfynydd	5	7.43	0.67 (0.22 - 1.57)
UK *	Wylfa	7	11.12	0.63 (0.25 - 1.30)
US	Byron	9	6.28	1.43 (0.66 - 2.72)
US	Clinton	2	1.44	1.39 (0.17 - 5.01)
US	Crystal River	14	13.08	1.08 (0.59 - 1.80)
US	Diablo Canyon 1-2	136	100.19	1.36 (1.14 - 1.61)
US	Dresden 1-3 / Braidwood 1-2 / La Salle	138	87.85	1.57 (1.32 - 1.86)
US	Duane Arnold	58	50.76	1.14 (0.87 - 1.48)
US	Fort Calhoun	8	9.06	0.88 (0.38 - 1.74)
US	Haddam Neck	30	22.96	1.31 (0.88 - 1.87)
US	Humboldt Bay 3	0	2.93	0.00 (0.00 - 1.27)
US	Limerick 1-2	116	112.10	1.03 (0.86 - 1.24)
US	Millstone 1-3	86	67.41	1.28 (1.02 - 1.58)
US	Oyster Creek	32	80.34	0.40 (0.27 - 0.56)
US	Quad City	12	7.61	1.58 (0.81 - 2.75)
US	Rancho Seco	111	341.56	0.32 (0.27 - 0.39)
US	River Bend	0	1.36	0.01 (0.00 - 2.73)

Tabelle 9 (Fortsetzung)				
Land	Kernkraftwerk(e)	Fälle beobachtet	Fälle erwartet	SIR (95%-Vertrauensbereich)
US	Salem 1-2 / Hope Creek	261	351.69	0.74 (0.65 - 0.84)
US	San Onofre 1-3	539	328.86	1.64 (1.50 - 1.78)
US	Shippingport / Beaver Valey 1-2	20	26.19	0.76 (0.47 - 1.18)
US	St. Lucie	33	30.24	1.10 (0.76 - 1.55)
US	Susquehanna 1-2	45	41.85	1.08 (0.78 - 1.44)
US	Three Mile Island 1-2 / Peach Bottom	175	175.31	1.00 (0.86 - 1.16)
US	Turkey Point	538	391.97	1.37 (1.26 - 1.49)
US	Waterford	1	2.26	0.44 (0.01 - 2.46)
US	Zion	100	38.90	2.57 (2.09 - 3.13)
Gepoolte Auswertung		3.742	3.624,8	1.134 (1.10 – 1.17)
<p>* Für Groß Britannien standen nur Daten über Leukämien und Non-Hodgkin-Lymphome kombiniert zur Verfügung. Da in dieser Altersgruppe die Non-Hodgkin-Lymphome zahlenmäßig lediglich ca. 1 % der Leukämiefälle ausmachen, wurden die britischen Daten in die Meta-Analyse integriert.</p> <p>Land: CN = Canada, RF = Frankreich, DE = Deutschland, UK = Groß Britannien, US = USA</p> <p>§ In Fällen, in denen für einzelne Kernkraftwerke keine Erkrankungsfälle vorlagen, wurde die Zahl der beobachteten Fälle mit 0.01 angesetzt.</p>				

Glossar wichtiger epidemiologischer Begriffe

Erwartete Erkrankungsfälle: Wenn das Erkrankungsrisiko, z.B. in der Nähe eines Kernkraftwerkes, verglichen werden soll mit dem Erkrankungsrisiko im gesamten Land, wird berechnet, wie viele Erkrankungsfälle auftreten würden, wenn in der Untersuchungsregion um ein Kernkraftwerk bezogen auf die um das Kernkraftwerk lebende Bevölkerung das gleiche Erkrankungsrisiko herrschen würde wie national. Da der Erwartungswert durch Multiplikation der nationalen Erkrankungshäufigkeit mit der Bevölkerungszahl um das Kernkraftwerk berechnet wird, treten bei Erwartungswerten Nachkommastellen auf.

Fall-Kontroll-Studie: Bei einer Fall-Kontroll-Studie wird die Häufigkeit von Risikofaktoren bei Patienten aus einer definierten Studienregion mit standardisierten Methoden erhoben und mit der Häufigkeit derselben Risikofaktoren in einer Vergleichsgruppe nicht-erkrankter Vergleichspersonen aus der Gesamtbevölkerung ermittelt. Ist die Häufigkeit eines Risikofaktors in der Gruppe Patienten (= Fälle) größer als in der Vergleichsgruppe (= Kontrollen), kann man von einem Risikofaktor sprechen, wenn der Unterschied in der Häufigkeit der Risikofaktoren statistisch signifikant ist.

Neuerkrankungshäufigkeit: Anzahl von Neuerkrankungen bezogen auf eine definierte Bevölkerung (z.B. Altersgruppe von 0-4 Jährigen). Wissenschaftlicher Terminus: Inzidenz.

Odds Ratio: Maßzahl für das Risiko, das im Rahmen von Fall-Kontroll-Studien berechnet wird.

Ökologische Studie: Bei einer ökologischen Studie werden lediglich Maßzahlen einer Bevölkerung mit einem Umweltfaktor in Verbindung gebracht, z.B. die Erkrankungshäufigkeit an Leukämie in der Umgebung eines Kernkraftwerkes. Die Ergebnisse einer ökologischen Studie erlauben nicht die Feststellung eines Kausalzusammenhanges, sie sind aber geeignet, den Verdacht einer Kausalbeziehung zu begründen. Wenn sich ein solcher Verdacht ergeben hat, ist der adäquate nachfolgende Schritt die Durchführung einer Fall-Kontroll-Studie. In einer solchen müssen standardmäßig alle etablierten Risikofaktoren erhoben werden.

SIR: Akronym für **Standardisierte Inzidenz-Ratio** = Verhältniszahl, die angibt, wie viel mal häufiger (bzw. seltener) eine Erkrankungshäufigkeit (Inzidenz) im Vergleich zu einer Referenz (z.B. nationale Neuerkrankungshäufigkeit) ausfällt. Ein SIR-Wert von 1.35 ist gleichbedeutend mit einer Erhöhung des Erkrankungsrisikos um 35 %.

Vertrauensbereich: In der Epidemiologie ist es wichtig, nicht nur ein Einzelergebnis einer Studie zu kennen, sondern auch die Präzision oder die Schwankungsbreite dieser Berechnung. Standardmäßig wird der 95%-Vertrauensbereich berechnet. Dieser gibt an, wie groß die Schwankungsbreite bei 95 von 100 denkbaren Wiederholungen einer Studie ist. Ein Risiko von 1.40 mit meinem Vertrauensbereich von 1.28 bis 1.80 würde bedeuten, dass eine Risikoerhöhung von 40% gegeben ist mit einer Schwankungsbreite von 28% bis 80%. Bei einer geringen Anzahl von Beobachtungen kann es vorkommen, dass die untere Grenze eines Vertrauensbereiches unter 1.0 liegt, z.B. Risiko 1.12 mit 95%-Vertrauensbereich von 0.95 bis 1.40. Dieses würde bedeuten, dass sowohl eine 5%-Senkung des Risikos als auch eine 40%-Erhöhung im Rahmen der Schwankungsbreite liegen. In solchen Fällen kann keine statistische Signifikanz angenommen werden.