

Gefahren ionisierender Strahlung

Ergebnisse des Ulmer Expertentreffens vom 19.10.2013

Ärzte und Wissenschaftler warnen vor Gesundheitsschäden durch ionisierende Strahlung. Schon Strahlendosen in der Größenordnung von 1 Millisievert (mSv) erhöhen nachweislich das Erkrankungsrisiko. Es gibt keinen Schwellenwert, unterhalb dessen Strahlung unwirksam wäre.

Am 19. Oktober 2013 fand auf Einladung der Ärzteorganisation IPPNW in Ulm ein Expertentreffen von ÄrztInnen und WissenschaftlerInnen aus der Strahlenbiologie, Epidemiologie, Statistik und Physik aus Deutschland und der Schweiz statt. Die TeilnehmerInnen diskutierten den aktuellen Wissensstand zu den Gefahren ionisierender Strahlung im Niedrigdosisbereich.

Die Expertenrunde fordert eine Anpassung des Strahlenschutzes an den aktuellen Stand der Wissenschaft. Ionisierende Strahlung führt zu manifesten gesundheitlichen Schäden. Für einen Teil der Risiken lassen neue epidemiologische Untersuchungen eine quantitative Bestimmung zu. Die Risikobewertung aufgrund statistischer Erhebungen an Atombombenüberlebenden von Hiroshima und Nagasaki als Referenzkollektiv ist überholt. Schon kleinste Strahlendosen verursachen Erkrankungen.

Die Ergebnisse des Expertentreffens im Einzelnen:

1. Schon die Hintergrundstrahlung verursacht epidemiologisch nachweisbare Gesundheitsschäden
2. Medizinische Strahlendiagnostik verursacht epidemiologisch nachweisbare Gesundheitsschäden
3. Atomenergie-Nutzung und Atomwaffentests verursachen epidemiologisch nachweisbare Gesundheitsschäden
4. Auf der Grundlage epidemiologischer Studien können mit der Anwendung des Kollektivdosisbegriffs Gesundheitsrisiken im niedrigen Dosisbereich belastbar quantitativ abgeschätzt werden
5. Die von der ICRP immer noch praktizierte Ableitung der Risikofaktoren aus den Hiroshima- und Nagasaki-Studien ist überholt
6. Es sollte ein risikobasiertes Strahlenschutzkonzept eingeführt werden, verbunden mit der konsequenten Umsetzung des Minimierungsgebots

1. Schon die Hintergrundstrahlung verursacht epidemiologisch nachweisbare Gesundheitsschäden

Bereits die niedrigen Dosen der Hintergrundstrahlung (inhalierendes Radon, terrestrische und kosmische Strahlung, mit der Nahrung aufgenommene natürliche Radioisotope) führen zu epidemiologisch nachweisbaren Gesundheitsschäden. Das Argument, eine Strahlenbelastung bewege sich „nur“ im Dosisbereich der „natürlichen“ Hintergrundstrahlung und sei deshalb unbedenklich, ist daher irreführend.¹⁻¹⁷

2. Die medizinische Strahlendiagnostik verursacht epidemiologisch nachweisbare Gesundheitsschäden

Sowohl für computertomographische als auch für konventionelle Röntgen-Untersuchungen wurde ein erhöhtes Krebsrisiko nachgewiesen (vorrangig Mammakarzinom, Leukämien, Schilddrüsenkarzinom und Hirntumor). Kinder und Jugendliche sind stärker betroffen als Erwachsene; ganz besonders gilt das für ungeborene Kinder.¹⁸⁻⁴⁰

Es wird dringend empfohlen, diagnostisches Röntgen und nuklearmedizinische Untersuchungen auf das notwendige Maß zu reduzieren, nur strahlungsarme CT-Geräte und nur bei strenger Indikationsstellung einzusetzen und, wo immer möglich, Magnetresonanztomographie (MRT) oder Ultraschalluntersuchungen vorzuziehen.

In bestimmten Subgruppen der Bevölkerung ist das Strahlenrisiko erhöht, z.B. bei Frauen mit einem genetischen Brustkrebsrisiko. Es ist daher zu empfehlen, Frauen mit diesem Risiko nicht in ein röntgenbasiertes Screening einzubeziehen.⁴¹⁻⁴⁵

3. Atomenergie-Nutzung und Atomwaffentests verursachen epidemiologisch nachweisbare Gesundheitsschäden

Beim Einsatz von Atomwaffen (mehr als 2000 Tests) und bei schweren Atomunfällen wurden Radionuklide in großen Mengen freigesetzt und weiträumig verbreitet, so dass große Populationen erhöhten Strahlendosen ausgesetzt waren.

Epidemiologische Studien im Bereich der Atomwaffentestgebiete von Nevada und Semipalatinsk und der schweren Atomunfälle in Tschernobyl und Fukushima belegen bei der jeweils betroffenen Bevölkerung erhöhte Morbiditäts- und Mortalitätsraten.⁴⁶⁻⁵⁴

Schon der Normalbetrieb von Atomkraftwerken führt bei der Umgebungsbevölkerung zu Gesundheitsschäden. Entfernungsabhängig lässt sich eine erhöhte Rate von Leukämie und anderen Krebserkrankungen bei Kleinkindern nachweisen (mit bester Evidenz derzeit aus Deutschland, mit konsistenten Ergebnissen aus Studien in der Schweiz, Frankreich und Großbritannien).⁵⁵⁻⁵⁹

Beruflich strahlenexponierte Arbeitnehmer erkranken deutlich häufiger als andere, selbst wenn die offiziellen Dosisgrenzwerte eingehalten werden. Ihre Kinder weisen mehr Gesundheitsschäden als andere Kinder auf.⁶⁰⁻⁶⁴ Bei Beschäftigten im Uranbergbau und in Atomwaffenfabriken ist eine Zunahme chronisch lymphatischer Leukämien nachgewiesen.⁶⁵⁻⁶⁸

Leukämien und viele andere Krebserkrankungen werden schon durch niedrige Strahlendosen induziert, wie nach Atomwaffentests und Atomunfällen, in Regionen mit erhöhter Hintergrundstrahlung, nach diagnostischem Röntgen, bei beruflicher Strahlenbelastung.⁶⁹⁻⁹²

Als Folge niedrig dosierter Belastung mit radioaktivem Jod werden Schilddrüsenenerkrankungen einschließlich Krebs bei Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen beobachtet.⁹³⁻⁹⁹ Ferner kommt es infolge niedriger Strahlendosen zu schwerwiegenden nicht-malignen Erkrankungen (benigne Tumore wie Meningeome; kardiovaskuläre, zerebrovaskuläre, respiratorische, gastrointestinale, endokrinologische, psychische Erkrankungen; Katarakte).¹⁰⁰⁻¹¹³

Darüber hinaus weisen mehrere Studien eine Störung der Intelligenzentwicklung bei Strahlenexposition des Gehirns in utero und im frühen Kindesalter nach. Als Strahlenquellen kommen u.a. diagnostisches Röntgen, Strahlentherapie und die Belastung nach Atomunfällen in Betracht.¹¹⁴⁻¹¹⁶

Nach Atomunfällen sind selbst bei niedrigen Strahlendosen teratogene Schäden bei Mensch und Tier belegt.¹¹⁷⁻¹²⁰ Einige genetische Effekte beim Menschen treten schon in der ersten Folgegeneration, andere erst in späteren Generationen auf; letztere sind deshalb schwer nachzuweisen. Zahlreiche in den „Todeszonen“ von Tschernobyl und Fukushima durchgeführte Untersuchungen an Tieren mit ihrer schnellen Generationsfolge zeigen schwere genetische Schäden in Relation zur radioaktiven Belastung der Fundorte. Beim Menschen sind entsprechende Schäden nach Niedrigdosis-Strahlung seit langem bekannt. Transgenerationelle und damit genetisch fixierte Strahlenschäden sind z.B. bei den Kindern der Tschernobyl-„Liquidatoren“ vielfach dokumentiert.¹²¹⁻¹²⁸ Viele weitere Untersuchungen sprechen für genetisch bzw. epigenetisch bedingte Langzeitschäden.¹²⁹⁻¹⁴⁶

4. Auf der Grundlage epidemiologischer Studien können mit der Anwendung des Kollektivdosiskonzepts Gesundheitsrisiken im niedrigen Dosisbereich belastbar quantitativ abgeschätzt werden

Das Kollektivdosiskonzept ist gesicherter Stand der Wissenschaft für die quantitative Abschätzung stochastischer Strahlenschäden. Umfangreiche neue klinische Arbeiten bestätigen das linear-no-threshold-Modell, nach dem es keine Schwellendosis gibt, unterhalb derer ionisierende Strahlung ungefährlich ist.^{147,148}

Bei der Anwendung des Kollektivdosiskonzepts sollten unter Berücksichtigung aktueller wissenschaftlicher Arbeiten die folgenden Risikofaktoren verwendet werden (excess absolute risk, EAR):^{*}

- Für die Abschätzung von Krebserkrankungen ist ein Risikofaktor von 0,2/Sv für die Mortalität und 0,4/Sv für die Inzidenz anzunehmen.¹⁴⁹⁻¹⁵¹ UNSCEAR und ICRP halten weiterhin an ihren niedrig angesetzten Risikofaktoren von 0,05/Sv für die Mortalität und 0,1/Sv für die Inzidenz von Krebserkrankungen fest, während die WHO in ihrem Fukushimabericht von 2013 zumindest anerkennt, dass die ICRP-Empfehlungen bzgl. Risikofaktoren verdoppelt werden müssen.¹⁵²
- Die oben genannten Risikofaktoren gelten für eine exponierte Bevölkerung mit normaler Altersverteilung. Nach ICRP ist die Empfindlichkeit im frühen Kindesalter (< 10 Jahre) und bei Föten allerdings um den Faktor 3 höher.¹⁵³⁻¹⁵⁵
- Für die Abschätzung des Risikos für nicht maligne somatische Krankheiten ("Nichtkrebs-Erkrankungen"), hier insbesondere Herz-Kreislauf-Erkrankungen, sind dem Krebsrisiko vergleichbare Faktoren anzunehmen.^{156,157}

Es wird empfohlen, dass die Weltgesundheitsorganisation WHO und die nationalen Strahlenschutzbehörden diese neuen absoluten Risikofaktoren als Grundlage ihrer Abschätzungen der Schäden nach Atomunfällen verwenden.

^{*}Anmerkung d. Redaktion: Die für das Kollektivdosiskonzept angewandten Risikofaktoren beschreiben die Wahrscheinlichkeit, dass über die Rate an spontanen Krebserkrankungen hinaus zusätzliche Krankheitsfälle auftreten. Üblicherweise wird das absolute Risiko (excess absolute risk, EAR) in der Einheit 1/Sv angegeben.

Ein Risikofaktor (EAR) für die Mortalität von 0,2/Sv bedeutet bei einer Bestrahlung mit 1 Sievert ein zusätzliches Risiko von 20%, an Krebs zu sterben – zusätzlich also zum Grundrisiko von ca. 25%. Dies würde einem zusätzlichen relativen Risiko (excess relative risk, ERR) von $0,2/0,25=0,8/Sv$ entsprechen.

5. Die von der ICRP immer noch praktizierte Ableitung der Risikofaktoren aus den Hiroshima-Nagasaki-Studien ist überholt

Als Referenz für ihre Einschätzungen von Strahlenfolgen ziehen Institutionen wie die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) bis heute maßgeblich die Forschungen an den Überlebenden der Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki heran. Die Risikobewertung auf dieser Grundlage ist aus den folgenden Gründen nicht auf Bevölkerungen übertragbar, die langfristig einer erhöhten Strahlung ausgesetzt sind:

- Die japanischen Überlebenden waren von einer kurz dauernden, hochenergetischen, durchdringenden Gammastrahlung betroffen. Strahlenbiologische Forschung hat ergeben, dass eine solche Strahlung im Gewebe nicht so wirksam ist wie interne Alpha- und Betastrahlung nach Radionuklidinkorporation oder wie andauernde Röntgen- oder Gammastrahlung im Energiebereich der üblichen Umgebungsstrahlung durch natürliche und künstliche Radioisotope.^{158,159}
- Die Bombenstrahlung hatte eine extrem hohe Dosisleistung. Früher wurde angenommen, dass die mutagene Wirkung dadurch höher sei als bei niedriger Dosisleistung. Die ICRP behauptet dies derzeit noch und halbiert das Risiko für Krebserkrankungen in ihren Angaben. Erfahrungen mit beruflich exponierten Kollektiven widerlegen diese Annahme. Auch die WHO geht nicht mehr davon aus, dass eine Halbierung des Risikofaktors gerechtfertigt ist.^{160,161}
- Die Dosisanteile durch radioaktiven Fallout und Neutronenaktivierung werden bei der Dosisabschätzung durch die Radiation Effects Research Foundation (RERF) nicht berücksichtigt, obwohl sie bei den Hiroshima- und Nagasaki-Opfern signifikante Effekte verursacht haben. Dadurch kommt es zu einer Unterschätzung der Strahlenwirkung.¹⁶²
- Da die RERF erst 1950 ihre Arbeit aufgenommen hat, fehlen Daten aus den ersten 5 Jahren nach den Atombombenabwürfen. Es muss daher angenommen werden, dass die Erfassung teratogener und genetischer Effekte sowie von Krebserkrankungen mit geringer Latenzzeit lückenhaft war.
- Aufgrund der Katastrophensituation nach den Atombombenabwürfen in Hiroshima und Nagasaki muss man annehmen, dass die verbliebenen Überlebenden eine selektierte Gruppe der besonders Widerstandsfähigen darstellen („survival of the fittest“). Die untersuchte Population ist daher nicht repräsentativ. Aus dieser Selektion resultiert eine Unterschätzung des Strahlenrisikos um etwa 30%.¹⁶³
- Die Atombombenüberlebenden waren eine gesellschaftlich geächtete Gruppe. Es ist daher wahrscheinlich, dass vielfach keine ehrlichen Angaben über Herkunft und Krankheiten der Nachkommen gemacht wurden, um beispielsweise deren Heiratschancen und gesellschaftliche Eingliederung nicht zu gefährden.¹⁶⁴

6. Es sollte ein risikobasiertes Strahlenschutzkonzept eingeführt werden, verbunden mit der konsequenten Umsetzung des Minimierungsgebots

Welches gesundheitliche Risiko durch ionisierende Strahlung als akzeptabel und zumutbar angesehen wird, bedarf einer gesellschaftspolitischen Entscheidung mit Einbeziehung der Betroffenen. Zum Schutz der Menschen sollte das Risiko zu erkranken so genau wie möglich abgeschätzt und verständlich dargestellt werden. In der Medizin setzen sich solche Strahlenschutzkriterien bereits immer mehr durch.

Ein risikobasiertes Konzept zur Gefährdungsbeurteilung ionisierender Strahlung kann helfen, auch im Niedrigdosisbereich schädliche Wirkungen zu reduzieren. Das gesetzlich geforderte Minimierungsgebot kann im Rahmen dieses Konzepts mit Hilfe eines strukturierten Maßnahmenkatalogs das strahlungsbedingte Risiko weiter senken. Das bereits bestehende Risiko-Akzeptanz-Konzept für krebserzeugende Arbeitsstoffe ist in seinen Grundzügen ein gutes Beispiel.¹⁶⁵⁻¹⁶⁹

Dem Schutz des ungeborenen Lebens und der genetischen Unversehrtheit der nachkommenden Generationen muss die höchste Priorität eingeräumt werden. Der Strahlenschutz muss deshalb die Erwachsenenmodelle ergänzen und sich dabei an der besonderen Vulnerabilität von Ungeborenen und Kindern orientieren.

Referenten und Teilnehmer des Ulmer Expertentreffens vom 19.10.2013:

- **Prof. Dr. med. Wolfgang Hoffmann**, MPH, Professor für bevölkerungsbezogene Versorgungsepidemiologie und Community Health, Institut für Community Medicine, Universitätsmedizin in Greifswald
- **Dr. rer. nat. Alfred Körblein**, Dipl. Phys., selbstständiger Wissenschaftler in Nürnberg, Wissenschaftlicher Beirat der IPPNW.de
- **Prof. Dr. med. Dr. h.c. Edmund Lengfelder**, Professor em. des Strahlenbiologisches Institutes an der Medizinischen Fakultät der LMU München, Leiter des Otto Hug Strahleninstitutes für Gesundheit und Umwelt
- **Dr. rer. nat. Hagen Scherb**, Dipl. Math., Helmholtz Zentrum, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt in München
- **Prof. Dr. rer. nat. Inge Schmitz-Feuerhake**, Professorin em. für experimentelle Physik an der Universität in Bremen, Wissenschaftlicher Beirat der IPPNW.de
- **Dr. med. Hartmut Heinz**, Facharzt für Arbeitsmedizin, ehem. leitender Arzt in der Salzgitter AG, AK Atomenergie der IPPNW.de
- **Dr. med. Angelika Claussen**, Fachärztin für Psychotherapie in Bielefeld, AK Atomenergie der IPPNW.de
- **Dr. med. Winfrid Eisenberg**, ehem. Chefarzt der Kinderklinik in Herford, AK Atomenergie der IPPNW.de
- **Dr. med. Claudio Knüsli**, Leitender Arzt der Onkologie im St. Claraspital in Basel, Vorstandsmitglied IPPNW.ch
- **Dr. med. Helmut Lohrer**, Facharzt für Allgemeinmedizin in Villingen, Int. Board der IPPNW, International Councillor der IPPNW.de
- **Henrik Paulitz**, Dipl.-Biol., Atomenergie-Referent der IPPNW.de in Seeheim
- **Dr. med. Alex Rosen**, Kinderarzt in Berlin, Stellv. Vorsitzender der IPPNW.de
- **Dr. med. Jörg Schmid**, Facharzt für Psychotherapie in Stuttgart, AK Atomenergie der IPPNW.de
- **Reinhold Thiel**, Facharzt für Allgemeinmedizin, Ulmer Ärzteinitiative, AK Atomenergie der IPPNW.de

Literaturverzeichnis

- ¹ Kochupillai N, Verma IC, Grewal MS, Remalingaswami Y: Down's syndrome and related abnormalities in an area of high background radiation in coastal Kerala. *Nature* 1976, 262, 60-61
- ² Lyman GH, Lyman CG, Johnson W: Association of leukemia with radium groundwater contamination. *JAMA* 1985, 254, 621-626
- ³ Flodin U, Fredriksson M, Persson B, Hardell L: Background radiation, electrical work and some other exposures associated with acute myeloid leukemia in a case-referent study. *Arch Environ Health* 1986, 41, 77-84
- ⁴ Knox EG, Stewart AM, Gilman EA, Kneale GW: Background radiation and childhood cancers. *J Radiol Prot* 1988, 8, 9-18
- ⁵ Henshaw DL, Eatough JP & Richardson RB: Radon as a causative factor in induction of myeloid leukaemia and other cancers. *Lancet* 1990, 28, 1008-1012
- ⁶ Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios JM et al.: Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *BMJ* 2005, Jan.29, 330 (7485) 223-228
- ⁷ WHO: Radon and cancer. Fact sheet N°291, September 2009
- ⁸ Körblein A: Zunahme von Krebs und Säuglingssterblichkeit mit der natürlichen Hintergrundstrahlung in Bayern. *Strahlentelex* 2003, 404/405 (17), 1-4
- ⁹ Kendall G, Murphy M: Natural environmental radiation and childhood cancer. *Environmental Radon Newsletter* 2007 (52), Childhood Cancer Research Group, University of Oxford
- ¹⁰ Kendall G, Little MP, Wakeford R: Numbers and proportion of leukemias in young people and adults induced by radiation of natural origin. *Leuk Res* 2011, 35, 1039-1045
- ¹¹ Kendall G, Little MP, Wakeford R, Bunch KJ et al.: A record-based case-control study of natural background radiation and the incidence of childhood leukaemia and other cancers in Great Britain during 1980 – 2006. *Leukemia* 2013, 27, 3-9
- ¹² Menzler S, Schaffrath-Rosario A, Wichmann HE, Kreienbrock L: Abschätzung des attributablen Lungenkrebisrisikos in Deutschland durch Radon in Wohnungen. *Ecomed* 2006
- ¹³ Gray A, Read S, McGale, P, Darby S.: Lung cancer deaths from indoor radon and the cost effectiveness and potential of policies to reduce them. *BMJ*, 2009, 338, a3110
- ¹⁴ Krewski D, Lubin JH, Zielinski JM, Alavanja M et al.: Residential Radon and Risk of Lung Cancer – a Combined Analysis of 7 North American Case-Control Studies. *Epidemiol* 2005, 16, 137-145
- ¹⁵ Huch R, Burkhard W: Kosmische Strahlenbelastung beim Fliegen, Risiko für die Schwangerschaft? *Perinat Med* 1992, 4, 67-69
- ¹⁶ Huch R: Fliegen während der Schwangerschaft. *Gynäkologe* 2001, 34, 401-407
- ¹⁷ Bundesamt für Strahlenschutz: Strahlenthemen - Höhenstrahlung und Fliegen, Salzgitter 2013 www.bfs.de
- ¹⁸ Berrington de Gonzalez A, Darby S: Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. *Lancet* 2004; 363(9406):345-351
- ¹⁹ Smith-Bindman R, Lipson J, Marcus R, Kim KP et al.: Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer. *Arch Intern Med* 2009, 169(22), 2078-2086
- ²⁰ Berrington de Gonzales A, Mahesh M, Kim KP, Bhargavan M et al.: Projected cancer risks from computed tomographic scans performed in the United States in 2007. *Arch Intern Med* 2009, 169(22), 2071-2077
- ²¹ Doody MM, Lonstein JE, Stovall M, Hacker DG et al.: Breast cancer mortality after diagnostic radiography: findings from the U.S. Scoliosis Cohort Study. *Spine (Phila Pa 1976)* 2000, 25(16), 2052-2063
- ²² Pearce MS, Salotti JA, Little MP, McHugh K et al.: Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *Lancet* 2012, 380, 499-505
- ²³ Heyes GJ, Mill AJ, Charles MW: Enhanced biological effectiveness of low energy X-rays and implications for the UK breast screening programme. *Br J Radiol* 2006, 79(939), 195-200
- ²⁴ Memon A, Godward S, Williams D, Siddique I, Al-Saleh K: Dental x-rays and the risk of thyroid cancer: a case-control study. *Acta Oncol*, 2010, 49 (4), 447-453
- ²⁵ Brenner DJ: Should we be concerned about the rapid increase in CT usage? *Rev Environ Health* 2010, 25 (1), 63-68
- ²⁶ Brenner DJ, Hall EJ: Cancer risks from CT scans: Now we have data, what next? *Radiology* 2012, 265, 330-331
- ²⁷ Schonfeld SJ, Lee C, Berrington de Gonzales A: Medical exposure to radiation and thyroid cancer. *Clin Oncol* 2011, 23 (4), 244-250

- ²⁸ Pearce MS, Salotti JA, Little MP, Mc Hugh K et al.: Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumors: a retrospective cohort study. *Lancet* 2012, 380 (9840), 499-505
- ²⁹ Miglioretti DL, Johnson E, Williams A, Greenlee RT et al.: The use of computed tomography in pediatrics and the associated radiation exposure and estimated cancer risk. *JAMA Pediatr* 2013, Jun 10:1-8. doi: 10.1001/jamapediatrics.2013.311 (Expub ahead of print)
- ³⁰ Mathews JD, Forsythe AV, Brady Z, Butler MW et al.: Cancer risk in 680.000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians. *BMJ* 2013, 346:12360. doi: 10.1136/bmj.12360
- ³¹ Morin Doody M, Lonstein JE, Stovall M, Hacker DG et al.: Breast cancer mortality after diagnostic radiography: findings from the U.S. Scoliosis Cohort Study. *Spine* 2000, 25, 2052-2063
- ³² Nienhaus A, Hensel N, Roscher G, Hubracht M et al.: Hormonelle, medizinische und lebensstilbedingte Faktoren und Brustkrebsrisiko. *Geburtsh Frauenheilk* 2002, 62, 242-249
- ³³ Kuni H, Schmitz-Feuerhake I, Dieckmann H: Mammographiescreening – Vernachlässigte Aspekte der Strahlenrisikobewertung. *Gesundheitswesen* 2003, 65, 443-446
- ³⁴ Hill DA, Preston-Martin S, Ross RK, Bernstein L: Medical radiation, family history of cancer, and benign breast disease in relation to breast cancer risk in young women. *Cancer Causes Control* 2002, 13, 711-718
- ³⁵ Infante-Rivard C: Diagnostic X-rays, DNA repair genes and childhood acute lymphoblastic leukemia. *Health Phys* 2003, 85, 60-64
- ³⁶ Preston-Martin S, Thomas DC, Yu MC, Henderson BE: Diagnostic radiography as a risk factor for chronic myeloid and monocytic leukaemia (CML). *Brit J Cancer* 1989, 59, 639-644
- ³⁷ Wingren G, Hallquist A, Hardell L: Diagnostic X-ray exposure and female papillary thyroid cancer: a pooled analysis of two Swedish studies. *Eur J Cancer Prev.* 1997, 6, 550-556
- ³⁸ Preston-Martin S, White SC: Brain and salivary gland tumors related to prior dental radiography: implications for current practice. *J Am Dental Ass* 1990, 120, 151-158
- ³⁹ Neuberger JS, Brownson RC, Morantz RA, Chin TD: Association of brain cancer with dental X-rays and occupation in Missouri. *Cancer Detect Prev* 1991, 15, 31-34
- ⁴⁰ Stewart A, Webb J, Hewitt D: A survey of childhood malignancies. *BMJ* 1958, 5086, 1459-1508
- ⁴¹ Kuni H, Schmitz-Feuerhake I, Dieckmann H: Mammographiescreening – Vernachlässigte Aspekte der Strahlenrisikobewertung. *Gesundheitswesen* 2003, 65, 443-446
- ⁴² Smith-Bindman R, Lipson J, Marcus R, Kim KP et al.: Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer. *Arch Intern Med* 2009, 169(22), 2078-2086
- ⁴³ Heyes GJ, Mill AJ, Charles MW: Enhanced biological effectiveness of low energy X-rays and implications for the UK breast screening programme. *Br J Radiol* 2006, 79(939), 195-200
- ⁴⁴ Pijpe A, Andrieu N, Easton DF, Kesminiene A et al.: Exposure to diagnostic radiation and risk of breast cancer among carriers of BRCA1/2 mutations: retrospective cohort study (GENE-RAD-RISK). *BMJ* 2012, 345, e5660
- ⁴⁵ Stewart A, Webb J, Hewitt D: A survey of childhood malignancies. *BMJ* 1958, 5086, 1459-1508
- ⁴⁶ Mangano J, Sherman J: Elevated In Vivo Strontium-90 from Nuclear Weapons Test Fallout among Cancer Decedents. *Int J Health Serv* 2011, 41, 137-158
- ⁴⁷ Knapp HA: Iodine-131 in Fresh Milk and Human Thyroids Following a Single Deposition of Nuclear Test Fall-Out. *Nature* 1964, 202, 534-537
- ⁴⁸ National Cancer Institute: Estimated exposure and thyroid doses received by the American people from iodine-131 fallout following Nevada atmospheric nuclear bomb tests. www.cancer.gov/i131/fallout/
- ⁴⁹ Institute of Medicine: Exposure of the American people to Iodine-131 from Nevada nuclear-bomb tests. National Academy Press. 1999
- ⁵⁰ Kassenova T: The lasting toll of Semipalatinsk's nuclear testing. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 2009
- ⁵¹ Cardis E, Krewski D, Boniol M, Drozdovitch V et al.: Estimates of the cancer burden in Europe from radioactive fallout from the Chernobyl accident. *Int J Cancer* 2006, 119, 1224-1235
- ⁵² Körblein A, Küchenhoff H: Perinatal mortality in Germany following the Chernobyl accident. *Radiat Environ Biophys* 1997, 36(1), 3-7
- ⁵³ Körblein A: Perinatal mortality in West Germany following atmospheric nuclear weapons tests. *Arch Environ Health* 2004, Nov, 59 (11), 604-9.
- ⁵⁴ Körblein A: Strontium fallout from Chernobyl and perinatal mortality in Ukraine and Belarus. *Radiats Biol Radioecol* 2003, 43(2), 197-202

- ⁵⁵ Kaatsch P, Spix C, Schmiedel S, Schulze-Rath R et al.: Epidemiologische Studie zu Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken (KiKK-Studie). Vorhaben 3602S04334, Deutsches Kinderkrebsregister, Mainz, Herausgegeben vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Salzgitter, 2007.
- ⁵⁶ Spycher BD, Feller M, Zwahlen M, Rössli M et al.: Childhood cancer and nuclear power plants in Switzerland: a census-based cohort study. *Int J Epidemiol* 2011, doi: 10.1093/ije/dyr115
- ⁵⁷ Committee on Medical Aspects of Radiation in the Environment (COMARE): FOURTEENTH REPORT. Further consideration of the incidence of childhood leukaemia around nuclear power plants in Great Britain. Chairman: Professor A Elliott, 2011, http://www.comare.org.uk/press_releases/documents/COMARE14report.pdf
- ⁵⁸ Bithell JF, Keegan TJ, Kroll ME, Murphy MF et al.: Childhood Leukaemia near British nuclear Installations: Methodological issues and recent results. *Radiat Prot Dosimetry* 2008, 1-7
- ⁵⁹ Koerblein A, Fairlie I.: French Geocap study confirms increased leukemia risks in young children near nuclear power plants. *Int J Cancer* 2012, 131(12), 2970-1
- ⁶⁰ Cardis E, Vrijheid M, Blettner M, Gilbert E et al.: The 15-Country Collaborative Study of Cancer Risk among Radiation Workers in the Nuclear Industry: estimates of radiation-related cancer risks. *Radiat Res* 2007, 167, 396-416
- ⁶¹ Zielinski JM, Shilnikova N, Krewski D: Canadian National Dose Registry of Radiation Workers: overview of research from 1951 through 2007. *Int J Occup Med Environ Health* 2008, 21, 269-275
- ⁶² Wiesel A, Spix C, Mergenthaler A, Queißer-Luft A: Maternal occupational exposure to ionizing radiation and birth defects. *Radiat Environ Biophys* 2011, 50, 325-328
- ⁶³ McKinney PA, Alexander FE, Cartwright RA, Parker L: Parental occupations of children with leukaemia in west Cumbria, north Humberside, and Gateshead. *BMJ* 1991, 302, 681-687
- ⁶⁴ Dickinson HO, Parker L: Leukaemia and non-Hodgkin's lymphoma in children of male Sellafield radiation workers. *Int J Cancer* 2002, 99, 437-444
- ⁶⁵ Richardson DB, Wing S, Schroeder J, Schmitz-Feuerhake I et al.: Ionizing radiation and chronic lymphocytic leukemia. *Environ Health Perspect* 2005, 113(1), 1-5
- ⁶⁶ Möhner M, Lindtner M, Otten H, Gille H-G: Leukemia and Exposure to Ionizing Radiation Among German Uranium Miners. *Am J Ind Med* 2006, 49, 238-248
- ⁶⁷ Hamblin TJ: Have we been wrong about ionizing radiation and chronic lymphocytic leukemia? *Leuk Res* 2008, 32(4), 523-525
- ⁶⁸ Rericha V, Kulich M, Rericha R, Shore DL et al.: Incidence of leukemia, lymphoma, and multiple myeloma in Czech uranium miners: a case-cohort study. *Environ Health Perspect* 2006, 114(6), 818-822
- ⁶⁹ Flodin U, Fredriksson M, Hardell L, Axelson O: Background radiation, electrical work and some other exposures associated with acute myeloid leukemia in a case-referent study. *Arch. Environ. Health* 1986, 41, 77-84
- ⁷⁰ Knox EG, Stewart AM, Gilman EA, Kneale GW: Background radiation and childhood cancers. *J. Radiol. Prot.* 1988, 8, 9-18
- ⁷¹ Henshaw DL, Eatough JP & Richardson RB: Radon as a causative factor in induction of myeloid leukaemia and other cancers. *Lancet* 1990, 28, 1008-1012
- ⁷² Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios JM et al.: Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *Brit. Med. J.* 2005, Jan.29, 330 (7485) 223-228 WHO Radon and cancer. Fact sheet N°291, September 2009
- ⁷³ Kendall G, Murphy M: Natural environmental radiation and childhood cancer. *Environmental Radon Newsletter* 2007 (52), Childhood Cancer Research Group, University of Oxford
- ⁷⁴ Kendall G, Little MP, Wakeford R: Numbers and proportion of leukemias in young people and adults induced by radiation of natural origin. *Leuk Res* 2011, 35, 1039-1045
- ⁷⁵ Menzler S, Schaffrath-Rosario A, Wichmann HE, Kreienbrock L: Abschätzung des attributablen Lungenkrebsrisikos in Deutschland durch Radon in Wohnungen. *Ecomed* 2006
- ⁷⁶ Huch R, Burkhard W: Kosmische Strahlenbelastung beim Fliegen, Risiko für die Schwangerschaft? *Perinat Med* 1992, 4, 67-69
- ⁷⁷ Brenner DJ: Should we be concerned about the rapid increase in CT usage? *Rev Environ Health* 2010, 25 (1), 63-68
- ⁷⁸ Pearce MS, Salotti JA, Little MP, Mc Hugh K et al.: Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumors: a retrospective cohort study. *The Lancet* 2012, 380 (9840), 499-505
- ⁷⁹ Miglioretti DL, Johnson E, Williams A, Greenlee RT et al.: The use of computed tomography in pediatrics and the associated radiation exposure and estimated cancer risk. *JAMA Pediatr* 2013, Jun 10:1-8. doi: 10.1001/jamapediatrics.2013.311 (Expub ahead of print)
- ⁸⁰ Morin Doody M, Lonstein JE, Stovall M, Hacker DG et al.: Breast cancer mortality after diagnostic radiography: findings from the U.S. Scoliosis Cohort Study. *Spine* 2000, 25, 2052-2063

- ⁸¹ Nienhaus A, Hensel N, Roscher G, Hubracht M et. al.: Hormonelle, medizinische und lebensstilbedingte Faktoren und Brustkrebsrisiko. *Geburtsh. Frauenheilk.* 2002, 62, 242-249
- ⁸² Kuni H, Schmitz-Feuerhake I, Dieckmann H: Mammographiescreening – Vernachlässigte Aspekte der Strahlenrisikobewertung. *Gesundheitswesen* 2003, 65, 443-446
- ⁸³ Infante-Rivard C: Diagnostic x rays, DNA repair genes and childhood acute lymphoblastic leukemia. *Health Phys.* 2003, 85, 60-64
- ⁸⁴ Preston-Martin S, Thomas DC, Yu MC, Henderson BE: Diagnostic radiography as a risk factor for chronic myeloid and monocytic leukaemia (CML). *Brit. J. Cancer* 1989, 59, 639-644
- ⁸⁵ Wingren G, Hallquist A, Hardell L: Diagnostic X-ray exposure and female papillary thyroid cancer: a pooled analysis of two Swedish studies. *Eur. J. Cancer Prev.* 1997, 6, 550-556
- ⁸⁶ Preston-Martin S, White SC: Brain and salivary gland tumors related to prior dental radiography: implications for current practice. *J. Am. Dental. Ass.* 1990, 120, 151-158
- ⁸⁷ Neuberger JS, Brownson RC, Morantz RA, Chin TD: Association of brain cancer with dental x-rays and occupation in Missouri. *Cancer Detect. Prev.* 1991, 15, 31-34
- ⁸⁸ Cardis E, Vrijheid M, Blettner M, Gilbert E et. al.: The 15-Country Collaborative Study of Cancer Risk among Radiation Workers in the Nuclear Industry: estimates of radiation-related cancer risks. *Radiat. Res.* 2007, 167, 396-416
- ⁸⁹ Zielinski JM, Shilnikova N, Krewski D: Canadian National Dose Registry of Radiation Workers: overview of research from 1951 through 2007. *Int. J. Occ. Med. Environ. Health* 2008, 21, 269-275
- ⁹⁰ Wiesel A, Spix C, Mergenthaler A, Queißer-Luft A: Maternal occupational exposure to ionizing radiation and birth defects. *Radiat. Environ. Biophys.*, 2011, 50, 325-328
- ⁹¹ Hillis DM: Life in the hot zone around Chernobyl, *Nature* 1996, 380, 665-708
- ⁹² Im Kontext: Lyman GH, Lyman CG, Johnson W: Association of leukemia with radium groundwater contamination. *J. Am. Med. Ass.* 1985, 254, 621-626
- ⁹³ Imaizumi M, Usa T, Tominaga T, Neriishi K et al.: Radiation dose-response relationships for thyroid nodules and autoimmune thyroid diseases in Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivors 55-58 years after radiation exposure. *JAMA* 2006, 295(9), 1011-1022
- ⁹⁴ Völzke H, Werner A, Wallaschofski H, Friedrich N et al.: Occupational exposure to ionizing radiation is associated with autoimmune thyroid disease. *J Clin Endocrinol Metab* 2005, 90(8), 4587-4592
- ⁹⁵ Cardis E, Howe G, Ron E, Bebesko V et al.: Cancer consequences of the Chernobyl accident: 20 years on. *J Radiol Prot* 2006, 26(2), 127-140
- ⁹⁶ Hamilton TE, van Belle G, LoGerfo JP: Thyroid neoplasia in Marshall islanders exposed to nuclear fallout. *JAMA* 1987, 258, 629-636
- ⁹⁷ Hamilton PG, Chiacchierini RP, Kaczmarek RG: A follow-up study of persons who had Iodine-131 and other diagnostic procedures during childhood and adolescence. U.S. Dept. Health and Human Services, Public Health Service, Rockville, Maryland 20857, August 1989
- ⁹⁸ Mürbeth S, Rousarova M, Scherb H, Lengfelder E: Thyroid cancer has increased in the adult populations of countries moderately affected by Chernobyl fallout. *Med Sci Monit* 2004, 10, 300-306
- ⁹⁹ Cardis E., Kesminiene A, Ivanov V, Malakhova I et al.: Risk of thyroid cancer after exposure to 131-I in childhood. *J Natl Cancer Inst* 2005, 97, 724-732
- ¹⁰⁰ Preston-Martin S, White SC: Brain and salivary gland tumors related to prior dental radiography: implications for current practice. *J Am Dental Ass* 1990, 120, 151-158
- ¹⁰¹ Longstreth WTJr, Phillips LE, Drangsholt M, Koepsell TD et al.: Dental X-rays and the risk of intracranial meningioma: a population-based case-control study. *Cancer* 2004, 100, 1026-1034
- ¹⁰² Claus EB, Calvocoressi L, Bondy ML et al. Dental x-rays and risk of meningioma. *Cancer* 2012; 118: 4530-4537
- ¹⁰³ Rodvall Y, Ahlbom A, Pershagen G, Nylander M et al.: Dental radiography after age 25 years, amalgam fillings and tumours of the central nervous system. *Oral Oncol* 1998, 34, 265-269
- ¹⁰⁴ Zielinski JM, Ashmore P, Band P, Jiang H et al.: Low dose ionizing radiation exposure and cardiovascular disease mortality: cohort study based on Canadian national dose registry for radiation workers. *Int J Occup Med Environ Health* 2009, 22, 27-33
- ¹⁰⁵ Little MP, Azizova TV, Bazyka D, Bouffler SD et. al.: Systematic review and meta-analysis of circulatory disease from exposure to low-level ionizing radiation and estimates of potential population mortality risks. *Environ Health Perspect* 2012, 120, 1503-1511
- ¹⁰⁶ Arizova TV, Muirhead CR, Druzhinina MB, Grigoryeva ES et al.: Cerebrovascular diseases in the cohort of workers first employed at Mayak PA in 1948-1958. *Radiat Res* 2010, 174, 851-864
- ¹⁰⁷ McGeoghegan D, Binks K, Gilles M, Jones S et al.: The non-cancer mortality experience of male workers at British Nuclear Fuels plc, 1946-2005. *Int J Epidemiol* 2008, 37, 506-18

- ¹⁰⁸ Lomat L, Galburt G, Quastel MR, Polyakov S et al.: Incidence of childhood disease in Belarus associated with the Chernobyl accident. *Environ. Health Persp* 1997, 105 (Suppl. 6), 1529-1532
- ¹⁰⁹ Zalutskaya A, Mokhort T, Garmaev D, Bornstein SR: Did the Chernobyl incident cause an increase in Type 1 diabetes mellitus incidence in children and adolescents? *Diabetologia* 2004, 47, 147-148
- ¹¹⁰ Loganovsky K, Havenaar JM, Tintle NL, Guey LT et al.: The mental health of clean-up workers 18 years after the Chernobyl accident. *Psychol Med* 2008, 38, 481-488
- ¹¹¹ Bromet EJ, Havenaar JM, Guey LT: A 25 year retrospective review of the psychological consequences of the Chernobyl accident. *Clin Oncol (R. Coll. Radiol.)*, 2011, 23, 297-305
- ¹¹² Schmitz-Feuerhake I, Pflugbeil S: Strahleninduzierte Katarakte (Grauer Star) als Folge berufsmäßiger Exposition und beobachtete Latenzzeiten. *Strahlentelex* 2006, 456-457, 1-7
- ¹¹³ Chodick G, Bekiroglu N, Hauptmann M, Alexander BH et al.: Risk of cataract after exposure to low doses of ionizing radiation: a 20-year prospective cohort study among US radiologic technologists. *Am J Epidemiol* 2008, 168(6), 620-631
- ¹¹⁴ Hall P, Adami H-O, Trichopoulos D, Pedersen NL et al.: Effect of low doses of ionising radiation in infancy on cognitive function in adulthood: Swedish population based cohort study. *BMJ* 2004, 328(7430), 19
- ¹¹⁵ Heiervang KS, Mednick S, Sundet K, Rund BR: Effect of low dose ionizing radiation exposure in utero on cognitive function in adolescence. *Scand J Psychology* 2010, 51(3), 210-215
- ¹¹⁶ Heiervang KS, Mednick S, Sundet K, Rund BR: The Chernobyl accident and cognitive functioning: a study of Norwegian adolescents exposed in utero. *Dev Neuropsychol* 2010, 35, 643-655
- ¹¹⁷ Körblein A, Küchenhoff H: Perinatal mortality in Germany following the Chernobyl accident. *Radiat Environ Biophys* 1997, 36(1), 3-7
- ¹¹⁸ Körblein A: Perinatal mortality in West Germany following atmospheric nuclear weapons tests. *Arch Environ Health* 2004, Nov, 59 (11), 604-9.
- ¹¹⁹ Körblein A: Strontium fallout from Chernobyl and perinatal mortality in Ukraine and Belarus. *Radiats Biol Radioecol* 2003, 43(2),197-202
- ¹²⁰ Busby C, Lengfelder E, Pflugbeil S, Schmitz-Feuerhake I: The evidence of radiation effects in embryos and fetuses exposed to Chernobyl fallout and the question of dose response. *Medicine, Conflict and Survival* 2009, 25, 20-40
- ¹²¹ Møller AP, Bonisoli-Alquati A, Rudolfson G, Mousseau TA: Chernobyl birds have smaller brains. 2011 *PLoS ONE* 6 (2): e16862.doi:10.1371/journal.pone.0016862
- ¹²² Møller AP, Mousseau TA: Efficiency of bio-indicators for low-level radiation under field conditions. *Ecol Indic* 2010, doi:10.1016/j.ecolind.2010.06.013
- ¹²³ Bonisoli-Alquati A, Voris A, Mousseau TA, Møller AP et al.: DNA damage in barn swallows (*hirundo rustica*) from the Chernobyl region detected by use of the comet assay. *Comparative Biochemistry and Physiology* 2010, 151 (3), 271-277
- ¹²⁴ Mousseau TA, Møller AP: Chernobyl and Fukushima: Differences and Similarities – a biological perspective. *Transactions of the American Nuclear Society* 2012, 107, 200
- ¹²⁵ Sperling K, Pelz J, Wegner RD, Schulzke I et al.: Frequency of trisomy 21 in Germany before and after the Chernobyl accident. *Biomed Pharmacother* 1991, 45, 255-262
- ¹²⁶ Hillis DM: Life in the hot zone around Chernobyl. *Nature* 1996, 380, 665-708
- ¹²⁷ Liaginskaia AM, Tukov AR, Osipov VA, Prokhorova ON: Genetic effects in the liquidators of consequences of Chernobyl nuclear power accident. *Radiats Biol Radioecol* 2007, 47, 188-195 (in Russ.)
- ¹²⁸ Schmitz-Feuerhake I: Genetisch strahleninduzierte Fehlbildungen. *Strahlentelex* 2013, 644-645(27), 1-5
- ¹²⁹ Scherb H, Weigelt E, Brüske-Hohlfeld I: European stillbirth proportions before and after the Chernobyl accident. *Int J Epidemiol* 1999, 28(5), 932-40
- ¹³⁰ Scherb H, Weigelt E: Congenital Malformation and Stillbirth in Germany and Europe Before and After the Chernobyl Nuclear Power Plant Accident. *Environ Sci & Pollut Res* 2003, Special Issue 1, 117-125
- ¹³¹ Scherb H, Weigelt E: Spaltgeburtenrate in Bayern vor und nach dem Reaktorunfall in Tschernobyl. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie* 2004, 8 106-110(5)
- ¹³² Scherb H, Voigt K: Trends in the human sex odds at birth in Europe and the Chernobyl Nuclear Power Plant accident, *Reproductive Toxicology* 2007, 23, 593-599
- ¹³³ Kusmierz R, Voigt K, Scherb H: Is the human sex odds at birth distorted in the vicinity of nuclear facilities (NF)? A preliminary geo-spatial-temporal approach. Klaus Greve / Armin B. Cremers (Eds.): *EnviroInfo 2010 Integration of Environmental Information in Europe. Proceedings of the 24th International Conference on Informatics for Environmental Protection Cologne / Bonn, Germany, Shaker Verlag, Aachen 2010, 616-626*

- ¹³⁴ Scherb H, Voigt K: The human sex odds at birth after the atmospheric atomic bomb tests, after Chernobyl, and in the vicinity of nuclear facilities. *Environ Sci Pollut Res Int* 2011, 18(5), 697-707
- ¹³⁵ Scherb H, Sperling K: Heutige Lehren aus dem Reaktorunfall von Tschernobyl. *Naturwissenschaftliche Rundschau*, 2011, 64 (5), 229-239
- ¹³⁶ Sperling K, Neitzel H, Scherb H: Evidence for an increase in trisomy 21 (Down syndrome) in Europe after the Chernobyl reactor accident. *Genet Epidemiol* 2012, 36(1), 48-55
- ¹³⁷ Scherb H, Kusmierz R, Voigt K: The human sex odds at birth in France - a preliminary geospatial-temporal approach in the vicinity of three selected nuclear facilities (NF): Centre de Stockage (CdS) de l'Aube, Institute Laue-Langevin (ILL) de Grenoble, and Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) de Saclay/Paris. Wittmann J, Müller M: *Simulation in Umwelt- und Geowissenschaften - Workshop Leipzig*. Shaker Verlag, Aachen 2013, 23-38
- ¹³⁸ Ziegłowski V, Hemprich A: Facial cleft birth rate in former East Germany before and after the reactor accident in Chernobyl. *Mund Kiefer Gesichtschir* 1999, 3 (4), 195-9
- ¹³⁹ Sperling K, Pelz J, Wegner RD, Dorries A et al.: Significant increase in trisomy 21 in Berlin nine months after the Chernobyl reactor accident: temporal correlation or causal relation? *BMJ* 1994, 309,158-162.
- ¹⁴⁰ Zatssepina P, Verger P, Robert-Gnansia E, Gagniere B et al.: Cluster of Down's syndrome cases registered in January 1987 in the Republic of Belarus as a possible effect of the Chernobyl accident. *Int J Rad Med* 2004 (Special Issue), 6, 57-71.
- ¹⁴¹ Liaginskaia AM, Tukov AR, Osipov VA, Prokhorova ON: Genetic effects in the liquidators of consequences of Chernobyl nuclear power accident. *Radiats Biol Radioecol* 2007, 47, 188-195 (in Russ.)
- ¹⁴² Wertenlecker W: Malformations in a Chernobyl-impacted region. *Pediatrics* 2010, 125, 836-843
- ¹⁴³ Schmitz-Feuerhake I: Genetisch strahleninduzierte Fehlbildungen. *Strahlentelex* 2013, 644-645(27), 1-5
- ¹⁴⁴ Dubrova YE: Monitoring of radiation-induced germline mutation in humans. *Swiss Med Wkly* 2003, 133, 474-478
- ¹⁴⁵ Scherb H, Voigt K: *Strahleninduzierte genetische Effekte nach Tschernobyl und in der Nähe von Nuklearanlagen*. Helmholtz Zentrum München, Neuherberg, Okt. 2013.
- ¹⁴⁶ Lazjuk G, Verger P, Gagnière B, Kravchuk Zh et al.: The congenital anomalies registry in Belarus: a tool for assessing the public health impact of the Chernobyl accident. *Reprod Toxicol* 2003, 17, 659-666
- ¹⁴⁷ Pearce MS, Salotti JA, Little MP, Mc Hugh K et al.: Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumors: a retrospective cohort study. *Lancet* 2012, 380 (9840), 499-505
- ¹⁴⁸ Mathews JD, Forsythe AV, Brady Z, Butler MW et al.: Cancer risk in 680.000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians. *BMJ* 2013, 346:12360.doi: 10.1136/bmj.12360
- ¹⁴⁹ Bauer S, Gusev BI, Pivina LM, Apsalikov KN et al.: Radiation exposure due to local fallout from Soviet atmospheric nuclear weapons testing in Kazakhstan: solid cancer mortality in the Semipalatinsk historical cohort, 1960-1999. *Radiat Res.* 2005, 164(4 Pt 1), 409-419
- ¹⁵⁰ Körblein A, Hoffmann W: Background radiation and cancer mortality in Bavaria: an ecological analysis. *Arch Environ Occup Health* 2006, 61(3),109-114
- ¹⁵¹ Cardis E, Vrijheid M, Blettner M, Gilbert E et al.: The 15-Country Collaborative Study of Cancer Risk among Radiation Workers in the Nuclear Industry: estimates of radiation-related cancer risks. *Radiat Res* 2007, 167, 396-416
- ¹⁵² World Health Organization (WHO): Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami based on a preliminary dose estimation. 2013, 32
- ¹⁵³ Bauer S, Gusev BI, Pivina LM, Apsalikov KN et al.: Radiation exposure due to local fallout from Soviet atmospheric nuclear weapons testing in Kazakhstan: solid cancer mortality in the Semipalatinsk historical cohort, 1960-1999. *Radiat Res.* 2005, 164(4 Pt 1), 409-419
- ¹⁵⁴ Körblein A, Hoffmann W: Background radiation and cancer mortality in Bavaria: an ecological analysis. *Arch Environ Occup Health* 2006, 61(3),109-114
- ¹⁵⁵ ICRP: Radiation and your patient: A Guide for medical practitioners. A web module produced by Committee 3 of the International Commission on Radiological Protection (ICRP). http://www.icrp.org/docs/rad_for_gp_for_web.pdf
- ¹⁵⁶ Little MP, Azizova TV, Bazyka D, Bouffler SD et al.: Systematic review and meta-analysis of circulatory disease from exposure to low-level ionizing radiation and estimates of potential population mortality risks. *Environ Health Perspect* 2012, 120, 1503-1511
- ¹⁵⁷ Shimizu Y, Kodama K, Nishi N, Kasagi F et al.: Radiation exposure and circulatory disease risk: Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivor data, 1950-2003. *BMJ* 2010, 340, b5349

- ¹⁵⁸ Straume T: High-energy gamma rays in Hiroshima and Nagasaki: implications for risk and WR. *Health Physics* 1995, 69, 954-956
- ¹⁵⁹ Frankenberg D, Kelnhofer K, Bär K, Frankenberg-Schwager M: Enhanced neoplastic transformation by mammography X rays relative to 200 kVp X rays: indication for a strong dependence on photon energy of the RBE_M for various end points. *Radiat Res* 2002, 157, 99-105
- ¹⁶⁰ Jacob P, Ruhm W, Walsh L, Blettner M et al.: Is cancer risk of radiation workers larger than expected? *Occup Environ Med* 2009, 66(12), 789-796
- ¹⁶¹ World Health Organization (WHO): Health risk assessment from the nuclear accident after the 2011 Great East Japan Earthquake and Tsunami based on a preliminary dose estimation. 2013, 32
- ¹⁶² Watanabe T, Miyao M, Honda R, Yamada Y: Hiroshima survivors exposed to very low doses of A-bomb primary radiation showed a high risk for cancers. *Environ Health Prev Med* 2008, 13, 264-270
- ¹⁶³ Stewart AM, Kneale GW: A-bomb survivors: factors that may lead to a re-assessment of the radiation hazard. *Int J Epidemiol* 2000, 29, 708-14
- ¹⁶⁴ Yamasaki JN, Schull WJ: Perinatal loss and neurological abnormalities among children of the Atomic bomb. Nagasaki and Hiroshima revisited, 1949 to 1989. *JAMA* 1990, 264, 605-609
- ¹⁶⁵ Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) in der Fassung vom 15.07.2013 http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Rechtstexte/pdf/Gefahrstoffverordnung.pdf?__blob=publicationFile&v=12
- ¹⁶⁶ Bekanntmachung zu Gefahrstoffen 910 (BekGS 910) http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/pdf/Bekanntmachung-910.pdf?__blob=publicationFile&v=10
- ¹⁶⁷ Kalberlah F, Bloser M, Wachholz C: Toleranz- und Akzeptanzschwelle für Gesundheitsrisiken am Arbeitsplatz. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2005. 174 Seiten, Projekt-nummer: F 2010
- ¹⁶⁸ Leitfaden zur Quantifizierung von Krebsrisikozahlen bei Exposition gegenüber krebserzeugenden Gefahrstoffen für die Grenzwertsetzung am Arbeitsplatz 2008, Fachbeitrag http://www.baua.de/de/Publikationen/Fachbeitraege/Gd34.pdf?__blob=publicationFile&v=7
- ¹⁶⁹ Weitere Literatur zu Risiko-Akzeptanz: [http://www.dguv.de/dguv/ifa/Fachinfos/Exposition-Risiko-Beziehung-\(ERB\)/Grundlagen-des-Risikokonzeptes/index.jsp](http://www.dguv.de/dguv/ifa/Fachinfos/Exposition-Risiko-Beziehung-(ERB)/Grundlagen-des-Risikokonzeptes/index.jsp)